

KOCH * SZTRÓKAY

ÁSVÁNYTAN

II.

KOCH SÁNDOR
Kossuth-díjas egyetemi tanár,
az ásvány- és földtani tudomány doktora

SZTRÓKAY KÁLMÁN IMRE
egyetemi tanár,
az ásvány- és földtani tudomány doktora

ÁSVÁNYTAN

II. KÖTET

NEMZETI TANKÖNYVKIADÓ, BUDAPEST

TARTALOM

II. RÉSZ

RENDSZERES ÁSVÁNYTAN (Sztrókey Kálmán Imre)

Bevezetés: A rendszerezés korszerű alapelvei	419
I. OSZTÁLY. TERMÉSELEMEK	423
<i>A.</i> alosztály. Fémes elemek, természetes ötvözetek, intermetallikus vegyületek	426
<i>a)</i> Aranycsoport	426
<i>b)</i> Platinafémek csoportja	433
<i>c)</i> Vascsoport	435
<i>d)</i> Higany és amalgámok	438
<i>B.</i> alosztály. Félfémek és nemfémes elemek	439
<i>a)</i> Arzén-, antimon-, bizmutcsoport	439
<i>b)</i> Tellúr-, szelén-, kéncsoport	442
<i>c)</i> Gyémánt- és grafitcsoport	445
II. OSZTÁLY. SZULFIDOK ÉS ROKON VEGYÜLETEK	451
<i>A.</i> alosztály. Fémgazdag vegyületek és nemesfém-telluridok ($R:S > 1:1$)	457
<i>a)</i> Whitneyit-csoport	458
<i>b)</i> Animikit-csoport	460
<i>c)</i> Nemesfém-telluridok	461
<i>B.</i> alosztály. Szulfidok egyes (szinguláris) S^{2-} -anionnal ($R:S = 2:1 \rightarrow 1:2$)	465
1. főcsoport. Háromdimenziós (térhálós) szerkezetek	465
<i>a)</i> csoport. Fémekben gazdagabb vegyületek	469
<i>b)</i> csoport. Kőszó-típusú szerkezetek	475
<i>c)</i> csoport. Nikkelin-típusú szerkezetek	479
<i>d)</i> csoport. Wurtzit-típusú szerkezetek	483
<i>e)</i> csoport. Szfalerit-típusú szerkezetek	487
<i>f)</i> csoport. Vegyes rács típusú (1 : 1 arányú) szulfidok	500
<i>g)</i> csoport. Spinnell-rácsú szulfidok. (Linneit-csoport)	501
2. főcsoport. Rétegrácsos (kétdimenziós) szulfidszerkezetek	502
<i>a)</i> csoport. Molibdenit és rokon szerkezetek	503
<i>b)</i> csoport. Tetradimit-rácsú vegyületek	506

3. főcsoport. Lánc alakú szalagrácsos szulfidszerkezetek	508
a) csoport. Antimonit és rokonsága	508
b) csoport. Összetett szulfidok („szulfosók”) nagyrészt láncszerű szerkezettel	511
C. alosztály. Kettős (S ₂) kéncsoportú szulfidszerkezetek	525
a) csoport. Pirit-rácsú vegyületek	526
b) csoport. Markazit-rácsú vegyületek	532
c) Egyéb szerkezetek: Skutterudit-rácsú vegyületek	537
D. alosztály. Fémekben szegény és nemfémes jellegű szulfidvegyületek (R : S < 1 : 2)	539
Függelék. Oxid-szulfidok	541
III. OSZTÁLY. OXIDOK ÉS HIDROXIDOK	543
A. alosztály. Egyszerű oxidok	548
a) csoport. R ₂ O-vegyületek	548
b) csoport. RO-vegyületek	551
c) csoport. R ₂ O ₃ -vegyületek (A ₂ X ₃ -oxidok)	554
d) csoport. RO ₂ -vegyületek (AX ₂ -oxidok)	566
B. alosztály. Összetett oxidok	596
a) csoport. R ₃ O ₄ -oxidok (AB ₂ X ₄ -vegyületek)	597
b) csoport. R ₂ O ₃ -(ABX ₃ -) vegyületek	607
c) csoport. R ₃ O ₅ -(A ₂ BX ₅ -) vegyületek	609
d) csoport. R ₅ O ₈ -(AB ₄ X ₈ -) vegyületek	610
e) csoport. R ₂ O ₄ -(ABX ₄ -), R ₃ O ₆ -(AB ₂ X ₆ -), R ₄ O ₇ -(A ₂ B ₂ X ₇ -) és más vegyületek	612
Függelék. Okkerfélék	618
C. alosztály. Hidroxidok és OH-tartalmú oxidok	620
a) csoport. Hidroxidok OH-kapcsolat nélkül	620
b) csoport. Hidroxidok OH-kapcsolódással	622
c) csoport. Oxid-hidroxidok (OH-kapcsolódással)	625
d) csoport. Uránhidrátok (uránil-hidroxidok)	631
Összetett (komplex) anionos kristályszerkezetek	
IV. OSZTÁLY. SZILIKÁTOK	639
A. alosztály. Nezo- (sziget-) szilikátok	645
a) csoport. Fenakit-szerkezetek	645
b) csoport. Olivin-szerkezetek	646
c) csoport. Gránátok	653
d) csoport. Cirkon-szerkezetek	656
e) csoport. Andalúzit, disztén, staurolit, topáz	659
f) csoport. Titanit és egyéb nezoszilikátok	664
g) csoport. Átmeneti (kevert) szerkezetek: epidot, zoizit, vezuvián	666
h) csoport. Boro-nezoszilikátok	671
i) csoport. Urán-nezoszilikátok	672

B. alosztály. Szoro- (csoport-) szilikátok	675
1. <i>főcsoport.</i> Szoroszilikátok Si_2O_7 kettős tetraéder-csoporttal	675
2. <i>főcsoport.</i> Gyűrűs szoroszilikátok („cikloszilikátok”)	682
a) Szoroszilikátok (Si_3O_9)-es gyűrű alakú csoportokkal	682
b) Szoroszilikátok (Si_4O_{12})-es gyűrűszerű csoporttal	683
c) Szoroszilikátok (Si_6O_{18})-as gyűrűkkel	685
Függelék	693
C. alosztály. Ino- (lánc-) szilikátok	694
1. <i>főcsoport.</i> Piroxének és amfibolok	694
a) csoport. Piroxének	695
b) csoport. Amfibolok	706
2. <i>főcsoport.</i> Egyéb inoszilikát-szerkezetek	717
a) Wollastonit—piroxmangit-csoport	717
b) Szillimanit—mullit-csoport	723
D. alosztály. Fillo- (réteg-) szilikátok	725
I. <i>főcsoport.</i> Csillámok és rokon rácsépítményű ásványok	726
1. alcsoport. Hármás rétegösszetű csillámok és csillámszerű ásványok	726
a) Talk—pirofillit-csoport	729
b) Csillámok	731
2. alcsoport. Négyes és kettős rétegösszetű filloszilikátok	740
a) Kloritfélék	740
b) Szerpentinásványok	749
3. alcsoport. Agyagásványok	752
a) Kaolinitfélék	753
b) Illit- (hidrocillám-) félék	758
c) Montmorillonit-félék	760
d) Vermikulitok	763
e) Paligorszkit-félék	765
II. <i>főcsoport.</i> Egyéb rétegszilikátok	767
E. alosztály. Tekto- (térhálós vagy állvány-) szilikátok	769
a) csoport. Földpátok	769
b) csoport. Földpátpótlók	790
c) csoport. Szodalitfélék	793
d) csoport. Szkapolitok	796
e) csoport. Zeolitok	797
V. OSZTÁLY. FOSZFÁTOK ÉS ROKON VEGYÜLETEK	813
A. alosztály. Vízmentes foszfátok	815
a) csoport. „Semleges” vegyületek	815
b) csoport. Pót- (inaktív) anionnal kiegyenlített vegyületek	819

<i>B.</i> alosztály. Víztartalmú foszfátok, arzenátok, vanadátok	831
<i>a)</i> csoport. Pótanion nélküli vegyületek	831
<i>b)</i> csoport. Inaktív (pót-) aniont tartalmazó foszfátok, arzenátok, vanadátok ..	837
<i>c)</i> csoport. Uráncsillámok	841
Függelék. Vanadátok nem tetraédes koordinációjú összetett anionnal	848
VI. OSZTÁLY. SZULFÁTOK ÉS ROKON VEGYÜLETEK	849
<i>A.</i> alosztály. Vízmentes szulfátok	851
<i>a)</i> csoport. Pótanion nélküli szerkezetek	851
<i>b)</i> csoport. Pótanionnal kiegyenlített vízmentes szulfátok	856
<i>B.</i> alosztály. Víztartalmú szulfátok	861
<i>a)</i> csoport. Pótanion nélküli szerkezetek	861
<i>b)</i> csoport. Pótanionnal kiegyenlített víztartalmú szulfátok	869
<i>C.</i> alosztály. Kromátok, volframátok, molibdátok	872
<i>a)</i> csoport. Kromátok	872
<i>b)</i> csoport. Volframátok, molibdátok	872
VII. OSZTÁLY. BORÁTOK, KARBONÁTOK, NITRÁTOK	877
<i>A.</i> alosztály. Borátok	880
<i>a)</i> Nezoborát-szerkezetek [önálló $B(O,OH)_3^-$ vagy $B(O,OH)_4^-$ gyökökkel]	880
<i>b)</i> Szoroborátok [kapcsolt planáris $B(O,OH)_3$ és tetraédes $B(O,OH)_4$ -csoportok]	881
<i>c)</i> Inoborátok [planáris $B(O,OH)_3$ és tetraédes $B(O,OH)_4$ -csoportokból egybekapcsolt láncszerkezetek]	882
<i>d)</i> Filloborátok: kétdimenziós, lemezes szerkezetek mindkét [$B(O,OH)_3$ és $B(O,OH)_4$] koordinációs csoport részvételével	882
<i>e)</i> Tektoborátok, térhálós építmények mindkét [BO_3^- és BO_4^-] csoport részvételével	882
<i>B.</i> alosztály. Karbonátok	890
<i>a)</i> csoport. Vízmentes karbonátok	890
<i>b)</i> csoport. Víztartalmú karbonátok	901
<i>C.</i> alosztály. Nitrátok (és jodátok)	903
VIII. OSZTÁLY. HALOGENIDEK	905
<i>A.</i> alosztály. Egyszerű halogenidek	906
<i>a)</i> csoport ($R : X - 1 : 1$)	906
<i>b)</i> csoport ($R : X - 1 : 2$)	908
<i>B.</i> alosztály. Összetett halogenidek	911
Függelék. Oxi-halogenidek	912
IX. OSZTÁLY. ORGANIKUS VEGYÜLETEK	913

MÁSODIK RÉSZ

RENDSZERES ÁSVÁNYTAN

A RENDSZEREZÉS KORSZERŰ ALAPELVEI

A természetes kristályos vegyületek sokfélesége, nagy változatossága tekintélyes ismeretanyagot jelent. Az anyag feletti jó áttekintés megszerzéséhez, s főként az ismeretek megtartásához megfelelő rendezés, csoportosítás, azaz rendszerbe foglalás szükséges. Ez a rendszerezési tevékenység az ásványtan fejlődése során, a megismerések gyarapodásával és értékelésével több fokozatú fejlődésen ment át. Ennek jelen szakaszában, amikor korszerű vizsgáló eszközeink segítségével mind mélyebb betekintést nyertünk az anyagfelépítés törvényszerűségeibe, és mindinkább megismertük azokat a vegyi, genetikai és anyagszerkezeti kölcsönhatásokat, melyeknek termékeként az ásvány mint kristályos fázis létrejön: az ásványtan tudomány művelésében lényeges változások következtek be. Ma a vizsgálódások elsődleges célja a korábbi leíró és adatgyarapító tevékenység helyett a képződési folyamatok magyarázata, összefüggések kutatása és megállapítása. Ennek megfelelően módosultak azok az irányelvek is, amikhez az anyagrendezésnek igazodnia kell.

Az eljárásban iránynt mutató szerepe van a *geokémiának*, mely az utóbbi évtizedekben az egész földre kiterjedő feladatkörrel átfogó oknyomozó tudományá fejlődött. Széles alappal támaszkodik az ásványtan tárgykörére és eredményeire, amelyek fontos szerepet töltenek be az anyagi világban lejátszódó jelenségek oksági kapcsolatainak vizsgálatában, tehát jelentékeny szakaszokat szolgálnak a magasabb szintű összefüggések kiépítéséhez. A két tudomány szoros egymásbafűződése hozza magával, hogy az ásványok rendszerének bele kell illenie abba a dinamikus szemléleti képbe, melyet a geokémia a földanyag alkatáról és változásairól megrajzol. — A másik fő irányítást az az ismeretanyag jelenti, melyet a *kristálykémia* tárgyköre ölel fel. Minthogy az anyagszerkezet elsődleges hordozója minden — az ásványi anyagot jellemző — vegyi, fizikai, alaki tulajdonságnak, a korszerű anyagrendezés másik alappilléret a tágabb értelemben vett kristálykémia szolgálatja. A geokémiai összefüggések iránymutatásainak és a kristálykémia eredményeinek egyidejű felhasználásával tehát megkísérélhetünk egy olyan rendszerbefoglalást, mely egészében és részleteiben egyaránt a szerkezeti-anyagi feltételek megszabta *természetes egymásutániságot* juttatja kifejezésre.

A kivitelezést illetően az eddigi szisztematikai irányzatok megfelelő egyesítésében jelölhetjük meg az utat, melyen a korszerű anyagrendezés halad. A rendszer egészének alapvázát a főbeosztásként régóta alkalmazott *anionosztályok*

adják meg. Erről letérni egyrészt azért nem indokolt, mert hozzá fogható egyértelmű kategorizálás nem adódik, másrészt a geokémiai kutatások bizonyossága szerint egész genetikai szemléletünknek éppen az anionok szerepére kell alapozódnia. A természetes vegyületek rendezett anyagszerkezetté alakulása elsősorban az ionok elektroncsere-késztségében rejlik. Adott hő—nyomás-tartományban előálló elektroncsere határozza meg az ionizációfokot, ez pedig a rendszer aniontartalmát. Vagyis az ásványképző geofázisok elemtársulásainak szilárd állapotú formáit nem annyira a kation minősége, mint ennek ionizációfoka szabja meg, amit pedig mindenkor az anion jelenléte, ill. mennyisége szabályoz. Más szóval: kristályos szerkezeteink javarészt ionos (vagy közelítően ionos) építmények, s e szerkezetek alakulása elsősorban az anionhálózat stabilis illeszkedésének függvénye, s a kationnak ilyen értelemben kifejezetten másodlagos szerep jut. Röviden: a rendszerezés racionális alapjaként az „anionelvet” fogadjuk el, ill. érvényesítjük.

További lépés, hogy az ásványok képződését és e folyamatok kapcsolódását a rendszer lehetőleg egységes és egyirányú sorakozásban mutassa be. Az egymásba fűződő szakaszok mint a keletkezési feltételek és minőségi társulások fokozatai, az anyagfejlődés egy-egy fázisát képviselik. A rendszerezésnek tehát mindenekelőtt olyan fő beosztást kell követnie, ami ezeket a képződési fokozatokat rögzíti, s az általános áttekintés mellett alapul szolgál a geokémiai—kristálykémiai összefüggések bemutatásához.

Az ásványképződés és ionizáció kapcsolata geokémiailag úgy fogalmazható meg, hogy a földfelszín felé növekvően ionizációs rendszer alakul ki, s ennek egyes fázisaiban az adott ionizációs állapotnak megfelelő (minimális szabadenergiájú) kémiai és ásványos összetétel jön létre. A kialakuló elem- és ásványtársulások láncolata tehát olyan rendszert állít elénk, melyben az ionizáció nélküli (nulla állapotú) elemkapcsolódástól kezdődően mind nagyobb ionizációfokú kötések létesülnek. A keletkező ásványtársulásokban az anion fokozatosan szaporodik, majd túlsúlyba jut. A kezdeti fémes, ill. kovalens kapcsolódások után, a kisebb ionizáció fokán az átmeneti (félig fémes, félig kovalens) kötések, majd az ionosabbá váló rendszerben a kifejezetten heteropoláros ásványképződés lesz az uralkodó.

Amikor tehát a vázolt alapelvekhez igazodva állítjuk fel a rendszer alapépítményét, az osztályok sorrendje a következőképpen alakul:

I. Elemek, II. Szulfidok és rokonaik, III. Oxidok, IV. Szilikátok, V. Foszfátok, arzenátok, VI. Szulfátok és rokon vegyületek. VII. Borátok, karbonátok, nitrátok. VIII. Halogenidek. Tehát a rendszer gerincvonalának két végpontját egyrészt az elemi fémes szerkezetek, másrészt a túlnyomóan ionos kötésű haloidsók képviselik, mindkét esetben izodezmikus rácsszerkezettel. Közül ilyen értelemben sorakoznak fel a szulfidok, oxidok, majd az ionizáció erősödését követve rendre az $[\text{SiO}_4]^{4-}$, $[\text{PO}_4]^{3-}$, $[\text{SO}_4]^{2-}$, $[\text{CO}_3]^{2-}$, $[\text{NO}_3]^-$ komplex anionos vegyületek osztályai. (Legvégül IX. osztályként — az elmondottakkal összhangban — az ásványok közé sorolható néhány organikus vegyület tartozik még a rendszerhez.)

Az osztályokon belüli felsorolásban — ahol lehetséges — ugyancsak a geokémiai egymásutánosság, ionos vegyületeknél a kation—anion-arány változása, vagyis általában az ionizáció fokozódása jut kifejezésre, amit az alosztályokra tagolás után a szerkezeti rokonság és rácstípus szerinti csoportosítással valósítunk meg. Ezután kerül sor az izomorf összetartozás, majd az egyes ásványfajok (és változatok, módosulatok) bemutatására. — Különben az osztályok, alosztályok (esetenként a kisebb kategóriák) előtt is áttekinthető jellemzés olvasható, melyben egyrészt az illető csoport szisztematikai jelentőségéről és helyéről, másrészt kristálykémiai és genetikai sajátosságairól kapunk tájékoztatást.

Az egyes ásványok felsorolásában és jellemzésében nem volt szándékunk a teljességre törekvés. E célra külön kézikönyvek és korszerű kiadványsorozatok állnak rendelkezésre. Az ásványok ismertetésében főként arra szorítkoztunk, hogy a kristályszerkezettel összefüggő alaki, fizikai, vegyi sajátosságokra rámutassunk, s a többi ásványfajokkal (ill. változatokkal) való egyezésre vagy azoktól eltérő tulajdonságokra hívjuk fel a figyelmet. A lelőhelyekkel kapcsolatban pedig első helyen a keletkezés körülményeit, az ásványtársulás jellegét és tagjait, vagyis főként a genetikai jellemzést tartottuk fontosnak. A lelőhelyek kimerítő felsorolása helyett a jellemzőbb, ismertebb, esetleg hazai vonatkozásban is érdemes előfordulás megemlítésére szorítkoztunk.

Sztrókey Kálmán Imre

A rendszeres ásványtan részletesebb tanulmányozására, a további adatok és összefüggések vizsgálatához ajánlható hazai és külföldi *irodalom*:

- BETECHTIN, A. G.: Lehrbuch der Speziellen Mineralogie. Verlag Technik, Berlin, 1957.
 BRAGG, L. and CLARINGBULL, G. F.: Crystal Structures of Minerals. (The Crystalline State, Vol. IV.) Bell and Sons, London, 1965.
 CSUHROV, F. V.—BONSTADT-KUPLETZKAJA, E. M.: Mineralü. Tom. I. II. „Nauka”, Moszkva, 1960—1965.
 DEER, W. A., HOWIE, R. A. and ZUSSMAN, I.: Rock-Forming Minerals. Vol. I—V. — Longmans Ltd. London. 1962—1963.
 EITEL, W.: Silicate Structures (Silicate Science, Vol. I.) Academic Press, New York—London, 1964.
 FRONDEL, CL.: Systematic Mineralogy of Uranium and Thorium. Geol. Survey Bull. 1064. Washington, 1958.
 HEY, M. H.: Index of Mineral Species and Varieties. British Museum, London, 1955.
 HINTZE, G.: Handbuch der Mineralogie. 1897—1933. Ergänzungsband I—II. W. de Gruyter und Co. Berlin, 1938—1960.
 KOCH SÁNDOR: Magyarország ásványai. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1966.
 MACHATSCHKI, F.: Spezielle Mineralogie, Springer Verl. Wien, 1953.
 MAURITZ B.—VENDL A.: Ásványtan, II. Budapest, Egyetemi Nyomda, 1943.
 NEMECZ ERNŐ: Szilikátásványok és azok teleptana. Egyetemi jegyzet. Veszprémi Vegyipari Egyetem.
 NEMECZ ERNŐ: Ásványtan. Egyetemi jegyzet. Veszprém, 1964.
 PALACHE, CH.—BERMAN, H.—FRONDEL, CL.: Dana's System of Mineralogy. Seventh edition. Vol. I., II., III., — J. Wiley and Sons, New York — London, 1944—1962.
 RAMDOHR, P.—STRUNZ, H.: Klockmanns Lehrbuch der Mineralogie. 15. Aufl., F. Enke Verlag, Stuttgart, 1967.
 SCHÜLLER, A.: Die Eigenschaften der Minerale. Bd. I—II. Akademie Verlag, Berlin, 1954.
 STRUNZ, H.: Mineralogische Tabellen. Akad. Verlag, Leipzig, 1957.

A rendszeres (II.) rész szövegében használt jelek és rövidítések:

- Å = Ångström = 10^{-8} cm
 Alk. = Alkalmazás, ipari felhasználás
 cc. = koncentrált (tömény)
 Ércm. = Ércmikroszkópban, v. ércmikroszkóppal
 Felhaszn. = Felhasználás, alkalmazás
 K = Keménység (*Mohs*-fokozatban)
 Képz. = Képződésmód
 Krist. = Kristályosan v. kristályai
 +N = Keresztezett nikolok között
 Olv. p. } = Olvadáspont (C°-ban)
 Op. }
 Opt. = Optikai v. optikailag
 R = Reflexióképesség
 Sz., sz. = Szerint v. szerinti
t = Transzlációs irány
 T = Transzlációs sík
 Z = Az elemi cellában foglalt — kémiai képlettel kifejezett —
 molekulák száma

TERMÉSELEMEK

Több mint 30 azoknak a kémiai elemeknek a száma, amelyek a földkéregben terméselemként megtalálhatók, együttes mennyiségük azonban nem haladja meg a földkéreg tömegének 0,1%-át. A nitrogént (kb. 0,04%) és az oxigént (0,01—0,02%) leszámítva az összes többi elemre együtt $\sim 0,05\%$ jut, s ha a szintén gázhalmazállapotú hidrogént, argont, héliumot is elhagyjuk, a gyakoribb elemek sorrendje a következő: szén, kén, arany, platinacsoport elemei, réz és bizmut.

A szilárd állapotú terméselemek kristályszerkezetére szükségszerűen a fém- és atomos kötésmód jellemző. Rácstípus szerint csak az atomszerkezeti egyező és méretben sem nagyon eltérő elemek, főleg a nemesfémek és félfémek mutatnak szorosabb rokonságot. A közeli atomméret alapján, főként a nemesfémek csoportjában az izomorf helyettesítés általános jelenség, de az ötvözet-szerű kialakulásra is több példát találunk.

A terméselemek a szokásos beosztás szerint két csoportra tagolhatók: a fémek, valamint a félfémek és nemfémes elemek alosztályára. Ez a beosztás nemcsak a kémiai jelleg, hanem a rácyszerkezet szempontjából is indokolt. A fémek aránylag egységesebb szerkezetűek, ezekre a legtömöttebb illeszkedés, a fémes kötés s az evvel járó fizikai sajátságok (fényelnyelés, hő- és elektromos vezetőképesség, transláció) jellemzők. A félfémek hasonlóan egységes, bár külön típust képviselnek. Végül a nemfémes elemcsoport tagjait egymástól eltérő szerkezet jellemzi.

Áttekintés

45. táblázat

A. alosztály. Fémeselemek

Név	Összetétel	Szimmetria	Név	Összetétel	Szimmetria
<i>a) Aranycsoport</i>					
Réz	Cu	} $O_h - \bar{m}\bar{3}m$	Aurikuprid	(Au ₃ Cu ₆)	} $O_h - \bar{m}\bar{3}m$
Ezüst	Ag		Porpezit	(Au, Pd, Ag)	
Arany	Au		Rhodit	(Au, Rh)	
Elektrum	(Au, Ag)				
Ólom	Pb				
<i>b) Platinafémek csoportja</i>					
Ruténium	Ru	} $O_h - \bar{m}\bar{3}m$	Palládium-platina	(Pt, Pd)	$O_h - \bar{m}\bar{3}m$
Ródium	Rh				
Palládium	Pd				
Allo-palládium	Pd	$D_{6h} - 6/mmm$			
Ozmium	Os	$D_{6h} - 6/mmm$	Szisszerszkit	(Os, Ir)	$D_{6h} - 6/mmm$
Iridium	Ir	} $O_h - \bar{m}\bar{3}m$	Nyevjanszkit	(Ir, Os)	$O_h - \bar{m}\bar{3}m$
Platina	Pt		Polixén	(Pt, Fe)	
<i>c) Vascsoport</i>					
α -Vas	α -Fe	} $O_h - \bar{m}\bar{3}m$	Meteoritok FeNi-elegyrészei		
γ -Vas	γ -Fe				
Awaruit	Ni ₃ Fe				
Souesit	Ni ₃ Fe				
Cohenit	Fe ₃ C	$D_{2h} - mmm$	Meteoritok karbid-, foszfid-, nitrid-elegyrészei		
<i>d) Higany és amalgámok</i>					
Higany		Hg	$D_{3d} - \bar{3}m$		
Amalgámok	kongsbergit	(Ag, Hg)	} $O_h - \bar{m}\bar{3}m$		
	landsbergit	(Ag, Hg)			
	arany-amalgám	(Au, Hg)	-	-	

45. táblázat folytatása

B. alosztály. Félfémek és nemfémes elemek

Név	Összetétel	Szimmetria
<i>a) Arzén-, antimon-, bizmut-csoport</i>		
Arzén	As	$D_{3d} - \bar{3}m$
Arzenolamprit	As	hatszöges
Antimon	Sb	$D_{3d} - \bar{3}m$
Stibarzén	AsSb	- -
Bizmut	Bi	$D_{3d} - \bar{3}m$
<i>b) Tellúr-, szelén-, kén-csoport</i>		
Tellúr	Te	$D_3 - 32$
γ -Szelén	γ -Se	$D_3 - 32$
α -Kén	α -S	$D_{2h} - mmm$
β -Kén	β -S	$C_{2h} - 2/m$
γ -Kén	γ -S	monoklin
<i>c) Gyémánt- és grafit-csoport</i>		
Gyémánt	β -C	$O_h - m\bar{3}m$
Grafit	α -C	$D_{6h} - 6/mmm$
	α' -C	$D_{3d} - \bar{3}m$

A. ALOSZTÁLY

FÉMES ELEMEK, TERMÉSZETES ÖTVÖZETEK, INTERMETALLIKUS VEGYÜLETEK

A termésmékek egységes tulajdonságai sajátos kristályszerkezetükkel magyarázhatók. E szerkezet rácspontjaiban a fémes elem ionizált atomjai foglalnak helyet: az „atomtörzsek” körül áramlik a levált elektronok serege, az ún. elektrongáz. A fémes kötést a pozitív atomtörzsek és a környező egyenletes sűrűségű elektronok közötti vonzás hozza létre. A kötőerők geometriai irányítottság nélkül működnek, és közel egyenletes burokként övezik az atomot. E szerkezetekben mindig tömött, túlnyomóan a legtömöttebb rácspontilleszkedés jön létre, s a rácsot a legnagyobb koordinációs értékek (12-es vagy 8-as) jellemzik. A homöopoláris kötésmód változataként is tekinthető rácsépítménynek jellegzetes fizikai sajátságai vannak: átlátszatlanság (opak viselkedés), vagyis a látható fény sugarainak elnyelése, ami annak a jele, hogy az elektrongáz elektronjai könnyen gerjeszthetők, s így a fényenergiát felemléztik. A fényelnyeléssel együttjár a fémes fény és a nagy fényvisszaverő képesség. Jó hővezetők és jól vezeték az elektromosságot, minthogy a kollektív elektronsereg már kis potenciálkülönbségre elmozdul (azonban eközben anyagvándorlás nem történik). A fémes kötés következménye, hogy e szerkezetek túlnyomóan kis keménységűek. A nagy atomsúlyú elemek tömött illeszkedése viszont nagy sűrűséget eredményez: az ismert ásványok között a termésmékeknek van a legnagyobb fajsúlya (sűrűsége). Feltűnő közös sajátság még a nyújthatóság, formálhatóság, ami a rács nagy translációképességéből, vagyis az egyparaméteres, egyforma töltésű rácspontokat összetartó, viszonylag gyenge és irányítatlan fémes kötésből ered.

Fontos kiemelni azt, hogy míg az ionos kötésű (heteropoláros) rácsokra szűk ségképpen szigorú sztöchiometriai viszonyok jellemzők, addig a fémes rácsban belül a különböző atomfajták aránya nem rögzített; az ún. „fémes fázis”-okban változó összetételek lehetségesek. Ilyenformán sokféle elegy- és ötvözetképződésre nyílik lehetőség, mivel a legtöbb fém azonos rács típusban kristályosodik, a fématomok kölcsönösen beépülhetnek egymás rácsába szinte minden „rendzavarás” nélkül.

a) Aranycsoport

A termésmékek e csoportjába a réz Cu, ezüst Ag és arany Au, valamint ezek változó arányú elegyei tartoznak. Mindháromnak a rács szerkezete szabályos, legtömöttebb illeszkedésű, lapon centrált fémes rács, a koordinációs szám 12, az elemi cella 4 mólsúlynyi atomot tartalmaz ($Z = 4$). Az arany és ezüst elemi cellájának élhossza közel ugyanaz (Au 4,07; Ag 4,08 Å), köztük változó arányú elegyképződés (ötvözet) könnyen létrejön. A réz rácsállandója már lényegesen kisebb (Cu 3,61 Å), így ez az arannyal csak korlátozott mértékben, ún.

intermetallikus vegyületként, az ezüsttel pedig alig elegyedik. — Mindhárom ásvány felületének fényvisszaverő képessége igen nagy, különösen az ezüsté, melynek fényreflexiója felülmúlja az összes fémét. Törésmutatójuk viszont rendkívül kicsi, különösen az ezüsté. Hogy mégis oly erős a reflexiójuk, az a κ abszorpciós koefficiens szokatlan nagy értékéből ered. A fénytani állandókat (Na-fényben) a 46. táblázatban gyűjtöttük össze.

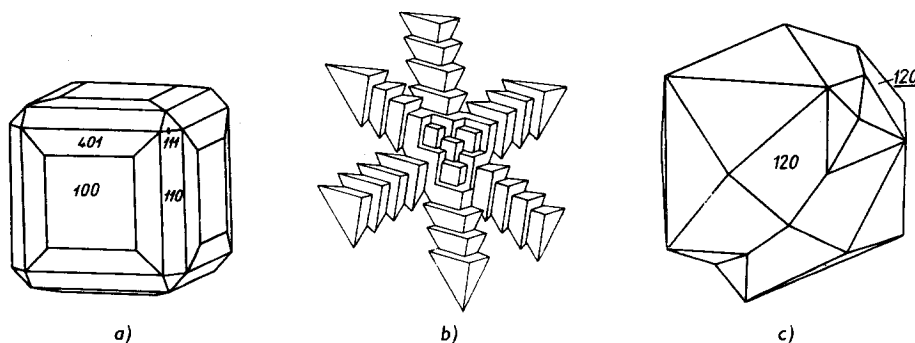
46. táblázat

Elem	Törés- mutató n_{Na}	Abszorp. koeff. κ	Reflexió- képesség R
Cu	0,641	4,09	73%
Au	0,366	7,71	85%
Ag	0,181	20,30	94%

Ércmikroszkópban az arany ragyogó aranysárga, az ezüst tiszta fehér, a réz telt rózsaszín. Izotrópok, de +N-állásnál a réz és arany sohasem teljesen sötét. Felismerésüket az is megkönnyíti, hogy olajimmerzióban a nagy reflexióképesség alig csökken.

Réz, Cu. Vegyileg rendszerint „tiszta” fémréz. Esetenként kevés (<2,5%) Fe-tartalma lehet. A nemesfém-társak közül 2—3% Au-mal ötvözödhet, de elemi ezüstöt nem, legfeljebb zárványként tartalmaz.

Kristályosztálya szabályos holoéderes, tércsop. $O_h^3-Fm\bar{3}m$. A szabályszerűen kifejlődött kristályok ritkák. Fő formák: a hexaéder (100), az oktaéder (111)



344. ábra. Termésrész

és a rombtizenkettős (110). Ikerkristálya az (111) szerint összenőtt érintkezési iker (344/c ábra). Leginkább torzult kristályok, gömbölyödött éllel, csúcsokkal. Jellemző a dendrites, ágas-bogas kialakulás, orientált vázkristályhalmaz (344/b ábra).

Színe friss állapotban rézvörös, felszínén hamar barnásfekete oxidréteg és zöldesszürke bázisos réz-karbonát-bevonat (patina) képződik. *Fénye*: fémes. *Karca*: fémesen csillogó. $K = 2,5-3$, hidegen könnyen kalapálható, nyújtható. Törése horgas, hasadása nincsen. $S = 8,5-8,9$. Az elektromosságot igen jól vezeti (elektr. vezetőképesség $Ag = 100$ -ra számítva 99,95). *Olv. p.* 1083 °C, híg savakban, főként HNO_3 -ban könnyen oldódik.

Képz.: Az elemi réz redukációs folyamat terméke. A természetben eléggé elterjedt ásvány, bár nagyobb mennyiségben csak ritkán halmozódik fel.

1. Elsőként egyes szulfidérctelepek oxidációs-cementációs folyamatai említendőek. Elsődleges rézérccek felszínközeli elbomlásakor keletkező rézoldatokból redukálódik más fémek vagy szerves anyagok hatására, de másodlagos ércásványokból: cementációs bornitból, kalkozinból is keletkezhet; leggyakoribb kísérője kuprit, malachit és kalkozin. — E keletkezésnek nagyhírű lelőhelye hazánkban Rudabánya, ahol a metasomatikus pátvasérc finom eloszlású réz-szulfidjaiból pompás kristályvázak, ágas-bogas képződmények jöttek létre. Hasonló keletkezésű külországi lelőhelyek száma igen nagy. A bánási (Románia) bányák közül Moldova nouă-n (Újmoldován) és Sasca montană-n (Szászka-bányán) volt gyakori. A Szovjetunió területén régebben leművelt rézérctelepek vaskalapóvéből tonnás tömbök kerültek elő: Szemipalatyinszk környékéről, Turinszk (Közép-Ural) rézércbányáiból. Híresek még a franciaországi Chessy, a német Siegerland, az angliai Cornwall bányái, az USA-ban Bisbee (Arizona).

2. Gazdaságilag nagyobb jelentősége a hidrotermás eredetű elsődleges természet-felhalmozódásnak van. Ennek nevezetes és egyetlen példája Michigan állam (USA) területén a Felső Tó-i hatalmas telep, melyben a fémréz zeolittal, kalcittal, ezüsttel társul. — Gyakori a természet réz hidrotermásan bontott bázisos eruptív kőzetekben is, melyek eredetileg finom eloszlásban réz-szulfidokat tartalmaztak. Erre példa hazánkban a Bükk-hegységi Darnóhegy diabázában a főként mikroszkópos eloszlású természetértartalom; ilyen eredetűnek véljük ugyanitt a több kg-os darabokban lelt Báj-pataki természet is.

3. Ismeretesek réztelepek üledékes kőzetekben, főleg homokkövekben is, ahol kötőanyagként vagy konkréciókban kuprittal, malachittal, azurittal társul. Ilyen a szovjetunióbeli Szir-Darja menti Poszjetovka telepe. — Termésréz képződik réz-szulfátos bányavizekből. Az oldatból fémvas hatására „cement-réz” válik ki. Helyenként a bányavizekből üzemszerű rézkinyerés folyik.

*

Természetes réz—arany-vegyület az *aurikuprid* (aranykuprid), $AuCu_3$ ($a_0 = 3,75 \text{ \AA}$) vagy Au_2Cu_3 ($a_0 = 3,84 \text{ \AA}$), esetleg a kettő együttese. Mindkettő szabályos, szerkezetük szuperrács. Előbbi vegyület önállóan az ausztráliai Victoria bányáiból, az aranydúsabb ötvözet pedig a déluráli Karabasból vált ismertté (l. 432. o.).

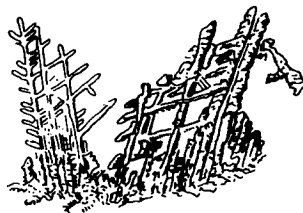
Ezüst. Ag. Vegyileg túlnyomóan tiszta ezüst. Nagyon kevés rézzel, néha antimonnal elegyedik, aranytartalma változó. *Krist. osztálya* szabályos holoéderes, tércsop. $O_h^5 - Fm\bar{3}m$, szerkezete lapon centrált kockarács. Jól fejlett

kristály ritka, s azt is csak az (100) kocka és (111) oktaéder határolja. Ellenben a huzal-, haj-, mohaszerű képződmények, tollas-ágas, dendrites kifejlődések, továbbá szemecskés hálózatok, tömött halmazok jellemzők és sokkal gyakoribbak (345. ábra).

Friss felületen ezüstfehér, de felületét állandó oxid- vagy szulfidréteg vonja be, s így sötétszürke, még inkább fekete. Fénye típusosan fémes, karca fémesen csillanó, $K = 2,5-3$. Könnyen kovácsolható, nyújtható, ami az oktaéderlapokkal egyező, tehát négyféle síkhelyzet szerinti könnyű transláció következménye. Hasadása nincs. $S = 9,6-12$.

— Az ezüst a legjobb elektromosság- és hővezető fém (l. 426. old.), fényreflexiója (tükrözése) is a legnagyobb. — *Olv. p.* 962 C°. Salétromsav és me-

leg, tömény kénsav oldja. Salétromsavas oldatában HCl-val jellemző, fehér AgCl-csapadék képződik. Leginkább a platina és az argentit (Ag₂S) hasonlít hozzá, de előbbinek nagyobb a keménysége és fajsúlya, az argentit pedig lágyabb (késsel vágható) és friss felületén is ólomszürke.



345. ábra. Ezüst

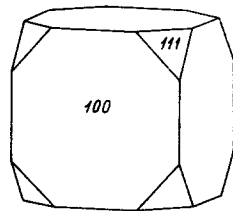
Képz. Az elemi ezüst a természetben nem ritka ásvány, de nagyobb jelentősége manapság már nincsen. Keletkezése elsődleges és másodlagos lehet. Elsődlegesen hidrotermás eredetű, és pedig: *a)* Részben a teléres „fiatal arany-ezüst-formáció” ásványa más ezüstásványokkal és egyéb telérkísérőkkel társulva. Így a Kárpát-övezetben különösen Banská Štiavnica (Selmecebánya) és az Erdélyi Érchegység egyes bányái, a Csendes-óceán körüli övben pedig főleg Mexico és Peru érces telérei gazdagok ezüstben. *b)* A másik hidrotermás képződés a Co-Ni-Bi-Ag-formációhoz kapcsolódik. Európában az Érchegység említhető Schneeberg, Annaberg, Marienberg, Jáchymov bányahelyekkel. Ide tartozik a híres — ma már kimerült — délnorvégiai Kongsberg, ahonnan eddig a legszebb és leggazdagabb kristályos termésezüst került ki. *c)* A termésezüst — hasonlóan a rézhez — különböző szulfidos ércásványból, ezek oxidációs elbomlása után, redukzív körülmények közt, főleg organikus vegyületek közreműködésével, az oxidációs-cementációs öv határán dúsul, sokszor kg-os, nemritkán mázsás tömegekben is. Felszíni viszonyok között az ezüst nem olyan állandó, mint az arany, főleg száraz, meleg klímájú vidéken belőle a stabilisabb halogénvegyületek (pl. AgCl) képződnek. *d)* Üledékes képződésű termésezüst jelentős kifejlődéssel a thüringiai Mansfeld zechsteini (permi) „rézpalájából” ismeretes. Keletkezése szaproelites üledékképződéssel kapcsolatos. Egyéb (Cu-, Zn-, Mo-) fémekkel társultan, leginkább szulfid alakban vált le; később elemi fémmé redukálódott.

Arany, Au. A természetes elemi arany „tisztá” alakban alig fordul elő. Túlnyomórészt izomorf társulással Ag-öt tartalmaz, minimálisan 4–5%-ot. De vannak ezüstben gazdagabb ötvözetek is, s rézzel, palládiummal és bizmuttal is ötvözödhet (lásd 426. old.).

Krist. szabályos holoéderes. Tércsop. $O_h^3 - Fm\bar{3}m$. *Szerkezete:* lapon centrált kockarács. Kristályai rosszul fejlettek, rajtuk leginkább a legtömöttebb illeszkedés síkjai uralkodnak: az (111) oktaéder, ritkábban az (110) dodekaéder vagy az (100) kockalap. Lapfelülete zavart, egyenetlen, rostozott. (346. ábra.) Jellemző a huzalos, hálózatos, fonatos, bádogszerű, szivacszerű kialakulás, finomszemcsés halmaz. A nyújtott irány az [111] tengelynek felel meg. (347/b ábra.)



346. ábra. Termésarany



a)



b)

347. ábra. Termésarany

Aranysárga, de színárnyalata a többi alkotórész mennyisége szerint változik; az ezüstben gazdagabb változatok kevésbé sárgák. A telérary (hegyi arany) színe az állandó Ag-tartalom miatt halványsárga. A torlatarany viszont — minthogy belőle az Ag kioldódik — mindig telt, sötétebb aranysárga. Típusosan fémfényű, karca fémes sárga. $K = 2,5-3$, a szerkezet könnyű translációja folytán könnyen kovácsolható, alakítható. Egészen vékony lemezei zölden átetszők. Hasadása nincsen. $S = 19,3$; minthogy hozzá más elemek társulnak, a fajsúlyérték lecsökken, általában $18,3-15,5$ közt változik. Kiváló elektromos- és hővezető; fényvisszaverése némileg kisebb az ezüstenél. *Ércmikroszkópban* ragyogó aranysárga, teljesen izotrop, de $+N$ -állásnál sohasem egészen sötét: kissé zöldes (egyenletes) reflexiója van. Olajimmerzióban a reflexióképessége alig csökken.

Olv. p. $1065\text{ }^\circ\text{C}$. Savak nem, csak királyvíz oldja. Ezenkívül KCN-ban, valamint forró alkáli-poliszulfidban is oldódik. — A hozzá hasonló ásványoktól (millerit, kalkopirit, pirit) egyszerű keménység- és karcpróbával könnyen megkülönböztethető.

Képz. Az arany a csoport tagjai közül a legelterjedtebb ásvány. A természetben 1. elsődlegesen teléraryként egyes utómagmás folyamatok ásványtársulásában válik ki, 2. majd az ércanyag, vagyis a tartóközet elmállása, felaprózódása során torlatásvány lesz belőle, amit mosóaranyknak mondunk.

1. A magmás folyamatok elsődleges aranykiválása genetikailag a savanyú eruptívumokhoz kapcsolódik. A kialakult arany—kvarc-telérekben leginkább szulfidok: pirit, arzenopirit, fakóérc, kalkopirit a fő kísérők, de gyakori a galeinit és szfalerit, valamint a mangánpát és vaspát is. Az arany lehet látható, ún.

„szabad arany”, mely mint utolsó kiválási termék más ásványok felszínén, felületén, azok hasadékaiban, későbbi ásványokban (kvarcban, gipszben) zárványként stb. jelenik meg. Másik része a „kötött” arany, amikor finom eloszlással szulfidokban (pl. piritben, arzenopiritben) vagy nemérces kísérőkben rejtőzik. A kvarcos telérkialakulásnak két fő csoportját különböztetjük meg: a) az „idős” aranyformációt, amely mélységi kőzetekhez kapcsolódva nagyobb hőmérsékletű pneumatolitos-katatermás folyamat terméke, b) a „fiatal” arany—ezüst-telérek csoportját, melyhez szubvulkáni nívóban hidrotermás kialakulással, esetleg arany-telluridokkal is jellemzett ércesedések tartoznak.

a) Az „idős” arany—kvarc-telérek savanyú intruzív kőzetek telérhasadékait kitöltő, uralkodóan kvarc, kevés pirit, esetleg arzenopirit társulásából álló telepek. Az Au-at főrészt a kvarc tartalmazza, kis részben a szulfidokhoz társul. A kvarctelérek Au-tartalma átlag 5—15 g/t (azaz 0,0005 és 0,0015% között van). Ide sorolhatók a Keleti Alpokban a Hohe Tauern vonulat telérei, az Ural gránitjában kialakult számos arany—kvarc-telér, pl. Berezovszkij, Karpinszk (Bogoszlovskij), a szibériai Bajkálon túli terület, a felső Amur-vidék. A legnagyobb kifejlődések egyike a nagy Au-gazdagságú kaliforniai „Mother Lode” (anyatelér). Némileg ide sorolható a Kárpát-övezeten belül a szlovákiai anti-monitos Magurka és a Čučma—Zlatá Idka érces vonulat is.

b) A „fiatal” arany—ezüst-formáció hidrotermás telérei harmadkori vulkáni (riolit—dacit—andezit) kőzetekhez kapcsolódnak. A Kárpát-övezeten belül jellegzetes és ismert kifejlődések: a Selmeci-hegységben Banská Štiavnica (Selmechánya), Kremnica (Körmöcbánya); a Gutin-hegységben Baia Mare (Nagybánya), Baia Sprie (Felsőbánya), Nistru (Kisasszonybánya), Borcutului (Borpaták), Capnic (Kapnikbánya), Baiuț (Erzsébetbánya). Az Erdélyi Érc-hegység területén számos lelőhely közül említhető a szépen fejlett aranykristályairól nevezetes Roșia Montana (Verespatak), Zlatna (Zalatna), Brad, Săcărâmb (Nagyág), Fatza Bâii (Facsebánya), Boteș. Az utolsó három bányahelyen az aranyat a ritka arany- és ezüst-telluridok is kísérik. Hazánk területén egyedül a kelet-mátrai Recsk említhető, melynek kifogyóban levő enargitos-luzonitos rézércből némi aranykinyerés történik.

Földünkön a fiatalabb hidrotermás nemesfém-ércesedések két nagy övbe foglalhatók. Egyik a Csendes-óceán körüli ún. *cirkum-pacifikus öv*: Alaszka, az észak-amerikai Sziklás-hegység vonulata, a dél-amerikai Andesek, majd Új-Zéland, a Fülöp-szigetek, Japán és a Kurili-szigetek. A másik a haránt irányú ún. *mediterrán öv*: Pireneusok, Alpok, Kárpátok, Balkán-hegység, Kaukázus, Himalája, Kalimantán (Borneo), Sumatera (Szumátra), Djáva (Jáva), Irián (Új Guinea), Ny-Ausztrália. — Nevesebb nemesfémdúsulások ezekben az övekben: Alaszka (Klondike, Yukon), a nevadai Comstock Lode, melynek telérei Földünk eddig ismert leggazdagabb aranydúsulásai voltak; a kolorádói Cripple Creak, Mexico több száz fejtőhelyén az ezüstöt arany is bőven kísérte, gazdagok Peru és Chile telérei is. Sumaterán (Szumátrán) Redjang-Lebong teléreiből Au-telluridok és -szelenidek is bőven megtalálhatók; Ny-Ausztráliából Kalgoolie említhető.

2. A mosóarany az elsődleges aranytartalmú kőzetek felszíni lepusztulásakor a törmelékkel együtt tovaszállítódik, s a patakok, folyók mentén más, nagyobb sűrűségű ásványok (korund, rutil, cirkon, gránát, magnetit stb.) kíséretében lerakódik. Szinte minden nagyobb folyó lerakódásában van mosásra érdemes mennyiségű arany. A Duna Csallóköznél rakja le a Hohe Tauern teléreinek lefordásából származó aranyat, ugyanilyen eredetű a Dráva homokjának Aurtartalma is. A Rajnának is van helyenként aranyos lerakódása. Aranyérces területről lefolyó patakok, kisebb folyók mentén mindenütt kialakulnak aranytartalmú torlatok. Az Erdélyi Érc-hegység számos helyén, az Ural-hegységben, a szibériai Altáj-ban, Transzbajkáliában, továbbá Alaszkában, Kaliforniában, az ausztráliai Victoriában jelentős aranyos folyók. A gazdag aranytorlatokat túlnyomórészt már leművelték. A területeken kezdetben hatalmas aranyhőmpölyöket is leltek, pl. a déli Uralban 36 kg-os, Californiában 38 kg-os, az ausztráliai Victoriában 84 kg-os és több 50—60 kg-os terméсарany rögöt találtak. Az idős (fosszilis) torlatok közül nevezetes a dél-afrikai Witwatersrand paleozoos képződésű aranytartalmú kvarckonglomerátja Transvaalban, melynek fémdusulásához későbbi érces folyamatok is hozzájárultak. Ez ma az egyik legnagyobb ismert Au-koncentráció, mely a világtermelésnek kb. egyharmadát szolgáltatja.

Elektrum (Au,Ag). *Kristályosztály*: szabályos holoéderes. Ide tartoznak az Au—Ag-elegysor tagjai. Bennük az ezüsttartalom nagyobb mint 15%, rendszerint 30% körüli, szélső esetben a 40%-ot is meghaladja. Ezek az elegyek már inkább ötvözetnek tekinthetők; kevés Cu-et és Fe-at is tartalmazhatnak.

Színe világos sárgától ezüstfehérig változik, fémes fény, nagy reflexióképesség mellett a *keményesség* 2—3, *S* = 12—15. Kizárólag hidrotermásan keletkezik, és az ezüst-szulfidos (argentit, pirargirit, stefanit, miargirit stb.) paragenézis gyakori és jellemző tagja.

Aranytartalmú fémvegyületek még: az *aurikuprid* („aranykuprid”) két arany—réz-vegyület, az $AuCu_3$ és Au_2Cu_3 együttese. Mindkettő szabályos, lappon centrált szerkezetű és ún. intermetallikus szuperrács, vagyis a két fém arányát rendezett rácsponteloszlás rögzíti. De mindkét elegy külön is ismeretes: az $AuCu_3$ az ausztráliai Victoria bányáiból, az Au_2Cu_3 a dél-urali Karabas-ról került elő (l. 428. o.).

Porpezit: palladiumot (5—11%) és ezüstöt (4%) tartalmazó arany. — A *rhodit*-ban a *Rh*-tartalom 30—40%-ot is elérhet.

Maldonit, Au_2Bi , szabályos holoéderes; intermetallikus elegy.

Termésólom, Pb. Szabályos holoéderes, rácsszerkezetileg izomorf az arany-csoporttal. Kevés Ag-ot és Sb-ot is tartalmazhat. Kristályai rosszul fejlettek; gumók, alakatlan szemek halmaza. *K* = 1—1,5, lágy, késsel vágható. *S* = 11,4. Felülete frissen fehér és fémfényű, de fénye hamar eltűnik és bágyadt sötétbevonatot nyer. Ritka ásvány. Gyakorlati jelentősége nincsen.

b) Platinafémek csoportja

A platinacsoport fémiei a periódusos rendszerbeli helyük, ill. kémiai tulajdonságaik szerint két alcsoportba sorolhatók: Ru, Rh, Pd és Os, Ir, Pt. A két sor kezdő tagja (Ru, Os) önálló kristályokban a természetben nem ismeretes. Több komponensű elegykristályban a Ru szintén mindig a legkisebb mennyiségben helyettesít. Hasonlóképpen a Rh-ot sem ismerjük önálló kristályként, és elegyedése ugyancsak korlátozott. Rácsszimmetria szerint is két csoportra: szabályos és hexagonális szerkezetűre különülnek: a Ru, Os (és a Pd egyik módosulata) hexagonális legtömöttebb illeszkedéssel kristályosodik, míg a Rh-, Pd-, Ir- és Pt-nak szabályos lapon centrált, tehát réztípusú rácsa van. Természetes képződésben a platinafémek egymással izomorf módon elegyednek, egyéb fémek közül elsősorban a Fe társulása, ill. a rácsba való beépülése a leggyakoribb.

Platina, Pt és polixén, (Pt,Fe). Szabályos hexakiszoktaéderes. Tércs. $O_h^2-Fm\bar{3}m, a_0$ (tiszt Pt) = 3,924 Å. — A vas elegyedése olyan általános, hogy szinte kizárólag polixén az, amit természetplatínának mondunk. A Fe-tartalom 4—10% között változik, de gyakran ennél is több; a 20%-on felüli vasat tartalmazó elegynek vasplatina a neve. Ez az elegy már gyengén mágneses. A polixén tartalmazhat még Ir-ot (< 7%), néhány százalék Pd-ot és kevés, 0,1—0,5% Rh-ot is, de nem ritka benne a Cu- és Ni-tartalom sem. (Innen a neve: poli = sok, xenos = vendég.)

Kristályalak igen ritka, akkor is rosszul fejlett kocka, esetleg dodekaéder. Leginkább xenomorf szemcsés halmaz. Hasadása nincsen, törése horgas. Az oktaédersíkok szerinti transzláció folytán könnyen nyújtható, kovácsolható. $K = 4-4,5$, iridiumban gazdagabb elegyeké 6—6,5. $S =$ (vegyileg tiszta Pt): 21,5, de az elegyösszetevők miatt mindig kevesebb, általában 15—19. Színe ezüstfehértől sötétebb acélszürkéig változik. Fénye fémes, karca acélszürke, fémes. *Ércmikroszkópban*: tiszta fehér (elegyedések szerint kékes vagy sárgás árnyalattal), reflexióképessége igen erős: $R_{Na} = 70,1\%$. Izotrop, de + N között sohasem teljesen sötét (348. ábra).

Csak forró királyvíz és krómsósav oldja. *Olv. p.* 1775 °C, tehát csak durranógázlángban olvad meg. Kiváló sajátosságai (kémiai stabilitás, magas olvadáspont, elektromos vezetőképesség és jó alakíthatóság) folytán széles körű gyakorlati felhasználást nyer a kémiai iparban, technikában.



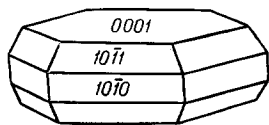
348. ábra. Természetes platina. Ércmikroszkópi kép, 60-szoros nagyítás, platina (fehér), kalkopirit (szürke). Sötétszürke, érdes környezet: korund

Képz. 1. Elsődlegesen az ultrabázisos mélységi kőzetekben válik ki, a folyómagmás szakasz terméke. Magnéziumdús peridotitokban, főként dunitfélékben, ritkábban piroxenitokban, leginkább mikroszkópi finomságú hintésként jelenik meg. Állandó kísérője a krómspinell és kromit. E dunitek átlagosan 0,5 g platinafémot tartalmaznak tonnánként. Európa leggazdagabb telepei az Ural-hegység északi és középső szakaszain ismeretesek: Nyizsnye Tagil, Biszerty, Karpinszk (Bogoszlovskij) környéke. Fontos lelőhelyek még a dél-afrikai Bushveld (Transvaalban), Columbia (Dél-Amerikában) és Új-Zéland.

2. Másodlagosan a kőzetek mállása és felaprózódása következtében egyes területeken értékes platinatorlatok keletkeznek. A mosóplatina szabad szemcsékben, koptatott pikkelyekben, sima vagy érdes, lukacsos felületű rögökben, esetleg nagyobb hömpölyökben társul a torlatásványok együtteséhez. Hosszú ideig a termésplatina fedezte az egész platinaszükségletet. Emellett jelentős a platinafémek kinyerése a bázisos mélységi kőzetekben (gabbrókban, nóritokban) likvidmagmásan keletkezett nikkelpirrhotos szulfidércekből is. Itt a nagyrészt vegyület alakban társult platinafémek között azonban a palládium van túlsúlyban.

Iridium, Ir. Szabályos, lapcentrált szerkezetű. A vegyileg tiszta fém rács-állandója $a_0 = 3,839$ Å. Kristályai igen ritkák, aprók. Kocka szerint kissé hasad. $K = 6-7$, $S = 22,6-22,8$. *Olv. p.*-ja jóval nagyobb a Pt-nál: 2360 °C. Ezüstfehér, élénken fémfényű. Pt, Pd és Cu elegyedhet hozzá. Semmiféle sav nem oldja. A legértékesebb platinafém. Az Ural platinamosóiból nagy ritkán egy-egy szemcse kerül elő.

Ozmiridium, *nyevjanszkit*, (Ir,Os). Összetételében az Ir: Os aránya 4:1 és 1:1 között változik, tehát nagyrészt az iridium van túlsúlyban. Néhány százalékban más platinafémek (Ru, Rh, Pt) is elegyedhetnek, legnagyobb mennyiségben a Rh, mely az Ir-ot egészen 7%-ig helyettesítheti.



349. ábra.
Ozmiridium kristály

Krist.: hexagonális holoéderes; térrácsa legtöbbször illeszkedésű hexagonális szerkezet. $a_0 = 2,625$, $c_0 = 4,24$ Å. Kristályai hatszöges táblák, lemezek, viszonylag jó kristályok (349. ábra).

Színe ónfehér, fénye fémes, $K = 6-7$. $S = 19-21$. Hasadás (0001) sz. *Ércmikr.:* tiszta fehér, anizotrop; reflexióképessége erős. — Királyvíz nem oldja. — Az urali platinamosók ásványa. Nyevjanszk környékén (Szverdlovsktól É-ra) 5

mm-es kristályok, Columbiában, Brazíliában, Kaliforniában torlatásvány. Legbővebben Tazmánia aranymosóiban lelhető.

Ozmit, *szisszerszkit*, (Os,Ir). összetételében mindig az Os-tartalom a több. A két fő fémhez Au is társulhat, neve: *aurozmirid*. Hatszöges holoéderes; szerkezete legszorosabb illeszkedésű hexagonális rács. $a_0 = 2,715$, $c_0 = 2,296$ Å. Külsőre legömbölyödött apró hatszöges lemezek. Színe sötét acélszürke, fémes. $K = 6-7$. $S = 19-21$. Rideg, hasadása (0001) sz. igen jó. Reflexióképessége

sége nagyon erős, mikroszkópban enyhén sárgásfehér, anizotrop. Lelőhelyei u. azok, mint a nyevjanszkítéi.

Palládium, Pd. Legtöbbször Pt-val és kevés Ir-mal elegyedik. Szabályos holoéderes, lapcentrált ráccsal. $a_0 = 3,89 \text{ \AA}$, kristályai apró oktaéderek v. legömbölyödött szemek. Fémes, fehér és acélszürke; $K = 4,5-5$, $S = 11,3-11,8$. Hasadása nincs. Nyújtható. *Ol.v. p.* 1400 C° . Savak oldják. — Torlatokban ritka: Brazília, Antillák (S. Domingo), Columbia említhetők. Túlnyomóan szulfidos társulásból, bázisos mélységi kőzetek (gabbro, norit) nikkelpirrhotos telepeiből nyerik. Ugyanitt másodlagosan is eléggé gyakran keletkezik (pl. Transvaal-ban) a Pd-tartalmú szulfidok s a stibiopalladinit Pd_3Sb (l. ott) felszíni elbomlása termékeként.

Allopalládium, Pd. Hexagonális módosulat. Szerkezete a jelek szerint nem a legtömöttebb illeszkedés, mert reflexióképessége jóval kisebb a szabályos palladiuménál. Apró hatszöges táblák, inkább pikkelyek (0001) sz. igen jó hasadással. $K = 4-5$. Ezüstfehér, élénk fémfényű. *Ércm.* anizotrop. Nagyon ritka. Neves lelőhelye a Harz-hegységi Tilkerode, melynek szeléntartalmú érc-teléreiben arannyal összenőttén jelenik meg.

c) Vascsoport

A vascsoport tagjai közül a Fe-nak és Ni-nek, illetőleg ezek elegyedéseinek van ásványtani jelentősége. Mindkettő típusos „sziderofil” elem, és feltevéseink szerint a földszerkezet belső magjának uralkodó eleme.

Vas, Fe. Szabályos holoéderes. Térrácsa a hőmérséklet változása szerint módosul. A metallurgiai ismeretek alapján négyféle módosulata van:

768 C° alatt: α -vas, szabályos tércentrált cella. *Tércs.* O_h^9-Im3m , $a_0 = 2,86$; ferromágneses.

768—906 C°: β -vas, szerkezete az α -vassal azonos, de nem ferromágneses.

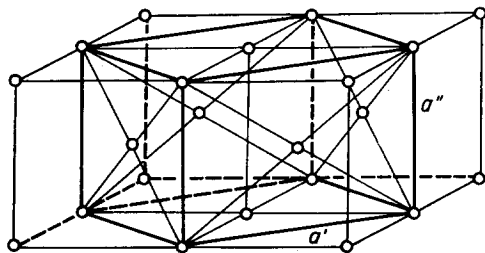
906—1401 C°: γ -vas, szabályos lapcentrált cella. *Tércs.* O_h^9-Fm3m . $a_0 = 3,62$. Rácsába korlátolt mennyiségű C-atom épül be. Lassú lehűléskor visszaváltozik α -vassá, melyben a karbónium szételegyedik vas-karbid: *cementit* (Fe_3C) alakjában. Hirtelesen lehűléskor szételegyedés nem jöhet létre, a karbónium kényszerszerkezetű, tetragonális *martenzitté* merevíti a rácsot, s így kemény, rugalmas acél áll elő (350. ábra).

1401—1528 C°: δ -vas, ismét tércentrált cella, tulajdonságai közelebbről kevésbé ismertek.

A természetes elemi vas származása szerint kétféle lehet: földi eredetű (terresztrikus) és kozmikus vagy meteorikus vas.

A földi eredetű vas a természetben igen ritka. Bázisos kőzetek (főleg bazalt) vas-oxid-tartalmának részleges redukciójával keletkezik. Amikor a vasban

gazdag láva kőszéntelepen hatol át, a kohókban végbemenő folyamathoz hasonlóan a szén szénfémme redukálja a vasat. Külsőleg kristályos alakja nem ismeretes. $K = 4-5$, $S = 7,3-7,6$. Hasadás (100) sz. Törése horgas. Transzláció következtében kalapálható, nyújtható. Fémfényű, vasfekete, mágneses.



350. ábra. Az α - és γ -vas szerkezeti módosulása. A tércentrált α -vas (a képen vékonyabb vonalú cellák) 906° -on lapcentrált, ugyancsak szabályos γ -szerkezetté módosul úgy, hogy a vízszintes a' cellalap-átlós ($= 4,12 \text{ \AA}$) ószszelhúzódik $3,62 \text{ \AA}$ -re, ugyanakkor a függőleges a'' cellaél ($= 2,86 \text{ \AA}$) megnyúlással szintén $3,62$ -re változik. Lassú lehűléskor a folyamat ellenkezőleg megy végbe. Ha a lehűlés gyors, a szerkezet teljes visszaalakulása elmarad, s tetragonális tércentrált ráccsá: *martenzitté* merevedik.

Ércmíkr. tiszta fehér, reflexiója erős, izotrop. Olv. p. 1528° . — Savak oldják. Nedves levegőn oxidálódik. A keletkezéskor a vasba széntartalom kerül, ami vas-karbidként Fe_3C (cohenit) jelenik meg. De tartalmaz még kevés pirrotint (FeS), ritkábban Fe_5N_2 vas-nitridet (silvestritet) is. Két nevezetes lelőhelye van: Ny-Grönlandon Ovifak mellett Disko szigetén bazaltban zárványként több tonnás darabok, a németországi Kassel melletti Bühl bazaltjában kisebb zárványok.

Awaruit (*josephinit*) teresztrikus nikkelvas, Ni_3Fe . Szabályos holoéderes. Rácsa, elterőleg a termésvastól, lapon centrált (réz-) típus. $a_0 = 3,59 \text{ \AA}$. Kristályalak nem ismeretes; alakatlan szemek, finom pikkelyek. $K = 5,5-6$, $S = 5,5-8$. Kékesfehér, fémes fényű, nem rozsdásodik, mágneses. Reflexióképessége igen erős ($R = 75-80\%$), mikroszkópban tiszta fehér, izotróp. Ritka. — Erősen metamorfizált serpentinben keletkezik vékony erek, apró gumók, finom pikkelyek alakjában. Neves lelőhelye Awarua, Új-Zéland és Oregonban (USA) Josephine kerület; néhány helyen az Alpokban is (Poschiavo, Berninai Alpok, Svájc). — *Souesit*, nikkelben gazdagabb elegy: Ni_3Fe , Brit-Kolumbia aranytorlataiból ismeretes.

Meteorvas. A bolygóközi térből hozzánk érkező meteoritok mindig tartalmaznak termésvasat. Háromféle kozmikus származású anyag kerül Földünkre: *meteorkő*, mely túlnyomórészt szilikátásványok együtteséből áll; *meteorvas* (sziderit)*, mely mint neve is elárulja, uralkodóan vas, illetőleg vas—nikkel-ötvözet. Harmadik a *sziderolit*, a kettő közötti átmenet, részben vas, részben bázisos szilikát (olivin) alkotja. A meteorikus vas többnyire Ni-lel ötvözött. A vas-meteoritokban átlagosan $6-10\%$ a Ni-tartalom. A kőmeteoritok aprószemcsés fémes fázisa némileg több, kb. $14-18\%$ Ni-t tartalmaz. A meteoritok fém-

* Az elnevezés DAUBRÉE-től ered; nem nagyon használatos, mert összetéveszthető a vaspáttal (= sziderittel).

fázisában korlátozott elegyedés folytán a nikkemben gazdagabb részek elkülönülnek a kisebb Ni-tartalmú ötvözettől. Az elkülönülés rendezetten, kristálytani irányok, illetőleg síkok szerint megy végbe. Innen ered a vasmeteoritok megcsiszolt (és étetett) felületén jelentkező hálózat, az ún. *Widmannstätten-féle rajzolat* (351. ábra). Az egyik ötvözet a nikkelszegény (tércentrált α -vas szerkezetű) *kamacit*,

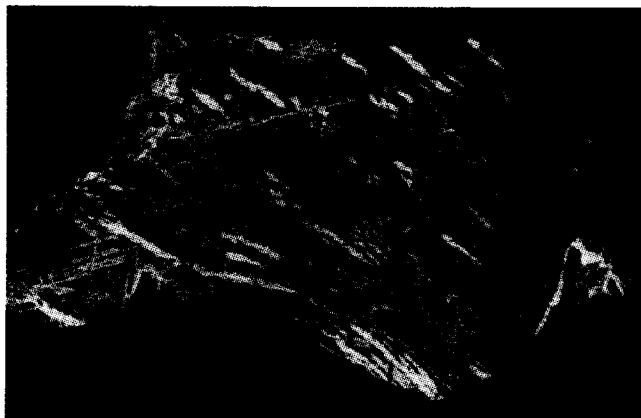
mely a meteorvas oktaédersíkjai szerinti lemezrendszerű alkot. A kamacitlemezeket kétoldalt nikkemben gazdagabb (γ -vas szerkezetű) *ténit*-szegély kíséri. E kettős ötvözetből alakul ki a csiszolt felület szabályszerű *szalaghálózata*. A lemezek közti teret a két ötvözet finom szövődékű elegyéből álló *plesszit* tölti ki. A kristályos fémfázis fő tömegét tehát a plesszit alkotja. A vasmeteoritok túlnyomó részére a vázolt struktúra jellemző, s ezért a csoportot az *oktaedrit* néven foglalják össze, szemben a *hexaedrit* típussal, melyben szételegyedés nincsen, az egész vasmeteorit kamacit egykristály (4—5% Ni-tartalommal); benne csak finom, párhuzamos vonalozottságot látunk (*Naumann-féle vonalak*). Ez kocka szerinti ikerlemezesség, mely — minden jel szerint — a földi becsapódás hatására jött létre.

A meteorvas kevés más fémet, kb. 0,5% Co-ot, továbbá csekély mennyiségben Mn-t, Cu-et, Cr-ot, valamint platinafémeket is tartalmaz.

Meteoritásványok. Az előbbieken kívül különleges ásványok is szerepelnek a vasmeteoritokban: karbidok, nitridek, foszfidok, melyek kristálykémiailag a kötésmód és tömött illeszkedés alapján leginkább a fémes szerkezetekhez sorolhatók.

Cohenit, Fe_3C , rombos dipiramisos. A meteoritokon kívül a földi természetben és kohók olvasztott vasában is (itt *cementit* a neve) megtalálható. *K* nagyobb a vasénál. *Ércm.*: színre, reflexióra hasonlít a vashoz, de gyengén anizotrop.

Schreibersit, *rhabdit*, $(\text{Fe}, \text{Ni}, \text{Co})_3\text{P}$. Tetragonális szkalenoéderes. A schreibersit aprótáblás vagy alakatlan halmaz, a rhabdit finom tű alakú kristálycsoport a meteorvasban. *K* = 6, *S* = 7,1, rideg, törékeny, színe fémes fehér, de felszínén hamarosan aranyárga bevonat képződik.



351. ábra. Widmannstätten-hálózat vasmeteorit (oktaedrit) csiszolt, étetett felületén

Osbornit, TiN , szabályos, lapon centrált rács, erős fénytörésű parányi sárga oktaéderek. Igen ritka.

Bár nem meteoritásvány, de itt említhető meg a *silvestrit* is, mely $\text{Fe}_2\text{N} + \text{Fe}_3\text{N}$ összetevők elegye (Fe_5N_2). Hexagonális szimmetriájú $D_{3d}^1 - P31m$ szemecskéi csak a földi termésvasban (Ovifak) találhatók meg.

d) Higanymű és amalgámok

Higanymű, Hg. Közönséges hőmérsékleten cseppfolyós. — $38,9^\circ\text{C}$ -on kristályosodik, ekkor ditrigonális szkalenoéderes. Térscs. $D_{3d}^5 - R\bar{3}m$. $a_0 = 3,01 \text{ \AA}$, $\alpha_r = 70^\circ 33'$. A cella egy Hg-atomot tartalmaz. Rácsa tömött illeszkedésű hexagonális szerkezet. $S =$ (szilárd állapotban) 15,2, cseppfolyósan 13,6. Őnféher, fémfényű. Párolog, forráspontja 360° . HNO_3 oldja.

A természetes higanymű ezüstöt is tartalmaz. Másodlagos termék, főképp a cinnabaritból vagy higanyfakóércből keletkezik. Lelőhelyein ezekkel az ércekkel együtt találják: Nizna Slánán (Alsó-Sajón) a Szlovák Érchegységben, Dumbbraván az Erdélyi Érchegységben. Belgrád mellett az Avala-hegyen, de Európa legnagyobb higanybányája: Almaden (Spanyolország) ércein is gyakori.

Az iparban mérőeszközökhöz, műszerkészítéshez, fogászatban, gyógyszerekhez használatos higanyműt elsősorban cinnabaritból nyerik.

Amalgámok

Kongsbergit, α -(Ag,Hg), α -ezüstamalgám. Szerkezete szabályos lapcentráltságú rács (Cu-típus, $Fm\bar{3}m$). Valójában kristályos ezüst 5—23% Hg-tartalommal, $a_0 = 4,09 - 4,19 \text{ \AA}$. Torzult egyszerű kristálya főként kocka vagy dodekaéder. $K = 3 - 3,5$. $S = 13,7 - 14,1$. Rideg; ezüstféher, élénken fémfényű. Ritkaság cinnabarit-telepeken.

Landsbergit, γ -(Ag,Hg), γ -ezüstamalgám, szabályos holoéderes, $Im\bar{3}m$. A Hg-tartalom 50—70 súly% közt változik. A rácsállandó ($a_0 \sim 10,03 \text{ \AA}$) a Hg-tartalommal módosul. Sajátságai közel azonosak a kongsbergitével. Gyakoribb, mint emez. Moschellandsberg (Pfalz, Németország), Sala (Svédország), Allemont (Franciaország).

Aranyamalgám, Au_2Hg_3 , kristályrendszer nem ismeretes. A természetes aranyamalgám az arány: 40% Au és 60% Hg. Kísérletileg az Au mintegy 15% Hg-t vesz fel, ekkor még a kristály szabályos. Ha a Hg-tartalmat 25%-ra növeljük, a szerkezet hexagonálisra változik (β -aranyamalgám). A természetes amalgám fehér, fémes, lágú, majdnem cseppfolyós. Kevés Ag-öt is tartalmaz. Columbia; Kalifornia (USA).

Potarit, PdHg, szabályos negyedes, térscs.: $P2_13$; $a_0 = 5,22 \text{ \AA}$ (rácsa az FeSi-típussal egyezik). $K = 2$, $S = 14,3$. Hasadása nincsen. Ezüstféher, erősen fémes, mikroszkópban tiszta fehér, reflexióképessége igen erős. Izotróp, de ha az összetétel aránya változik (Pd_3Hg_2 ; Pd_2Hg) anizotrópia mutatkozik. Apró szemek, kis hőmpölyök a Brit-Guyana-i Potaro folyó torlataiban.

B. ALOSZTÁLY

FÉLFÉMEK ÉS NEMFÉMES ELEMEK

Az alosztályba tartozó terméselemek sorában a fémes jelleg fokozatos csökkenése tapasztalható. A bizmuttól a terméskénig rácsszerkezet és minden egyéb sajátság tekintetében követni lehet a fémes jelleg csökkenését, ill. a nemfémes jelleg erősödését.

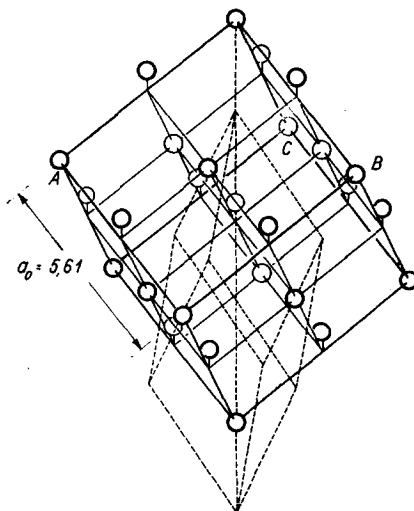
Az alosztályon belül két rácsrokonsági csoport különíthető el: az egyik az As, Sb és Bi, a másik a S, Se és Te. Az alosztály végére beilleszkedő karbonium kristályos módosulatai a sorozattól merőben eltérő csoportot képviselnek.

a) Arzén-, antimon-, bizmutcsoport

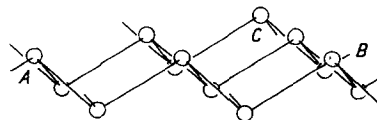
Az As, Sb és Bi félfémek csoportja kémiai és kristályszerkezeti sajátságaiban is átmenetet képez a fémek és nemfémes elemek között. A fémekhez való hasonlóságot a szabályos legtömöttebb illeszkedéshez közelálló szerkezet és a fémes külső mutatja, míg a nemfémes szerkezethez való rokonságot a molekula-kötés részleges megnyilvánulása jelzi.

Kristályszerkezet ditrigonális szkeletoéderes. Tércs. $D_{3d}^5-R\bar{3}m$. A szerkezet emlékeztet a szabályos legtömöttebb illeszkedésre; az (1011) alapromboéder kissé torzult kockának tekinthető, melynek pólusélszögei alig térnek el a 90° -tól. Az elemi cella azonban nem a 8-atomos törzsromboéder, hanem ennél egyszerűbb ponthelyzetű (0221) alak, mely csak két atomot tartalmaz ($Z = 2$), és élhosszúságai is kisebbek (352. ábra).

A szerkezet torzulása úgy jön létre, hogy egy-egy atom a 6 szomszédja közül hárommal mindig közelebbi (homöopoláros) kapcsolatban van. Ez az erősebb kötés a bázislappal párhuzamosan réteggességet idéz elő, ami jó hasadásban is megnyilvánul (353. ábra). A szerkezeti állandók és fizikai sajátságok a bizmuttól az arzénig fokozatosan változnak (47. táblázat).



352. ábra. Az arzén térrácsa. A csúcsára állított kocka minden második atomsíkja kissé közelebb van a szomszédjához. A kocka romboéderré torzul. A szaggatott vonallal rajzolt hegyes romboéder az egyszerűbb elemi cella



353. ábra. Az As-rács két atomsíkja a trigonális bázissal (0001) párhuzamosan

47. táblázat

Név	a_0 (Å)	α_r	Atomtáv. (Å)		Atomtáv. különbsége	K
			rétegen belül	két réteg között		
Bizmut	6,56	87°34'	3,10	3,47	0,37	2,5
Antimon	6,20	86°58'	2,87	3,37	0,57	3
Arzén	5,60	85°38'	2,51	3,15	0,64	3,5

A fémesség csökkenésével a romboéderszög jobban torzul, a rétegeesség kifejezettebbé válik és a keménység is növekszik.

Mindhárom termésem leginkább kockaszerű romboéderekben kristályosodik, hasadása (0001) sz. kitűnő és a (0112) sz. egyszerű vagy poliszintetikus lemezes ikerkristályok gyakoriak. Fémesség fény, opak viselkedés jellemző.

Arzén, As. Kristályosan egyszerű romboéder, de rendkívül ritka. Leginkább héjas-gömbös gumó vagy szemcsés halmaz. Friss felülete ónfehér, fémesség fényel, de levegőn gyorsan tompa feketére változik. $K = 3,5$, rideg. Hasadás (0001) sz. kitűnő, (0112) sz. gyengébb. $S = 5,6-5,8$. Gyakran tartalmaz kevés, mintegy 2–3%-nyi Sb-t, néha Ag-öt is. Lángban sajátos arzén- („fokhagyma”) szag kíséretében, könnyen (megolvadás nélkül) elszállad, verődéke enyhén piszkosfehér. — *Ércm.* fehér, reflexiója erős, nem kifejezetten fémesség jellegű. Gyengén pleokroos és anizotrop.

Képz.: Hidrotermás érctelepeken a késői, kis hőmérsékletű szakasz terméke. A Kárpát-övezetben neves lelőhelye Capnic (Kapnikbánya), továbbá Baia Sprie (Felsőbánya). Az Erdélyi Érchegységben Săcărâmb-on (Nagyágon), a Bánságban (Románia) Oravițan gömbös-fürtös halmazokban volt lelhető. — Bővebben az intruzív magmás Co-Ni-Ag-ércformáció telereiben jelenik meg: pl. Jáchymov (Érchegys., Csehszl.), Andreasberg (Harz-hegys.). — Nagyobb mennyiségben kerül elő a szibériai fejtésekből.

Ötvözetekben, cserzőiparban, gyógyszer- és vegyszergyártásban használt As egy részét termésarzénből nyerik.

Arzenolamprit, As. Az arzén másik módosulata. Szerkezetének részletei még tisztázatlanok. Hatszöges, rétegrácsos. Külsőleg leveles, lemezes vagy sugaras. K egyező az arzénével, viszont ridegebb ennél. Különbség még, hogy kevés Bi-ot tartalmazhat. *Ércm.* erősebben anizotrop, és fényétetés is hamarabb jelentkezik rajta. Nagyon ritka. Képződése az érctelepben mindig korábbi, mint a közönséges arzéné.

Antimon, Sb. Benne kevés As-tartalom gyakori. *Kristályalakja* szintén az egyszerű romboéder, de sokkal inkább vaskos-szemcsés. Hasadása (0001) sz. kitűnő, (0221) sz. jó; rideg, törekeny. Ónfehér halványsárga árnyalással, fémmesség fényű. Felületén tompaszürke, sárgásszürke bevonat képződik. Lángban elillan, faszélen hófehér—kékesfehér oxidverődéke van. *Ércm.* színe ragyogó

fehér, reflexiója erős ($R = 60\%$), pleokroizmusa gyenge és anizotropiája közepes. A (0112) sz.-i poliszintetikus ikerlemezőesség gazdagon mutatkozik.

Nem gyakori ásvány. Gyakorlati jelentősége nincsen. Csakis hidrotermás teléres ércesedésben, főként monomineralikus antimonittelekben jelenik meg. Szórványosan azonban más szulfidokkal is megtalálható. Képződését descendentis folyamattal magyarázzák (gyakori társa a kermeztit!). Pezinok (Bazin, Kis-Kárpátok, Csehszlovákia), Andreasberg (Harz-hegys.) cm-es kristályairól híres. Említhető Allemont a Dauphinéi Alpokban és Bolívia több bányája.

„**Allemontit**“ és **stibarzén** (AsSb). Korábban az allemontitot az As és Sb 1:1 arányú elegykristályának tartották. Kiderült azonban, hogy nem homogén ásvány, hanem ún. eutektoid együttes, éspedig a tényleges 1 : 1 arányú komponens (AsSb *stibarzén*) és többkevesebb elemi As, más esetben Sb finom szövetű rendszere. Ha a stibarzén esetenként magában is megjelenik, szokás még „homogén allemontit”-nak nevezni. — Az „allemontit” külsőleg gélserű és sajátosságai az összetevőkéhez állnak közel. — Lelelőhelyei: Allemont, Dauphiné (Franciaország), Příbram (Csehszlovákia).

Bizmut, Bi. Rendszerint egészen tiszta elemi fém. Legfeljebb nyomnyi mennyiségben tartalmaz As-t, S-t, esetleg Te-t.

A romboéder hajlásszöge $92^{\circ}20'$, így a ritkán mutatózó egyszerű kristályok egészen kockaszerűek, leginkább vaskos-pátos tömött halmaz, máskor lemezes v. dendritszerű. Hasadása (0001) sz. kitűnő, (0221) sz. jó. A hasadási lapokon a (0112) sz.-i poliszintetikus ikerlemezőesség rostozásban jelentkezik. $K = 2-2,5$; rideg, törékeny, de kissé vágható. $S = 9,7-9,8$. Színe vöröses árnyalatú ezüstfehér, felszíne tarkára futtatódik. Fémfényű; karca szürke, fémesen csillan. Diamágnese. Antimonnal érintkezve erős termoáramot szolgáltat. Olv. p. 269° , megolvadása térfogatcsökkenéssel jár. Lehűléskor kb. 75°C -nál más módosulatba vált át, innen ered poliszintetikus (átalakulási) lemezőessége. *Ércm.* ragyogó krémfehér, később rózsássárgára változik. Gyengén pleokroós, de élénken anizotrop. Lángban elillan, szépen izzítva citromsárga verődék képződik.

Képz. A természetben nem gyakori, de kisebb mennyiségben elterjedtnek mondható. A magmás ércekkel több képződéstartományban megjelenik. 1. Pegmatit-pneumatolitosan ónkő- és scheelit-pegmatitokban, pl. Serra da Cabreira (Portugália); Iveland (D-Norvégia). 2. Pneumatolitos ónérctelepek kísérő szulfidjaival Cinovec (Zinnwald), Altenberg (Érchegység), Cornwall bányáiban. 3. Leginkább azonban a hidrotermás ásványtársulásban otthonos. Így a Co—Ni—Bi—Ag-formáció teléreiben: legjobb lelelőhelye a Kárpát-medencében korábban Dobsina (Szlovák Érchg.) volt; Jáchymov, Annaberg, Schneeberg (Érchegys.), Cobalt (Ontario, Kanada). Továbbá a hidrotermás Sn—Ag-érc-társulásban, melynek legjelentősebb példáiként Bolívia bányái (Uncía, Tasna, Chorolque) említendőek. — Egyéb hidrotermás képződésű érctelekben, főként bizmutin és bizmut-telluridok kísérőjeként a Kárpát-övezetben is megtaláljuk: pl. a Börzsöny-hegység szulfidos paragenézisében. Kontakt ércesedés szulfidjaival Băița (Rézbányán, Bihar).

A bizmut fontos ötvözőfém: az ötvözetek olvadáspontját leszállítja; termoelemekben használatos. Többféle gyógyszer, röntgenterápiához kontrasztanyag készül belőle.

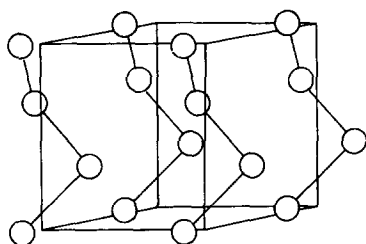
b) Tellúr-, szelén-, kéncsoport

A fémes jelleg ebben a csoportban tovább csökken. Szerkezetileg a három elem közül a tellúrnak és szelénnek egyező típusú rácsa van, a kén szerkezete ettől jelentősen különbözik; a fémes jelleg a kénél szűnik meg egészen.

Tellúr, Te. Izomorf társulásként kevés Se-t tartalmazhat.

Krist. Trigonális trapezoéderes. Tércs. (az enantiomorfiának megfelelően)

$C_{3,2}$ és $C_{3,2}$, $a_0 = 4,445$, $c_0 = 5,91$ Å. A rács jellegzetesen egydimenziós láncszerkezet (354. ábra). A szerkezeti láncon belül — a helikogir szerint sorakozó — atomokat homöopoláros jellegű kötés fűzi össze, míg a láncok közti kapcsolat lényegesen gyengébb. A kötéserő-különbségeket az atomtávolság-változások is jelzik. Ha e célból összehasonlítjuk a Te- és Se-szerkezet arányértékeit (48. tábl.) a két adat között lényeges különbség mutatkozik.



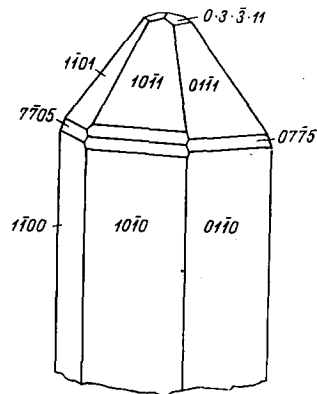
354. ábra. A tellúr és szelén (γ -módosulat) szerkezete

48. táblázat

Elem	A láncon belüli és két lánc közötti távolság aránya	K	rácsállandók (Å)	
			a_0	c_0
Te	1 : 1,25	2,5	4,445	5,91
γ -Se	1 : 1,49	2,0	4,340	4,95

A tellúrláncon belül az atomok között nem sokkal kisebb a távolság, mint a szomszédos láncok között (1 : 1,25), s a tellúratomoknak közelítőleg még 6-os koordinációja van. A Se-rácsban már olyan nagy a különbség a kétféle távolság között (1 : 1,45), hogy a szelénatomnak csak a láncon belül van szomszédsága. Ez a szerkezet egyben megközelíti a molekulakötésű gyűrűs rácsmodellt; a csigavonalak még szorosabb kapcsolódással a kénkristályban gyűrűkké tömörülnek.

A tellúr apró kristálykáin főleg a hatszöges prizmat találjuk az (10 $\bar{1}$ 1) törzsromboéderrel. (355. ábra.) Kristályosan ritka, inkább finom-



355. ábra. Tellúrkristály

szemcsés, folyt felületű halmaz. Hasadása $(10\bar{1}0)$ sz. kitűnő, (0001) sz. kevésbé jó. $K = 2,5$, $S = 6,2$. Rideg, őnfehér, erős fémfényel.

Ritka termésem. Az Erdélyi Érchegység nemesfémteleireiben az arany-tellurid-ásványokat kíséri, pl. Fatza Báii (Facsebánya), Săcărâmb (Nagyág). Colorado (USA) több bányájából szintén ismeretes.

Az elemi tellúr felfedezése hazánkfia, KITAIBEL PÁL nevéhez fűződik.

Szelén γ -Se. Kémiailag egészen tiszta, egyedül a Te-ral elegyedhet. — *Krist.* Trigonális trapezoéderes. Tércs. $P3_221$ és $P3_121$. $a_0 = 4,34$, $c_0 = 4,95$ Å. Kialakulása nagyritkán vékony oszlopos, vázkristályszerű, leginkább szemcsés halmaz. $K = 2$, $S = 4,81$. Sötétszürke, kissé fémes, félig opak. Optikailag pozitív, rendkívül nagy fény- és kettőtöréssel: $\omega = 3,0$; $\varepsilon = 4,04$. Vékony pikkelyben vörösen áttetsző, karca is vörös. Egyes bányahelyeken szelenidércekből keletkezik: Jerome (Arizona, USA).

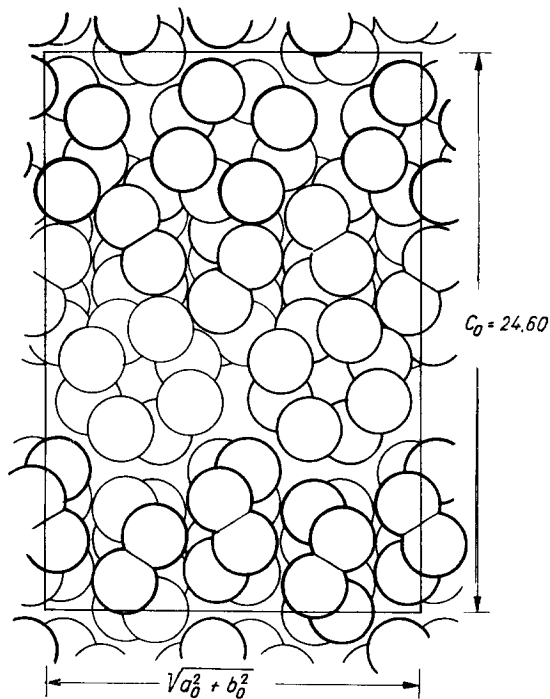
A Se-nek még két módosulata van (α , β), mindkettő vörös, monoklin.

Szeléntellúr (Te,Se). Szeléntartalma $\sim 30\%$, apró hexagonális prizmák. Feketésszürke, fémes, opak. Közép-Amerika egyes ezüstbányáiban ritkaság.

Kén, S. Vegyileg legtöbbször egészen tiszta elemi kén. Esetenként $1-2\%$ Se-t, néha kevés As-t vagy Te-t tartalmazhat. Más esetben szénhidrogének (bitumen, kőolajcseppek, gázzárványok) vagy finom eloszlásban agyag szennyezheti.

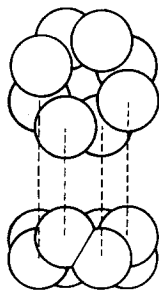
Három kristályos módosulata ismeretes, e szerkezeteket minden esetben a 8-atomos, gyűrű alakú molekulakapcsolódás jellemzi, viszont a molekulák között gyenge *van der Waals*-kötőerők működnek. Ez a sajátos szerkezeti felépítés erőteljesen kifejezésre jut a fizikai sajátságokban: kicsi a keménység, nincsen hasadás, alacsony az olvadáspont, kicsi a párolgáshő. Ugyanakkor erős optikai anizotrópia jellemzi a kénkristályokat.

Legállandóbb módosulata a rombos vagy α -kén; második a $95,6^\circ$ felett képződő monoklin β -kén; a harmadik az ugyancsak monoklin γ -kén (rosickyt), mely a legkevésbé állandó, minden hőmérsékleten instabilis.

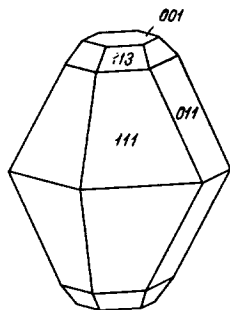


356. ábra. Rombos kén szerkezet S_8 -as gyűrűinek illeszkedése

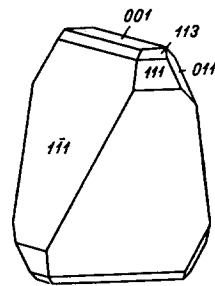
α -Kén, α -S. Rombos holoéderes. Térscs. $Fddd$. $a_0 = 10,44$, $b_0 = 12,84$, $c_0 = 24,37$ Å. $Z = 128$. A koszorú alakú S_8 -molekulák egymásra rakott pénzérmék módjára sorakoznak a rácsban (356. ábra). A molekulán belül az atomtávolság 2,12 Å, míg a szomszédos molekulák közötti legkisebb távolság 3,3 Å. Az S_8 -as gyűrű atomjainak kötése erősségére jellemző, hogy köztük a kapcsolat még megolvadás után, sőt gázállapotban (kisebb hőfokon) is megmarad (357. ábra).



357. ábra.
Az S_8 -as gyűrű



358. ábra.
Rombos kénkristály



359. ábra. Kénkristály,
diszfenoidos (hipomorf) alak

Kristályain uralkodik az (111) rombusz dipiramis, mely legtöbbször a kristály termetét is megszabja (358. ábra). Oldatból kristályosodáskor rombusz diszfenoidos alakzat is előállhat (359. ábra). A látszólagos szimetriacsökkenést (*hipomorfiát*) növekedés közbeni aszimmetrikus molekulaadszorpció okozza. — Gyakori a földes-tömött vagy vaskos, cseppköves, rostos kialakulás is. — Hasadása nincsen, rideg, igen törékeny. $K = 1,5-2,5$, $S = 2,05-2,08$. — Kénsárga, viaszárga. Áttetsző, karca fehér. Fénytörése és kettőtörése erős: $\alpha_{Na} = 1,950$, $\beta_{Na} = 2,038$, $\gamma_{Na} = 2,240$; opt. tengelysík (010), jelleg pozitív, $c = \gamma$. Dörzsölve negatív töltést kap; a hőt és az elektromosságot rosszul vezeti (szigetelő). Olv. p. 112,8 °C, melegítve 95,6°-on a monoklin β -módosulattá alakul, levegőn 270°-on meggyullad és elég, levegőtől elzárva 450°-on elpárolog. — Szén-diszulfidban, kloroformban jól oldódik, petróleum is kevésbé oldja. Olvadékból a monoklin, oldatból a rombusz módosulat válik ki.

Képz.: Terméskén csakis a földkéreg legfelső részén és felszínén jelenik meg. Képződése többféle:

1. Vulkanai kitoréskor és posztvulkanai szublimációs (szolfatára-) termékként gyakran megjelenik, bár így csak kisebb tömegű kiválások, inkább bekérgeződések, kivirágzások képződnek, és pedig vagy a felszálló kén-hidrogén tökéletlen oxidációjából: $2 H_2S + O_2 \rightarrow 2 H_2O + 2 S$, vagy ennek kén-dioxidos reakciótermékeként: $2 H_2S + SO_2 \rightarrow 2 H_2O + 3 S$. Megtaláljuk a működő vulkánok vidékén: Vezúv, Etna, a chilei Putama-vulkán, ill. a japán vulkánok területén. Solfatara-termék: pl. a Vulcano-, Mélos- (Milos-), Ischia-szigeteken (Földközi-tenger), a Nápoly melletti Phlegreai mezőkön, az USA-ban a

Yellowstone Parkban (Wyoming). Ide tartozik az erdélyi Büdösbarlang (Torja mellett) és Kalinka (Végleskálnok, Szlovákia) is.

2. Ennél is jelentéktelenebb a kénes források lerakódása: pl. Margitsziget, vagy Tusnád, Kovászna (Erdély).

3. Gazdaságilag legjelentősebb tömegek üledékes eredettel gipsz- és anhidrittelepekhez kapcsolódnak. Főképpen migráló szénhidrogének redukáló hatására a szulfátközetekből terméskén keletkezik. Egyidejűleg a szulfátion Ca-ját a keletkező karbonátgyök köti meg: a terméskén-felhalmozódásokat jelentős kifejlődésben aragonit- és kalcit kíséri. Ilyen eredetű kéntelep a szicíliai Gircanti és Caltanissetta, Kujbisev (Volga-vidék), a közép-ázsiai Sor-Szu-terület (SZU) és talán legjelentősebb a Louisiana és Texas államok (USA) kénfelhalmozódása. — Utóbbi nagy telepek leműveléséhez a kén sajátos kristályfizikai tulajdonságait használják fel: fűrt csővezetéken túlhevített vízgőzt vezetnek a telepbe, s a felhevítés folytán feláramló, egyben szennyezésektől megtisztult kénszublímátumot a felszínen egyszerű berendezésben fogják fel.

4. Jelentéktelen kénkivirágzás keletkezik égő szénegrcokon vagy érchányókon az elbomló szulfidásványokból (Recsk).

Ipari alk.: A termelt kén legnagyobb részét kénsavgyártásra, vegyi termékek előállításához, továbbá gumi vulkanizálására, növényvédőszerként, festék-, gyújtó-, tűzijátékgyártáshoz stb., alkalmazzák.

β -Kén, β -S. Monoklin prizmás, $P2_1/a$. $a_0 = 10,92$, $b_0 = 10,98$, $c_0 = 11,04$ Å. $\beta \angle 96^\circ 44'$. Szerkezetét ugyancsak S_8 -as gyűrűk építik fel, csak más elrendezés szerint. Cellája 6 S_8 -as molekulát (48 kénatomot) tartalmaz. Légköri nyomáson $95,6$ C° felett keletkezik. Természetes úton pl. vulkáni szálladékokban (de szénegrcokon) is létrejön, s hamarosan paramorf átalakulással α -módosulattá változik.

γ -Kén (*rosichyit*), ugyancsak monoklin módosulat, $\beta \angle 91^\circ 47'$. Instabilis szerkezet. Természetes képződményként eddig mindössze egy alkalommal figyelték meg.

c) Gyémánt- és grafitcsoport

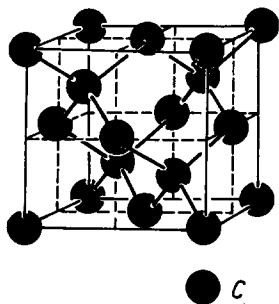
A kristályos karbónium két módosulatának, a gyémántnak és grafitnak feltűnően ellentétes tulajdonságai vannak. Ennek oka természetesen rácsszerkezeti adottságokban rejlik. A gyémánt a legjellegzetesebb homöopoláris (kovalens) kötésű szerkezet, melyben a semleges atomokat nagy kicserélődési erők tartják össze. A grafitrácsot viszont sajátosan vegyes kötés jellemzi, melyben egyrészt a mezomeria vagy rezonanciakötés egyik típusa, másrészt a *van der Waals*-erők működnek, s így kifejezett átmenetet képvisel az atom- és molekularács között.

Gyémánt, β -C. Az ásványnév a német diamantból alakult, emez pedig a görög „adamas”-ból (mely „legyőzhetetlen”-t jelent) származik.

Vegyileg a színtelen kristályokban csakis szintiszta elemi karbónium található. A színezett és átlátszatlan fajták néha 1%-ot is elérő mennyiségben SiO_2 -,

MgO-, CaO-, FeO-, Fe₂O₃-, Al₂O₃-, TiO₂-szennyezést tartalmaznak, a zárványos gyémántok grafitot és egyéb ásványokat foglalhatnak magukban.

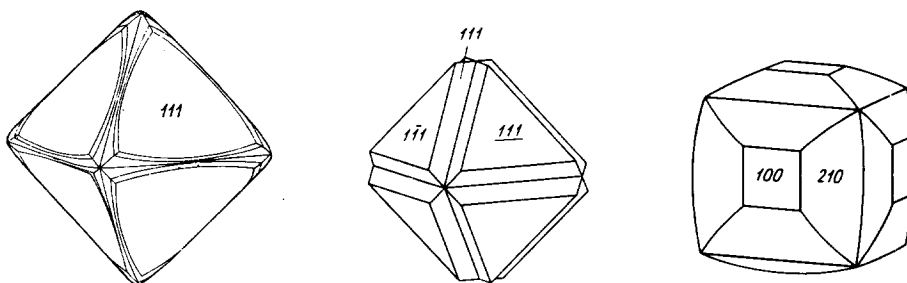
Krist. Szabályos holoéderes. Térccs. O_h^3-Fd3m . $a_0 = 3,5668 \text{ \AA}$. $Z = 8$. A szerkezet kovalens kötéssel tetraéderes koordinációból épül fel. Elemi rácsa lapon centrált kocka, melynek belsejében még 4, minden második térnyolcad közepén egy-egy C-atom foglal helyet. A szerkezet úgy is értelmezhető, hogy két lapcentrál kockarácsot 1/4 testátlónyi mélységre egymásba csúsztatunk (360. ábra). A rácsban a szénatomok távolsága 1,54 Å (ami jól egyezik a nyíltláncú — alifás — szerves vegyületek molekulán belüli átlagos szénatomtávolságával).



360. ábra. A gyémántrács elemi cellája

A finomabb szerkezetelemzés kimutatta, hogy a gyémántrács nem egységes építmény, hanem (a szénatomok különböző orientációja szerint kialakuló) szerkezet-variációkból épül fel. E változatokból kettő holoéderes, kettő a hemimorf ($\bar{4}3m$) osztályba tartozik. A tagok összenövése, ill. ikres illeszkedése sajátos *mozaikstruktúrát* eredményez. Ily módon két jól elkülönülő típus („homogén” holoéderes és mozaikszerkezet) áll elő, a két típusnak megfelelően a morfológiai és fizikai sajátságokban is különbségek mutatkoznak.

Kristályain uralkodó lapok az atomokkal legjobban megterhelt rácscsíkok: az (111) oktaéder, az (100) hexaéder, rajtuk kívül a (210) és (321) még a gyakoribb alak. Az (111) síkok a mozaikvariáció folytán sokszor tetraéder módjára fejlődnek ki. — A spinell- (111) törvény szerinti átnövéses iker gyakori. Az átnőtt ikertagok is ilyen feles szimmetriájú kristályok (361. ábra). A kristályok



361. ábra. Gyémánt

minden oldalról kialakultak, ami bennőtt képződésre vall. A lapok felülete görbült, az élek lekerekítettek. A felszín érdes, sokszor rostozott. Mérete különböző: parányi kristálykáktól ökölnyi méretekig, súlyra tizedkaráttól több száz, sőt ezerkarátos* példányokig ismeretes. — Hasadása az (111) sz. tökéletes, aminek

* A metrikus karát = 0,2 g.

a gyémánt feldolgozásánál van jelentősége. $K = 10$ (az összes ismert ásványokét felülmúlja). Rideg, acélmozsárban porrá zúzható. $S = 3,52$, ami a C atom-súlyához képest igen nagy, s ez a sajátos kötésből eredő térkitöltés következménye. Ugyanez okból nagy a fénytörése is: $n = 2,41$, fénye típusos „gyémántfény”. Színszórása erős, vagyis a törésmutató féynemenként jelentősen változik, pl. ibolya fényben $n = 2,465$, vörös fényben $n = 2,407$, ezért a beléjutott fehér fény színekre bontva lép ki belőle. Ennek fokozására szolgál a csiszolt briliáns alak, melynek lapjain sokszoros fénytörés, tükrözés, s így megannyi színbontás jön létre. Átlátszó, áttetsző, de zavaros, sőt átlátszatlan is lehet. Színe sokféle. Leginkább színtelen vagy sárgás, de lehet kékes, pirosas, ritkábban zöldes, barnás, szürke, sőt fekete is. Esetenként anomálishan kettőtstörő, ami ismét a szerkezetvariációkkal függ össze. Az említett egyik ráctípus mintaszerű mozaikszerkezet, a másik ún. tökéletes rács. Utóbbit csak kis, morfológiailag rosszul fejlett kristályok, ugyanakkor teljes optikai izotrópia jellemzi, a mozaiktípusnak nagy, jól fejlett kristályosodás és kifejezett kettőtstörés az ismertetőjele. — Különben a gyémánt dözölésre pozitív töltést nyer. Oxigén jelenlétében 770 C° -on elég CO_2 -dá. Nitrogéngázban (oxigéntől elzárva) elektromos ívfényben grafitná változik. — Savak, lúgok nem támadják meg. Csak $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ és H_2SO_4 elegye vagy K_2CO_3 -olvadék marja meg.

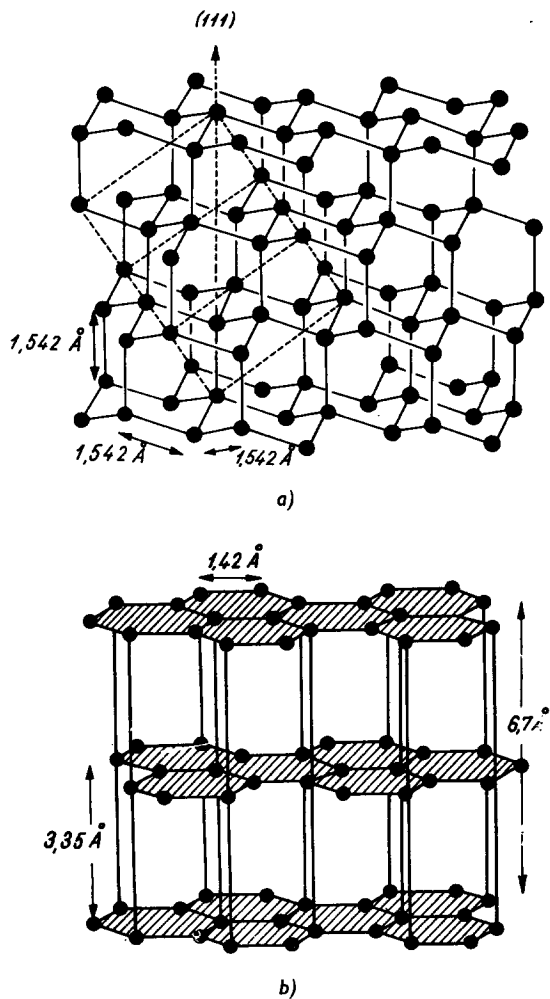
Változatai: a bort piszkosszürke, sugaras, rostos, érdes halmaz, a *karbonado* fekete változat, külsőleg a kokszra emlékeztet. Mindkettő az iparban csiszoláshoz, fúrófejekhez stb. használatos.

Képződés, lelőhely. A gyémánt képződése az ultrabázisos mélységi kőzetek egyik olivindús változatához, a „kimberlit”-hez (breccsás csillámperidotit) kapcsolódik. Két elsődleges lelőhelyet ismerünk. Az egyik a dél-afrikai Transvaalban Kimberley és Pretoria környéke, a másik a szibériai Jakutföld a Léna mellékfolyói mentén. A breccsás kimberlitben a gyémántnak grafit, krómspinell, magnetit, hematit, pirop, zafír a főbb kísérőásványai. Dél-Afrikában a hatalmas kürtőszerű kőzettestek („pipe”) leművelése hosszabb idő óta nagyüzemi úton folyik, a jakutföldi kimberlit részletes feltárása az 1950-es évek elején indult meg. A mai gyémánttermelés túlnyomó része Dél- és Közép-Afrika lelőhelyeiről származik. A fejtett kőzet („blue ground”) átlagosan 0,000 052 súly% (m^3 -enként 5—6 karát) gyémántot tartalmaz. — A gyémánt kiváló torlatásvány, a tartókőzet elmállás után belekerül a törmelékes üledékbe. A torlatokból válogatással, mosással termelik ki. Ilyen torlatok vannak Dél- és Közép-Afrikában (a Vaal és Oranje folyók környékén, Kongóban, Angolában, Ghanában), a braziliai Bahia és Minas Gerais tartományokban. A legrégebben ismert, de ma már kimerült torlatok voltak India déli részén (Madrasban és a Mahanadi folyó mentén) és Közép-Indiában is.

Felhaszn. A termelt gyémánt egy részét ékkőnek csiszolják meg, ezenkívül üvegvágó, gravírozó (vésnök) eszközök, csapágyak, dróthúzófoglatok készülnek belőle. Porát csiszolásra használják, szilánkjait különleges vágó- és fúrófelületek fémananyagába ágyazzák.

A gyémánt mesterséges előállítás ma már üzemi méretekben folyik. Fémkatalizátorok (pl. Pt, Ta, Rh, Ni) jelenlétében az előállításához 1300—1500 C° hőmérséklet és 50 000—70 000 kg/cm³ nyomás szükséges. A kristályok aprók, de ipari célra igen jól megfelelnek. A világtermelésnek (mely évi 40—50 millió karátra becsülhető) kb. 1/5—1/6 része műtermék.

Grafit, C. (Neve a görög *grapho* = írok szóból származik). A grafit ritkán tiszta karbonium, jelentős mennyiségű (10—20%) hamuanyagot (SiO₂, Al₂O₃, MgO, CaO, P₂O₅, CuO stb-t) tartalmaz, esetleg bitumenféléket, gázokat is.



362. ábra. A gyémánt- és grafit szerkezet összehasonlítása. a) Gyémántrács. Pontozva: csúcsára állított elemi cella, ennek függőleges testátlója az egyik trigír. b) Grafitrác

Szerkezetileg a grafitnak két módosulata ismeretes: az egyik (α -C) hexagonális holoéderes, tércsoport D_{6h}^4 — $P6_3/mmc$; rácsállandói: $a_0 = 2,46$, $c_0 = 6,88 \text{ \AA}$, $Z = 4$; a másik (α' -C) ditrigonális szkalenoéderes, tércs. D_{3d}^5 — $R\bar{3}m$, rácsállandók: $a_0 = 2,46$, $c_0 = 10,06 \text{ \AA}$, $Z = 6$.

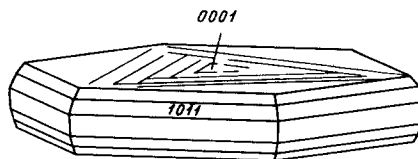
A szerkezet jellegzetes rétegrács, és rácsponteloszlás tekintetében nem sokban különbözik a gyémánttól: ha a gyémántrácsot egyik trigírje irányában széthúzzuk, s a tetraéder középpontjában levő atomok az alaplapba nyomulnak bele, a síkban hatszöges hálózatu grafitrác áll elő (362/a—b ábra). Az egyatomos rétegen belül az atomtávolság lerövidül: 1,42 Å (kisebb a gyémánt C—C távolságánál), ugyanakkor két szomszédos atomsík (réteg) egymástól több mint kétszeres: 3,35 Å távolságra kerül. A C-atomokhoz bent a síkban a másik 3 szénatom sajátos kötéssel kapcsolódik: két irányban egyszerű C—C kötés, a harmadikhoz pedig kettős C=C rezonanciakötés kap-

csolja. A rétegen belüli erős kötéshez képest a rétegsíkokat egymással gyenge *van der Waals*-erők tartják össze.

A rétegen belüli atomtávolságból kiadódik, hogy nem minden 3-ik kötés rezonancia- (kettős) kötés, hanem helyette kis részben (statisztikus eloszlásban) egyes kötés is létesül. A feleslegben maradó elektron mint „vezető elektron” szerepel, és ez a magyarázata annak, hogy a grafit (0001) síkjában sokkal (10 000 -szer) nagyobb az elektromos vezetés, mint a rétegekre merőlegesen. — A grafitszerkezet átmenet az atom- és molekularács között, és minden, a gyémántétól eltérő sajátságára is magyarázatot ad.

A hexagonális (α -C) grafit gyakoribb mint az α' -grafit. A két módosulat egymással a bázis szerinti összenövésben társulhat. A két rács ismétlődése azonban nem mindig szabályszerű, ebből azután különböző c_0 -periódusú szerkezetvariációk állhatnak elő.

Krist. A grafit fejlett lapokkal határolt, jókristályos alakban ritka. A hatzöges-táblás kristályok bázislapján háromszögű rostozottság jelenik meg (363. ábra). Leginkább pikkelyes-leveles vagy vaskos, szemcsés, néha földes halmaz. A szerkezetből eredően (0001) sz. kitűnő hasadás és transláció jellemzi. Ez okból hajlítható, lágy, zsíros tapintású, papíron nyomot hagy, $K = 1$. A tágas rétegszerkezet miatt sűrűsége is kicsi: $S = 2,15$. Optikailag negatív, törésmutatója $\sim 2,00$. Fémfényű, vagy fénytelen, acélszürke, vasfekete, nem átlátszó.



363. ábra. Grafitkristály

Ércm. enyhén barnásszürke, pleokroizmusra rendkívül erős, ugyanígy anizotrópiája is igen erős, bár nem élénk színű.

Az elektromosságot a rétegeesség síkjában jól vezeti. Lángban nem olvad, nagyobb hőfokon (levegőn) elég. Savak nem oldják.

Képződés, lelőhely. A grafit nagy hőmérsékletű redukációs folyamat terméke. Metamorf és magmás keletkezést különböztetünk meg.

1. Metamorfizált kőzetekben szerves eredetű grafit képződik kőszenes üledékekből nyomás és hőmérséklet együttes hatására (kristályos palákban, csillám-, kvarcitpalákban, fillitben). Agyagos üledékekben, márgás mészkövekben kontakt metamorf hatásra is keletkezik, pl. Sasca montană (Szászabánya), Petroşani (Petroşény) környéke (Bánság, Románia), Szebeni-havasok, Persányi-hegység Erdélyben. Általában a Kárpátok és Alpok metamorf kőzeteiben, hasonló képződéssel a szibériai Jenyiszejszk és Irkutszk kerületben, a finnországi Pargas mellett ismerünk grafittelepeket.

2. Anorganikus eredetű gránitpegmatitokban és gránit—mészkö kontaktusán történt kialakulásban, továbbá a hidrotermás ásványtársulásban is, valamint bázisos kőzetek elegyrészeként. Passau (Németország), Kanada, Ceylon, Borrowdale (Anglia). A világtermelésben első helyen a Szovjetunió grafitbányászata áll.

Felhaszn. A grafit az ipar fontos nyersanyaga. Írószer, festék, olvasztótégely, motorhengerek súrlódáscsökkentő kenőanyaga, ívfényelektróda stb. készül belőle.

Meteoritokban, főként meteorvasakban is megtalálható, leginkább a vas-szulfid (troilit) kíséretében, kisebb-nagyobb gumók alakjában (Toluca, Mexico). Egyes szilikátmeteoritoknak is elegyrésze.

Cliftonit a meteoritok egyik grafitfajtája, mely szabályos ásványból — valószínűleg gyémántból — keletkezett, mert külsőleg jól felismerhetően kockalapok határolják.

Shungit kriptokristályos, illetőleg igen finom szemcsés változat. Hasonló képződményt jelöl a *grafitit* is.

II. OSZTÁLY

SZULFIDOK ÉS ROKON VEGYÜLETEK

A szulfidok osztályába fémeknek kénnel, valamint szelénnel, tellúrral alkotott vegyületei, tehát a *szulfidok*, *szelelidek*, *telluridek* tartoznak, de ide sorolhatók az *arzenidek*, *antimonidok* és a *bizmutidek* is.

Az osztály ásványainak legnagyobb és legfontosabb részét a szulfidok alkotják, a többi vegyületeknek, jóllehet sokfélék és változatosak, alárendeltebb szerepük van. Hozzávetőleges számítás szerint a szulfidos vegyületek mennyisége a föld szilárd kérgének maximálisan 0,15%-át jelenti, ami túlnyomó részben a vas-szulfidból kerül ki, a többinek az együttes mennyisége a 0,01%-ot sem éri el.

Azoknak a fémeknek a száma, amelyek valamilyen kapcsolódás szerint a szulfidos vegyületek képzésében résztvesznek, mintegy 30-ra tehető. Közülük a fontosabbak a következők: Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, (Ga), Ge, As, Mo, (Pd), Ag, Cd, (In), Sn, Sb, Pt, (Au), Hg, Tl, Pb, Bi. Ezek az elemek túlnyomóan a hosszú periódusos rendszer középső részén csoportosulnak (364. ábra).

Kivételes helyen, a táblázat jobb oldalán, elszigetelten áll a hidrogén, melyet azonban joggal ide sorolhatunk, mivel kénnel alkotott vegyülete, a (vízzel analóg) H_2S fontos szerepet játszik a fémek szulfidjainak képzésében.

																H ¹	He ²		
Li ³	Be ⁴	B ⁵	C ⁶													N ⁷	O ⁸	F ⁹	Ne ¹⁰
Na ¹¹	Mg ¹²	Al ¹³	Si ¹⁴													P ¹⁵	S ¹⁶	Cl ¹⁷	Ar ¹⁸
K ¹⁹	Ca ²⁰	Sc ²¹	Ti ²²	V ²³	Cr ²⁴	Mn ²⁵	Fe ²⁶	Co ²⁷	Ni ²⁸	Cu ²⁹	Zn ³⁰	Ga ³¹	Ge ³²	As ³³	Se ³⁴	Br ³⁵	Kr ³⁶		
Rb ³⁷	Sr ³⁸	Y ³⁹	Zr ⁴⁰	Nb ⁴¹	Mo ⁴²	Tc ⁴³	Ru ⁴⁴	Rh ⁴⁵	Pd ⁴⁶	Ag ⁴⁷	Cd ⁴⁸	In ⁴⁹	Sn ⁵⁰	Sb ⁵¹	Te ⁵²	I ⁵³	Xe ⁵⁴		
Cs ⁵⁵	Ba ⁵⁶	La* ⁵⁷⁻⁷¹	Hf ⁷²	Ta ⁷³	W ⁷⁴	Re ⁷⁵	Os ⁷⁶	Ir ⁷⁷	Pt ⁷⁸	Au ⁷⁹	Hg ⁸⁰	Tl ⁸¹	Pb ⁸²	Bi ⁸³	Po ⁸⁴	At ⁸⁵	Rn ⁸⁶		
Fr ⁸⁷	Ra ⁸⁸	Ac** ⁸⁹⁻⁹⁸																	

* Lantanidák = ritka földfémek

** Aktinidák

364. ábra. A szulfidok és rokon vegyületek képzésében résztvevő fémek (vastagabban keretezve) elhelyezkedése a hosszú periódusos táblázatban

A felsorolt elemek egymásutánja atomszerkezeti rokonságból ered, és összefügg az elemek geokémiai szerepével. Egy részük (színfémállapotban) a Föld belső magjának uralkodó elemeihez tartozik. Ezek azonban éppúgy, mint a csoport többi tagjai, szulfidos vegyületképzésre hajlamosak.

Az igazi szulfofil elemeknek (Cu, Zn, As, Ag, Cd, Sn, Sb, Pb, Bi) legfőbb sajátossága, hogy ionizált állapotban stabilis 18-as külső elektronhéjuk van, mely a vegyületképzéskor részben polarizálódik, és ugyanakkor a nagyméretű, könnyen polarizálható kénnel (és a S-csoport többi elemeivel) sajátos kapcsolatot létesít. Másszóval a kapcsolódáskor az igen könnyen polarizálódó anion hatására a polarizáció foka úgy megnövekszik, hogy az anion elveszti negatív töltését. Két eset állhat elő: a kötés túlnyomóan homöopolárossá, avagy fémes természetű kapcsolódássá módosul. Első esetben a kation külső (*p*- vagy *d*-) elektronjainak pályája valenciairányok szerinti megnyúlással megközelíti az atomrácsok kapcsolódását. Ilyen pl. a gyémántszerkezethez hasonló tetraédeser kapcsolódás, ami számos egyszerű (szfalerit) és kettős szulfid (luzonit) szerkezetében megvalósul. Másik eset az inkább fémes jellegű kötés kialakulása, mellyel nagyobb koordinációs szám, illetőleg tömöttebb illeszkedés is együttjár. Ez főleg az átmeneti fémekhez tartozó olyan nehézfémeknél következik be, ahol valamely közbülső vegyértékű ionformának nem teljes (nem komplett) külső elektronhéja van, és az ellentétes elem is többnyire fémes jellegű (telluridok, arzenidek).

Kitűnik tehát, hogy a természetes szulfidok jellegük és geokémiai helyzetük folytán is átmenetet alkotnak a Föld belső magjában uralkodó fémes kötésmód és a külső szilikátövek ionrácso szerkezetei között. Bár ez nagyrészt elmondható a következő osztály vegyületeiről, az oxidokról is, de míg azok kötéstípusa már kifejezetten az ionos kapcsolódás felé tolódik el, addig a szulfidok és rokon vegyületek szerkezetében még a homöopoláros vagy a fémes kötésjelleg van túlsúlyban.

A szulfidvegyületek elemei, mint már jeleztük, kalkofil természetűek, azaz a földfelépítés mélyebb övére (kalkoszféra) jellemzők. Ebből eredően mennyiségük a felszín felé fokozatosan csökken, és a hozzáférhető földkéregrészekbe főleg magmás folyamatokkal kerülnek. A sötét (bázisos) mélységi magmák megszilárdulásakor válik lehetővé a szulfidok első kialakulása, majd a savanyúbb magmákat követő szakaszok közül már a pneumatolitosban is képviselve vannak, de uralkodó jelleggel és legnagyobb mennyiségben a hidrotermás folyamathoz kapcsolódnak.

E nehézfémeket a magma könnyen mozgó, illékony vegyületek alakjában tartalmazza, melyekből a fő tömeget alkotó szilikátos olvadék lehűlése során, csökkenő hőmérsékleti és nyomásviszonyok között, H₂S jelenlétében szulfidos vegyületek válnak ki. Felszaporodásuk túlnyomóan teléres formában történik, amikor a kőzethasadék kitöltésében kvarc és egyéb nemfémes ásványok is részt vesznek.

A szulfidásványok a felszínen, illetőleg annak közelében kevésbé állandók. A felszín környezetében instabilis viselkedésüket nagyrészt a jelenlevő szabad

oxigén okozza, de lényeges szerepe van a víznek is. Az oxigén kisebb ionrádiuszú és negatívabb elem a kénnél; így a szulfidok könnyen oxidálódnak, szétbomlanak, vízben oldódó szulfátok képződnek. Ezekből hidroxidok, majd stabilisabb oxidok, karbonátok és más vegyületek keletkeznek. Ezáltal az érctelepek felszínhez közel eső részén, az ún. *oxidációs övben* a szulfidokból képződött igen változatos ásványtársulás jön létre.

Az üledékes kőzetképződéssel kapcsolatosan másodlagos szulfidkiválás is végbemehet. Ehhez azonban különleges redukációs körülmények szükségesek. Rosszul szellőzött vízfénékviszonyok, mikroorganizmusok közreműködése, H_2S egyidejű képződése kell ahhoz, hogy az ionos oldatként jelenlevő fémek szulfidok alakjában leváljanak. Ilyen eredete van a bitumenes üledékek és kőszenek vas-szulfid- (markazit-, pirit-) tartalmának, illetve más fém-szulfidokat is tartalmazó, idősebb, ércjellegű márgakőzeteknek. Ugyancsak az üledékes folyamatokhoz soroljuk azokat a másodlagos szulfidképződéseket is, melyek az érctelepek felszínközeli övében, illetőleg a talajvízszint felett jönnek létre. Itt a leszivárgó nehézfém-szulfátok az elsődleges szulfidércásványokkal érintkeznek, ami új ásványképződéshez vezet: cémentációs úton több másodlagos szulfid (kalkozin, bornit, Ag-fakóérc stb.) keletkezik kisebb-nagyobb mennyiségben.

Rácsszerkezeti sajátosságok. — A szulfidos kristályszerkezetek, különösen a bonyolultabb kettős szulfidok felépítésének részleteit még mindig nem ismerjük eléggé. Az összetettebb rácsok egy részénél a szerkezeti adatok közül csak a tércsoportot és a rácsállandókat határozták meg. Bizonyos nehézséget okoz a kötésmódok átmeneti jellege, illetőleg az, hogy a pozitív és negatív töltésű részecskék között a különbséget nem lehet élesen megvonni. Számos esetben a részleteket (pl. a koordinációs viszonyokat) más természetű vegyületek analógiájából tisztázták. Eddigi ismereteink alapján elmondható, hogy a szulfidok népes osztályában találkozunk kristálykémiailag szempontból a legváltozatosabb szerkezetekkel. Ennek egyik oka az, hogy anion gyanánt a S-en kívül a másik két metalloid, a Se és Te is szerepelhet. De közülük szerkezeti változás nélkül csak a Se helyettesítheti a ként, a nagyobb méretű és fémesebb jellemű Te már csak egy-két szulfidszerkezetbe (pl. altait) léphet be rácsmódosulás nélkül. Különbözik a telluridok nagy részének külön rácsfajta van, kimondottan fémes, illetőleg ötvözetszerű a viselkedésük. — A szulfidok további jellegzetessége, hogy a rácsok egyik fajtájában az S-atomok komplex kötésben, igen kis S—S-távolsággal kovalens S_2 -csoportokat alkotnak. — Gyakori jelenség továbbá az is, hogy a kationpozíciókat két vagy több, egymással nem egyenértékű fématom is betöltheti (kettős szulfidok). — Jellemző még, hogy egyes rácsokban a kén—fématom arány nem mindig felel meg a sztöchiometriai követelményeknek, és ez a rácsban statisztikus eloszlású üres fématomhelyeket jelent.

Mindezekon túlmenően a félfémek (As, Sb, Bi) szerepe mondható a legváltozatosabbnak. Egyes esetekben a valódi fémekhez társulva ezekkel egyenlően viselkednek, s fémes kötésű, ötvözetszerű rács alakul ki. Más esetekben a szulfidrácsban töltenek be ugyancsak a valódi fémekhez hasonló szerepet, s ezzel a kettős szulfidok sajátos fajtája jön létre. Ismét más változat az, amikor

szintén a szulfidos rácsban, félfémes jellegüknek megfelelően, a fémekkel nem ekvivalens szerepük van, s így a komplex szulfidok (régőbbi néven szulfosók) csoportja jön létre. Sőt az erősen negatív kénnel egyszerű félfém-szulfid is léteülhet (As_2S_3).

A koordinációkat tekintve az osztály néhány szerkezetében a 12-es fémes rácsilleszkedés valósul meg. Másik végletként nagyobb csoport a 4-es, főleg kovalens kötésű tetraéderes építményt képviseli, de a rács típusok túlnyomó részében itt is 6-os koordinációt találunk, mégpedig különféle poliéderes alakulásokban. — Valójában a szulfidszerkezetekre legjellemzőbb az, hogy a S-atomok a legtömöttebb térkitöltés szerint rendeződnek. Ez a többé-kevésbé deformált rácsépítmény alkotja a szerkezet vázát, aminek hézagait töltik be az atomméret nagysága szerint 6-os vagy 4-es koordinációban a fématomok, sőt e kétféle környezet egy rácson belül is megvalósulhat.

Fizikai sajátosságok. — Minthogy a szulfidok kristályvegyületeit uralkodóan az átmeneti bélyegek jellemzik, fizikai sajátosságok tekintetében is vegyes kötéstípusú vegyületekként viselkednek. Javarészt fémes külsejűek, többé-kevésbé vezetők, mivel a fémes kötésmód van túlsúlyban. Ezt jelzik az optikai sajátosságok is: kevés kivételtől eltekintve átlátszatlanok.

A fémes fény jellegében, illetőleg az opak viselkedésben az említett szerkezeti változatosság egyes bélyegei jól visszatükröződnek. A metalloidszerkezetek közül a Te vegyületei fémesebbek, mint a Se- vagy S-tartalmúak. Ugyanez áll a félfémes szereplésére is; itt a fémes sajátosságok a bizmuthoz való közeledés — vagyis a rendszám növekedése (energianívók sűrűsödése) szerint — erősödnek; a Bi_2S_3 sokkal fémesebb viselkedésű az Sb_2S_3 -nál. Hasonló tapasztalható pl. a vas csoport elemeinél: a nem komplett külső elektronhéj feltöltődésének mértéke szerint a reflexióképesség a Mn-től a Ni felé haladva fokozódik.

A nagy rádiuszú S vagy Se (Te) jelenléte miatt a rács összetartása — bármely kötésmód van is túlsúlyban — nem lehet nagy. Így a szulfidok keménysége átlagosan 3—5 közötti, kivételesen nagyobb keménységűek ($K = 4—7$) a vas csoport szulfidjai: a Fe-, Co-, Ni-kovandok, mivel ezekben a viszonylag kis (0,7—0,8 Å) kationrádiusz miatt tömörebb a rácsilleszkedés.

Az elmondottakból következik, hogy az átmeneti jellegnek egyéb sajátosságokban is meg kell nyilvánulnia. Kis vagy közepes olvadáspont, hevítéskor a kénnek vagy a rokon elemeknek a szublimálása, vegyi hatásokkal szemben az elemi fémekhez hasonló viselkedés, a levegőn csekély stabilitás tartozik még a szulfidok általános sajátosságai közé.

Összefoglalás. — A szulfidosztály kristályszerkezeteit részben a fémes, részben a kovalens kötésmód, valamint az erősen polarizált anionnal kialakuló kapcsolódás jellemzi. Az osztály vegyületei sajátos példái a kristálykémiai átmeneti jellegnek. Más szóval: e kristályvegyületekben sohasem valósul meg a szerkezeti kötésmódok „tisztá” formája, hanem csak egyik vagy másik kapcsolódási jelleg van túlsúlyban. Ily módon természetes, hogy a szulfidok osztálya a rendszerezésben a terméselemek után, a nagyrészt ionos kötésű oxidok elé kerül, ami egyúttal összhangban van geokémiai ismereteinkkel is. Ezen túl-

menően az osztály belső tagolásában is korszerű kristálykémiailag elvek valósulnak meg. A szerkezetileg egyező vagy hasonló vegyületek egymás mellé sorakoztatásán kívül — amennyire csak lehetséges — a fém és metalloidd viszonyában a csökkenő fémtartalom, ill. növekvő S- (Se-) mennyiség szolgál a rendszerezés egyik alapjául. Ez magával hozza, hogy az osztályt a kifejezetten fémes, ötvözetszerű kristályszerkezetek csoportosításával kezdjük és a metalloiddtartalom fokozatos erősödésével folytassuk. Említettük, hogy a szulfidszerkezetek sajátos jellemzői közé tartozik az S_2 -csoportok szereplése. Kristálykémiailag ezeket a szerkezeteket el kell választanunk az egyszerű (szinguláris) S^{2-} -iont tartalmazó vegyületektől, ami egyúttal a csoportosításban a metalloiddtartalom növekedésének is megfelel.

Természetes, hogy a régebben különállóan kezelt ún. „szulfosók” csoportja, melynek tagjai hipotetikus szulfosavak sóiként szerepeltek, mai ismereteink szerint komplex szulfidoknak minősülnek, így ezeket nem elkülönítve, hanem az egyszerűbb szerkezetekkel való rokonságuk kapcsolatában kell tárgyalnunk. A korábbi irodalommal való összhang kedvéért azonban a szulfosó megjelölés még esetenként alkalmazható.

A kristálykémiailag értékelésben a szerkezet nagyobb egységeinek egymásba-fűződése, majd ezen belül a környezeti szám (koordináció) alakulása a rács leglényegesebb sajátága. A kristályvegyület tulajdonságait döntő módon az szabja meg, hogy a koordinációs poliéderek kapcsolódása térbelileg mindhárom dimenzió irányában egyenlően alakult-e ki, vagy csak két-, illetőleg egy irányban hozott létre szilárdabb összefűződést. Ezen élv érvényesítése először a szilikátok csoportosításában kapott alkalmazást. Azóta más természetű vegyületek mérlegelésében is alkalmazták, s ahol csak keresztülvihető — így a szulfidok esetében is — ehhez a korszerűbb beosztáshoz igazodunk. A további csoportosítás alapjául a jól áttekinthető, ráctípus szerinti felosztást választjuk.* Nagyon lényeges beosztási alap még az, hogy a szerkezeti típusok túlnyomó részében vannak egyszerű és kettős szulfidok, ami azt jelenti, hogy első esetben a fém-atomhelyeket egyféle, illetőleg egyenértékű elemek töltik be, míg a kettős szulfidok rácsában különféle, egymással geometriailag sem egyenértékű fémek vesznek részt a felépítésben.

Összegezve tehát a szulfidosztály vegyületeit a következő beosztás szerint taglalhatjuk. Elsősorban 3 alosztályra bonthatók. Ezek:

- A) Fémgazdag, ötvözetszerű (intermetallikus) vegyületek.
- B) Szulfidok egyes (szinguláris) S-anionnal.
- C) Szulfidok S_2 - (illetőleg S—As-, S—Sb- stb.) csoporttal.

* A koordinációs viszonyokat figyelembe véve meg lehetne még különböztetni a fém-atom egyféle, azonos környezeti alakulását (egyfajú = monomikt szerkezet), valamint az olyan rácsrendet, ahol a fém- és félfém két- vagy többféle koordinációban szerepel (többfajú = polimikt szerkezet). Ennek kidomborításától azonban — egyszerűsítés kedvéért — eltekinttünk, és csak egyes esetekben utalunk rá, ahol a jellemzés szükségszerű finomítása azt megkívánta.

Minthogy az ötvözetfélék között csakis háromdimenziós atomkötélékek vannak, további részletezésre itt nincs szükség. A *B)* és *C)* alosztályokon belül azonban a felosztás a következő módon történik:

1. *főcsoport*. Háromdimenziós (térhálós) kötélek.
2. *főcsoport*. Kétdimenziós (réteges) kötélek.
3. *főcsoport*. Egydimenziós (láncszerű) kötélek.

A szerkezeti alakulások természetéből következően a főcsoportok még rács-típusokra és ezen belül az α) egyszerű szulfidok körére, valamint a β) kettős szulfidok körére bonthatók.

A. ALOSZTÁLY

**FÉMGAZDAG VEGYÜLETEK
ÉS NEMESFÉM-TELLURIDOK**

(R : S > 1 : 1)

Az alosztály tagjait kifejezetten fémes külső, szerkezetüket mindhárom dimenzió irányában azonos erősségű kapcsolódás jellemzi. Az arsenideknek, antimonidoknak, bizmutidoknak 12-es koordinációjú fémes rácsa van. A telluridok is olyan intermetallikus vegyületeknek tekinthetők, melyekben a valódi fém túlsúlyban van. Ugyancsak a kation nagy túlsúlya okozza néhány, a spinell-típussal analóg szerkezetű ásvány erősen fémes viselkedését is. — Az alosztály tagjai legnagyobbbrészt ritka ásványok.

49. táblázat

Áttekintés

	Név	Összetétel	Kristályrendszer	
<i>a) csoport</i>	<i>Whitneyit</i>	(Cu, As)	szabályos	
	<i>Algodonit</i>	Cu ₇ As	rombos (álhexag.)	
	<i>α-Domeykit</i> } <i>β-Domeykit</i> }	Cu ₃ As	szabályos hexagonális	
	<i>Koutekit</i>	Cu ₂ As	hexagonális	
	<i>Horsfordit</i>	Cu ₅ Sb	?	
	<i>Dienerit</i>	Ni ₃ As	szabályos	
	<i>Maucherit</i>	Ni ₄ As ₃	tetragonális	
	<i>Heazlewoodit</i>	Ni ₃ S ₂	trigonális	
	<i>Pentlandit</i>	(Fe, Ni) ₉ S ₈	szabályos	
	<i>Hauchecornit</i>	(Ni, Co, Bi) ₄ (S, Sb) ₃	tetragonális	
	<i>Parkerit</i>	α-Ni ₃ Bi ₂ S ₂	rombos	
	<i>Shandit</i>	β-Ni ₃ Pb ₂ S ₂	trigonális	
	<i>b) csoport</i>	<i>Animikit</i>	(Ag, Sb)	szabályos
		<i>Chilenit</i>	(Ag, Bi)	szabályos
<i>Huntilit</i>		Ag ₃ As	?	
<i>Diszkrazit</i>		Ag ₃ Sb	rombos	
<i>Maldonit</i>		Au ₂ Bi	szabályos	
<i>Arzenopalladinit</i>		Pd ₃ As	hexagonális	
<i>Stibiopalladinit</i>		Pd ₃ Sb	rombos (?)	
<i>c) csoport</i> <i>Nemesfém-telluridok</i>		<i>Hessit</i> } <i>β-Hessit</i> }	Ag ₂ Te	rombos szabályos
	<i>Petzit</i>	Ag ₃ AuTe ₂	szabályos (?)	

49. táblázat folytatása

Név	Összetétel	Kristályrendszer
Empressit (stüztit)	$\text{Ag}_{11}\text{Te}_8$	hexagonális
Muthmannit	$(\text{Ag}, \text{Au})\text{Te}$?
Montbrayit	Au_2Te_3	triklin
Szilvanit	AuAgTe_4	monoklin
Krennerit }	AuTe_2	rombos
Calaverit }		monoklin
Nagyágít	$\text{Pb}_5\text{Au}(\text{Te}, \text{Sb})_4\text{S}_{5-8}$	monoklin-ál- tetragonális

a) Whitneyit-csoport

Whitneyit (Cu, As). Szabályos. Lapon centrált Cu-rács, mely elegykristályként Cu_3As arányban tartalmaz As-t. $a_0 = 3,65 \text{ \AA}$, $K = 8,5$. Opak, friss felületen telt krémsárga, erős fémménnyel, de felszínét hamarosan sötét bevonat borítja. Csak egy lelőhelye ismeretes: a Felső-tó melletti rézérctelep (USA).

Algodonit, Cu_3As , álhatszöges, rombos. Rácsa megközelíti a hexagonális tömött szerkezetet. $a_0 = 2,59$, $c_0 = 4,23 \text{ \AA}$, $K = 4$, $S = 8,6$. Hasadása nincsen. Opak, erősen fémményű, színe telt krémsárga. Levegőn gyorsan bevonódik. Hidrotermás eredetű. Mohawk Mine (Michigan, USA); Paracatas, Algodones (Mexico); Coquimbo (Chile).

Domeykit, Cu_3As . Dimorf, az α -domeykit szabályos hexakisztetraédes, tércs. $T_2^6 - I\bar{4}3d$. $a_0 = 9,61 \text{ \AA}$, $K = 3,5$, $S = 7,5$ (sűrűsége jelentősen kisebb, mint a hozzá hasonló whitneyit és algodonit). Opak; sárgásfehér fémménye gyorsan tarkára futtatódik. — A β - Cu_3As rácsa hexagonális, $a_0 = 7,10$, $c_0 = 7,24 \text{ \AA}$. Sajátságai az α -módosulatával egyezők. Melegítéssel az α -domeykit 225 C° -on hexagonális módosulattá változik. Főként szulfidos rézérctelepeken későbbi hidrotermás hatás termékei. Csak néhány lelőhelye ismeretes: Felső-tó (USA), San Luis Potosí (Mexico); Corocoro, Bolívia; Talmessi (Anarek m.) Dél-Irán.

Koutekit, Cu_2As . Valószínűleg hatszöges. Opak, optikailag erősen anizotrop, kékeszöld, $S = 8,48$. Újabbán a csehszlovákiai Černý Dul lelőhelyről írták le.

Horsfordit, Cu_5Sb . Kristályalak nem ismeretes. (Lehet, hogy összetétele megfelel a mesterséges $\text{Cu}_{11}\text{Sb}_2$ -nek.) $K = 4$. $S = 8,8$, rideg. Ezüstfehér, erős fémménnyel, opak, könnyen tarkára, később feketére futtatódik. Nagyobb tömegekben ismeretes a Lesbosz-szigeti (Égei-tenger, Görögo.) Mytiléné közelében.

Dienerit, Ni_2As . Szabályos. Fémményű, szürkésfehér. Leírása hiányos, egyetlen lelőhely az ausztriai Radstatt (Salzburg), ahol $1/2 \text{ cm}$ -es kockás kristályokban találták. — A Ni_2As mesterségesen is előállítható.

Maucherit (*temiskamit*), Ni_4As_3 , ditetragonális dipiramisos. Tércs. $D_{4h}^{10} - I4_1amd$. $a_0 = 3,43$, $c_0 = 21,87 \text{ \AA}$. $Z = 2$. Kristályai a (001) sz. lemezesek vagy tús—szemcsés halmazok. Hasadása nincsen, $K = 5$, $S = 7,8$. Platina-szürke, kissé vörhenyes, erősen fémményű, opak. Felszínén rézvörös bevonat kép-

zöldik. *Ércmikr.*: színe fehér vörhenyessárga árnyalással, reflexióképessége erős (~ 60%), igen gyengén anizotrop, de sűrű ikersávvozás jellemzi. — Összetételében a nikkelt kevés Co, Cu és Fe, az arzént pedig S helyettesítheti. — Kétféle képződésből ismeretes: a likvidmagma kromit — nikkelin-társulásban mint legkésőbbi termék: Los Jarales, Malaga mellett (Spanyolorsz.); előfordul a kanadai Sudbury paragenezisében is. Leggyakoribb a hidrotermás Ni—Co—Ag—Bi-formációban: Schladming (Stájerorsz., Ausztria), Cobalt és Elk Lake (Ontario, Kanada). Egyéb lelőhelyei: Mansfeld, Eisleben (Szászorsz., Németorsz.). Régebben gyakran összetévesztették a nikkellel.

Heazlewoodit, Ni₃S₂. Trigonális trapezoéderez, $a_0 = 5,73$, $c_0 = 7,13$ Å, ($\alpha_{pk} = 89^\circ 25'$). Táblás vagy kockaszerű kristályok, $K = 4$, $S = 5,82$. Színe fehér, melybe fakó bronzszerű árnyalás vegyül, fémfényű. Opak, nem mágneses. Szerpentinesedett peridotitokban awaruittal, pentlandittal, shandittal és magnetittel társul, de keletkezését hidrotermásnak vélik. Poschiavo (Berninai Alpok, Svájc); Rabad, Szefid-völgy (Irán); Új-Kaledónia; Heazlewood (Tasmania).

Pentlandit, (Fe,Ni)₉S₈. Összetételében a Fe:Ni aránya 1:1 és 2:1 között változik; kevés Co-tartalma is lehet.

Krist. Szabályos holoéderes. Térccs. $O_h^3 - Fm3m$. $a_0 = 10,03$ Å. A rácsban a S-atomok a szabályos legtömöttebb illeszkedés szerint rendezettek, a köztük elhelyezkedő fématomok 8/9-ed részét tetraéderesen, 1/9-ét oktaéderesen környezik kénatomok. $Z = 4$.

Csakis kristályos, szemcsés halmazokban ismeretes. Túlnyomórészt a likvidmagma pirrhotinban szételegyedési zárvány. Hasadása (111) sz. jó. $K = 3,5-4$, rideg, $S = 4,6-5$. Fémcs fényű, világos bronzsárga, hasonlít a pirrhotinhoz. *Ércm.* világos krémsárga, közepesen erős reflexiója és izotrop viselkedése alapján jól elüt a pirrhotintól. Nem mágneses, karca fekete, HCl nem marja meg.

Képződés, lelőhely. A legfontosabb Ni-érc. Szinte egyedüli képződésmódja a bázisos kőzetek folyós-magma eredetű pirrhotintelepeihez van kötve. A pirrhotinrács nagyobb hőmérsékleten jelentős mennyiségű nikkelt vehet magába, mely később pentlandit zárványok formájában szételegyedik. Ugyanígy szételegyedik belőle a korábban felvett réztartalom is kalkopirit, kubanit, valleriit alakjában. Ez a „nikkelpirrhotin”-érc 2,5—3% Ni-t, 1,5—2% Cu-et, valamint Pt-fémeket is tartalmaz. Sudbury (Ontario, Kanada); Pecsenga (= Petszamo, az Északi Jeges-tenger mellett), Tunguz medence (SZU), Bushföld (Dél-afrikai Unió). Kisebb mennyiségű pentlandit szinte minden bázisos kőzetben, így a Bükk-hegységi Szarvaskő gabbrokőzetében pirrittel és pirrhotinnal társulva, vagy a Balaton-felvidéki Gulács-hegy bazaltjának pirrhotingumóiban is megtalálható.

Hauchecornit (Ni,Co,Bi)₄(Sb,S)₃. A formula analógnak látszik a maucheritéval. Tetragonális, $a_0 = 7,35$, $c_0 = 5,40$ Å. (A rácsméret is egyezik az előbbivel, csak ott a c_0 négyszeres.) Hasadása nincsen, törékeny, $K = 5$, $S = 6,4$. Opak, világos bronzsárga, fémfényű, felszínén bevonat képződik. Ritka. Hidrotermás eredetű. Siegerland (Westfalia, Németorsz.). A cementációs öv ásványai között is megtalálható.

Parkerit, α - $\text{Ni}_3\text{Bi}_2\text{S}_2$. Romtos holoéderes. $a_0 = 4,02$, $b_0 = 5,52$, $c_0 = 5,72$ Å. Hasadás (001) és (111) sz. $K < 3$, $S = 8,4$. Szemcsék, hasadási vonalakkal átjárt kisebb halmazok. Világos bronzbarna és élénken fémfényű, opak. — Ólomtartalmú változata az ólomparakerit: $\text{Ni}_3(\text{Pb},\text{Bi})_2\text{S}_2$. Pegmatitok és nikkelpirrhotin-telepek szegély-paragenezisében találják pentlandit, kalkopirit, cubanit, Bi-ásványok, telluridok, sperrylit társaságában. Insizwa (Kelet-Griekwaföld, Dél-afrikai Unió), Froot Mine (Sudbury, Ontario, Kanada).

Shandit, β - $\text{Ni}_3\text{Pb}_2\text{S}_2$. Ditrigonális szkalenoéderes, D_{3d}^5-R3m , $a_{\text{r},\text{n}} = 5,58$ Å, álszabályos. Kristályai romboéderek; fehér, fémfényű, opak. Parányi kristálykák heazlewoodittal, szfalerittel kromitos szerpentinkőzetben; Trial Harbour (Tasmania).

b) Animikit-csoport

Animikit (Ag,Sb). Szabályos. Az összetétel intermetallikus elegynek is tekinthető, melyben az ezüstöt az Sb 11%-ig helyettesítheti. Az antimon így az ezüstöt mintegy megkeményíti. Leginkább a természetesüsttel együtt található. Izotrop; a jelek szerint a szabályos diszkrazitmódosulathoz áll közel vagy éppen azonos vele.

Chilenit (Ag,Bi). Szabályos. Bizmuttal telített ezüst, a rács Bi-tartalma 10%. Kevésbé vizsgált fémelegy. San Antonio-bánya, Copiapo (Chile).

Huntilit, Ag_3As . Arzénezüst, intermetallikus elegy, $a_0 = 4,07-4,08$ Å. Szabályosnak látszik, de a jelek szerint belseje nem teljesen homogén. Természeüst mellett ritkaságként találják.

Diszkrazit, Ag_3Sb (*antimonezüst*). Rombos piramisos, álhexaszögletes. Térsc. C_{2v}^2-Pmm2 . $a_0 = 2,99$, $b_0 = 5,29$, $c_0 = 4,82$ Å. Rosszul fejlett kristályok, a termet oszlopos, piramisos, lemezes. Legtöbbször álhatszögletes iker (110) sz., néha ciklikus összenövés. Hasadása (001) és (011) sz. $K = 3,5-4$, vágható, de rideg. $S = 9,4-9,9$. Ezüstfehér krémsárga árnyalattal, erősen fémfényű, opak. *Ércmikr.*: fehér, erős fémjellegű reflexióval, gyengén pleokroos és anizotrópiája is gyenge. A (001) metszetsíkokon hármass ikerátnöves látható.

Hevítésre könnyen megolvad; faszélen hófehér Sb_2O_3 -verődék képződik, majd Ag-regulus marad vissza. HNO_3 -ban oldódik.

A diszkrazitot gyakran több összetevő együttesen építi fel, a szűkebb értelemben vett diszkrazit mellett még egy szabályos természeüst Sb-telítéssel (a jelek szerint önálló formában az *animikit* megfelelője), továbbá egy hexagonális összetevő, melyben 12—14% az Sb-tartalom (s ezt külön „allargentum” néven is említik), és rácsállandói nagyon közelállók a rombos álhatszögletes diszkrazitéhoz.

Képződés. Hidrotermás ezüsttartalmú érctelérek ásványtársulásához tartozik. Viszonylag ritka ásvány. Egyes intruzív hidrotermás ércesedésben azonban nagyobb mennyiségek képződnek, itt szintén fontos ezüstérc. Különböző finomságú szemcsés eloszlással mint ezüsthordozó több aszcendens szulfidban (bornitban, galenitben) megtalálható. A Kárpát-övezetben a Gutin-hegységi Capnic-on és Herján (Herzsán) ritkaság, az erdélyi Fatza Băii-n (Facsebányán) is csak finom hintésként ismeretes. A németországi Andreasbergen (Harz hegys.), Wolfachon (Baden) fontos ezüstásvány. Neves lelőhelyei még: Sulitjelma (Norvégia), Chañarcillo (Chile); Cobalt (Ontario, Kanada); Broken Hill (Ausztrália).

Maldonit, Au_2Bi , szabályos holoéderes. Tércs. $O_h^2 - Fd\bar{3}m$. $a_0 = 7,98 \text{ \AA}$, $Z = 8$. Színe sötétebb, keménysége nagyobb az aranyénál. Erősen fémfényű, reflexióképesége nagy, de nem éri el sem az elemi Au-ét, sem a Bi-ét. Nem stabilis, gyakran szételegyedik összetevőire, ami mikroszkópban finom rajzú mirmekitként észlelhető. Nagyobb hőmérsékleten pneumatolitosan vagy hidrotermásan képződik. Eredetileg az ausztráliai Maldon-ról (Victoria-tart.) vált ismertté. Az erdélyi Băița-n (Rézbányán) pneumatolitos—hidrotermás bizmut-telluridokkal ritkaságként fordul elő.

Arzenopalladinit, Pd_3As . Hexagonális, tércs. $D_{6h}^1 - P6/mmm$. $a_0 = 6,80$, $c_0 = 3,48 \text{ \AA}$ $Z = 2$. Ritka elegy.

Stibiopalladinit, Pd_3Sb . Tartalmazhat kevés Pt-t is. Kristálya nem eléggé ismert, kristályalakot még nem észleltek rajta. Röntgenelemzése még hiányzik. Bizonyos, hogy optikailag anizotróp. $K = 4-5$, $S = 9,5$. Hasadása nincsen. Gyengén fémfényű, fehér, sárgás bronzárnyalattal. Opak. Mikroszkópban határozott metszetek, ezen belül aragonitszerű ikermezők láthatók, ami rombos-álhatszögös szimmetriára enged következtetni. — Reflexióképesége erős, ami olajimmerzióban jelentősen megcsökken.

Bázisos kőzetekben kivált likvidmagnás nikkelpirrotin-telepek ásványa, s a Pd-tartalom fő hordozója. A szulfidos ércanyagban platina, sperrylit, cooperit, braggit a társai. — A dél-afrikai Transvaal Ni-ércfejtéseiből (Tweefontein Potgietersrust-kerület; Waterberg, Rietfontein) vált ismertté.

c) Nemesfém-telluridok

Hessit, Ag_2Te , gyakran kevés Au-at is tartalmaz. Kétféle módosulata van. Közönséges hőmérsékleten rombos holoéderes, tércs. $D_{2h}^{22} - Immm$, $a_0 = 16,27$, $b_0 = 26,68$, $c_0 = 7,55 \text{ \AA}$. $Z = 48$. — Az ásvány 155°C felett szabályos, (β -hessit) $a_0 = 6,64 \text{ \AA}$ és a cella 4 molekulát tartalmaz.

Krist. Kristályai külsőleg rendszeren szabályos kockák, ritkán szépen fejlettek, leginkább erősen torzult formák. Hasadás (100) sz. kivehető. $K = 2,5-3$. Vágható, de kissé rideg. $S = 8,4$. Gyengén fémfényű, acélszürke, opak. — *Ércmikr.* reflexióképesége közepes, színe szürkésfehér. Olajimmerzióban a reflexió intenzitása nagyon lecsökken, s a szín barnába hajlik. Mindig anizotróp, belsejében a rombos módosulat finom rácsozatszerű vagy párhuzamos lemezhalózata látható, mely 155° -on eltűnik, és izotrópia áll be. Ez a sajátosság részint fontos ércgenetikai hőmérőként szolgál, részint az aszcendens keletkezés bizonyítéka.

A lángot zöldre színezi, kénsavban Te-reakciót ad, HNO_3 oldja.

Hidrotermás szubvulkáni Au—Ag-telésekben más telluridokkal, természetesen arannyal, természetállással társul. Híres lelőhelyei: Erdélyben Boteș, Săcărâmb (Nagyág), Zlatna (Zalatna), Băița (Rézbánya). Továbbá Szempalatyinszk (Altáj-hgys., SZU). Nagyobb mennyiség a Ny- ausztráliai Kalgoorlie-bányában.

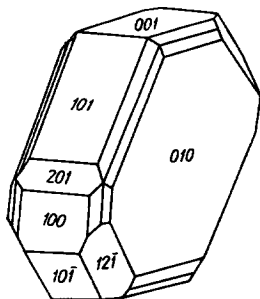
A kaliforniai és nevadai (USA) nemesfémhányákban is megtalálható. — Nevét Hess erdélyi bányász után kapta.

Petzit, Ag_3AuTe_2 , szabályos. Kevésbé kristályos, inkább finomszemcsés — tömött. Acélszürke-sötétszürke, fémfényű, opak. $K = 2,5-3$. $S = 9,1$. — *Ércm.* világosszürke enyhe lilás árnyalattal, reflexióképessége közepesen erős. A hessittel ellentétben alig észrevehetően anizotrop, más sajátágai a hessitéhez hasonlók. Egyes vizsgálatok szerint nem önálló ásvány, hanem a hessit (Ag_2Te) és calaverit (AuTe_2) összenövése. Au-tartalma meghaladja a 25%-ot, értékes ásvány. — Lehetséges, hogy képződése másodlagos. Lelőhelyei a hessitéivel egyezők, Erdélyben egyedül csak Sácárámbon (Nagyág) volt lelhető.

Empressit, (*stüützit*) $\text{Ag}_{11}\text{Te}_8$. Összetételében a két összetevő aránya változhat, ezért helyesebb azt általános képlettel jelezni: $\text{Ag}_{2-x}\text{Te}_{1+x}$, ahol $x = 0,1-0,5$. — Hexagonális holoéderes. Tércs. D_{6h}^1-P6/mmm . $a_0 = 13,49$, $c_0 = 8,48$ Å, $Z = 3$. — Leginkább aprószemcsés tömött halmaz, finom kagylós töréssel. Rideg. $K = 3,5$. $S = 7,6$. Erősen fémfényű, sötétszürke, enyhén bronzszerű árnyalással. — *Stüützit*-nek a fazettás, gömbszerű kristályokat nevezik, de ez a külső rendkívül ritka. — HNO_3 -ban oldódik. — *Ércm.* közepes reflexióképesség, világosszürke szín, erős bireflexió, s rendkívül erős anizotrópia jellemzi. — Eredeti lelőhelye Empress Mine (Colorado, USA), leginkább a telluridos paragenézisekben található. A stüützit eddig csak Sácárámból (Nagyág, Erdély, Románia) került elő.

Muthmannit (Au,Ag)Te. Táblás, egyirányban nyúlt kristályok, jó hasadással. $K = 2,5$, $S = 5,6$. Sárgarézsárga, friss felülete szürkésfehér. Más telluridokkal, főként krennerittel társul. Eddig csak Sácárámból (Nagyág, Erdély, Románia) ismeretes.

Montbrayit, Au_2Te_3 . Triklin. $a_0 = 12,10$, $b_0 = 13,46$, $c_0 = 10,80$ Å. $\alpha < 104^\circ 30'$, $\beta < 97^\circ 34'$, $\gamma < 107^\circ 53'$, $Z = 12$. — Apró, mozaikszerűen illeszkedő szemcsék. Hasadás több forma szerint. $K = 2,5$, nagyon rideg. $S = 9,94$. Sárgásfehér, erősen fémfényű. — Konc. HNO_3 -ban oldódik. Eredeti lelőhelye Montbray Mine (Quebec, Kanada), itt arany, kalkopirit, melonit, tellúrbizmut, coloradoit a kísérő ásványok.



365. ábra. Szilvanit

Szilvanit (*sylvanit*), „írásérc”, AuAgTe_4 . — Monoklin prizmás, tércs. C_{2h}^2-P2/a , rácsállandók: $a_0 = 8,94$, $b_0 = 4,48$, $c_0 = 14,59$ Å, $\beta < 34^\circ 34'$, $Z = 2$. *Kristályai* általában aprók, (010) sz. táblásak vagy a b -tengely szerint megnyúltak. Gyakori az ikerkristály (101) sz.: érintkezési vagy áthatolási ikrek. A lemezes, többszörös ismétlődésű ikerösszenövések sajátos, a telérközlet felületén rovásírásra emlékeztető hálózatot alkotnak („írásérc”). (365. ábra.) — Hasadása (010) sz. tökéletes. $K = 1,5-2$. Vágható, de lemezei törékenyek, $S = 8,16$. Erősen fémfényű, ezüstfehér sárgás árnyalattal. Opak. — *Ércm.* Reflexiója meghaladja a galenitét, színe krémfehér. Pleokroizmusa és anizotrópiája feltűnő és élénk.

Vegyileg arany—ezüst-telluridnak minősíthető, de az Ag-tartalom kissé ingadozó, illetve gyakran kevés Au-felesleg mutatkozik. Hevítve TeO_2 szublimál, a lángot zöldre festi, szódával redukálva Au- és Ag-szem marad vissza. HNO_3 -ban oldódik, az oldatból az Au kiválik.

Képződés, lelőhely. Az egyik leggyakoribb arany-tellurid. Szubvulkáni hidrotermás Au—Ag-telluridos telérek ásványa, de intruzív-hidrotermás aranyérc-együttesben is — sokszor jelentős mennyiségben — megtalálható. Először az erdélyi nemesfémhányakból vált ismeretessé, neve is innen (Transsylvania) ered. Baia de Arieș (Aranyos- /Offen-/ bánya), Săcărâmb (Nagyág), Fatza Băii (Facsebánya) a nevesebb lelőhelyei. Hasonló paragenézisű érctelepek: Glava (Värmland, Svédorsz.); Smuggler Mine (Colorado) és Goldfield (Nevada, USA). Gazdag telluridos lelőhelyek Ny-Ausztráliában Kalgoorlie és Coolgardie.

Krennerit, AuTe_2 ; mindig tartalmaz ezüstöt (Au:Ag ~ 4:1), összetétele ezért így is írható: (Au,Ag) Te_2 .

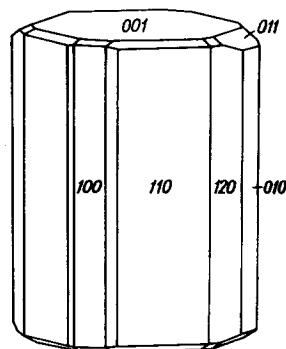
Krist. Rombos dipiramisos, tércs. C_{2v}^4 — $Pma2$. $a_0 = 16,54$, $b_0 = 4,46$, $c_0 = 8,82$ Å. $Z = 8$. Rácsa a szilvanitéval és calaveritéval rokon. A krennerit-szerkezet a szilvanitéból (100) szerinti belső ikerképződéssel áll elő. A három tellurid rokonságát az egyik cellaél hasonló értéke is mutatja:

szilvanit: $b_0 = 4,49$ Å,
 krennerit: $b_0 = 4,46$ Å,
 calaverit: $b_0 = 4,41$ Å.

A krennerit formákban gazdag kristályai zömök oszlopok, a c -tengely irányában sűrűn rostozottak (366. ábra). Hasadás (001) sz. kitűnő. $K = 2-3$, $S = 8,62$. Rideg, erősen fémfényű, világos ezüstfehér sárgás árnyalattal. Opak. **Ércm.** Reflexióképessége erős, színe fénylő krémfehér, de gyengén pleokroos és anizotrópiája is közepes. Jellemző sajátága, hogy +N-állásnál a teljes elsötétedés helyett sötétbarna szín jelentkezik. — Szépen pattogzik, egyéb sajátága a szilvanitéval egyezik. A korábbi „müllerin”, valamint a „fehértellúrérc” lényegileg azonos a krennerittel.

Képz., lelőhely. Nemesfém-telluridos telérek egyik jellemző ásványa. Az érc-társulás legelső kiválásai közé tartozik. Săcărâmb-on (Nagyág, Erdély, Románia) több mm-es kristályok kerültek elő; La Plata Mine és Cripple Creek (Colorado, USA), Montbray Mine, Quebec (Kanada), Kalgoorlie (Ny-Ausztrália). Nevét KRENNER JÓZSEF (1839—1920) magyar mineralógusról kapta.

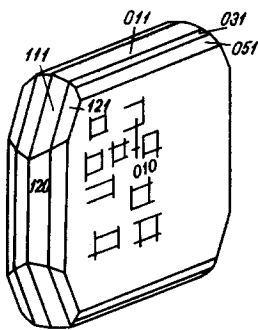
Calaverit, AuTe_2 . Szintén tartalmaz ezüstöt, de a krenneritnél kevesebbet. **Krist.** Monoklin holoéderes, álrombos. C_{2h}^3 — $C2/m$, $a_0 = 7,19$, $b_0 = 4,41$, $c_0 = 5,08$ Å. $\beta \approx 90^\circ 08'$. Rácsa ugyancsak a szilvanitéból vezethető le. Bonyolult



366. ábra. Krennerit

kristályai laposak, lécszerűek vagy rövid prizmásak. Gyakran szemcsés, tömött. A nagyobb Au-tartalom miatt sűrűsége nagyobb ($S = 9,2$) a krenneriténél. Ridegebb is ennél és nincsen hasadása. Egyéb sajátságai a krenneritével egyezők. — *Ércm.*-ban nehezen különíthető el.

Képz., lelőhely. A nemesfém-telluridos ércelérek egyik gyakoribb aranytelluridja. Stanislaus Mine (California), Cripple Creek és Smuggler Mine (Colorado, USA); Kalgoorlie (Ny-Ausztrália).



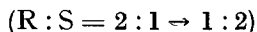
367. ábra.
Nagyágit

Nagyágit, „levélérc”, $Pb_3Au(Te,Sb)_4S_{5-8}$, monoklin, áltetragonális. Intermetallikus vegyületnek tekinthető. — (A kéntartalom a Te—Sb-helyettesítés mértékétől függ.) Elemi cellája (tetragonális felfogásban): $a_0 = 12,5$, $c_0 = 30,25$ Å, $Z = 10$. Kristályai (010) sz. táblásak, e lap felületén a derékszögű négyzetes vonalazottság gyakori és jellemző (367. ábra). Többnyire bennőtt, vékony, görbült-leveles csoportok, halmazok („levélérc”); néha szemcsés-tömött kifejlődésű. Hasadása (010) sz. tökéletes. $K = 1-1,5$. $S = 7,4$. Lemezei hajlíthatók, kalapálhatók. Színe és karca sötét ólomszürke, erősen fémfényű, opak. — *Ércm.* Szürkésfehér (a galenithez hasonló), pleokroizmusa gyenge, anizotrópiája is gyenge, de jól észlelhető, kioltása közelítőleg párhuzamos. — HNO_3 oldja, szénen hevítve Pb-verődék keletkezik és

Au-regulus marad vissza.

Képz. Eredeti (és névadó) lelőhelye Săcărâmb (Nagyág, Erdély, Románia), kíséretéhez Au-telluridok, altait, természetes arany, szfalerit, tetraédrit, rodokrozit, dolomit tartozik. Ritkább Baia de Arieș-en (Aranyos-/Offen-/bányán, Erdély, Románia). Számos más lelőhelye közül említhető: Cripple Creek (Colorado) és Coffee Creek (Montana, USA); Tararu Creek (Új-Zéland), Korea.

B. ALOSZTÁLY

SZULFIDOK EGYES (SZINGULÁRIS)
S²⁻-ANIONNAL

A szulfidok legnépesebb alosztálya. A csoportosítás, illetőleg felsorakoztatás természetes alapelve a fémtartalom csökkenése, azaz a metalloid-telítődés fokozódása. E kristályvegyületekben a fém : kén (metalloid) arány általában 2 : 1-től az 1 : 1 arányon át 1 : 2-ig módosul. A háromdimenziós rácskötelékek csoportjaiban ez az eltolódás 2 : 1-től csak 1 : 1-ig terjed, és az arányérték átmenetek nélkül határozottabbá válik. A réteges és láncszerű kötelékekben viszont a 2 : 1 arány már nem szerepel, és főleg a kettős szulfidok 2 : 2, 3 : 4, 2 : 3, 4 : 7 közbülső változatain át 1 : 2 arányban a metalloidok jutnak túlsúlyba.

A három kötelékfajtán (főcsoporton) belül a csoportosítás — ahol csak lehetséges — rács típusok szerint történik, illetve ezen belül az egy-, két- (vagy több-) féle fémtartalom a további beosztás alapja.

I. FŐCSOPORT

HÁROMDIMENZIÓS (TÉRHÁLÓS) SZERKEZETEK

Áttekintés

50. táblázat

a) csoport. Fémben gazdagabb vegyületek

(Főként argentit-típusú és antifuorit-szerkezetek)

Név	Összetétel	Krist. rendszer
<i>α) Egyszerű szulfidok és szelenidok</i>		
α-Argentit } β-Argentit }	Ag ₂ S	monoklin szabályos
α-Naumannit } β-Naumannit }	Ag ₂ Se	rombos szabályos
α-Aguilarit } β-Aguilarit }	Ag ₄ SeS	rombos szabályos
Berzelianit	Cu ₂ Se	szabályos
α-Kalkozin } γ-Kalkozin }	Cu ₂ S	rombos
Neodigenit	Cu ₉ S ₅	hexagonális szabályos
Umangit	Cu ₉ Se ₂	rombos
Crookesit	(Cu, Ag, Tl) ₂ Se	{ tetragonális- -álszabályos

50. táblázat folytatása

Név	Összetétel	Krist. rendszer
<i>β) Kettős fémtartalmú szulfidok</i>		
Argirodit	Ag ₈ GeS ₆	rombos
Canfieldit	Ag ₈ (Sn,Ge)S ₆	rombos
Stromeyerit	CuAgS	rombos
Eukairit	CuAgSe	tetragonális
Jalpait	Ag ₃ CuS ₂	álszabályos
α-Bornit } β-Bornit }	~ Cu ₅ FeS ₄	rombos-álszabályos szabályos
Betechtinit	Pb(Cu,Fe) ₁₀ S ₆	rombos

b) csoport. Kősó-típusú szerkezetek

Név	Összetétel	Krist. rendszer
-----	------------	-----------------

α) Egyszerű szulfidok

Galenit	PbS	szabályos
Clausthalit	PbSe	szabályos
Altaít	PbTe	szabályos
Alabandin	α-MnS	szabályos
Oldhamit	CaS	szabályos
Herzenbergit	SnS	rombos

β) Kettős szulfidok

Miargirit	AgSbS ₂	monoklin
Aramayoit	Ag(Sb,Bi)S ₂	triklin
α-Schapbachit } β-Schapbachit }	AgBiS ₂	rombos szabályos
Teallit	PbSnS ₂	rombos

c) csoport. Nikkelin-típusú szerkezetek

Név	Összetétel	Kr.st. oszt.
Nikkelin	NiAs	} hexagonális holoéderez
Breithauptit	NiSb	
Arit	Ni(As,Sb)	
Pirrhotin	FeS	
Jaipurit	γ-CoS	
Achavalit	FeSe	
Freboldit	γ-CoSe	} rombos holoéderez trigonális hemimorf
Modderit	CoAs	
Millerit	β-NiS	

50. táblázat folytatása

d) csoport. Wurtzit-típusú szerkezetek

Név	Összetétel	Krist. oszt.
<i>α) Egyszerű szulfidok</i>		
Wurtzit	β -ZnS	} hexagonális } hemimorf
Greenockit	β -CdS	
<i>β) Kettős szulfidok</i>		
Enargit	Cu_7AsS_4	} rombos hemimorf
Stibioenargit	Cu_3SbS_4	
Cubanit	CuFe_2S_3	} rombos holoéderez
Sternbergit	AgFe_2S_3	
Frieseit	$\text{Ag}_2\text{Fe}_3\text{S}_8$	rombos holoéderez
Argiropirit	$\text{Ag}_3\text{Fe}_7\text{S}_{11}$	rombos-
Argentopirit	AgFe_2S_3	-álhexagonális rombos- -álhexagonális

e) csoport. Szfalerit-típusú szerkezetek

Név	Összetétel	Krist. oszt.
<i>α) Egyszerű szulfidok</i>		
Szfalerit	α -ZnS	} szabályos } hemiéderez
Hawleyit	α -CdS	
Metacinnabarit	HgS	
Stilleit	ZnSe	
Tiemannit	HgSe	
Coloradoit	HgTe	
Lautit	CuAsS	rombos
<i>β) Kettős szulfidok</i>		
Kalkopirit	CuFeS_2	} tetragonális } szkaloéderez
Gallit	CuGaS_2	
Stannin	$\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$	
Luzonit	Cu_3AsS_4	
Stibiolumonit	Cu_3SbS_4	

50. táblázat folytatása

Név	Összetétel	Krist. oszt.
<i>γ) Fakóércfélék</i>		
Tennantit	$\text{Cu}_3\text{AsS}_3\text{-}_4$	} szabályos hemiéderes
Tetraedrit	$\text{Cu}_3\text{SbS}_3\text{-}_4$	
Germanit	$\text{Cu}_3(\text{Fe,Ge})\text{S}_4$	
Colusit	$\text{Cu}_3(\text{Fe,As,Sn})\text{S}_4$	
Sulvanit	Cu_3VS_4	} szabályos (?)
Eskebornit	$(\text{CuFe})\text{Se}_2$	
<i>δ) „Vörösezüstércek”</i>		
Proustit	Ag_3AsS_3 }	} trigonális hemimorf
Pirargirit	Ag_3SbS_3 }	
Xantokon	Ag_3AsS_3 }	} monoklin holoéderes
Pirostilpnit	Ag_3SbS_3 }	

f) csoport. Vegyes rács típusok

Név	Összetétel	Krist. oszt.
Cinnabarit	HgS	trigonális enantiomorf
Cooperit	PtS	tetragonális holoéderes
Braggit	$(\text{Pt,Pd,Ni})\text{S}$	tetragonális paramorf
Platynit	$\text{PtBi}_2(\text{S,Se})_3$	hexagonális

g) csoport. Spinellvácsú szulfidok

Név	Összetétel	Krist. oszt.
Linneit	Co_3S_4	} szabályos holoéderes
Siegenit	$(\text{Co,Ni})_3\text{S}_4$	
Polidimit	Ni_3S_4	
Violarit	FeNi_2S_4	
Daubréelit	FeCr_2S_4	
Bornhardtit	Co_3Se_4	

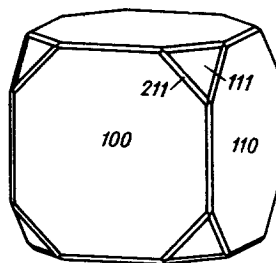
a) csoport

Fémekben gazdagabb vegyületek

 α) EGYSZERŰ SZULFIDOK ÉS SZELENIDEK

Argentit („lágý ezüstérc”), Ag_2S . Összetételében kevés Cu-et, esetleg Pb-ot, Sb-t tartalmazhat. — *Krist.* Monoklin holoéderes-álmombos, az α - Ag_2S = *akantit*. Tércs. $C_{2h}^5-B2_1/c$. $a_0 = 9,49$, $b_0 = 6,93$, $c_0 = 8,30$ Å, $\beta \simeq 124^\circ$. $Z = 8$. Az α -argentit 179°C felett szerkezeti átépüléssel szabályos szimmetriába vált át: β -*argentit*té alakul, tércs. O_h^3-Im3m , $a_0 = 4,89$, Å, $Z = 2$. A dimorfíának egyik jól ismert példája.

A természetes kristályok túlnyomóan szabályos külsejűek (368. ábra), leggyakoribb alak a kocka és az oktaéder, melyhez az (110) és néha a (211) is társul. Lemezes, bádogszerű, ágas-bogas kialakulással és hajszerű fonatos képletekben, de vaskosan vagy finom por alakú, koromszerű tömegekben is képződik. A kisebb ($< 179^\circ\text{C}$) hőmérsékleten keletkezett kristályok inkább nyúlt, szálás természetűek, néha töviszerűek [innen az elnevezés: *akantos* (gör.) = tövis, túske] és belsejükben is homogének. — Hasadása (100) sz. alig kivehető. $K = 2$, kalapálható, vágható. $S = 7,3$. Friss felületen fémfényű, de csakhamar bágyadt fénytelenre futtatódik. Színe sötét ólomszürke, karca fénylő. Opak. — *Ércm.* Tompa szürkésfehér, galenit vagy termésezüst mellett kissé zöldes. Bireflexiója gyenge, de anizotrópiája jól észlelhető, és ha eredetileg α -módosulatként keletkezett, a kristályok belsejét finom anizotrop lemezi-rendszer tölti ki. Erős megvilágításkor fényétetés vonja be.



368. ábra. Argentit

Belőle szénen ezüstszem redukálható, HNO_3 kénkiválás közben oldja. Ezüst-tartalma 87%, értékes ezüstásvány.

Képz. Hidrotermás szakaszban, főleg az Au—Ag-formáció teléireiben keletkezik. A Kárpát-övezet harmadkori andezitvulkánosságával kialakult érctelepek gyakori ásványa: Banska Štiavnica (Selmezbánya), Kremnica (Körmöcbánya, Csehszlovákia) Baia Mare (Nagybánya, Gutin-hg.), Băița (Rézbánya) és Săcărâmb (Nagyág, Erdély, Románia). Legszébb kristályok: Freiberg (Szászország, Németország). Nagyobb mennyiségben: Kongsberg (Norvégia), Comstock-telér (Nevada, USA), Chile, Peru, Mexikó. A galenit Ag-tartalma jórészt a benne levő finom argentit zárványoktól ered. — A cementációs övben is keletkezik, ilyenkor belseje ritmikus öves felépítésű.

Naumannit, Ag_2Se . A vegyület dimorf, 133°C alatt rombos (α -*naumannit*), e hőfok felett szabályos holoéderes, $a_0 = 4,99$ Å. Egyes apró kockaszerű kristályok vagy szemcsés-tömött halmazok. Hasadása (100) sz. igen jó, vágható. $K = 2$, $S = 7,8$. Szürkésfekete, fémfényű. — *Képz.* Hidrotermás eredetű, egyéb

Se-ásványok kíséretéhez tartozik, eléggé ritka. Tilkerode (Harz-hegys., Németország.) Glava, (Värmland, Svédország.); Pacajake (Bolívia); Sierra de Cacheuta (Argentína).

Agularit, Ag_4SeS , a naumannit-hoz hasonlóan szintén dimorf: az α -agularit rombos, a nagyobb hőmérsékleten ($\sim 120^\circ$ -on) képződő β -módosulat szabályos. Kristályai vázszerű kockák, rombdodekaéderek; gyakrabban tömött-szemcsés. Hasadása nincsen, törése horgas, vágható. $K = 2,5$, $S = 7,6$. Fémfényű, vasfekete. Opak. Argentittel, ezüsttel társul. Guanajuato (Mexikó); Comstock-telér (Nevada, USA).

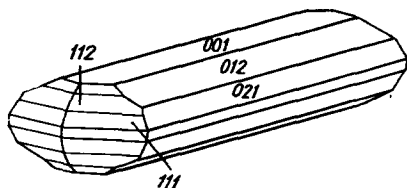
Berzelianit, Cu_2Se . Néha eukairittal belsőleg összenő, s így kevés Ag-ot is tartalmazhat. — Szabályos holoéderes, O_h^7 — $Fd3m$, $a_0 = 5,74$ Å. Rácsa anti-fluorit-szerkezet. — Csakis finom szemekben, dendrites vázakban ismeretes. Hasadása nincsen, $K = 2$, kissé engedékeny, $S = 6,7$. Fémfényű, ezüstfehér, de erősen sötét bevonat lepi be. Opak. — *Ércm.* reflexiók színe kékesfehér, olajimmerzióban telt kék, izotrop. — *Képz.* Hidrotermás telérek Se-tartalmú ásványtársulásának ritka és kis mennyiségben mutatkozó tagja. Tilkerode (Harz-hegys.), Skrikerum (Svédország.); Sierra de Umango (Argentína).

Kalkozin, Cu_2S . A vegyület több változatban, ill. módosulatban és elegy alakban is megjelenik. Valamennyi forma sajátosságai hasonlóak vagy közelállóak, így a biztos megkülönböztetéshez legalább ércmikroszkóp szükséges. Fontosabb módosulatok:

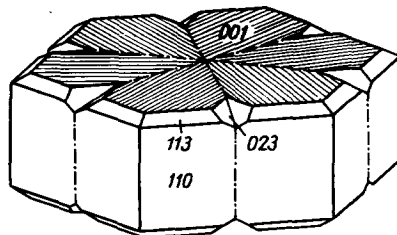
α -Kalkozin, rombos piramisos, tércs. C_{2v}^{12} — $Ab2m$. $a_0 = 11,90$, $b_0 = 27,28$, $c_0 = 13,41$ Å, $Z = 96$. — Kisebb hőmérsékleten, 103°C alatt keletkezik, illetőleg stabilis.

γ -Kalkozin, hexagonális holoéderes. A 103°C -os átalakulási pont feletti módosulat, tércs. D_{6h}^4 — $P6/mcm$. $a_0 = 3,90$, $c_0 = 6,69$ Å, $Z = 2$. A rácsméret előbbi módosulat dimenzióinak közel harmadával, illetőleg felével egyezik. Amikor ez a kalkozin rombossá alakul, belsejében sajátos, tömött lemezrendszer keletkezik, s az eredeti (0001) síknak a rombos (001) felel meg.

A lemezes vagy paramorfóza-kalkozin további változat, mely neodigenit-ből (l. ott) keletkezik, és az oktaéder szerint rendezett, túlnyomóan a rombos (α - Cu_2S) módosulat lemezrendszeréből áll. E lemezek közötti teret a neodigenit vagy bornit maradványai töltik ki (371. ábra).



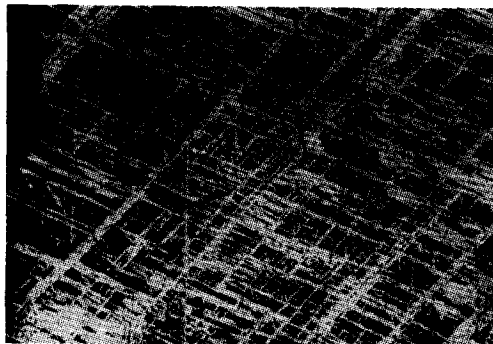
369. ábra. Kalkozin



370. ábra. Kalkozin-iker (110) sz.

Leggyakoribb módosulata a rombos kalkozin, melynek pszeudohexagonális táblás vagy zömök oszlopos kristályain egyszerűbb indexű formák uralkodnak. Gyakori a bázislap rostozása és az *a* szerint nyúlt kristályokon a hosszanti vonalazottság (369. ábra). Többféle ikertörvénye van. Leggyakoribb az (110), ritkább az (112) és (032) szerinti iker (370. ábra). Elvértve ikerlap lehet a (201) is. Az ikertörvények együttesen is szerepelhetnek.

Fennőtt kristályokban vagy kisebb kristálycsoportokban is képződik, de vaskos—tömött, szemcsés halmazokban a leggyakoribb. Néha szerves maradványokat ércesít, vagy más ásványok (pirit, galenit) után pszeudomorfóza. Hasadása (110) és (001) sz. közepe. $K = 2,5-3$. Kissé engedékeny. $S = 5,5-5,8$. Fémfényű, feketés ólomszürke, enyhén kékes. Könnyen befuttatódik, karca csillogó szürke. Opak.



371. ábra. Lemezes kalkozin. A hálózat köztes részét neodigenit és bornit tölti ki. Ércmikroszkópos kép. Nagyítás: $200 \times$ (Ramdohr után)

Ércm. reflexióképessége közepes; színe tompa fehér vagy kékesfehér. Bireflexiója nagyon gyenge, anizotrópiája is csak olajimmerzióban mutatkozik jobban, kioltása egyenes. Szélen színrézzé redukálható; HNO_3 kénkiválással oldja.

Képz., lelőhely. Hidrotermásan, vasban szegény rézérclepeken bornit, fakóérc, enargit kíséretében jelenik meg. Általában $105-200^\circ\text{C}$ körüli hőmérsékleten előbb neodigenit vagy ritkábban a hexagonális módosulat keletkezik. Előbbiből lemezes paramorfóza, utóbbiból durvaszemcsés, vaskos kalkozin áll elő. Csak 100°C körüli kiválásokban, főképpen pedig leszálló, cementatív folyamatokban keletkezik közvetlenül a tömeges α -kalkozin. — A Mátra-hegységi Recsken csak szórványosan, a Szlovák Érc-hegységben számos bányahelyen, Băițan (Rézbánya, Bihar), a bányászati kontaktvidéken (Románia): Oravițan (Oravica) és Sasca montană (Szász-kabányán) néha jelentősebb tömegben is találták. Nagyobb felszaporodások: Karpinszk (Bogoszlovskij, Ural, SZU); Butte (Montana) és Bisbee (Arizona, USA); Khan-bánya (Dél-afrikai Unió).

Egyike a legfontosabb réz-ásványoknak; Cu-tartalma 79,5%. Különösen a descendens felszaporodásai jelentősek: ún. kalkozinpados kialakulások, pl. a Minas de Riotinto (Huelva-tart., Spanyolorsz.) oxidációs zónájában.

Neodigenit*, Cu_9S_5 . Szabályos. Az antifluoritárcshoz nagyon hasonló szerkezet. $a_0 = 5,57 \text{ \AA}$. Lényegileg a $\text{Cu}_2\text{S}-\text{CuS}$ -rendszer egyik elegyváltozata:

* A név újkeletű. Az eredeti „digenit”-ről az ércmikroszkópos vizsgálatok kiderítették, hogy nem önálló, illetőleg nem állandó összetételű ásvány, hanem kalkozin és covellin bizonytalan arányú együttese.

a Cu_2S nagyobb ($\sim 300^\circ$) hőmérsékleten jelentős mennyiségű CuS -ot vehet fel szilárd oldatként, a rácsa ekkor szabályosra változik. Ez az elegy — melyben a CuS 30%-ot is elérhet — hidrotermás viszonyok közt jön létre. De nem stabilis forma, mert legtöbb esetben belseje inhomogénné, finom, orientált lemezrendszerré változik, azaz szételegyedik, éspedig α -kalkozin és kovellin (CuS) összetevőkre. Benne több-kevesebb izotrop Cu_9S_5 -részlet visszamaradhat (371. ábra). Ezt a struktúrát másként neodigenit utáni *parakalkozinnak* is nevezik. — A másik neodigenit-változat kisebb, $\sim 78^\circ$ alatti hőmérsékleten keletkezik, deszcendens folyamat terméke (max. 20%-nyi CuS -molekulát vesz fel), és maradóan homogén belső alkata van.

Fennőtt kristályosan csakis műtermékként ismeretes. Természetes körülmények között vaskos-tömeges kialakulásban a többi közel rokon réz-szulfid társaságában jelenik meg. — Szemcséin az (111) sz.-i ikerlemezeség látható. Hasadása ugyancsak az (111) sz. igen jó, ami még a paramorf átalakuláson átment darabokon is kivehető. $K = 2,5$ — 3 . $S = 5,5$. Sötét szürkés-ill. feketés-kék. Fémfényű, de hamarosan fénytelené válik, és felületén barna porszerű bevonat képződik. Opak.

Ércm. Reflexióképessége viszonylag gyenge ($\sim 18\%$), ami az antifluoritárcs S-feleslegéből, helyesebben Cu-hiányából ered. Reflexiók színe kékesfehér vagy tompa kékeszürke; a homogén kristály teljesen izotrop. — Szélen fröccsenés közben rideg golyóvá olvad; szódával színrézzé redukálható, HNO_3 -ban kénkiválás közben oldódik.

Képz., lelőhely. Felszálló hidrotermás kialakulásban leggyakoribb társai a kalkozin, covellin, kalkopirit, pirit. — A kis hőmérsékletű változat cementációs folyamat terméke, és ilyenkor leginkább covellin, bornit, termésrész, azurit, malachit kíséri. — Cu-tartalma 78%, értékes rézászvány, bár nagyobb mennyiségben nem gyakori. — Fontosabb lelőhelyek: Tsumeb, Otavi, Khan és Ehlers bányák (Délnyugat-Afrika), Butte (Montana), Jerome (Arizona) és bőségesebben Kennecott (Alaska, USA). Deszcendens eredettel: Bor (Jugoszlávia), Cananea (Sonora, Mexikó).

Umangit, Cu_3Se_2 . Összetételében a Cu-ot kevés Ag helyettesítheti. Rombos diszfenoidos; D_2^3 — $P2_12_12$. Elemi cellája: $a_0 = 4,28$, $b_0 = 6,40$, $c_0 = 12,46$ Å, $Z = 4$. Kristályosan kevésbé, inkább szemcsés halmazokban jelenik meg. Hasadása nincsen, $K < 3$, $S = 6,78$. Opak. Friss törési felületen cseresznyepiros, enyhén ibolyás árnyalással; fémfényű. Színe hamarosan kékesibolyára, majd feketés-kékre változik. *Ércm.*-ban: gyakorlatilag egytengelyesnek látszik, reflexiója közepes, de igen erős és élénk a pleokroizmusa és anizotrópiája is. — Hidrotermás eredettel más Se-ászványokkal társul. Tilkerode, (Harz-hgs. Németorsz.), Skrikerum (Svédorsz.); nagyobb mennyiségben Sierra de Umango (Argentína).

Crookesit $(\text{Cu}, \text{Ag}, \text{Tl})_2\text{Se}$. Sokáig bizonytalan ásványfajnak tartották, de megerősítést nyert, hogy önálló ásvány. Álszabályos-tetragonális. $a_0 = 10,40$, $c_0 = 3,83$ Å, $Z = 2$. Csakis tömött—szemcsés alakban ismeretes. $K = 2,5$, $S = 7,1$. Ólomzürke, fémfényű — Ritka szelenid. Skrikerum (Svédorsz.); Pinky Fault (Saskatchewan, Kanada).

β) KETTŐS FÉMTARTALMÚ SZULFIDOK

Argirodit, Ag_8GeS_6 és

Canfieldit, Ag_8SnS_6 . A két izomorf vegyület mindig elegy alakban jelenik meg, tehát a helyesebb formula: $\text{Ag}_8(\text{Ge}, \text{Sn})\text{S}_6$.

Álszabályos-rombos. $a_0 = 21,11 \text{ \AA}$, ill. $a_0 = 14,93$, $b_0 = 12,22$, $c_0 = 6,87 \text{ \AA}$. — Külalakra apró kristályok szabályos oktaéder és rombtizenkettős formákkal, szemölcsös, szemcsés halmazok, (111) sz. ikrek. Hasadása nincsen. $K = 2,5$, $S = 6,3$. Opak. Acélszürke—fekete, vöröses árnyalattal. — *Ércm.* nem izotrop; enyhén pleokroós, anizotrópiája élénk. Hidrotermás keletkezésű. Első lelőhelye Freiberg (Szászorsz., Németorsz.). Bolívia számos bányahelyéről és Tasmaniából is előkerült.

Stromeyerit, CuAgS . Rombos holoéderes. $a_0 = 4,06$, $b_0 = 6,66$, $c_0 = 7,99 \text{ \AA}$, $Z = 4$. Prizmás, álhatszöges kristályok, de tömött-szemcsésen gyakoribb. Iker (110) sz.; enyhe nyomásra (201) sz. transláció tapasztalható. Hasadása nincsen. $K = 2,5$ —3, $S = 6,2$ —6,3. Fémfényű, sötét acélszürke, idővel kékesre változik, anizotrópiája erős és élénk.

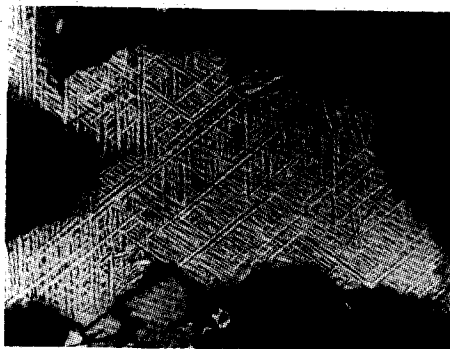
Kis mennyiségben eléggé elterjedt ércásvány, nagyobb felhalmozódásban annál ritkább. Másodlagosan Ag-tartalmú tetraeditből és egyéb Ag-szegény ércásványból — főképpen a cementációs övben a kalkozin tömegekkel együtt — keletkezik. Aszcendens eredetű: Idaho Springs (Colorado, USA); Potosí (Bolívia); Altáj hegys. (Szibéria, SzU). Cementációsán főleg a mexikói, chilei, perui rézbányákban gyakori.

Eukairit, CuAgSe , tetragonális, D_{4h}^7 — $P4/nmm$. $a_0 = 4,08$, $c_0 = 6,30 \text{ \AA}$. Aprószemcsés, tömött halmaz. Hasadása nincsen, $K = 2$, vágható. $S = 7,6$ —7,8. Fémfényű, ónfehér—ólomszürke, enyhén sárgás. Felületén hamar sötét bevonat képződik. *Ércm.* gyengén pleokroós, viszont erősen és élénk színekben anizotrop. Szinte valamennyi Se-érc-lelőhelyen megjelenik, helyenkint elég gazdagon. Kísérői: umangit, clauthalit, klockmannit, tiemannit.

Jalpait, Ag_3CuS_2 Szabályos, de optikailag erősen anizotrop, tehát bizonyos, hogy alacsonyabb szimmetriájú. Tömött-szemcsés halmaz. Hasadása (100) sz. $K < 3$, $S = 6,76$. Engedékeny. Opak. Szürkésfekete, fémfényű. *Ércm.* közepes reflexió, fehéresszürke szín, erős pleokroizmus és anizotrópia jellemzi. — A cementációs öv ásványa. Több lelőhelye van, leggyakrabban kalkozinnal és argentitvel társul.

Bornit, *tarka rézkovand*, Cu_5FeS_4 . Összetétele e képlettől jelentősen eltérhet. *Krist.* Álszabályos, illetőleg rombos. Szabályos rács: $a_0 = 10,97 \text{ \AA}$, $Z = 8$. Rombos szerkezet: $a_0 = 21,94$, $b_0 = 21,94$, $c_0 = 10,97 \text{ \AA}$, $Z = 32$. Kristályos alakban rendkívül ritka, általában vastos, tömött-szemcsés. Iker (111) sz. Hasadása (100) és (111) sz. jelentéktelen. Rideg, törése kagylós. $K = 3$, $S = 5,0$ —5,1. Opak. Fémfényű, friss felületen rózsásbarna, tombakbarna (pirrhotinhoz hasonló), de nagyon hamar „tarkára”: rózsásvörös-, rézvörös-, ibolyáskék-, acélkékre futtatódik. Később a felület fénytelen feketére változik.

Ércm. reflexióképessége gyenge közepes [R_{Na}] = 19%); frissen fényezett felülete világos rózsásbarna (hasonló a pirrotinéhez), de igen rövid idő (alig 1/2 óra) alatt vörösbe, majd ibolyába vált át. Úgyszólván sohasem teljesen izotróp. Anizotrópiája olyan kifejezett lehet, hogy szemcsehatárok, ikerlemezek is jól láthatók. A vizsgálatok szerint a $CuFeS_2$ és Cu_2S , a rácsszerkezetiileg közelálló két társvegyület nagyobb hőmérsékleten ($\sim 200^\circ C$ felett) beépül a szabályos rácsba, a szételegyedés elmaradásával benne is reked, úgyhogy a bornit



372. ábra. Bornit. Szételegyedett lemezhalózat mikroszkópi képe. Nagyítás: 200 \times . (Ramdóhr után)

még röntgenografiaiilag is homogén marad. Ezért összetétele a Cu_3FeS_3 és Cu_9FeS_6 között különféle fokozatú lehet; ennek megfelelően optikai anizotrópiája is változik. Nagyon gyakran szételegyedik, már csekély kalokopirittöbblet esetén is sűrű lemezhalózat jelenik meg benne (372. ábra), amit nem ritkán mechanikai behatás vagy meginduló mállás is kiválthat. Nagyon valószínű, hogy a vázolt vegyi és strukturális változékonyság szorosan összefügg a Cu- és Fe-kationok különböző ionizációs állapotával.

Szénen mágneses gömbbé redukálható, szódával rézszemet kapunk.

HNO_3 és cc. HCl kénkiválás közben oldja. Fontos rézészvény, Cu-tartalma $\sim 55\%$.

Képz., lelőhely. A bornit eléggé gyakori és elterjedt ércészvény, és nagyobb tömegű felszaporodása nem ritka. Magmásan és üledékesen egyaránt képződhet.

1. Magmás folyamatok kapcsán tág hőmérsékleti határok közt keletkezik.

a) Ortomagmásan bázisos (dolerit) kőzetekben szételegyedési (szeggregációs) termék. Transvaal (K-Griekwa-föld, Délnyugat-Afrika). b) Eléggé elterjedt pegmatitosan és kontakt pneumatolitos ércesedésekben: Radautal (Harz-hegység, Németország); Ciclova (Csiklova) és Sasca montană (Szászabánya) a romániai Bánságban; Khan-bánya (D. nyug.-Afrika), Pitkjaranta (Ladoga-tó, SZU); Cornwall (Anglia), Jüejang (Hunan, Kína). c) Hidrotermás eredettel ugyancsak számos lelőhelye van. Katatermás a svédországi Långban, Nautanen, Svappavaare, Glava és Uszpenzskij (Kazahsztán, SZU). Mezotermás: a Szlovák Érchegységben Dobšiná, Rudňany (Ötösbánya [Kotterbach]). Băita (Rézbánya, Bihar, Románia). Siegerland (Németország); Tsumeb (D-afrikai Unió). — Epitermásan: Bor (Jugoszl.), Elisena-bánya (Bulgária), Montecatini (Toscana, Olaszország), Idaho Springs (Colorado, USA).

2. Üledékes kialakulásban cementatív úton egyes rézérctelepeken jelentős tömeg képződött belőle: Tamaya (Chile); San Marcos (Mexikó). — Jelentősebb mennyiségben tartalmazza a mansfeldi zechsteinkorú rézpala is.

Betechtinit, $\text{Pb}(\text{Cu},\text{Fe})_{10}\text{S}_6$. Rombos, C_{2v} vagy D_2 , $a_0 = 3,86$, $b_0 = 14,67$, $c_0 = 22,8$, $Z = 2$. $K = 2-3$, $S = 6,1$. Fekete, fémes fényű, tűs-szálal kristálycsoportok. Csizolatban pleokroos és anizotrop. A mansfeldi rézpalában kalkozin, bornit, természetes társaságában lelhető. Ritkaság. Felismerése újabb (1955) keletű, nevét A. G. BETECHTIN szovjet mineralógusról nyerte.

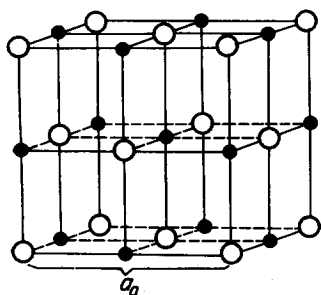
b) csoport

Kőso-típusú szerkezetek

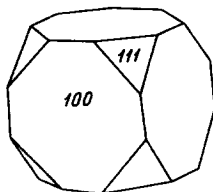
a) EGYSZERŰ SZULFIDOK

Galenit, PbS . Összetétele: Pb 86,6% és S 13,4%. A benne található leggyakoribb elemek: Ag (l. alább), Cu , Zn , néha Ge , Bi , Fe , As , Sb , Mo . Ezek legtöbbjét mikroszkóppal is észlelhető zárványként tartalmazza.

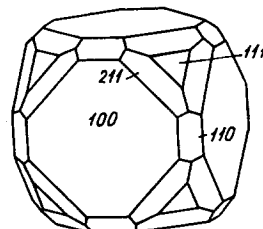
Krist. Szabályos holoéderes. Kőso-rács (373. ábra). $O_h^5 - Fm\bar{3}m$. $a_0 = 5,93$ Å. Szép és jól fejlett kristályain főleg az atomokkal legsűrűbben megrakott síkok, a hexaéder és az oktaéder lapjai uralkodnak (374—375. ábra). Gyakoribb formák még az (110), (211), (221) és (331), keskeny lapokkal nagyobb indexjegyű triakisoktaéderek, ikozitetraéderek is szerepelhetnek. Torzulások, felületi



373. ábra. Galenit-szerkezet.
Kőso-típusú rács



374. ábra.
Galenit



375. ábra.
Galenit

visszamaródások, görbült íves lapok a gyakori jelenségek közé tartoznak. Tömeges-vaskos, szemcsés-pátos halmazokban és szőlős-vesés, cseppköves alakzatokban még inkább ismert. Ikertörvény (111), mely szerint lemezesen vagy táblásan lapult kristályok nőnek össze. A leggyakoribb szulfidos telérványok közé tartozik. A kőso-rácsból eredően hasadása (100) sz. kitűnő, ami egyik legjellemzőbb fizikai sajátossága és ismertetőjele. Ritkán az (111) sz. elválás is észlelhető, de ez csak egyes lelőhelyekre korlátozódik, és a mikroszkópos megfigyelés szerint Bi_2S_3 -lemezek orientált behelyezkedéséből ered. Transzláció az (100) síkon a [011] irányban könnyen létrejön, de több más irány szerint is siklatás állhat elő. $K = 2,5$, kissé engedékeny. $S = 7,4$. Élénk fémfényű, különösen a hasadási felületen. A fennőtt kristályok lapjai néha kissé bágyadtabbak.

Színe világos ólomszürke. Idővel sötétebb ólomszürkére futtatódik. Opak, fénytörése: $n_{\text{Na}} = 4,30$, abszorpciós indexe $\kappa_{\text{Na}} = 0,40$.

Ércm. ragyogó tiszta fehér, a mellette levő többi ércásvány reflexiók színének megtételéhez jó összehasonlításul szolgál. $R_{\text{zöld}} = 43,4\%$, $R_{\text{sárga}} = 41,6\%$, $R_{\text{vörös}} = 40,1\%$. Teljesen izotrop.

Olv. p. 1115 °C. Szénezen hevítve hevesen pattogzik, amit a gyakori finom üregeesség vagy gázzárvány okoz; majd SO₂ eltávozása közben ólomgömbbé olvad, és PbO-verődék keletkezik. HNO₃ oldja, közben kén és PbSO₄ válik le.

A galenit a legfontosabb ólomásvány. Az ólomtermelés szinte kizárólag ehhez az ércásványhoz kapcsolódik. — Jelentőségét fokozza, hogy mindig tartalmaz ezüstöt, többnyire 0,01—0,3%-ot, néha 1%-ot, sőt többet is. Ezüsttartalma 0,01%-ig a szerkezetileg beépült Ag₂S-ből ered, a többi különböző ezüstércásványok (stefanit, pirargirit, polibázit, argentit) finom eloszlású zárványosságából származik. A galenit nagy tömegű előfordulása és leművelése folytán a belőle kinyerhető ezüst mennyisége több, mint amennyi a többi ezüstércből együttesen kitermelhető, egyben tehát a legfontosabb ezüstérc.

Képz., lelőhely. Képződését tekintve megtalálható a nagyobb hőmérsékletű magmás (pegmatitos) kialakulásokban is, de csak szórványosan és alárendelt mennyiségben. Igazán csak a *hidrotermás* érctelepekben otthonos, és azoknak minden típusában, széles hőmérsékleti határok között keletkezik. A legközönségesebb hidrotermás ércásvány. A Kárpát-övezetnek úgyszólván minden szubvulkáni szulfidos nemesfém-érctelepében megtalálható. Hazánkban a mátrai Gyöngyösoroszi bánya ércének egyik fő ásványa. Kisebb mennyiségben a recski ércesedés kísérője, és a Börzsöny-hegységi ércesedésben is megtaláljuk. A Velencei-hegységi Pátka mellett ugyancsak hidrotermás szfalerit—galenites ércet ismerünk a gránitban (Szűzváron és Kőrakáshegyen). A szlovákiai Banská Štiavnica (Selmechánya) és a Szlovák Érchegység néhány ércbányája szintén említhető, valamint a Gutin-hegységi szubvulkáni hidrotermás ércesedések közül különösen Baia Sprie (Felsőbánya), Herja (Herzsa) és Capnic (Kapnikbánya). Az Erdélyi Érchegység több bányájában szintén folyik galenittermelés. — Fontos ércesedési forma a karbonátos kőzetekben létrejött metasomatikus (hidrotermás) galenit—szfalerit-betelepülés. — Ide tartozik a megkutatott (de nem művelelő) szabadbattyáni Szárhegy galenitje; jelentősebb az erdélyi Rodna, nagyméretűek a karintiai (Ausztria) Bleiberg, a Júli-Alpokban Raibl (Cave di Predil, Olaszorsz.), a Krakkói Júraban Tarnowskie Góry (Tarnowitz, Lengyelorsz.), a németországi Aachen, Jugoszláviában Trepča, ezenkívül Nyeracsinszk (K-Szibéria, SZU) és Leadville (Colorado, USA). — A galenit üledékes képződésű is lehet, de csak egyes agyagos-márgás, bitumenes kőzetekhez kapcsolódva: Mechernich (Eifel-hegys.), Meggen (Westfalia) és Mansfeld (Harz-hg., Németorsz.).

Az érctelepek oxidációs övében a galenit könnyen elbomlik: PbSO₄ anglezit, majd ebből PbCO₃ cerusszit jön létre. Ezekon kívül egyéb másodlagos ásvány: foszfát, pl. piromorfít, Pb₅(PO₄)₃Cl; arzenát Pb₅(AsO₄)₃Cl = mimetezit és más ólomtartalmú vegyület keletkezhet.

Felhaszn. A galenit elsősorban a fémólom-előállítás ásványa. Az ólom felhasználása nagyon sokféle: ötvözőfém (betűfémhez, forrasztóórnhoz és más ötvözetekhez), vízvezetéki nyomó- és lefolyócsövek, akkumulátorlemezek, a kémiai ipar ólomvegyületei, festékkfélék (ólomfehér, minium, krómsárga), zománcok stb. készítéséhez alkalmazzák.

Clausthalit, PbSe. *Krist.* ua. mint a galenité, $a_0 = 6,15$ Å. Csakis szemcsés-vaskos alakban ismert. Hasadása (100) sz. kissé gyengébb a galeniténél. $K = 2,5$, $S = 7,8$. Szürkésfehér, élénken fémfényű. Opak. Reflexiók színe tiszta fehér; izotrop. — *Képz.* Hidrotermás erecskékből más Se-ércekkel társul. Claustal, Tilkerode és Trogtal (Harz-hgs., Németorsz.); Skrikerum (Svédorsz.), Sierra de Umango (Argentina).

Altait, PbTe. Galenitrácsú, $a_0 = 6,44$ Å. Szemcsés halmaz, apró torzult kockák. Hasadása (100) sz. tökéletes, $K = 3$, $S = 8,16$. Ónfehér, ragyogó fémfényű; enyhén sárgásra futtatódik. Opak. — Reflexiója erős, hófehér; izotrop. *Képz.* Hidrotermás eredetű más telluridok társaságában jelenik meg. Sztanizza, (Erdélyi Érchegys.), Altáj-hegység (SZU); Red Cloud (Nebraska, USA); Caramora (Ontario, Kanada). — Nem gyakori ércásvány.

Alabandin, α -MnS. Összetételében a Mn-t több-kevesebb Fe helyettesíti (l. alább). Szabályos, kősórács, $a_0 = 5,22$. Jól fejlett kristályokban ritka, termete leginkább tetraéderes. Az (111) ikertörvény szerint egyszerű és többes (ötös) ikrek vagy ikerlemezes összenövések jellemzők. Leginkább szemcsés-vaskos, földes. Hasadás (100) sz. igen jó; $K = 3,5$ (az izotip sorozatban a Mn^{2+} a legkisebb ionrádiuszú kation, innen a legkisebb rácsállandó és a legnagyobb keménység). $S = 4$. Rideg. Friss, oxidálatlan állapotban sötétzöld, de nagyon hamar oxidálódik, és akkor félig fémes fényű, vaskfekete. Felszínén barnásfekete, csillanó bevonat képződik. Vékony szilánkjai zölden, zöldesbarnán áttetsző, karca zöld vagy barna. Fénytörése (Li-fényben) $n = 2,70$. — *Ércm.* szürkésfehér (szfalerithez hasonló), reflexióképessége gyenge közepes ($R = 22\%$). Teljesen izotrop, belső reflexe sötétzöld. — Nehezen olvad, Mn-gyöngy-reakciót ad. Karca zöld, zöldesbarna. HCl oldja.

Képz. Hidrotermás Au—Ag-telérekből rodokrozittal együtt gyakori, bár ennél kisebb mennyiségben halmozódik fel. Az Erdélyi Érchegységben (Románia) Săcărâmbon (Nagyágon), Baia de Arieșen (Aranyos-/Offen-/bányán).

Vasalabandin, MnS—FeS-elegykristály. Fémes fényű és a fakőrcsre emlékeztetően zöldesszürke, de mindig feltűnő a kocka szerinti kitűnő hasadása. Belseje teljesen homogén, izotrop. — Nagyobb hőmérsékletű kontakt metamorfózis alkalmával Mn-ban gazdag szulfidos ércekből keletkezik. Kassel mellett Bühl és Froberg (Kaiserstuhl, Németország).

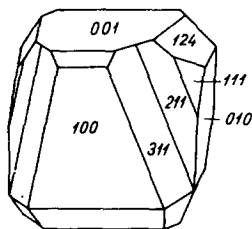
A mesterségesen előállított β - és γ -MnS mindegyike vörös, kevésbé fémes fényű; szfalerit-, illetőleg wurtzit-szerkezettel kristályosodik.

Oldhamit, CaS. Szabályos, kősórács, $a_0 = 5,69$. Hasadás (100) sz. $K = 4$. $S = 2,6$. Világos gesztenyebarna, átlátszó-áttetsző, izotrop, $n_{Na} = 2,14$. Meteoritásvány; a szilikátmeteoritok ensztatitos típusában 2—6 mm-es kerek, gömbszerű testecskékből vált ismertté. — Mesterségesen előállítható.

Herzenbergit, SnS . Gyakran ólmot tartalmaz. Elegykristály-képződéssel kialakult, ólomban gazdagabb fokozat a *montesit*, mely átmenet a herzenbergit és teallit (l. o.) között. *Krist.* Rombos holoéderes, $D_{2h}^{16}-Pmcn$, $a_0 = 3,99$, $b_0 = 4,34$, $c_0 = 11,20$ Å, $Z = 4$. A szerkezet átmenet a galenit- és rétegrács között. Mesterséges kristályain a (001) és (010) véglap, továbbá az (110) prizma jelenik meg. Természetes kialakulásban kristályalak nem fejlődik ki, a darabok kissé grafitszerűek. Fekete, fémfényű, karca fekete, szétkenve barna. Hasadás (001) sz., $K \sim 2$, $S = 5,16$. — *Ércm.* reflexiója galenitszerű, gyengén pleokroós, anizotrópiája erős, párhuzamos elsötétéssel. Belső reflexe sötét vörösbarna. — *Képz.* A bolíviai hidrotermás-szulfidos ónércparagenezis tagja; teallit, franckeit, kilindrit, pirit, szfalerit, kassziterit, kalkopirit a társai. Mindig fiatalabb az ónkőnél.

β) KETTŐS SZULFIDOK

Miargirit, AgSbS_2 . Az As lényegesebb mennyiségben soha nem társul a vegyülethez. — Monoklin prizmás, C_{2h}^6-C2/c . $a_0 = 13,20$, $b_0 = 4,40$, $c_0 = 12,86$ Å, $\beta \simeq 81^\circ 33'$, $Z = 8$. A rács álszabályos szerkezetként is felállítható.



376. ábra. Miargirit

A koordináció a galenit-típusnak megfelelően 6-os, a kettős (és kristálykémiailag nem egyenértékű) fémionok miatt csökken le a szimmetria monoklinra. *Krist.* Formákban igen gazdag, izometrikus, apró kristályok. Lapjai kissé érdekesek, az (100) lapon tollas rostozás mutatkozik (376. ábra). A rácstorzulás, illetőleg a két fématommal felépült szerkezetben hasadás (a kocka helyett) csak a monoklin tükörsík, (010) sz. jön létre, és ez is tökéletlen. $K = 2,5$, rideg. $S = 5,25$. Félig fémes fényű, acélszürke, vékony szilánkjá vérvörösén áttetsző, karca cseresznyevörös. Opt. pozitív. $n_\alpha = 2,72$, $n_\gamma > 2,72$. Erősen kettőstörő.

Ércm. fehér színe és reflexiója igen közel áll a galenitéhez. Bireflexiója nincsen, de erősen anizotrop. Elég gyakori belső reflexe a vörösezüstércékével egyezik. Felületén erős ívfénnyel — különösen pirargirit szomszédságában — fényétetés idézhető elő.

Széneen Ag-szem marad vissza, KCN és királyvíz oldja.

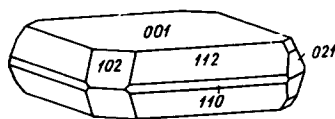
Képz. Az epitermás nemesfémtelérekben otthonos Ag-ásványok társaságához tartozik. Fennőtt kialakulásban kevéssé, sokkal inkább telérközvetek ércanyagának elegyrészeként szerepel. Baia Sprie (Felsőbánya, Gutin-hegység, Románia); Příbram (Csehszlovákia), Freiberg (Szászorsz., Németorsz.).

Aramayoit, $\text{Ag}(\text{Sb}, \text{Bi})\text{S}_2$. *Krist.* Triklin véglapos, álszabályos. $a_0 = 7,78$, $b_0 = 8,81$, $c_0 = 8,36$ Å. $\alpha = 100^\circ 22'$, $\beta = 90^\circ$, $\gamma = 103^\circ 54'$, $Z = 6$. — Vaskos, galenithez hasonló hasadásos halmazok. Három forma szerint hasad: (010) sz. tökéletesen, (100) sz. jól és (001) sz. rosszul. $K = 2,5$, $S = 5,62$. Gyengén fé-

mes, vasketete. Nem teljesen opak, vékony szilánkjá a szélein vörösen áttetsző. Karca vörösbarna. Külsőleg könnyen összetéveszthető a galenittel. — *Képz.* Eddig csak Bolíviában, az Animas-bánya (Atocha m.) ezüstérceihez társulva találták.

Schapbachit (*matildit*), AgBiS_2 . Kétféle módosulatban ismeretes. $\sim 225^\circ\text{C}$ felett szabályos, $a_0 = 5,65 \text{ \AA}$, a galenithez egészen közeli rácsszerzetű kettős szulfid: β -schapbachit, mely az PbS-dal korlátlanul elegyedhet. Kisebb hőmérsékleten a rombos szerzetű módosulat stabilis: α -schapbachit, $a_0 = 3,95$, $b_0 = 4,08$, $c_0 = 5,70 \text{ \AA}$; belőle az PbS-tartalom finom lemezhalózat alakjában szételegyedik. Vasketete, fémes, karca szürke. — Schapbach (Schwarzwald, Németorsz.); Matilda Mine (Morococho, Peru.).

Teallit, PbSnS_2 . Önálló vegyület, de a herzenbergit (SnS) galenittel „telített” (l. ott) elegyalakjának is tekinthető. *Krist.* Rombos-áltetragonális. Tércs. D_{2h}^{16} - $Pmcm$, $a_0 = 4,04$, $b_0 = 4,29$, $c_0 = 11,33 \text{ \AA}$. $Z = 2$. — Vékony táblás, közel négyzetrajzú kristályok (377. ábra). Rend-



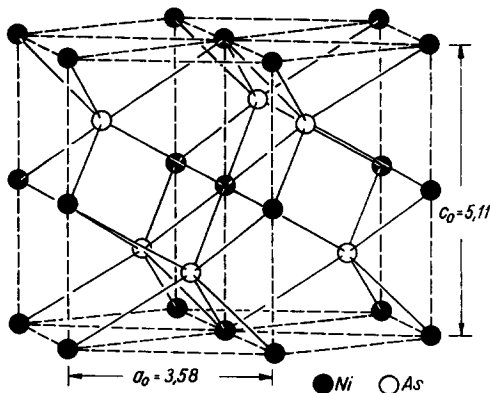
377. ábra. Teallit

szerint vékony leveles, grafityszerű, szabálytalan lehatárolással. Hasadás (001) sz. Hajlítható, $K = 1,5$, $S = 6,4$. Fémfényű, szürkésfehér, sötétre futtatódik. Opak. — *Ércm.* fehér, sárgás árnyalással. Kissé pleokroós, anizotropiája erős. — A bolíviai szulfidos ónérc-paragenezis tagja, epitemás eredettel. Eléggé elterjedt és helyenként a legfontosabb Sn-ásvány. Bányahelyek: Ichocollo, Poopó, Carguaicollo.

c) csoport

Nikkelin-típusú szerkezetek

Nikkelin „vörösnikkelérc”, NiAs . — Izomorf helyettesítésben 2—3% Fe-ot, még inkább Co-ot tartalmazhat. Az As-t kis részben kén is pótolhatja. — A nikkelinrács az 1:1 arányú kristályvegyületek egyik típusa. Benne a metalloidadomok hexagonális „legtömöttebb” illeszkedés szerint rendezettek. A koordináció: minden As-atomot 6 Ni-atom vesz körül, és minden Ni-lel 6 As-atom + 2 Ni-atom szomszédos (378. ábra). Az ilyen szerkezetben az ionos kötés mód kevésbé, inkább a fémes kötés mód érvényesül, s ez az ide tartozó ásványok



378. ábra. Nikkelin-szerkezet

fizikai sajátságaiban is kifejezésre jut. *Krist.* Dihexagonális dipiramisos, $D_{6h}^4-P6_3/mmc$, $a_0 = 3,58$, $c_0 = 5,11$ Å, $Z = 2$. Kristályok ritkák, rosszul fejlettek, rendszeren csak szemölcsszerű kiemelkedések. Tömött, vaskos kifejlődés a leggyakoribb. Hasadás (10 $\bar{1}0$) és (0001) sz. alig kivehető; rideg. $K = 5,5$, $S = 7,75$. Erősen fémes fényű, világos rézvörös, de barna vagy szürke futtatás vonja be, ilyenkor bágyadt fénye van. Karca fekete. Opak.

Ércm. fehér, sárgás rózsaszínű árnyalással. Reflexióképessége ($R_{Na} \sim 57\%$) erős. Fehér ércásványok mellett teltebb rózsaszínű. Reflexiók pleokroizmusa jól észlelhető, anizotrópiája is erős és élénk színhatású.

Szénen As-szagot áraszt, kihevítve Ni-tartalma bóraxgyöngy-reakcióval kiutatható. Tömény savak oldják. Oldatából dimetil-glioximmal telt rózsapiros csapadék választható le. Az elektromosságát jól vezeti.

Az izomorf breithauptittal (NiSb) gyakran képződő elegykristályt külön névvel jelölik: *arit*, Ni(As,Sb).

Képz., lelőhely. Intruzív hidrotermás telérásvány. A Ni—Co—Bi-telérformáció ércársulásának (smaltin, kloantit, kobaltin, safflorit—rammelsbergit, maucherit, breithauptit, bizmutin, termés-Bi, ezüstásványok) egyik állandó és fontos tagja, helyenként jelentős tömegek képződtek belőle. A Szlovák Érchegységben (Csehszlovákia) Dobšina, az Érchegységben Schneeberg, Marienberg és Annaberg (Szászorsz., Németorsz.), ill. Jáchymov (Joachimstal, Csehszl.). Cobalt, Ontario és Nagy-Medve-tó (Kanada).

Breithauptit, NiSb. Összetételében gyakran kevés As-nal. (l. arit). Izomorf a nikkellinnel. $a_0 = 3,94$, $c_0 = 5,14$ Å. Ritkább ércásvány. A kristályok termete hosszú tűs, vékony oszlopos v. (0001) sz. táblás, de leginkább szemcsés-vaskos halmaz. Rézvörös, később sötét ibolyásra változik, erősen fémes külsejű ásvány. Mikroszkópban reflexiók színe teltebb rózsaszín, kissé ibolyás árnyalással. Főleg nikkellinnel társul, de a pegmatitos nikkelpirrotinnal is előfordul.

Pirrotin, *magnetopirit*, FeS. Összetételében mindig kb. 1/6-nyi S-felesleg mutatkozik (l. alább), s ezzel a kénfelesleggel változnak az ásvány fizikai-kémiai sajátságai.

Krist. Dihexagonális dipiramisos, nikkelinrácsú, $a_0 = 3,44$, $c_0 = 5,69$ Å. Ép, jó kristályokban ritka, rendszeren nagyobb hatszöges táblák bemélyedt bázislappal, rozettaszerű csoportosulásban. A keskeny (10 $\bar{1}0$) prizmalapon vízszintes rostozás, néha elválás tapasztalható. Iker (10 $\bar{1}2$) sz., az ikertagok főtengelye egymásra közel merőleges. Főképpen vaskos-tömeges kialakulás jellemzi. Leveles, szemcsés halmazokban más kovandércekkel társul. Hasadása (0001) sz. jó, (10 $\bar{1}0$) sz. kevésbé jó. $K = 4$, rideg, törése egyenetlen, a (0001) translációs sík. $S = 4,6$. Friss törési felületen erősen fémes fényű, színe sárgás bronzbarna, de hamarosan tombakbarnára (dohánybarnára) változik. Karca szürkésfekete. Opak.

Ércm. világos sárgásbarna, illetőleg barnásrózsaszín. Reflexióképessége jelentős. Pleokroizmusa erős, és sárga-barna színárnyalatokban változik. An-

izotrópiája szintén feltűnő és színes. Csizolatban ikerszerkezet nem mutatkozik, mechanikai igénybevételkor azonban bázislap szerinti translációs jelenségek gyakran láthatók.

A kénfelesleg mindig jelentkezik benne, s az elemzésekből számított képlet $\text{Fe}_{16}\text{S}_{17}$ és Fe_5S_6 között változik. Valójában a kénfelesleg *nem* abból származik, hogy S-atomok jutnak a rács üres helyeire, hanem a Fe-pozíciók nincsenek teljesen betöltve. Ebből eredően a fématomtávolságok kissé fellazulnak, az atomok mágneses nyomatékuk szerint orientáltabban helyezkednek, s így erős ferromágnesség áll elő: a pirrotint a mágnes jól vonzza, mágnesezhetősége különösen a főtengely irányában erős.

A bázisos magmákból még folyós szakaszban szétvált (szegregálódott) pirrotin az olvadt állapot hőmérsékletén 2—7% Ni-t tartalmaz, mely később külön fázis: *pentlandit* $(\text{Fe,Ni})_9\text{S}_8$ (l. ott) összetétellel szételegyedik benne; az ilyen pirrotin értékes Ni-érc. Ugyancsak nagyobb hőmérsékleten Cu-et, illetőleg CuFeS_2 -t is oldhat, amely belőle *kalkopirit* vagy *cubanit* (l. ott) alakban válik el. — Széneen, redukáló lángban mágneses golyóvá olvad. Híg savakban is oldódik, s eközben kén válik ki és H_2S fejlődik.

Képz., lelőhely. A pirrotin egyike a széles hőmérsékleti határok között keletkező ércásványoknak, és sokkal elterjedtebb, mint korábban vélték. Magmás eredetű, és általában a nagyobb hőmérsékletű folyamatok terméke.

1. Folyósmagmás szakaszban a bázisos és ultrabázisos olvadékból szételegyedéssel válik le. Ez úton igen nagy tömegű telepek keletkeznek, amelyek Ni-t (pentlanditot), Pt-át és Pd-ot is tartalmaznak. Nikkelercként fejtik. Sudbury (Kanada); Pecsenga (Petszamo, SZU) a Jegestenger partján, Nittis a Kola-félszigeten (SZU); Bush-föld (D-afrikai Unió).

2. Csekély mennyiségben megtaláljuk a Bükk-hegységi Szarvaskő bázisos kőzeteiben is. Pegmatitosan az ónpegmatitokban kisebb mennyiségben; jelentősebb tömegek gabbropegmatitokban: Bodenmais (Bajororsz.) és Radautal (Harz-hegység, Németorsz.).

3. Kontaktpneumatolitos telepekben: Tyetyuhe (Kelet-Szibéria, SZU).

4. Hidrotermásan minden szulfidos kialakuláshoz társulhat, s a magasabb hőmérsékletű szakasz terméke, de nagyobb tömegben ritkán halmozódik fel. A Börzsöny-hegység teléreiben egyéb szulfidokhoz társul, a Gutinban Herja (Herzsabánya, Románia) Salán-telére 4 m vastag kitöltésből áll, ugyanitt táblás-rozettás, szép fennőtt kristályok. Rodná Vechen (Óradna, Radnai Hav., Erdély, Románia) is tetszetős kristályokban, a Szlovák Érchg. vaspátteléreiben számos helyen kisebb mennyiségben találják. A Dunántúlon a Gulács-hegy bazaltjában ökölnyi, diónyi zárványok pentlandit-sztelegyedéssel. Ha a pirrotin nem az említett Ni-tartalmú szulfidegyüttes gazdaásványa, hanem egyszerű vas(II)-szulfid, akkor gazdaságilag értéktelen; 30% körüli kéntartalma folytán kénsavgyártásra sem alkalmas.

A **troilit** vagy kozmikus eredetű FeS abban különbözik a földi vas(II)-szulfidtól, hogy nincsenek üres helyek a rácsban, vagyis a kationhelyek mindig

fel vannak töltve Fe-atomokkal. Összetétele tehát pontosan megfelel az FeS képletnek, és nem mágneses. Ércsziszolatóban gyakran az (10 $\bar{1}$ 2) sz.-i derékszögű ikerlemez-rácsozat is megjelenik. Egyéb sajátságai egyezők a pirrotinával.

Hidrotroilit, FeS aq. Rosszul szellőzött állóvizek fenékrészén kolloidális vas-szulfid, amorf hidrotroilit keletkezik. Később vízvesztéssel *melnikovit* (FeS₂-gél), majd markazit, illetőleg pirit lesz belőle.

Jaipurit, γ -CoS, hexagonális, izomorf a pirrotinnal. $a_0 = 3,38$, $c_0 = 5,15$ Å. — Eddig csak az indiai Jaipurból került elő. — Mesterségesen könnyen előállítható.

Achavalit, FeSe. Külsőleg is, hasadásra, optikai sajátságokra is igen hasonlít a pirrotinhoz; hexagonális, $a_0 = 3,62$, $c_0 = 5,88$ Å. 1 mm-nyi zömök táblák, görbült, leveles halmazok. Hasadás (0001) sz. tökéletes, $K = 2,5$. Opak. Mágnesezhető; barna, fémfényű. — Kis hőmérsékleten képződik. Tilkerode és Claustal (Harz hg., Németorsz.).

Freboldit, γ -CoSe. Hexagonális (nikkelinrác). $a_0 = 3,6$, $c_0 = 5,3$ Å. — $K = 2-3$, fémes fényű, vörösszürke. Harz-hegységi bányákban ritkaságként fordul elő.

Modderit, CoAs. Torzult NiAs-szerkezet. Rombos holoéderes, $D_{2h}^{24} - Pmcn$. $a_0 = 5,32$, $b_0 = 5,97$, $c_0 = 5,16$ Å. — Mesterségesen előállítható. Egy természetes lelőhelye ismeretes: Modderfontein (Witwatersrand, D-Afrika).

Millerit, *hajkovand*, β -NiS. A nikkelt helyén kevés Co-ot, Fe-at és Cu-et is tartalmazhat. *Krist.* Ditrigonális piramisos. $C_{3v}^5 - R3m$, elemi cellája romboéderes: $a_r = 5,65$ Å, $\alpha_r = 116^\circ 35'$ $Z = 3$. Hexagonális felfogásban: $a_0 = 9,62$, $c_0 = 3,16$ Å, $Z = 9$. A β -NiS szerkezete a nikkelinrácstól eltér, a különbség főleg az, hogy a Ni és a S koordinációs száma 5, és a szerkezet a láncszerű felépítéshez áll közel. A γ -NiS-módosulat azonban már NiAs-rácstól, az α -változat csak mesterséges úton állítható elő.

Krist. Tűs, nyúlt, hajszálszerű kristályokban képződik. Kristályalak aiig ismerhető fel. Főleg sugaras, ecsetszerű, pókhálószerű halmazokban találjuk. Tömeges-vaskos kialakulása nem ismeretes. Hasadása (10 $\bar{1}$ 1) és (01 $\bar{1}$ 2) sz. kitűnő. A (0112) egyúttal translációs sík, s eszerint nyomási ikerlemezesség jön létre. $K = 3,5$, rideg, a kristálytűk kissé hajlíthatók. $S = 5,3-5,6$. Sárgaréz-sárga, kissé bronzszerű, fémes fényű; karca zöldesfekete. Opak.

Ércm. világossárga színben erősen reflektál ($R = 54\%$), pleokroizmusa gyenge és feltűnő, bár nem élénk színű az anizotrópiája. Bázismetszetben zónás-övös felépítést észlelünk.

Lángban gömbbé olvad, amely gyengén mágneses és Ni-gyöngy-reakciót ad. HNO₃ oldja. Dimetil-glioximmal a nikkelt jellemző színeződés áll elő.

Képz., lelőhely. Nikkeldús szulfidércsek mállási terméke. Főleg az oxidációs és cementációs öv átmeneti részében kialakuló ásványtársulás (kalkozin, bravoit) tagja. Felszálló (aszcondens) oldatokból csak igen ritkán, mint legfiatalabb kiválás jön létre. Lelőhelyeinek száma igen nagy, de mindenütt csak ásványtani érdekesség. A perkupai szerpentinben, a Szlovák Érchegység vaspáteléreiben, Siegerlandon (Westfália, Németorsz.) és az Érchegység (Németorsz.,

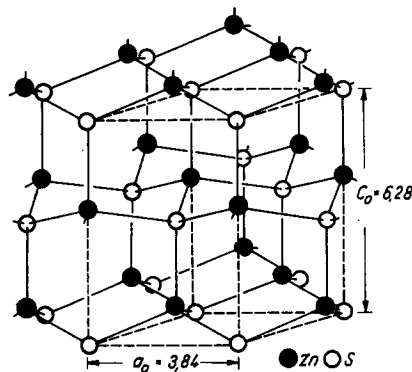
ill. Csehszlovákia) számos fejtőhelyén előkerül. Legszebb kristályok a kanadai Oxford-(House-)bányában. Egyes kőszéntelepekben vas-szulfid (pirit—markazit) mellett is megjelenik.

d) csoport

Wurtzit-típusú szerkezetek

α) EGYSZERŰ SZULFIDOK

Wurtzit, β -ZnS. Összetételében izomorf módon több-kevesebb Cd helyettesít, egészen csekély Fe- és Mn-tartalma is lehet. *Krist.* Dihexagonális piramisos. A szfalerit heteromorf társa. A szabályos szfalerithez való viszonya nagyjából hasonlít a gyémánt és grafit szerkezeti rokonságához. A túlnyomóan homöopoláros természetű rácsban a S- és Zn-atomok külön-külön a hexagonális illeszkedés szerint rendeződnek, e két rácsrészelég egymásba tolódásával alakul ki a sajátos, tetraéderes koordinációjú szerkezet (379. ábra). Tércs. $C_{6v}^4 - P6_3mc$. A hexagonális $1/3$ cellában $Z = 2$. $a_0 = 3,81$, $c_0 = 6,23$ Å. Jókristályosan igen ritka, igénytelen kis oszlopok, piramisos vagy táblás kristályok. Bázis szerint kifejezett vonalazottság és gyenge elválás tapasztalható, ami a réteges jellegű szerkezetből ered. Többnyire sugaras kérgek, tömött oszlopos vagy szemcsés halmazok, $(10\bar{1}0)$



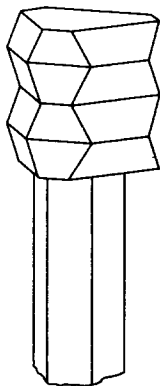
379. ábra. Wurtzit-szerkezet

sz. jól hasad. $K = 3,5-4$. $S = 4,0$ Gyémántfényű, barnásfekete, sárgásan áttetsző, anizotrop. $\omega = 2,356$, $\varepsilon = 2,378$. Opt. pozitív. Pleokroós.

Ércm. világosszürke, a reflexiója igen gyenge; bireflexió és anizotrópia nem látható, bőséges (sárga-barna) belső reflexe van. Olajimmerzióban héjas-zónás felépítés ismerhető fel.

A wurtzit közönséges hőmérsékleten és nyomáson metastabilis módosulat, mely hevítéskor 1020 C° -ig megmarad. Ezen a hőmérsékleten reverzibilisen szfaleritté alakul. — Természetes keletkezéséhez különleges feltételek szükségesek. Paramorf átváltozás csak a wurtzit \rightarrow szfalerit irányban mehet végbe; szfalerit mellett tartósan csak az átváltozás vontatottsága vagy lefékezése folytán marad meg. — A wurtzitnak még egész sor szerkezeti variációja, ún. politíp struktúrája ismeretes. A leírt és a sorozatban β -ZnS—2 *H* jelű wurtziton kívül mesterségesen még két hexagonális: β -ZnS—4 *H* és —6 *H* szerkezetet és két romboéderes: β' -ZnS—3 *R* és β' -ZnS—15 *R* jelzésű fázist sikerült előállítani.

A romboéderez politípia egyben új modifikációt is jelent. Így a szfalerittel együtt a természetes ZnS módosulatainak száma háromra: (α , β , β') nőtt. Közülük a legritkábbat, a β' -ZnS-ot (3R) hazai lelőhelyen, a Mátra-hegységi Gyöngyösoroszi ércfeléreiben sikerült először megfigyelni. Az új természetes módosulatot KOCH S. *mátraït*-nak nevezte el (380 ábra).



380. ábra. Mátraït (hexagonális oszlop) és szfalerit ikerkristály orientált összenövésé

Képz., lelőhely. A wurtzit viszonylag ritka ásvány. A hidrotermás ércesedésekben erősen savanyú oldatokból a legkésőbbi kiválások közé tartozik. Ritkaságként a Mátra-hegységi Gyöngyösoroszin is előkerült. Említhető Baia Sprie (Felsőbánya, Gutin-hgs.), Příbram (Csehszl.), Stolberg (Harz-hgs.), Altenberg Aachen mellett (Németország), Tarnowskie Góry (Tarnowitz, Krakkói Júra, Lengyelország), Joplin (Missouri, USA). Jó kristályok Oruro-n (Bolíviában). — Kohókban gyakran keletkeznek.

Greenockit, β -CdS. A természetes vegyület egészen tiszta, néha nagyon kevés In-ot tartalmaz. *Krist.* Hexagonális hemimorf, wurtzitrács. $a_0 = 4,15$, $c_0 = 6,73$ Å. Ritkán kristályos; termete táblás vagy hemimorf piramisos. Földes, lisztszerű bevonat vagy bekéregzés főképpen mállásnak indult vastos szfaleritben. Gyémántfényű, sárga, áttetsző. — Szélen redukáló lángban vörös

verődék. HCl oldja. A greenockit Cd-tartalma 77%.

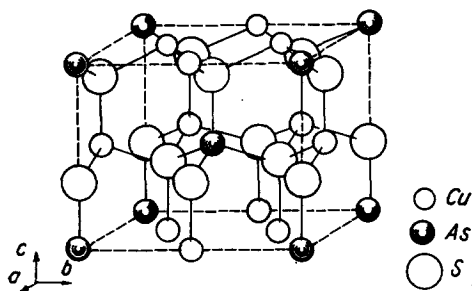
Képz., lelőhely. A greenockit hidrotermás genesisben és főleg felszínközeli kiválásként, továbbá Zn-érctelepek oxidációs zónájában jelenik meg. Így a Mátra-hegységi új ércfeltárásokban: Parádsasvár—Nyírjes teléreiben a nagy kristályos kalciton gazdag, élénksárga bevonat. Ocna de Fer (Vaskő, Bánát, Románia), Příbram (Csehszl.), Bleiberg (Karintia, Ausztria). Önállóan nagyobb mennyiségben nem keletkeznek. Az iparban szükséges Cd-ot a ZnS-ből (szfaleritből) és a $ZnCO_3$ (smithsonit) feldolgozásakor melléktermékként nyerik. — Ötvözetekhez, festékek készítésére használják.

β) KETTŐS SZULFIDOK

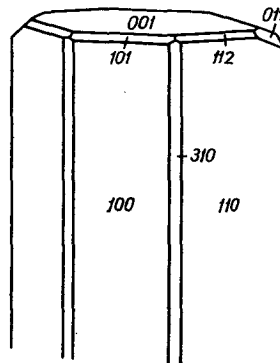
Enargit, Cu_3AsS_4 . Az arzén helyén (7%-ig) tartalmazhat Sb-t, kis mennyiségben Zn-, Pb- és Ag-tartalma is lehet.

Krist. Rombos piramisos. Álhatszöges. Rácsa a wurtzitszerkezetből úgy vezethető le, hogy a Zn-atomok helyét 1/4 részben As és 3/4 részben Cu tölti be. A Cu és As koordinációja közelítőleg tetraéderez marad, a kénatomoknak szintén tetraéderez környezete van, de ennek négy csúcsából egyet As, hármat pedig Cu tölt be. Az AsS_4 -csoportok „elszigetelt” helyzetben vannak, mert kénatomjaik egy másik, ugyanilyen csoporttal sohasem közösek (381. ábra). Tércs.

C_{2v}^2 — $Pnm2$. $a_0 = 6,46$, $b_0 = 7,43$, $c_0 = 6,18$ Å. $Z = 2$. A kristályok termete leginkább oszlopos, leggyakoribb formák (100), (110), (001), (382. ábra). Ha csak a véglapok fejlődnek ki, a termet kockaszerű. A függőleges prizmák rostozot-



381. ábra. Enargit-szerkezet



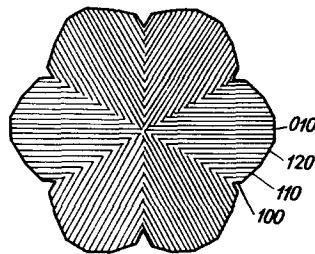
382. ábra. Enargit

tak. Ikrek (320) sz. gyakoriak, sokszor 3 tagból álló csillagszerű átnövések (383. ábra). Vaskosan, nagyobb tömegben pátos jellege van, mert (110) sz. a hasadása kitűnő. A (001) translációs sík. Különben rideg. $K = 3,5$. $S = 4,5$. Félig fémfényű, sötét acélszürke, gyengén ibolyás árnyalattal. Opak.

Ércm. világos rózsásbarna. Reflexiója közepes: sárga fényben $R_a = 23,11$, $R_b = 24,74$, $R_v = 26\%$. Bireflexiója gyenge, anizotrópiája erős és élénk: telt vörösibolya—olajzöld. Néha sötétvörös belső reflex mutatkozik. A (001) sík szerinti transláció és ikerszerkezet is esetenként vizsgálható.

Szénen hevítve megolvad, szódával rézgömb nyerhető. Királyvíz oldja.

Képz., lelőhely. Középhőmérsékletű, Fe-ban szegény hidrotermás Cu—As-ércesedés ásványa. Teléresen vagy tömzsalakulásokban luzonittal együtt képződik, illetőleg luzonitból változik át, és rendszerint több generációja van. Fontos réz-ásvány. Legtöbbször nemesfém (Au-at) is tartalmaz. Leggyakoribb társásványai: pirit, fakóérc, kalkozin. Európában ritkább. Egyik neves lelőhelye a mátrai Lahocahegy (Recsk mellett), ahol a tufás andezitkőzetben vastag kvarctömzsök alakultak ki, s ebben elhintve vagy kisebb-nagyobb gumók, fészkek formájában enargit + luzonit vált ki. A jugoszláviai Bor bányában szintén fő ércásvány, itt covellin kíséri. Butte (Montana, USA), Moro-



383. ábra. Három enargit-iker felülnézetben

cocha (Peru), Luzon (Fülöp-szigetek), Taivan-sziget (Formoza), Tsumeb (DNY-Afrika, Dél-afrikai Unió).

Stibioenargit, Cu_3SbS_4 , rombos; izotíp és izomorfi az enargittal. Elvileg a két ásvány korlátlanul elegyedhet, azonban nagyon ritka az antimon túlsúlya, leginkább az enargitkristályon belül „famatinites” övek (ritmikus növekedési zónák) képződnek. Nagyritkán zárvány az enargitban vagy vele összenő. — Külsőleg és optikailag nagyon nehéz az enargittól megkülönböztetni. Kissé tompább fényű, egy árnyalattal sötétebb. *Ércm.*: reflexiós pleokroizmusa erősebb az enargiténál, színe „tompább” és inkább ibolyásbarna árnyalású, felülete KOH-dal étethető. — Egyéb sajátása és lelőhelye az enargitéval egyező.

Cubanit, CuFe_2S_3 . A gondosan válogatott anyagminták összetétele a formulával egyező. *Krist.* Rombos holoéderes, rácsa wurtzitszerkezet, D_{2h}^{16} — $Pcmm$. $a_0 = 6,46$, $b_0 = 11,12$, $c_0 = 6,23$ Å. $Z = 4$. Kristályai ritkák, nyúlt, rostozott prizmák, főként vékony lemezek a kalkopiritben. Iker (110) sz. Leggyakrabban kalkopiritben keletkezik szételegyedéssel, s ebben az (111) síkkal párhuzamos lemezhalózatot alkot. A CuFeS_2 nagyobb hőmérsékleten sok FeS-ot vesz fel magába, melynek egy része 250—300 C°-on mint CuFe_2S_3 válik ki. Ezen az alapon ércföldtani hőmérőül szolgál. Hasadása (001) sz., $K = 3,5$. $S = 4,0$ — $4,1$. Fémfényű, bronzsárga, opak. — A b -tengely irányában erősen mágneses. — *Ércm.* reflexiója közepesen erős, sárgásfehér, kissé bronz színű. Gyenge birefrakció, de igen élénk anizotrópia és ikerlemezes szerkezet jellemzi.

Képz., lelőhely. Nagyobb hőmérsékleten keletkezett szulfidos rézérccek jellemző ásványa. Folyósmagmás szulfidkiválásokban, továbbá pegmatitokban, de főleg 300 C°-nál nagyobb hőmérsékletű hidrotermás szulfid-paragenezisekben szételegyedéssel képződik. Likvidmagmás pirrhotinban: Rustenburg (Transvaal, Dél-afrikai Unió); Froid Mine (Sudbury, Ontario). Pegmatitos vagy hidrotermás: Kaveltorp és Boliden (Svédország); Tetijuhé (K-Szibéria, SZU); Orijarvi (Finnország); Kuba.

Sternbergit, AgFe_2S_3 . Rombos, álhexaszögletes. D_{2h}^{21} — $Cmma$. $a_0 = 6,62$, $b_0 = 11,66$, $c_0 = 12,70$ Å. Az „ezüstkovandok” egyik önállóbb tagja. Vékony táblás kristálykák, gyakran (130) sz. álhatszögletes ikrek. Hasadása (001) sz. igen jó, $K = 1$ — $1,5$, hajlítható, $S = 4,27$. Fémfényű, tompa- (matt-) barna, felszíne tarkára vonódik be. *Ércm.*: pirrhotinhoz hasonlít, de színe sötétebb és teltebb barna. Pleokroós és erősen anizotrop.

Frieseit, $\text{Ag}_2\text{Fe}_3\text{S}_8$, rombos. Leginkább a sternbergithez áll közel, ikerkristályai is hasonlóak, de jellemzők rá a vastag táblás kristályok. Valószínűleg elegendő kristály vagy finom összenövéses fázis.

Argiropirit $\sim \text{Ag}_3\text{Fe}_7\text{S}_{11}$. Rombos, álhexaszögletes, zömök oszlopos kristályok. K kissé nagyobb a sternbergiténél. $S \sim 4,2$. Bronzsárga. *Ércm.* jelentősen pleokroós és élénken anizotrop, színei a pirrhotinéhez hasonlóak.

Argentopirit, AgFe_2S_3 , rombos, D_{2h}^{18} — $Pmnm$. $a_0 = 6,64$, $b_0 = 11,47$, $c_0 = 6,45$ Å. Oszlopos kristályai álhexaszögletes ikrek. Hasadás (011) sz. $K = 3$ — 4 , $S > 6$. Fémes, világos bronzbarna. *Ércm.*, a sternbergithez nagyon hasonló, pleokroizmusa, anizotrópiája feltűnő. Gyakori az ikerszerkezet.

Képz., lelőhely. A felsorolt „ezüstkovandok” az ascendens ércképződés legfiatalabb termékei közé tartoznak. Bizonyos, hogy sokkal gyakoribbak és elterjedtebbek, mint korábban vélték. Mennyiségük azonban mindig nagyon csekély. Főként a nemesezüstérc-ásványok kíséretéhez tartoznak. Könnyen összetéveszthetők más közönségesebb ásvánnyal, pl. „barna” pirittel, markazittal, másodlagos szulfidokkal; bizonyos, hogy a „májkovand” is javarészt ide tartozik. — Barca-bánya Brad mellett (Erdély, Románia); az Érchegységben Andreasberg, Schneeberg és Marienberg (Németorsz.), ill. Jachymov (Csehszl.); Calloma (Arequipa m., Peru).

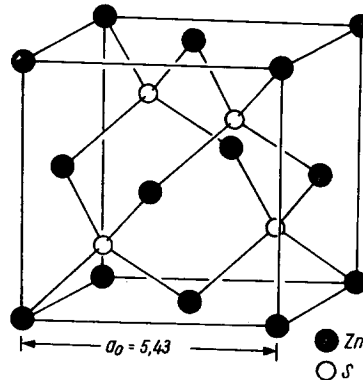
e) csoport

Szfalerit-típusú szerkezetek

α) EGYSZERŰ SZULFIDOK

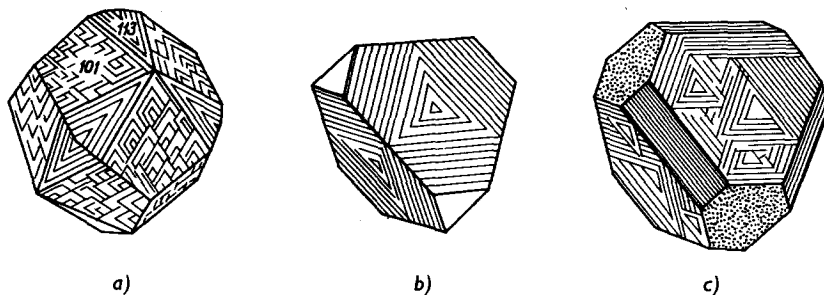
Szfalerit, α -ZnS. Összetételében izomorf társulásban Fe, Mn, Cd, ritkábban Ba, In, Tl, Hg is helyettesíthet (l. alább). Ezenkívül Cu-et és Sn-t is tartalmazhat, de csak mint szételegyedett fázisok elemeit.

Krist. Szabályos hexakisztetraédes. Tércs. $T_d^2 - \bar{F}43m$. Rácsa a gyémánt-szerkezettel egyezik úgy, hogy a rácspontok felét Zn, másik felét S foglalja el (384. ábra). Mivel a rácspan kétféle atom van, a gyémánt holoédes szimmetriája felesre csökken. A háromdimenziós szulfidok között számos vegyületnek van szfaleritszerkezete. Általában azok a vegyületek kristályosodnak ebben a típusban, melyekben az ellentétes jellemű atomok külső elektronjainak összege 8. — A szfalerit rácscsillagja: $a_0 = 5,43 \text{ \AA}$, $Z = 4$. Kristályai formákban igen gazdagok és változatosak. Kisebb hőmérsékleten keletkezett kristályain főleg az (110) uralkodik. Nagyobb hőmérsékletű képződéskor a tetraédes forma, (111) és (111) fejlődik jobban ki, melyhez legtöbbször a hexaéder is társul (385. ábra). Egyéb feles formák közül még a (311) triakisztetraéder a gyakoribb alak. A tetraéder- és a kockalapok felületének sajátos rostozása van. Ikerkristályok gyakoriak, ikertengely [111]. Egyszerű és több tagú ikeralkotás egyaránt általános. Az összetett lemezes ikerképződéssel gyakran az (111) sz. táblás torzulás jár együtt (l. 380. ábrát). Vaskosan, szemcsésen, pátosan gyakoribb, mint fennőtt kristályokban. Vannak héjas-sugaras változatai is, melyek részben wurtzitból állnak vagy



384. ábra. Szfalerit-szerkezet; tetraéderek kapcsolódása

wurtzitból alakultak át („Schalenblende”). Hasadása a gyémántrács ellenére nem az oktaéder, hanem az (110) rombdodekaéder szerint, az elektrosztatikusan kiegyenlített rácssíkoknak megfelelően következnek be, vagyis 6-féle lap-helyzet szerint tökéletesen hasad. $K = 3,5-4$, rideg. $S = 3,9-4,2$. Gyémánt-



385. ábra. Szfalerit: a — rombdodekaédes termet; b — pozitív és negatív tetraéder; c — tetraéderek és hexaéder kombinációja

fényű, a sötétebbre színezett szfalerit felülete kissé fémes. A vastartalomtól függően színe világos gyantássárgán át egészen a feketéig változik; leggyakrabban barna és fekete. A gyengén színezett áttetsző, a sötétbarna és fekete átlátszatlan. Fénytörése a gyémántéval közel egyező: $n_{Na} = 2,37$.

Ércm. világos szürke, kissé kékes. Reflexióképessége csekély ($R_{Na} = 18,5\%$), izotrop. Belső reflex világossárgától sötétbarnáig változó és gazdagon mutatkozik.

Lángban pattogzik, finom szilánkjai megolvadnak, szénen cink-oxid verődék keletkezik, HNO_3 kénkiválás közben oldja.

A szfalerit összetétele csak a legritkább esetben felel meg pontosan a ZnS képletnek. A cinket főleg Fe helyettesíti, ez a helyettesítés maximálisan 26% lehet. A vastartalmú változatok sötétek, legtöbbször feketék és élénk fényűek (*marmatit*). Ezenkívül Cd is beépülhet a rácsba kisebb ($\sim 1,7\%$) mennyiségben; továbbá Mn, valamint igen kis mennyiségű Ba, In, Tl is helyettesíthet. Jellemző továbbá a szfalerit szinte állandó kalkopirittartalma. Nagyobb hőmérsékleten a szoros szerkezeti rokonság alapján a $CuFeS_2$ -vel elegykristály jöhet létre; a kalkopirit azonban később szételegyedik mikroszkopikus testcskékké, orsókká, lemezek formájában. Ugyanilyen elegyedési lehetősége van még a fakőércnek, stanninnak, kubanitnak is. Kisebb hőmérsékletű képződés esetén — ugyancsak a szerkezeti rokonság alapján — finom szulfidszemek, orientált összenövésű, illetőleg elhelyezkedésű orsókká sorakoznak a kristály belsejében. A szfalerit e kétféle eredetű zárványosság révén rendszerint inhomogénná válik (386. ábra).

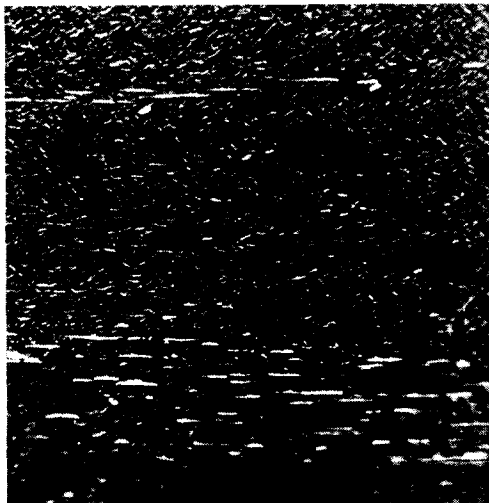
Képz., lelőhely. A szfalerit a legfontosabb cinkásvány. Tág hőmérsékleti határok közt keletkezik. Ahol szulfidércsek képződhetnek, a szfalerit kisebb vagy nagyobb mennyiségben szinte mindig jelen van.

1. Folyósmagmás Fe—Cu-ércek kíséretében aránylag nem nagy a szerepe, és mindig a fiatalabb kialakuláshoz tartozik: Sudbury (Kanada), Transvaal (Dél-afrikai Unió).

2. Pegmatitos-pneumatolitos kialakulások között, különösen a kontakt ércesedésben képződhet tömegesebben; Tyetyuhe (K-Szibéria), Broken Hill (Ausztrália).

3. A szfalerit igazi otthona a hidrotermás képződésekben van. Teléresen és metasomatikusán minden itt uralkodó hőmérséklet-tartományban gazdagon felszaporodhat. Gazdaságilag ezek a legnagyobb jelentőségű Zn-szolgáltatók.

Fő érc-kísérője mindig a galenit, továbbá a kalkopirit, a kalcit és a kvarc. Az e fajta lelőhelyeknek a száma igen nagy. Magyarországon Gyöngyösoroszi a Mátrában, Nagyborzsöny a Börzsönyi-hegységben, Kőrakáshegy és Szűzvár Pátka mellett a Velencei-hegységben. A Kárpát-övezet szinte valamennyi teléres szulfidbányája felsorolható. Banska Štiavnica (Selmezbánya) és Kremnica (Körmöcbánya, Csehszl.), a Gutin-hegységben (Románia) Baia Mare (Nagybánya), Baia Sprie (Felsőbánya), Capnic (Kapnikbánya), Herja (Herzsabánya). Az Erdélyi Érc-hegység (Románia) fiatal Au—Ag-formációjában is galenit és szfalerit a főásvány. Metasomatikus az erdélyi (Románia) Rodna, továbbá Bleiberg (Karintia, Ausztria), Raibl (Alpok, Olaszország) és pl. Tarnowskie Góry (Krakkói Júra, Lengyelország) szulfidos Pb—Zn-érce is.



386. ábra. Ércmikroszkópos kép a szfaleritben gyakori kalkopirit-zárványosságról. A nagyobb lemezek sora összenövésből, a finom szálalakú szemek halmaza szételegyedésből származik

Alk.: A szfalerit gyakorlati jelentőségét fokozza tömeges és gyakori előfordulása, mely módot ad arra, hogy feldolgozásakor az értékes Cd-, In- és esetleg Ga-fémet is kinyerjék belőle, amire a mai technológia mind nagyobb figyelmet fordít. A cink az iparban nélkülözhetetlen ötvöző (sárgaréz), korrózió elleni bevonófém („horganyozás”); vegyületeit festékeknek (cinkfehér, horganyfehér), gyógyszerül a kémiai ipar számos területén alkalmazzák. — Társelőmei közül a kadmiumnak ugyancsak széles alkalmazási területei vannak (a galvanoplasztikában, korrózió elleni bevonófémként, hőt és sűrűlőaszt álló ötvözetek összetevőjéül stb.) a galliumot és indiumot félvezetőgyártásra, fémfelületek védőbevonataként használják, a Ga-ból igen magas (2300 C°) forráspontja és alacsony (290 C°) olvadáspontja miatt különleges termométerek készülnek.

A szfalerit $\sim 1000\text{ C}^\circ$ alatt, tehát a kőzet- és ércképződés minden fokozatán, a ZnS stabilis formája. Csak 1020 C° felett lesz a wurtzit stabilis (l. ott is). Ennek ellenére elég gyakran képződik wurtzit a szfalerittel együtt, sőt helyette. Leginkább a két ásvány ritmikus váltakozása figyelhető meg, ilyenkor egészen kis ($50\text{—}100^\circ$) hőmérsékleten, de erősebben savas rendszerből vált ki. A wurtzit később a külső alak megtartásával átváltozik szfaleritté. — A szfalerit külszíni mállásakor leginkább goslarit ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) keletkezik, Karbonátkőzet határára, ill. HCO_3^- -ion jelenlétében smithsonittá, ZnCO_3 -tá alakul vagy kovasavas oldatokkal hemimorfittá [$\text{Zn}_4(\text{OH})_2\text{Si}_2\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$] képződik.

Hawleyit, α -CdS. Szfalerit-szerkezetű, szabályos kadmium-szulfid. $T_d^2\text{—}F\bar{4}3m$, $a_0 = 5,818\text{ \AA}$. Finomszemcsés, világossárga földes bevonat szfalerit és sziderit felületén. Eddig egyedül a kanadai Hector-Calumet bányából (Yukon tartomány) került elő. Másodlagos keletkezésű ásvány.

Metacinnabarit, HgS, „fekete higanyszulfid”. Kevés Zn-et és Se-t is tartalmaz. Szfalerittrácsú, $a_0 = 5,85\text{ \AA}$. Apró, acélszürke, tetraéderez kristályok, gyakrabban mint fekete por és összeálló vékony kéreg a vörös cinnabarit kíséretében. Legtöbbször ennek átalakulásából keletkezik. Optikailag anizotrop. Baia Sprie-n (Felsőbánya, Gutin-hgs., Románia) baritban mákszemnyi hintésként zárványok. Idrija (Jugoszl.), Reddington Mine (California, USA).

Stilleit, ZnSe. Szfalerittrácsú. $a_0 = 5,67\text{ \AA}$. Apró, éles, szögletes szemek, leginkább zárványok linneitben és vaesitben. Félig fémes, szürkésfehér. Nem egészen opak. Lelőhelye Shinkolobwe (Katanga, Kongó Közt.). — *Guadalcazarit* (Hg,Zn)(S,Se). Elegykristály.

Tiemannit, HgSe. A szelént részben S helyettesítheti; szfalerittrácsa van $a_0 = 6,07\text{ \AA}$. — Tetraéderez kristálykák, gyakrabban szemcsés halmazok. Hasadása nincsen, $K = 2,5$, $S = 8,3$. Acélszürke, fémes fényű, opak. Ércmikroszkópban hasonló a kalkozinhoz, de kék színárnyalatok nélkül. Ritka ásvány, egyéb szelenidek kíséretéhez tartozik. — Tilkerode, Clausthal (Harz hegys., Németorsz.). Pacajake (Bolívia). — *Onofrit*, Hg(S,Se) izomorf elegykristály.

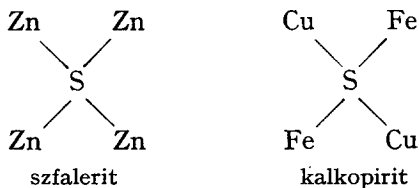
Coloradoit, HgTe. Szfalerittrács, $a_0 = 6,45\text{ \AA}$. — Kristályos külső ritka, apró szemcsés halmaz. $K = 2,5$. $S = 8,05$. Szürkésfekete, vöröses árnyalással, fémfényű. Friss felületén tombakbarna bevonat képződik.

Más Au—Ag—Pb-telluridokhoz társul. Colorado (USA), Ontario (Kanada) több bányájában, Kalgoorlie-n (Ausztráliában) találják.

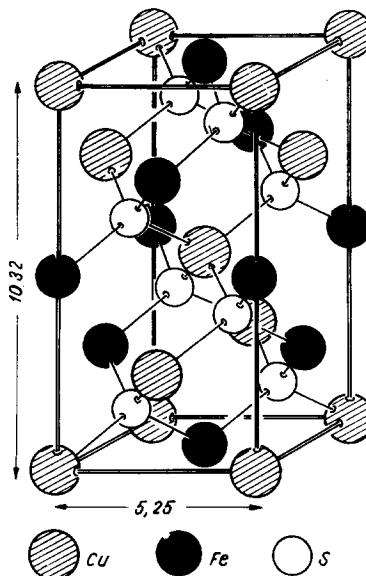
Lautit, CuAsS. A Cu helyén némi Ag-öt tartalmaz. — Rombos, $a_0 = 3,79$, $b_0 = 5,48$, $c_0 = 11,49\text{ \AA}$. (A szfalerittrácshoz hasonló szerkezetében az As kettős szerepet tölt be: részben a Cu-et, részben a S-t helyettesíti.) Táblácskák, sugaras-tollas, nyálabszerű kristálycsoportok vagy szemcsés halmazok. Hasadás (001), $K = 3$, igen rideg, $S = 4,9$. Félig fémes, acélszürke-fekete, gyengén ibolyás árnyalással. Ércm. nagyon hasonlít az enargit-hoz; szürkésfehér, élénken anizotrop. — Csakis hidrotermás késői kiválásokban, főleg természarzénba ágyazottan jelenik meg. Lauta (Marienberg mellett, Szászorsz.), St. Marie-aux-Mines (Elzász, Franciaorsz.).

β) KETTŐS SZULFIDOK

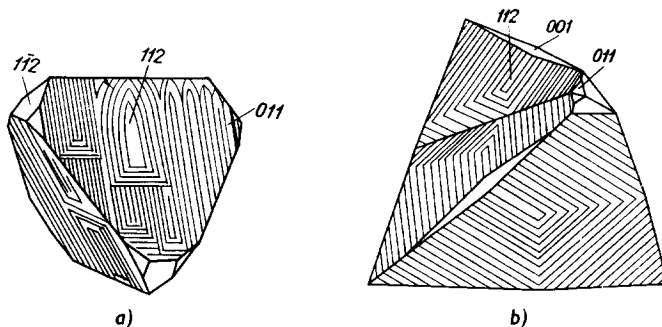
Kalkopirit, rézkovand, CuFeS_2 . Összetételében kevés egyéb elem rejtőzik: leginkább nemesfémek (Au, Ag), nagyobb hőmérsékleten rácsába beépülhet Fe, valamint Zn és Sn is, de ezek később, a lehűlés során inhomogén zárványosság alakjában szételegyednek. *Krist.* Tetragonális szkalenoéderes. Rács-típusa egyezik a szfaleritével, csak a Zn-atomokat 1:1 arányban Cu és Fe helyettesíti. Pl. egy kénatom környezetében:



A c_0 természetszerűen megkettőződik, s így tetragonális cella áll elő (387. ábra). Látható, hogy a (001) helyzetű fématomsíkokban a Cu—Fe aránya a következőképpen változik: a felső síkban 4:1, a következőben ($c_{0/4}$) 2:2, a harmadikban ($c_{0/2}$) 1:4, majd ismét 2:2 és 4:1. Tércs. $D_{2d}^{12} - \bar{I}42d$. $Z = 4$. $a_0 = 5,25$, $c_0 = 10,32$ Å. Kristályain leggyakoribb forma a szabályos tetraédernek megfelelő pozitív diszfenoid, a negatív diszfenoid alárendelt kifejlődésű. Kisebb lapokkal még az (110) prizma, a (401) és (201) dipiramisok gyakoriak. A kristályok torzultak, felületük érdes, rostozott (388/a ábra). Ikerkristálya többféle. Egyik ikertörvénye (111), mely szerint a + és — szfenoidlapok nőnek össze (388/b ábra),



387. ábra. Kalkopirit-szerkezet



388. ábra. a — kalkopirit; b — kalkopiritiker (111) sz.

eszerint poliszintetikus lemezes ikrek is keletkeznek. Az (101) sz. többes (ötös), buzogányfej alakú ikercsoportozat jöhet létre. Leginkább vaskosan, szemcsés szövetű tömegekben keletkezik. Kalkozin, magnetit, fakóérc után pszeu-domorfózát alkot. Hasadása (201) sz. igen rossz. Törése egyenetlen, rideg. $K = 3,5 - 4$. $S = 4,2$. Zöldes árnyalatú sárga, néha aranysárga. Erősen fémfényű, opak.

Ércm. Reflexiója közepesen erős, színe világossárga, mely hamarosan sötétebbre (aranysárgára) változik. $R_{zöld} = 42\%$, $R_{sárga} = 40,5\%$, $R_{vörös} = 40\%$. Pleokroizmus nincs, anizotrópiája is igen gyenge, csak erős megvilágítással, olajimmerzióban látható, a színek átlós állásban eléggé élénkek.

A kisebb hőmérsékleten képződő kalkopirit belseje homogén alkatú és vegyileg is jól megfelel a $CuFeS_2$ formulának. Nagyobb hőmérsékleten, általában $250^\circ C$ felett, a rácsméret hasonlósága folytán a kalkopirit cubanitmolekulát ($CuFe_2S_3$), továbbá ZnS -ot és NiS -ot is felvehet magába. Minden jel szerint a $CuFeS_2$ nagyobb hőmérsékleten szabályos, s akkor lényegileg megfelel a „kalkopirrotin”-nak, mely $CuFeS_2$ — FeS — NiS -ből álló elegykristály. A tagok a hőmérséklet csökkenése során fokozatosan szételegyednek, és pedig részben nem is egyszerű módon, miként erről a cubanit- és valleriitgenezis tudósít (l. ott), így a kalkopirit belseje inhomogénné válik. — A gyakori, de csekély Au- és Ag-tartalom optikailag nem észlelhető, ugyanígy az esetleges Se- és Tl-tartalom sem.

Szében hevítve szikrázás és forrás közben fekete, mágneses gömbbé olvad. Üvegcsőben hevítve pattogzik, belőle kén szublimál. Szódával Cu-szemmé redukálható, HNO_3 kénkiválás közben oldja. — Karca zöldesfekete. — Közön- séges és gyakori ércásvány, Cu-tartalma $34,5\%$, a legfontosabb rézásvány.

Képz., lelőhely. Igen széles hőmérsékleti határok között keletkezhet.

1. Bázisos mélységi kőzetekben igen elterjedt. Különösen a folyós magma szulfidos szételegyedési termékeivel, pirrotinnal, pentlandittal társul, s az így elkülönült szulfidérc $3-10\%$ -át alkotja. Sudbury (Ontario, Kanada), Pecsenga (Petszamo) a Jeges-tenger partvidékén (SZU).

2. Pegmatitos-pneumatolitos kialakulásban szintén elterjedt ércásvány, azonban gazdaságilag kevésbé jelentős. Csakis a kontaktpneumatolitos fázisban halmozódik fel erősebben. A bánági (Románia) bányák lefejtett érce és a bihari Băița (Rézbánya, Erdély, Románia) sorolható ide.

3. Kialakulása a hidrotermás képződés összes fokozataiban igen jelentős. Szinte minden hidrotermás telep ércegyüttesében megtalálható, egyes helyeken önálló nagy tömegekben is. Smolnikon (Szomolnokon) pirrittel, Špana Dolinán (Úrvölgyön), Rudňany (Ötösbányán), Gelnicán (Gölnicen) a Szlovák Érchegységben; Kazanesd-Csungány Hunyadban, Balan (Balánbánya) Székelyföldön; Nistru (Kisasszonybánya) a Gutin-hegységben (Románia). Minas de Riotinto (Spanyolország) hatalmas katatermás pirittömegében $6-10\%$ -nyi kalkopirit szolgáltatja Európa legnagyobb Cu-termelését. Az Uralban Sziszerij ugyancsak gazdag előfordulás, a Szovjetunió gazdag Cu-termelő területei még Transz-

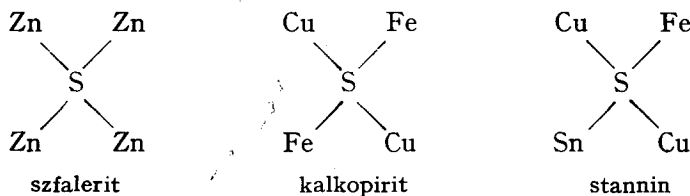
kaukázus és az Altáj hegység. Említhető a jugoszláviai Majdanpek részben metasomatikus kovandtelepe, Bulgáriában Szredna Gora, az USA-ban Butte (Montana).

4. Üledékesen is keletkezhet, a mansfeldi (Németorsz.) „rézpala” Cu-tartalma részben kalkopiritből származik.

A kalkopirit könnyen oxidálódik, rézszulfát, malachit, azurit és számos más oxidációs és cementációs rézásvány keletkezik belőle.

Gallit, CuGaS_2 , tetragonális, álszabályos, $D_{2d}^{10} - \bar{I}42c$. $a_0 = 5,35$, $c_0 = 10,48$ Å. Nagyritkán parányi kristályok vagy bekérgezés, különben szételegyedési szigetek, testek szfaleritben. Hasadás (001) sz., $K = 3,5$, $S = 4,4$. Szürkésfekete, fémes fényű, karca is fekete. *Ércmikr.* a fakóérchez nagyon hasonló, de gyenge anizotrópia észlelhető. — Nem gyakori ásvány; germanittal, renierittel társul. Tsumeb (D.nyugat-Afrika); Kipushi (Katanga, Zaire Közt.) — Mesterségesen könnyen előállítható.

Stannin, *ónkovand.* $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$. Az elemzések elég gyakran ZnS -ot és CuFeS_2 -felesleget mutatnak ki az ásványban. Ezek nagyobb hőmérsékleten a stanninnal szilárd oldatként társuló molekulák. Lehűléskor többféle szételegyedés megy végbe. *Krist.* Tetragonális szkalenoéderez, álszabályos. Rácsa a kalkopiritével egyező. Képlete így is írható: $\text{CuFeS}_2 - \text{CuSnS}_2$. A szfaleritszerkezet fokozatos helyettesítési sémáját a S-atom környezetében a következőképpen szemléltethetjük:



Térscs. $D_{2d}^{11} - \bar{I}42m$, $a_0 = 5,47$, $c_0 = 10,74$ Å. Kristályosan ritka, a kalkopirit-hez hasonló formákban. Ikerkristálya is megegyezik a kalkopiritével, de kevésbé gyakori. Leginkább vaskos, szemcsés. Hasadása rossz. $K = 3,5 - 4$, rideg. $S = 4,4$. Fémfényű, friss felülete acélszürke, kissé zöldes; kristályai feketék. Idővel bronzszerű futtatást kap. Opak.

Ércm. olajzöld árnyalású szürke. Színárnyalata lelőhelyenként, sőt egyazon darabon belül is változik, reflexiója gyenge. Pleokroizmus a alig kivehető, anizotrópiája viszont erős és élénk (ibolya—palakék). Mikroszkópi képén az ikerlemezség, a szételegyedés jelenségei, átalakulási szerkezetek az állandó és jellemző sajátságok közé tartoznak.

Karca fekete. Szélen SnO_2 -verődék képződik. HNO_3 kénkiválás és kék színeződés kíséretében oldja. Zn- és Cu-feleslegesen kívül Pb- és Ag-vegyületeket is tartalmazhat.

A részletes optikai és kristályszerkezeti elemzővizsgálat szerint a leírt tetragonális módosulaton kívül még két „ónkovand” ismeretes. Ezek egyike hexagonális („hexastannit”), wurtzitrácsú, $a_0 = 3,84$, $c_0 = 12,6$ Å. Összetételében több Cu-et tartalmaz, formulája: $\text{Cu}_3\text{Fe}_2\text{SnS}_6$. A másik szabályos („izostannit”), a stanninhoz egészen hasonló, de optikailag izotrop. A jelek szerint nagy hőmérsékletű stannin (szfaleritráccsal), mely valami oknál fogva állandósult.

Képz., lelőhely. Nagyobb hőmérsékletű hidrotermás telepekben az ónkőparagenezis tagja, vagy a pneumatolitos SnO_2 -formáció későbbi ásványkiválásaihoz tartozik. Gyakoribb, mint régebben hitték. Az Érchegeység (Csehszlovákia és Németország) számos bányájában, Cornwall (Anglia) több ónérces fejtőhelyén kisebb mennyiségben találják. A csehszlovákiai Příbram Pb—Zn-ércének kezdeti kiválásaiban is szerepel. Gazdaságilag nagy jelentősége van Bolíviában: Oruro és Potosi jelentős óntermelésének zömét stanninból nyerik. Egyes nagy hőmérsékletű szfaleritek belsejében mikroszkopikus szételegyedési zárványokként is megjelenik.

Luzonit, Cu_3AsS_4 és **stibiolumonit**, *famatinit*, Cu_3SbS_4 . A famatinit név korábban Sb-tartalmú „enargit-féleségre” vonatkozott. A vizsgálatok szerint azonban helyesebb ezt (l. 486. old.) stibioenargitnak jelölni, és a luzonit sorban esetleg a stibiolumonitra a famatinit nevet alkalmazni, minthogy a korábbi famatinit-sajátságok erre az ásványra illenek legjobban. *Krist.* Álszabályos, négyzetes.



389. ábra. Luzonit ikerlemezek ércmikroszkópban. Nagyítás: $200\times$

Rácsa kalkopirit típusú, közelebről a stanninéval egyezik, ha ebben a Fe-atomok helyét As vagy Sb, és az Sn-atomokét Cu tölti be. A két tag egymással elegy-sorokat alkothat, úgyhogy helyesebb a $\text{Cu}_3(\text{As,Sb})\text{S}_4$ képletet használni. Tércs.

$D_{2d}^{11} - \bar{1}42m$. $a_0 = 5,27$, $c_0 = 10,39$ Å (As) és $a_0 = 5,38$, $c_0 = 10,76$ Å (Sb). Kristályosan csak az Sb-ban gazdagabb (famatinit-) változat ismeretes. Ennek kristálykái is igen aprók, rosszul fejlettek, rendszeren kéregekké tömörülnek. A luzonitot csakis vaskosan, tömött szemcsés halmazokban ismerjük. Acélszürke, vörösésibolya (Sb) vagy sárgásibolya (As) árnyalattal. Az azonos összetételű és mindenkor jelenlevő enargitnál élénkebb, egyben tarkább színezete van, fénye is erősebben fémes. Hasadása nincsen. $K = 3,5$, rideg. $S = 4,52$. Opak.

Ércm. közepes reflexióképesség, világos barnássárga (enyhén rózsás) szín jellemzi. Gyengén pleokroós, anizotrópiája erős és élénk színű. Feltűnő és állandó

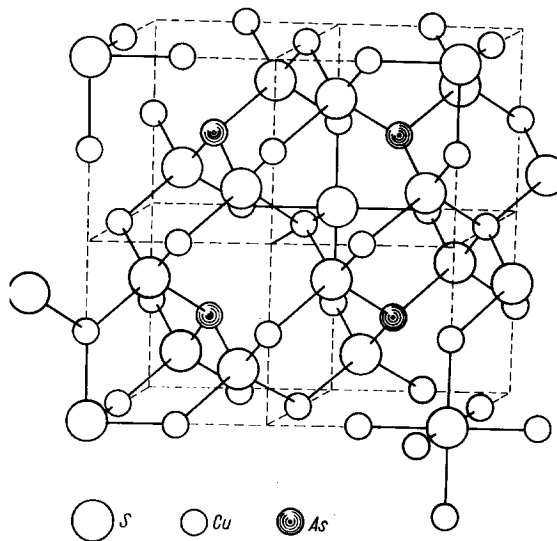
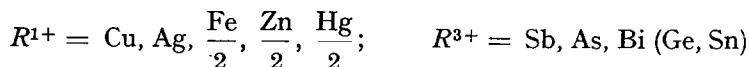
mikroszkópi sajátsága a finoman ikerlemezes szerkezet, mellyel az enargittól biztosan elkülöníthető (389. ábra). Szénen hevítve fekete gömbbé olvad, miközben As-szagot áraszt és fehéres füst képződik. Karca szürke, illetőleg sötétszürke.

Képz., lelőhely. Hidrotermás szubvulkáni Cu—As-telepek jellemző ásványa. Ugyanazon lelőhelyei vannak, mint wurtzitrácsú társának, az enargitnak (l. 484. old.), mellyel együttesen, sokszor összenőve képződik. Általában kisebb mennyiségű az enargitnál, de a luzonit gyakoribb a famatinitnél. Recsk a Mát-rában, Bor (Jugoszlávia), Luzon-sziget (Fülöp-szigetek) Famatina (Argentina); Tsumeb (DNY-Afrika, Dél-afrikai Unió).

γ) FAKÓÉRCFÉLÉK

Fakóérccek. A szfaleritrácsú kettős szulfidok sajátos csoportját alkotják. Alapképletként Cu_3SbS_3 vagy Cu_3AsS_3 írható fel, de sokkal helyesebb az összetételt $(\text{Cu}, \text{Fe})_{12}(\text{As}, \text{Sb})_4\text{S}_{13}$ alakban kifejezni. — Szerkezeti leírásában kettőzött élhosszúságú szfaleritcellából indulhatunk ki, melyben 32 ZnS-nek van helye. A fakóérc kationpozícióiból 8 Zn-atom helyére Sb vagy As kerül, a többi 24 helyet pedig Cu-atom tölti be (390. ábra). Ily módon a rács kénatomszáma lecsökken: a 32 kénatomból 8 oly módon válik feleslegessé, hogy az As-, ill. Sb-atomokat (a szfaleritszerkezettől eltérően) csak 3 kénatom veszi körül. Ez cellánként 24 kénatomnak felelne meg, azonban a vizsgálatok szerint ennél kétfelével több: 26 kénatom jut egy cellára. E két atom helyét még nem lehetett kielégítően tisztázni. Valószínűleg a cella csúcsán és középpontjában helyezkednek el. Ez a csekély kén-többlet azonban nem állandó, ami abból ered, hogy a Cu helyén számos más fém: Fe, Ag, Zn, Hg is szerepelhet, sőt a közeli atomméret alapján egyéb fémek (Ni, Co, V) is beépülhetnek kisebb mennyiségben.

Előbb jeleztük, hogy a Sb-t részben vagy egészen As pótolhatja, és ugyanitt több-kevesebb Bi, sőt Sn és Ge is beépülhet. A helyettesítésekben



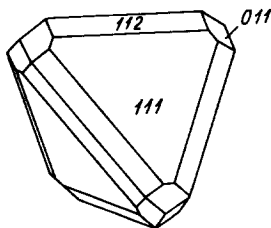
390. ábra. Tennantit-szerkezet

a gyakrabban szereplő elemek. A számos tagból, elegyedési változatból álló csoportokban a sajátságok jelentősen különböznek.

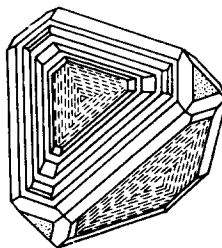
A csoport fontosabb tagjai:

tetraedrit	antimonfakóérc	$\text{Cu}_3\text{SbS}_{3-4}$
tennantit	arzénfakóérc	$\text{Cu}_3\text{AsS}_{3-4}$
freibergit	ezüsfakóérc	$(\text{Cu}, \text{Ag})_3\text{SbS}_{3-4}$
schwazit	higanyfakóérc	$(\text{Cu}_2, \text{Hg})_3\text{Sb}_2\text{S}_7$
annivit	bizmutfakóérc	$\text{Cu}_3(\text{Sb}, \text{Bi})\text{S}_{3-4}$

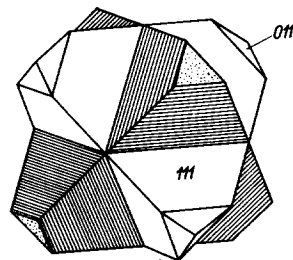
Tetraedrit és tennantit. Az összetétel legjobban a $\text{Cu}_6(\text{As}, \text{Sb})_2\text{S}_7$ formulával fejezhető ki. A „fakóérc” név az Sb-gazdag változatra vonatkozik. *Krist.* Szabályos hexakisztetraéderes. $T_d^2 - \bar{1}43m$. A rácsszerkezet még további tisztázásra szorul, de bizonyos, hogy szfalerit-típusú. $a_0 = 10,34 \text{ \AA}$ (Sb) és $a_0 = 10,21 \text{ \AA}$ (As). $Z = 8$. Kristályai formákban gazdag, szépen fejlett kombinációk. Uralkodó alak az (111) tetraéder, felülete sokszor jellegzetesen rostozott, mellette az (110) rombtizenkettős, valamint a (211) triakisztetraéder a leggyakoribbak (391. – 392. ábra). Az ikerkristály általános jelenség, ikertengely az (111)-re merőleges trigir. Leginkább két tetraéderből álló átnövéses ikerkristályok jönnek létre (393. ábra). Vaskos, tömött halmazokban is gyakori. Hasadása nincsen. Tö-



391. ábra. Tetraedrit



392. ábra. Tetraedrit



393. ábra. Tetraedrit-iker

rése egyenetlen. K (az összetétellel változik) = 3,5–4,5, rideg. S (ugyancsak változó) = 4,4–5,1. A vegyi összetétellel egyéb tulajdonságok is változnak. A Cu–Sb-fakóérc acélszürke, fakó ólomszürke, ha Zn-et és Fe-at tartalmaz, vassfekete. Az As-fakóércek világosabb szürkék, kissé kékesek. A friss felület fémfényű. Nem teljesen opak, a tiszta Cu–As-fakóérc vékonycsiszolatban vörösen áttetsző.

Ércm. szürkésfehér, melyet különféle árnyalás kísér: a tetraedrit kissé piszkos olajzöld, a tennantit gyengén kékeszöld. Reflexióképessége közepes, de az Ag-, Bi-tartalom növekedésével fokozódik. Teljesen izotrop. Néha belső reflexe van, mely vörös és barna között különféle árnyalású lehet.

Karca finomra eldörzsölve vörös—vörösbarna. Szélen hevítve szürke gömbbé olvad, mely pörkölés után Cu- (esetleg Fe-) reakciót ad. HNO_3 oldja. Az elektromosságot gyengén vezeti.

Képz., lelőhely. A fakóércféléknek a szulfidos érckelethezésben tág képződési lehetősége van. A legkedvezőbb feltételek a hidrotermás folyamattal valósulnak meg. Már ezt megelőzően 1. a kontakt-pneumatolitos és pegmatitos érce-sedésben is néha jelentősebb mennyiség képződik. Sasca montană (Szászka-bánya) Moldova noua (Újmoldova, Bánság, Románia). Cornwall (Anglia), Tetjuhe (K-Szibéria, SZU). 2. Legfontosabb és legnagyobb mennyiségű kialakulása a hidrotermális ércgenezésben van. Részint a vasszegény Cu—As-telepek gyakori ásványa, ilyenkor enargittal, luzonittal, kalkozinnal társul. De nem ritka a szubvulkáni nemesfém-tartalmú hidrotermális telepekben sem, ahol kísérő ásványai pirit, arzenopirit, galenit, szfalerit, bournonit; az Ag-tartalmú fakóérceket egyéb nemes ezüstásványok is kísérik. A Kárpát-övezet legszebb kristályos tetraedritje Capnic-on (Gutin-hegység, Románia) lelhető, több szlovákiai bányában pl. Lubietován (Libetbányán), Špana Dolinán (Úrvölgyön), Rožňaván (Rozsnyón), Gelnicán (Gölnicbányán), Nadabulán (Sajóházán) fontos rézérc. Kisebb mennyiség a Mátrában Recsken. Gyakori a Harz-hegységi (Németorsz.) bányákban, a csehszlovákiai Příbramban és másutt. Nagyobb tömegben: Butte (Montana, USA), Tsumeb (DNY-Afrika, Namíbia), Famatina (Argentína). — Metamorfizált érctelepekben a fakóérc jól megmarad, rekrisztallizációkor a kalkopirithez csatlakozik: Goppenstein (Wallis, Svájc). — A fakóércek elsősorban Cu-ásványok, de ezüsttartalmuk is fontos; helyenként Hg-érc szerepük van.

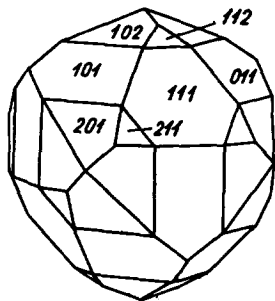
Freibergit, (Ag-fakóérc). Elegykristály, ezüsttartalma 18—23% között változhat. Kristályos külsővel nem ismeretes. Főként vaskos, de nem tömött, inkább üreges. Erősen fémfényű, (friss felülete) világosszürke, majdnem ezüstfehér. — Freiberg (Szászorsz., Németorsz.).

Schwazit (Hg-fakóérc). Hg-tartalma a 17%-ot is eléri. — Világos ezüstfehér, enyhén sárgás. Nižná Slana (Alsó-Sajó, Szlovák Érchegység., Csehszlovákia) Schwaz Tirolban (Ausztria).

Annivit (Bi-fakóérc). A Bi-mellett egyéb fémet, így Ag-öt is tartalmazhat. Ritka ásvány, Neubalch (Würtemberg, Németorsz.); névadó lelőhelye Anniviers-völgy (Svájc).

Germanit, $\text{Cu}_3(\text{Fe}, \text{Ge})\text{S}_4$. Elegykristály. Szerkezetileg a fakóércek csoportjához tartozik. Szabályos feles, T_d^2 — $I\bar{4}3m$, $a_0 = 10,58 \text{ \AA}$. Kristályosan eddig nem találták, vaskos-szemcsés. Nem hasad. $K = 3$, $S = 4,46$. Opak. Fénye fémes, színe sötét vöröses szürke, ibolyás árnyalással. *Ércm.* világos barnásrózsaszíntől ibolyásszürkéig változik: teljesen izotrop, reflexióképessége: $R_{\text{vörös}} = 21,5\%$, $R_{\text{narancs}} = 21,5\%$, $R_{\text{zöld}} = 22\%$. Eddig csak a DNY-afrikai (Namíbia) Tsumeb bányából került elő, ahol pirittel, tennantittal, enargittal, galenittel szoros társulásban jelenik meg.

Colusit. $\text{Cu}_3(\text{Fe,As,Sn})\text{S}_4$. A vegyületben még V és Te is kimutatható. Szabályos hexakisztetraédes, $a_0 = 10,61 \text{ \AA}$. Apró kristályai jellegzetes kombinációk (394. ábra). Leginkább tömött, szemcsés. Nem hasad, rideg. $K = 3-4$. $S = 4,5$. Fémfényű, bronzbarna, opak. Reflexiók színe vöröses kénsárga, izotrop. — Butte (Montana, USA) rézérctelep ún. Anaconda telérrendszerében enargittal, tetraedrittel, kalcozinnal, bornittal társul. De a coloradói (USA) Red Mountain bányáiból is előkerül.



394. ábra. Colusit

Sulvanit, Cu_3VS_4 . Szabályos hexakisztetraédes, $a_0 = 10,77 \text{ \AA}$. Kristályok ritkák, szemcsés, tömött halmaz. Hasadás (100) sz. kitűnő. $K = 3,5$, $S = 4,00$. Bronzsárga, fémes fényű, opak. Két fontos lelőhelye van: Burra (Dél-Ausztrália) és Mercur-bánya (Utah, USA). Elsődleges V-ásvány.

Reniérit, $\text{Cu}_3(\text{Fe,Ge,Zn})\text{S}_4$. Fakőércszerű megjelenéssel álszabályos szerkezet. Optikailag anizotrop. Narancssárga, fémfényű. Mágneses. (Röntgendiagramja egészen közeli rokonságot mutat a germanittal és colusittal.) Hidrotermás, Fe-ban szegény rézformációkban érdekesség. Kipushibánya (Katanga, Zaire Közt.); Tsumeb (Délnyugat-Afrika).

δ) „VÖRÖSEZÜSTÉRCEK”

Izodimorf csoport. Trigonálisak és monoklinok. A trigonális tagok szerkezeti-
leg azonosak (izotípiá), de természetes körülmények között elegykristály-
képződés nem jön létre köztük. A monoklin tagoknál izotípiá nem tapasztalható.

A **pirargirit** és **proustit** szerkezete olyan kettős fémű szfalerittrács, melyben az egyik tetraédes koordináció helyett piramis alakú AsS_3 - vagy SbS_3 -csoportok vannak. (A csúcsaikkal mind egy irányba rendezett piramisok következménye a fő tengelyes szimmetria poláris trigírje.) E csoportokat Ag-atomok kapcsolják össze, s ez a koordináció már tetraédes: minden Ag-atomnak 4 S környezete van. A kötés sajátos átmenet az atomos és fémes kötés között. Tércs. C_{3v}^3-R3c . A romboédercella mérete (proustit): $a_r = 6,85 \text{ \AA}$, $\alpha_r = 103^\circ 27'$ és (pirargirit): $a_r = 7,01 \text{ \AA}$, $\alpha_r = 104^\circ 06'$. $Z = 2$.

Pirargirit (sötét-vörösezüstérc). Ag_3SbS_3 . *Krist.* Formákban gazdag, fennőtt kristályai oszloposak vagy szkalenoédes jellegűek, máskor romboédes kombinációnak látszanak. A hemimorfia csak ritkán jut kifejezésre (395—396. ábra). Számos ikertörvénye van. Hasadása $(10\bar{1}1)$ sz. elég jó. $K = 2,5$, rideg. $S = 5,85$. Fémes gyémántfényű, vékony szilánokban sötétvörösen áttetsző. Színe ráeső fényben ólomszürke—vasfekete.

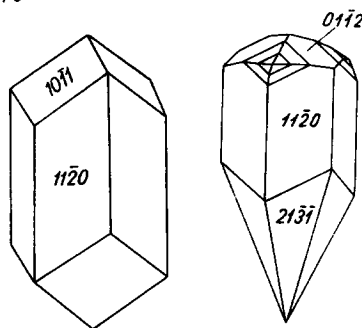
Ércm. reflexióképessége közepes, reflexiók színe kékes árnyalású fehér. Erős bireflexiója és élénk anizotrópiája van, melyet azonban a bőségesen jelentkező karminvörös belső reflex nagyrészt eltakar. Gyakran ikerlemezes. — Karca sötétvörös; szélen könnyen olvad, Sb-verődéket ad és Ag-golyóvá redukálható; HCl vagy HNO_3 oldja.

Proustit (világos-vörösezüstérc) Ag_3AsS_3 . A természetben pirargirittal elegykristály nem jön létre, ellenben mesterségesen nagyobb hőmérsékleten (olvadékból) minden korlátozás nélkül elegyként kristályosíthatók. Kristályai

pirargirithez hasonlók, de kevesebb formából állók. Fennőtt kristályai hegyes romboédereknek, néha szkaloenoédes kombinációnak látszanak. Ikertörvénye, hasadása, keménysége, rideg viselkedése a pirargirittel egyező. $S = 5,57$. Gyémántfényű, még nagyobb kristályai is átlátszók, áttetszők; színe cinóbervörös, réeső fényben feketésszürke. *Ércm.* egészen hasonló a pirargirithez, nehéz megkülönböztetni. Karca világosvörös—tégla-vörös. Szépen As-szagot áraszt. Különböztetési eljárással egyezően viselkedik.

A pirargirit és proustit a legelterjedtebb Ag-ásványok közé tartozik. A pirargirit Ag-tartalma 59—60%, a proustité 64—65%.

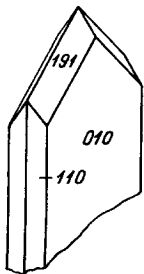
Képz., lelőhely. A vörösezüstérc a hidrotermás folyamat terméke, különösen az epitermás kialakulásban gyakori. Elsősorban az Pb—Zn—Ag-telésekben és az Ag—Co—Ni-formációkban otthonos, és mindig a késői kiválások közé tartozik. Nemritkán leszálló (deszcendens) oldatokból a cementációs övben is keletkezik. A pirargirit sokkal gyakoribb a proustitnál, ami különben a komplex szulfidok közt is általános jelenség: az Sb-tartalmúak mindig lényegesen gyakoribbak, mint a megfelelő As-vegyületek. Helyenként fontos ezüstérc. A Kárpát-övezet fiatal Au—Ag-



395.—396. ábra. Pirargirit

teléireiben: Banska Štiavnica (Selmecbánya) és Kremnicán (Körmöcbánya, Csehszlovákia), a Gutin-hegységi (Románia) Baia Maren (Nagybánya), Baia Sprien (Felsőbánya), Capnicon (Kapnik), az Erdélyi Érc-hegység (Románia) számos bányahelyén szép kristályokban, néha vaskosan, kéregyszerű halmazokban is képződik. Az Érc-hegység Co—Ni—Ag-teléseiben (Annaberg, Schneeberg), az Pb—Ag—Zn-formáció teléireiben Freiberg (Szászorsz., Németország), ill. Příbram (Csehszlovákia), Harz-hegység (Németország), az észak-amerikai Sziklás-hegység hidrotermás telérvonulataiban, Mexikóban, Chilében, Peruban.

Xantokon (*rittingerit*), Ag_3AsS_3 és **pirostitpnit**, Ag_3SbS_3 . A monoklin „vörösezüst”-ásványok sem szerkezetileg, sem optikailag nem egyeznek tel-



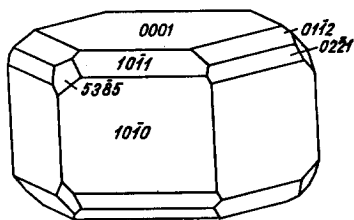
397. ábra. Pirostitpnit

jesen. *Xantokon* $C_{2h}^6 - C_2/c$, $a_0 = 11,99$, $b_0 = 6,21$, $c_0 = 31,86$ Å, $\beta \nless 90^\circ 30'$, $Z = 16$. — *Pirostitpnit* $C_{2h}^5 - P2_1/c$. — $a_0 = 12,17$, $b_0 = 15,84$, $c_0 = 6,24$ Å, $\beta \nless 90^\circ 00'$, $Z = 8$. Ábrómbos szimmetriájú mind a kettő. Ásványi sajátságai között nagy a hasonlóság. A kristályok aprók, táblásak, de különböző orientációban: a xantokon (001) sz., a pirostitpnit (010) sz. táblás (397. ábra). A hasadás e síkok szerint mutatkozik. $K = 2-3$, $S = 5,5$ (xant.), 5,9 (pirost.). — Mindkettő gyémántfényű, a xantokon barnás narancssárga, a pirostitpnit jácintpiros. *Ércm.* mindkettőt erős anizotrópia és világossárga—barna belső reflex jellemzi. Kis mennyiségben és ritkaságként a vörösezüst-ásványokkal társultan, de későbbi kiválás termékeiként jelennek meg.

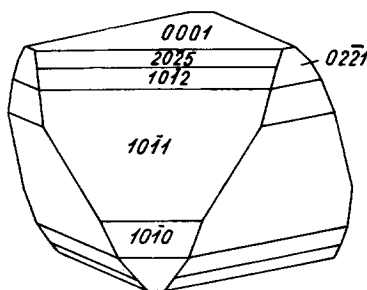
f) csoport

Vegyes rácstípusú (1:1 arányú) szulfidok

Cinnabarit (*cinóber*), HgS. Összetétele jól megfelel a képletének. Az ásványban más elem csak mechanikai szennyeződésként társul. Szerkezete sajátos, a c -tengellyel párhuzamos $-S-Hg-S-$ láncsorakozásból épül fel, túlnyomóan homöopoláros kapcsolódással. Ennek ellenére a Hg-atomok közelítőleg a legszorosabb illeszkedésben rendezettek. *Krist.* Trigonális trapezoédres, $D_3^4 - P3_12$ és $D_3^6 - P3_22$. $a_0 = 4,16$, $c_0 = 9,49$ Å és $Z = 3$. Apró, lapdús kristályain leggyakoribb alak a kockához közelálló $(10\bar{1}1)$ romboéder, gyakori még a (0001) , $(10\bar{1}0)$, továbbá a $(02\bar{2}1)$, $(10\bar{1}2)$ (398—399. ábra). A különböző pro-



398. ábra. Cinnabarit



399. ábra. Cinnabarit

toromboéderek, trigonális dipiramisok és trapezoéderek néha a kristályokon nagy számban fejlődnek ki. A (0001) bázislap sz. kiegészítési ikrek, átnövésék, valamint rozettás csoportozatok is gyakoriak. Vaskos-szemcsés, hintett halmazokban vagy földes kifejlődésben jelentősebb tömegek. Hasadása $(10\bar{1}0)$ sz. kitűnő. $K = 2-2,5$, $S = 8,1$. Gyémántfényű, kissé fémes, a földes fajták fénytelenek. Cinóber—skarlátvörös, a szemcsés-földes változatok élénkpirosak, a bitumennel szennyezettek vörösbarnák. Vékonyabb lemezben átlátszó. Opt. pozitív, $\omega = 2,85$, $\varepsilon = 3,20$.

Ércm. Fehér-kékesfehér; reflexióképessége közepes, bireflexiója gyenge; bőséges belső reflexe elfedi a jelentős anizotrop színhatást. — Optikai aktivitása igen erős; a poláros fény síkját 17-szer jobban elforgatja, mint a kvarc. Lángban elillan, nyílt üvegcsőben SO_2 -gáz távozik, és a hideg üvegfalon Hg-cseppek jelennek meg. Királyvízben oldódik.

Képz., lelőhely. A hidrotermás kiválások legkésőbbi termékei közé tartozik. Képződési hőmérséklete maximálisan 100° körüli. Az ilyen természetű kiválásoknál a mélyebb szinten és a felszínen végbement folyamatok termékeit nem lehet élesen elválasztani. Vulkanai vidékek jelenleg működő szolfatáráiból, hévforrásaiból cinnabarit is lerakódik opál, kalcedon, markazit, barit kíséretében. A jelek szerint ugyanilyen keletkezése van a nagyobb tömegű teléres,

impregnációs és metasomatikus telepeknek is. A Kárpát-övezeti előfordulások egy része Hg-fakóérc (schwazit) átalakulási terméke: Nižna Slanán (Alsó-Sajó) vaspáttal és Dobšínán (Szlovák Érchg.) liász mészkőben. Késői hidrotermás az erdélyi Dumbraván, Zalatna mellett, kárpáti homokkőben és a Belgrád melletti Avala-hegy szerpentinjében. Európa legnagyobb telepei: Idrija (Jugoszlávia), főleg pedig Almaden (Spanyolország). Jelentősek még Fergana (SZU) és Hunan-tart. (Kína), valamint a kaliforniai (USA) telepek: New Idria, New Almaden.

A cinnabaritnak számos változata közül említhető a héjas-gumós, foszfattal vegyes *korallérc*; a *higanymájérc*, 2—3% Hg-t tartalmazó bitumenes földes anyag.

Cooperit, PtS. Összetételében a Pt-át némi Pd helyettesítheti. *Krist.* tetragonális holoéderes. D_{4h}^2 — $P4/mmc$. $a_0 = 4,91$, $c_0 = 6,11$ Å. $Z = 4$. Szabálytalan szemcsék, torzult töredékek. Hasadás (101) sz. $K = 4—5$, $S = 9,5$. Barnás, acélszürke, mérsékeltén fémes fényű, opak. — Közepes reflexióképesség és gyenge anizotrópia jellemzi. — A dél-afrikai Transvaal platinatartalmú nikkelpirrhotinjának elegyrésze.

Braggit, (Pt,Pd,Ni)S. Rácsa tetragonális; C_{4h}^2 — $P4_2/m$. $a_0 = 6,38$, $c_0 = 6,59$. Lekerekített szemek, apró prizmák. $S = 10,0$. Erősen fémes, acélszürke. Sajátosságai kevésbé ismertek. A dél-afrikai Transvaal szulfidos noritjában cooperittel, sperrylittel társul.

Platynit PtBi₂(S,Se)₃. Hexagonális; rácsa valószínűleg romboéderes. Csak vékony lemezekben, lapocskákban ismeretes. Hasadás (0001) sz. igen jó, $K = 2—3$, $S = 7,9$. Fémes, vasfekete-acélszürke, a grafithez hasonló. Opak. — A svédországi Falun érctelepén kvarcban kalkopirrittel társul.

g) csoport.

Spinell-rácsú szulfidok. (Linneit-csoport)

(Kobalt—nikkel-kovandok)

A spinell-rácstípus szerint, tehát 4-es (tetraéderes) és 6-os (oktaéderes) koordinációból felépített, szabályos szimmetriájú szerkezetben (l. 598. old.) több szulfidásvány kristályosodik. Minthogy e vegyületek túlnyomóan Co—Ni-szulfidok, külsőleg világosak, „kovand”-szerűek: a csoportot *kobalt—nikkel-kovandok* néven szokás összefoglalni. A rendszerezés az izotópia alapján még néhány más szulfidvegyületet is ide sorol.

Az alapképlet $R^{2+}R^{3+}S_4$, az R^{2+} és R^{3+} helyét főként Ni, Co, Fe tölti be, de az R^{2+} helyén még Cu is szerepelhet. (Az R^{3+} helyét az izotíp daubrélitben Cr foglalja el.) Az izomorf sor tagjai korlátlanul elegyedhetnek. Esetenként a vegyi elemzés szerint kevés NiS-felesleg vagy éppen S-hiány a jellemző sajátosság, de ezek az eltérések sem optikai változást, sem szerkezetmódosulást nem okoznak. *Krist.* szabályos holoéderes, O_h^7 — $Fd\bar{3}m$. Az uralkodó elemek szerint a rácsméret (enyhén) változik:

Linneit	Co_3S_4	$a_0 = 9,42 \text{ \AA}$
Siegenit	$(\text{Co,Ni})_3\text{S}_4$	$a_0 = 9,43 \text{ \AA}$
Polidimit	Ni_3S_4	$a_0 = 9,42 \text{ \AA}$
Carrollit	CuCo_2S_4	$a_0 = 9,45 \text{ \AA}$
Violarit	FeNi_2S_4	$a_0 = 9,53 \text{ \AA}$

A sorozat tagjai külalakra oktaéderes kristályok, nem ritka a spinelltörvény (111) sz. iker, de a szemcsés-tömött halmaz a leggyakoribb. Hasadás (100) sz. nem tökéletes, $K = 4,5-5,5$, $S = 4,5-4,8$. Ridegek. Erősen fémfényűek, a szín szürkésfehér, enyhén vörös, sárga vagy bronzszerű árnyalással.

Ércm. Reflexióképesség nagy ($R = 46-49\%$), szín ragyogó fehér, mely az összetételtől függően krémsárga vagy vöröses árnyalatú. Az izotrópia teljes. — Szélen hevítve mágneses gömbbé zsugoríthatók, HNO_3 -ban kénkiválással oldódnak.

Képz., lelőhely. Főként a nagyobb hőmérsékletű hidrotermás ércesedés termékei, de egyes tagok pneumatolitos társulásban is megjelölhetők. A sorozat általában nem tartozik a gyakori ércásványok közé. A leggyakoribb a siegenit, már a linneit kevésbé gyakori, a carrollit, polidimit és violarit ritka ásvány.

A Siegen-területen (Westfalia, Németorsz.) a sorozat több tagja megtalálható. Neves lelőhelyek még Evje (D-Norvégia), Nittisz-hegy (Kola fsz., SZU), Kladno (Csehszl.), Ryddarhytta (Svédorsz.), Katanga (Kongó Közt.); Carrol Co. (Maryland, USA).

Daubrélit, FeCr_2S_4 . Meteoritásvány. Izosztrukturális a spinellrácsú szulfidokkal. $a_0 = 9,98$. Kristályalak nem ismeretes, tömött-szemcsés. Félig-fémes, fekete, rideg, nem mágneses. Vasmeteoritok, főként hexaedritek elegyrésze, troilittal társul, ennek szegélyeként.

Bornhardtit, Co_3Se_4 . Szabályos, linneitrácsú. $a_0 = 10,2 \text{ \AA}$. Parányi, fémes, gyengén rózsaszürke, rosszul fejlett kristálykák. A Harz-hegységi (Németorsz.) Trogtal hidrotermás teléreiben más szelenidekhez társul.

2. FŐCSOPORT

RÉTEGRÁCSOS (KÉTDIMENZIÓS) SZULFIDSZERKEZETEK

51. táblázat

a) csoport. Molibdenit és rokon szerkezetek

Név	Összetétel	Krist. oszt.
Molibdenit	MoS_2	} hexagonális holoéderes
Tungstenit	WS_2	
Melonit	NiTe_2	} ditrig. szkalenoéderes
Rickardit	Cu_4Te_3	
Weissit	Cu_2Te	} tetragonális holoéderes
Valleriit	$\text{CuFeS}_2 [\text{Mg,Fe}(\text{OH})_2]$	
Covellin	CuS	} álszabályos
Klockmannit	CuSe	
		} álhatszögös-rombos
		} dihexagonális dipiramisos

b) csoport. Tetradimit-rácsú vegyületek

Név	Összetétel	Krist. oszt.
Wehrlit	BiTe	ditrigonális szkalenoéderez
Bizmuttellurid	Bi ₂ Te ₃	
Tetradimit	Bi ₂ Te ₂ S	
Csiklovait	Bi ₂ TeS ₂ ?	
Paraguanajuatit	Bi ₂ (Se,S) ₃	
Hedleyit	Bi ₇ Te ₃	
Grünlingit	Bi ₄ TeS ₃	

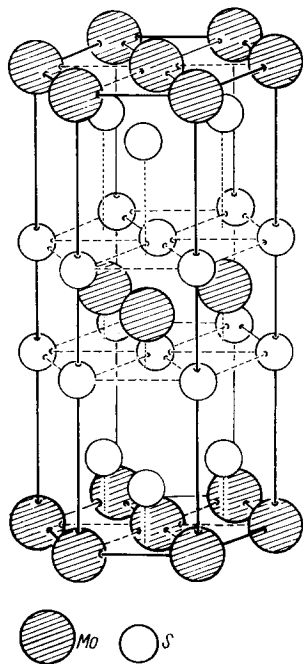
a) csoport

Molibdenit és rokon szerkezetek

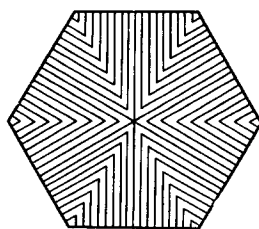
Molibdenit, MoS₂. Vegyileg legtöbbször egészen tiszta, legfeljebb réniumot lehet benne színképelemzéssel kimutatni. Dihexagonális dipiramisos. Rácsa jellegzetesen rétegszerkezet, melyben a hexagonális bázissal párhuzamos 3-as atomsíkból (S—Mo—S) álló komplexumok vegyértékileg kiegyenlített, molekulyszerű réteget alkotnak. Két-két szomszédos réteget túlnyomóan *van der*

Waals-erők tartanak össze. A kénatom síkon belül a S-atomok közelebb vannak egymáshoz (2,98 Å), mint a némileg hasonló CdI₂-típus anionjai, de nem olyan közel, mint a piritrácsban (2,01). Így a szerkezet e két utóbbi közötti átmenetnek tekinthető. Környezet: a Mo-t 6 S-atom veszi körül, míg a S-nek egyoldalúan 3 legközelebbi Mo-szomszédja van (400. ábra). A S-atomok egy 3-as rétegen belül egymás alatt helyezkednek el, ezért a szimmetria holoéderez. Téracs. D_{6h}^4 — $P6_3/mmc$. $Z = 2$. $a_0 = 3,15$, $c_0 = 12,30$ Å.

Kristálya — a szerkezetből eredően — a bázislap szerint lapos lemezes, réteges, a grafithez hasonló. A bázislap felületén háromszögű vagy tollas vonalazottság mutatkozik (401. ábra), jó kristályok ritkák, rendszeren csak pikkelyes, leveles, hintett-szemcsés. Hasadása (0001) sz. kitévő, a lemezek hajlíthatók, ami a bázis szerinti translációból ered és maradó alakváltozást



400. ábra.
Molibdenit-szerkezet



401. ábra. Molibdenit
bázislapjainak
vonalazottsága

jelent (tehát nem rugalmas). $K = 1$, vágható, papíron nyomot hagy, zsiros tapintású. $S = 4,8$. Erősen fémes fényű, ólomszürke, gyengén vöröses árnyalatú. Opak. Infravörös fényben azonban átlátszó és optikailag negatív. Kettőtörése az eddig ismert ásványok között a legnagyobb, $\omega = 4,33$, $\epsilon = 2,03$. — *Ércm.* fehér; reflexiója közepesen, de pleokroizmusa és anizotrópiája feltűnően erős. Gyúrt, hullámos v. sugaras elsötétedés jellemzi.

Karca porcelán lapon zöldesszürke, papíron kékesszürke, finomra eldörzsölve piszkos zöldesszürke. Nyílt üvegcsőben hevítve SO_2 távozik el, olv. p. 1185°C , a lángot gyengén zöldre festi, szénen jellegzetes Mo-verődék képződik, HNO_3 oldja, közben fehéres, lisztszerű molibdénsav válik ki. — Bár közeli rokona a WS_2 , de volfrámot sohasem tartalmaz. A legfontosabb Mo-ásvány.

Képz., lelőhely. Főként a pegmatitos-pneumatolitos ásványtársuláshoz kapcsolódik. Mint késői termék már a nikkelpirrhotos likvidércesedést is kísérheti, nemritkán kisebb mennyiségben miarolitos gránitokban is felszaporodik. Legnagyobb elterjedése azonban kvarcdús pegmatitokban és főként pneumatolitos ércesedésben van. Innen kerül ki az iparban felhasznált MoS_2 túlnyomó része. A bázisos magmatermékeket kivéve, majdnem minden pegmatitban megjelenik. Néha a kontaktpneumatolitos szulfidércekhez is társul. Ritkán nagy hőmérsékletű hidrotermás kialakulása is lehet. Ásványtársulása változatos. A Velencei-hegység gránitjában elhíntve, főleg vékony kvarcerekkel átjárt részeken, így a Velence község melletti Gécsi-hegyen néha nagyobb pikkelyes csoportokban is lelhető; hintésként Nadap közelében is megtaláljuk. Elvéve a Börzsöny-hegység andezitjének szulfidérceiben bizmut-telluridokkal társul. A bánági (Románia) kontakt ércekkel Oravičán (Oravicán) és Sasca montană (Szászabányán); a dél-norvégiai pegmatitokban, az angliai Cumberland és Cornwall ércesedéseiben, az Érchegység pneumatolitos ásványtársulásában Cinovec (Zinnwald, Csehszl.), Altenberg (Németorsz.), Nalcsik (Kaukázus, SZU), Renfrew (Ontario, Kanada). Legnagyobb felszaporodás a kolorádói Climax Mine (USA), ahol a vékony kvarcerekkel átjárt idős gránit finom hintésként nagy kiterjedésben tartalmaz molibdenitet.

A kitermelt molibdént az ipar 90%-ban acélnemesítésre használja fel. Röntgenlámpák antikatódjaként, rádiócsövekhez, az izzólámpaiparban, festékgyártásban is fontos és keresett nyersanyag.

Tungstenit, WS_2 . Hexagonális holoéderes, $D_{6h}^4 - P6_3/mmc$. $a_0 = 3,19$, $c_0 = 12,5$ Å. Izomorf a molibdenittel. Csakis tömött, finom szemű halmazokban ismert. Hasadás (0001) sz., $K = 2,5$, vágható. $S = 7,4 - 8,1$. Kékes ólomszürke, fémesen csillan. Opak. Mikroszkópban egészen hasonló a molibdenihez. Eredeti lelőhelye Salt Lake City mellett Cottonwood Cañon (Utah, USA), kísérőásványok: galenit, pirit, szfalerit, fakóércek, wolframit.

Melonit, NiTe_2 , ditrigonális szkalenoéderes, $D_{3d}^2 - P\bar{3}m1$. $a_0 = 3,84$, $c_0 = 5,26$ Å. A réteges szerkezet a brucit-típussal egyezik. — Hexagonális lemezkék, leveles halmazok. Hasadás (0001) sz. $K = 1 - 1,5$, hajlítható, $S = 7,5$.

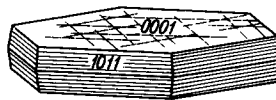
Ónfehér, kissé vörhenyes, fénye fémes. Tellúrércék kíséretéhez tartozik. Melones bánya (Calaveras, California, USA); Dél-Ausztráliában Illinawortina.

Rickardit, Cu_4Te_3 , tetragonális holéderes, $D_{4h}^7 - P4/nmm$. $a_0 = 3,98$, $c_0 = 6,12$ Å. Aprószemcsés halmaz. $K = 3$, $S = 7,6$. Opak. Friss felületen ibolyásvörös, később bornitszerű bevonódást nyer. Feltűnő a reflexiók színe (vöröses ibolya), igen erős és élénk (kanárisárga — telt barnásvörös) az anizotrópiája. — Átalakulási termék; más ércásványokból deszcendens úton keletkezik. Vulcan-Mine (Colorado, USA); Teiné (Hokkaido), Hinokizawa és Rendaizi (Sizuoka, Japán), Kalgoorlie (Ny-Ausztrália).

Weissit, Cu_2Te , álszabályos. Tömött szemcsés. Fehér, de erősen kékre futtatódik. Opak. Pleokroós és erősen anizotróp. Good Hope-Mine, Vulcan-Mine (Colorado, USA); Teiné (Hokkaido, Japán).

Valleriit, CuFeS_2 . Álhatszöges — rombos, $a_0 = 6,14$, $b_0 = 9,83$, $c_0 = 11,4$ Å, $Z = 2$. Apró, vékony tábláscskákból álló kristályai nagyon ritkák. Főképpen mikroszkopikus szételgyedési termék pirrotinban, kalkopiritben. Hasadása és translációja (001) sz. kitűnő. $K = 1$, a papíron nyomot hagy. Opak, fémes fényű, sárgás bronzszínű. Ércm, krémfehér és feltűnően erős a bireflexiója s anizotrópiája is. Cu—Fe-szulfidok 250 C° feletti szételgyedési terméke. Ez esetben földtani hőmérőül szolgál. Eredeti lelőhelye Kaveltorp (Svédorsz.). Azóta többszáz ércparagenezisben észlelték. A szerk. váltakozva (Mg-, Fe-)hidroxiddal épül össze!

Covellin rézindigó, CuS . Összetételében Cu^+ -ionoknak is kell lenniök. Vagyis rácsában részben Cu^+ , részben Cu^{2+} -ionok szerepelnek. Típusos rétegrács. *Krist.* Hexagonális holoéderes. $D_{6h}^4 - P6/mmc$. $a_0 = 3,76$, $c_0 = 16,26$ Å. $Z = 2$. Önálló kristályokban ritka, akkor is vékony hatszöges tábláscská és a (0001), (1010), esetleg (1011) kombinációjából állnak (402. ábra). Túlnyomóan vaskosan, lemezes halmazokban, szemcsés vagy pátos jelleggel, néha finom bevonat, lisztszerű behintés alakjában mutatkozik. Rétegrácsos szerkezetéből eredően hasadása (0001) sz. tökéletes, vékony lemezei hajlíthatók. $K = 1,5-2$, $S = 4,68$. Félig fémes fényű, színe sötét indigókék. Igen vékony lemezkéi zöld színben áttetszők.



402. ábra. Covellin

Ércm. Sajátos viselkedésű; reflexiók diszperziója rendkívül erős. Pl. az ordináris sugár törésmutatója 635 μ hullámhosszúságnál $\omega = 1,00$, 505 μ -nál $\omega = 1,97$. Minthogy a reflexióképesség a hullámhosszal erősen változó törésmutatótól és az abszorpciós koefficienstől függ, bireflexiója is feltűnően erős és színes (tintakék — szürkésfehér). +N közt ragyogó narancssárga, rézvörös. — Erős diszperziója szabad szemmel is észlelhető: vízzel nedvesítve ibolyáskék, nagyobb fénytörésű olajban rubinvörös v. skarlátvörös színűvé válik. — Karca fekete. Könnyen megolvad, kékes lánggal ég, szénen színrézzé redukálható.

Képz., lelőhely. A covellin a réz-szulfidok mállásának gyakori terméke. Az oxidációs zónában a kezdődő átalakulást jelzi, és a cementációs zónának is jellemző

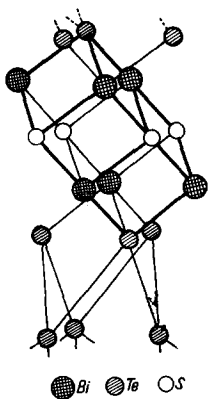
ásványa. Főképpen kalkopiritből, bornitból, kalkozinból alakul át. Általában nem nagy mennyiségben keletkezik, és csaknem minden rézérctelepen megjelenik. Felszálló hidrotermákból történt elsődleges kialakulása igen ritka (Butte Montana, USA), és akkor is réz-szulfidok szételegyedési terméke. Másodlagos képződéssel: Rudabánya (Borsod m.), Recsk (Mátra hegység), Bor (Jugoszlávia) Leogang (Salzburg, Ausztria) említhetők a közelebbi lelőhelyek közül.

Klockmannit, CuSe. Az elemzések szerint kevés Ag-öt tartalmazhat. A covellinnel izomorf. $a_0 = 3,94$, $c_0 = 17,25$ Å. $Z = 6$. Sötét palakék—kékfekete pikkelykék. Frissen fémfényű. Hasadás (0001) sz. kitűnő. A ritka szelénérc-lelőhelyeken, pl. Sierra de Umango (Argentina) Saskatchewan és Ontariótartományokban (Kanada) kisebb mennyiségekben találják.

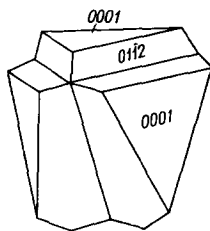
b) csoport

Tetradimit-rácsú vegyületek

Tetradimit, $\text{Bi}_2\text{Te}_2\text{S}$. *Krist.* Ditrigonális szkalenoéderez. Rácsa romboéderez rétegszerkezet (403. ábra). Az atomsíkok egymásutánja: —Te—Te—Bi—S—Bi—Te—Te—. Térscs. D_{3d}^6 — $R\bar{3}m$. $a_r = 10,33$ Å. $\alpha_r = 24^\circ 10'$. $Z = 1$. Szerkezete rokon az antimonit, illetőleg a bizmutin típusú ráccsal úgy, hogy a tellúrhelyeknek teljesen S-atomokkal való betöltésekor ($\text{Bi}_2\text{S}_2\text{S} = \text{Bi}_2\text{S}_3$) a rétegek kettős láncú szalagokká szakadnak fel. — Kristályain a (0001) bázis, valamint a (0112) és (1011) romboéderek a leggyakoribbak. Ikrek (0112) sz. 4 tagból álló ciklikus összenövéssek (404. ábra). Többnyire csak leveles-szemcsés halmazok. A (0001)-gyel párhuzamos rétegeség szerint kitűnően hasad, lemezei lágys, hajlíthatók. $K = 1,5$ —2, papíron nyomot hagy. $S = 7,2$ —7,6. Fémfényű, fehéres acélszürke, bágyadt feketére futtatódik. Opak.



403. ábra.
Részlet a tetradimit-
szerkezetből



404. ábra.
Négyes
tetradimit-iker

Ércm. kissé sárgás árnyalatú fehér, erős reflexióképesség, gyenge pleokroizmus és jelentős anizotropia jellemzi. — Szélen hevítve megolvad, fehéren füstöl, majd elillan. A lángot zöldre festi, TeO_2 és Bi_2O_3 -verődék képződik.

Képz., lelőhely. Kisebb mennyiségben eléggé elterjedt ásvány a közepes hőmérsékletű hidrotermás arany—kvarc-telésekben, valamint metasoma-

tikusan Bi-ércekkel. Szubvulkáni szulfidos nemesfémtelekben főleg más telluridokkal társulva található. A Börzsöny-hegység szulfidos érceiben; Zsubkón Banska Štiavnica (Selmechánya) mellett, Băițan (Rézbánya, Biharhgs. Románia), kontakt szulfidokkal Ciclován (Csiklován) és Oravițan (Oravicán), a Bánságban (Románia), továbbá Skandinávia, Ausztrália több bányahelyén.

Bizmuttellurid, Bi_2Te_3 . Intermetallikus vegyület. *Krist.* Ditrigonális szkalenoéderes, $D_{3d}^5 - R\bar{3}m$. $a_r = 10,53 \text{ \AA}$, $\alpha = 24^\circ 02'$. Teljesen hasonló a nála gyakoribb tetradimithez. Kristályosan ritka, sokkal inkább szabálytalan határvonalú lemezekben, leveles halmazokban képződik. Hasadás (0001) sz. kitűnő, lemezei hajlíthatók. Fémes, tompa ólomszürke, opak. A tetradimittől határozottan megkülönböztetni csak ércmikroszkópban lehet. Hazai hidrotermás ércesedésekben Nagybörzsönyből ismeretes. Parányi szemecskék kerültek elő a mátrai Nyirjesen kvarcitos telérkibúvásokban. Külföldi lelőhelyeinek száma rendkívül nagy.

Csiklovaít, Bi_2TeS_2 , kénben gazdagabb Bi-tellurid, izomorf a tetradimittel. Hazai kutató (SZTRÓKAY K.) Nagybörzsönyből származó Bi-telluridos ércmintában ismerte fel, ezt követően KOCH S. és GRASSELY GY. a bánsági Ciclova (Csiklova, Románia) ércéből írta le. (Nagy B. szerint (1984) a tellurid fázis kérdéses.)

Hedleyit, Bi_7Te_3 , a jelentős Bi-felesleg miatt formulája többféle alakban írható. Romboéderes; rétegrácsú, hasadása a (0001) sz. kitűnő, lemeze hajlítható. $K = 2$, $S = 8,4-8,9$. Ónfehér, fémfényű.

Grünlingit, Bi_4TeS_3 . Szintén romboéderes, rétegrácsos ásvány. $K = 2$, $S = 8,0$. Színe ezüstfehértől szürkésfehérig változó, erősen fémes. — Egészen hasonló a *joseit*, $\text{Bi}_4\text{Te}_2\text{S}$ és az *oruetit*, Bi_8TeS_4 is.

Wehrlit. A múlt század első felében Nagybörzsöny teléreiből kikerült bizmuttellurid. Sokáig homogén ásványnak tekintették, de az ércmikroszkópos vizsgálat kiderítette, hogy több Bi-tellurid és bizmutin (Bi_2S_3), továbbá termésbizmut, kevés hessit (Ag_2Te) együtteséből áll. Újabb vizsgálatok (NAGY B.) nyomán a BiTe fázis kapta a *wehrlit* (pilsenit, tsumoit) nevet.

Paraguanajuatit, $\text{Bi}_2(\text{Se,S})_3$, romboéderes rétegrácsú, izomorf a tetradimittel. $a_0 = 4,08$, $c_0 = 54,7 \text{ \AA}$. $K = 2,5$, $S = 6,5-7$. Hasadás: (0001). Opak. Sárgásfehér, fémfényű, felületén ólomszürke bevonat képződik. Ritka ásvány. Guanajuato (Mexikó); Falun (Svédorsz.).

3. FŐCSOPORT

LÁNC ALAKÚ (SZALAGRÁCSOS) SZULFIDSZERKEZETEK

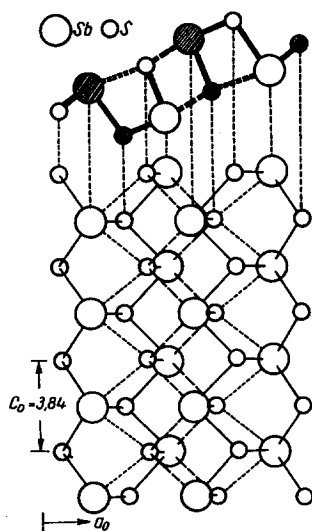
a) csoport

Antimonit és rokonsága

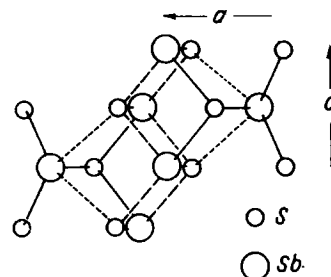
Név	Összetétel	Krist. oszt.
Antimonit	Sb_2S_3	} rombos dipiramisos
Bizmutin	Bi_2S_3	
Guanajuatit	$Bi_2(S,Se)_3$	

Antimonit (*stibnit*), Sb_2S_3 . Összetételében kevés As, továbbá Ag és Au is megállapítható, de nemesfémek nem szerkezetileg, hanem zárvány-, illetőleg mechanikai társulásként szerepelnek az ásványban.

Krist. Rombos holoéderes. A rács $\infty (Sb_4S_6)$ kettős láncokból épül fel. A láncon belül minden Sb-atomnak 3 kén szomszédja van, melyek egy oldalon háromszögben rendeződnek. Az SbS_3 -csoportok váltakozó összeilleszkedéséből sajátos elrendeződésű (Sb_4S_6) szalagszerkezet áll elő. A szalagok hossziránya a *c*-tengellyel



405. ábra. Antimonit. A kettős láncokból álló szalag (010) szerinti vetülete. Felső rész: ugyanaz a *c*-tengely felőli vetületben



406. ábra. Kiemelt részlet az antimonitrácsból. Az (Sb_4S_6) kettős lánc kapcsolódása

egyező; a szalagok szélesebb oldala közelítőleg a (010) síkoknak felel meg (405–406. ábra). Tércs. $D_{2h}^{18}-Pbnm$. $a_0 = 11,22$, $b_0 = 11,30$, $c_0 = 3,84$ Å. $Z = 4$. — Kristályai formákban gazdagok. Hosszú oszlopos, tús, szálas kifejlő-

dés jellemző (407. ábra). Leggyakoribb forma az (110), melyen hosszanti rostozás igen általános jelenség. Sokszor a lezáró piramisos formák hiányoznak. Fennőtt sugaras kristálycsoportok, nyalábok vagy vaskos tömött tömegek. A szerkezetből eredően hasadása (010) sz. kitűnő, (100) és (110) sz. tökéletlen. Könnyű translációja ugyancsak a (010) sík szerint, a c -tengely irányában (a szalagszerkezet mentén) jön létre. Ezért kristályai gyakran görbültek, hullámosak, vékony lemezei hajlíthatók. $K = 2$, $S = 4,65$. Fémfényű, sötét ólomszürke gyengén zöldes árnyalattal. Felülete hamarosan fénytelenre, feketére vagy tarkára futtatódik. Opak, de vékony lemezei szélső vörös színben kissé átvilágíthatók.

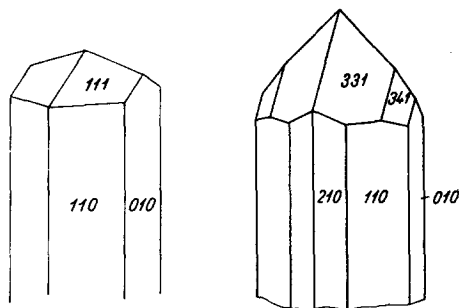
Ércm. Egyike a legjobban tanulmányozott ércásványoknak. Optikai állandói: Na-fényben $n_a = 3,41$, $n_\beta = 4,37$, $n_\gamma = 5,12$. $\kappa_a = 0,212$, $\kappa_\beta = 0,187$, $\kappa_\gamma = 0,124$. Reflexióképessége közepesen erős ($\sim 40\%$), hasonló a galenitéhez, de olajimmerzióban jelentősen lecsökken. Reflexiószíne szürkésfehér. Reflexiószíne pleokroizmusra igen jól észlelhető, anizotrópiája feltűnő és élénk színű. + N-ok között párhuzamos állásban teljes kioltása van. Mikroszkópi képen lemezes ikeralkotás és translációs jelenségek gyakoriak.

Karca sötét ólomszürke, eldörzsölve sötétvörös. Olv. p. 550° , gyertyalángban is megolvad, s a lángot zöldeskékre színezi. Szépen hófehér verődék támad. HCl-ban oldódik, KOH megtámadja, illetőleg kissé oldja. Málláskor sárga színű antimonokkerré (l. ott) oxidálódik. Az antimon leglényegesebb ásványa.

Képz., lelőhely. Jellegetesen hidrotermás ásvány. Gazdagabb kiválása az ercesedés későbbi, kisebb hőmérsékletű szakaszához tartozik. Keletkezik még ma is működő hidrotermák termékeként, amikor cinnabarit, Hg-fakóérc, markazit kíséri. Kis hőmérsékletű kiválása alkáli-karbonátokban és alkáli-hidroxidokban való oldékonyságából ered. Ha pirit, arzenopirit, berthierit, arany a fontosabb kísérője, akkor némileg nagyobb hőfokú kiválás terméke.

1. Önálló antimonittelérekben kevés arannyal: Čučma (Csucsom), Zlatá Idka (Aranyidka), Poproc (Jászómindzent) és Helcmanovce (Szlovák Érchg.): nagyrészt porfiroidokban, gyűrt palás kőzetekben. Pezinok, Pernek: gránitgneiszben kvarccal (Kis-Kárpátok, Csehszlovákia); Schlaining (Szalónak, Burgenland, Ausztria) és a Kőszegi-hegység grafitos paláiban.

2. A fiatal arany—ezüst-formáció teléreiben mint kísérőásvány szép, fennőtt kristályokban: a Gutin-hegységi Baia Sprien (Felsőbányán) barittal, Herján (Herzsán) és Baia Maren (Nagybánya-Kereszthegyen, Románia); Baska Štiavnicán és Kremnicán (Selmec-, ill. Körmöcbánya, Csehszlovákia). — Másutt



407. ábra. Antimonit

önálló, tömeges telérkitöltés: Freiberg (Szászorsz., Németorsz.), Wolfsberg (Harzhegys., Németorsz.). A lelőhelyek száma rendkívül nagy. Óriási kristályairól híres Shikoku-sziget (Japán). Nagy tömegek vannak Kínában Hunan- és Kuangtung-tartományok területén. — Egészen fiatal képződés ismeretes a toscanai Pereta mellett (Olaszorsz.).

Alk. Az antimon fontos ötvözőfém: csapágyötvözethez, keményólom (sörét, betűfém) készítéséhez, akkumulátor-ólomötvözethez, továbbá zománcfélék, festékek készítéséhez, gumigyártáshoz stb. alkalmazzák.

Bizmutin, Bi_2S_3 . Néha a S-t több-kevesebb Se helyettesíti. Antimonittal elegykristály lehetséges (*horobetsuit*), de nagyon ritka. *Krist.* Rombos dipiramisos. Szerkezete az antimonitével egyező. $a_0 = 11,15$, $b_0 = 11,29$, $c_0 = 3,98$ Å. Kristályai ugyancsak e szerkezetnek megfelelően nyúlt oszlopos, tűs, sugaras kifejlődésűek. Piramis alakok legtöbbször hiányoznak. Tömött-vaskos halmozokban is az antimonithoz hasonló, de fénye erősebb és színe világosabb. Hasadás (010) sz. igen jó. Lágú, $K = 2-2,5$, $S = 6,45$. Fémcs, ónfehér—világos ólomszürke, levegőn sárgásra futtatódik. Opak.

Ércm. Reflexióképessége kissé nagyobb az antimoniténál, ($\sim 48,5\%$), reflexió színe fehér, pleokroizmusa jól kivehető, de gyengébb az antimoniténál; anizotrop színhatása szintén erős, de kevésbé élénk, kioltása egyenes. — Karca szürke. Gyertyalángban könnyen megolvad; verődéke sárga; Bi-szemmé redukálható. HNO_3 oldja, az oldatot vízzel hígítva hidrolízis következtében fehér zavarosodás észlelhető.

Képz., lelőhely. Viszonylag nem gyakori ásvány. Nagyobb hőmérsékletű képződésekben, főleg pneumatolitos, kontaktpneumatolitos kiválásokban otthonos. Hidrotermás kialakulásban inkább a Ni—Co—Ag-formáció ásványtársulásához tartozik. Băița (Rézbánya, Bihar-hg.) és a bánáti (Románia) kontakt feltárásokban: Oravița (Oravica), Ocna de Fer (Vaskő), Dognacea (Dognácska). Az Érchegeység (Németorsz., ill. Csehszl.) pneumatolitos paragenezisében, a bolíviai oxidos-szulfidos ónérclepekben. Mikroszkopikusan a börszönyi Bi-telluridok közt is megjelenik (l. előbb: wehrlit).

A bizmutin a fémbizmuttermelésnek fontos ásványa. Elsősorban ötvözőfém, könnyen olvadó ötvözetek összetevője, nagy fénytörésű optikai üvegek, vegyi készítmények, a gyógyászatban röntgenátvilágításhoz kontrasztanyagok készülnek belőle.

Guanajuatit, *frenzelit*, $\text{Bi}_2(\text{S},\text{Se})_3$. Szerkezete azonos az antimonitével. Rombos dipiramisos. $a_0 = 11,37$, $b_0 = 11,50$, $c_0 = 4,05$ Å. Kristályai tűsek, hosszirányban rostozottak, de szemcsés, lemezes, rostos formában gyakoribb. Hasadása (010) sz. igen jó, (001) sz. kevésbé. $K = 2,5-3,5$. $S = 6,2-6,69$. Olv. p. 690°C . Fémfényű, kékeszürke. Opak. Erősen anizotrop. — A vegyület dimorf: másik alakja (*paraguanajuatit*) romboéderes és rácsa a tetradimittel (l. ott) rokon. — Guanajuato (Mexikó); Andreasberg (Harz-hegys., Németorsz.) Falun (Svédorsz.).

b) csoport

**Összetett szulfidok („szulfosók”) nagyrészt
láncszerű szerkezettel**

Szerkezetük egyrészt antimonitszerű lánckötésből, másrészt a galenit vagy hozzá hasonló térhálós szulfidrács egybeépüléséből áll. Általános képlet: $n \cdot R^{(III)}S_3 + m \cdot R^{(I-II)}S$, melyben $R^{(III)} = Sb, As, Bi$ és $R^{(I-II)} = Pb, Ag, Cu$ (Fe, Sn). A két szerkezeti elem különféle arányából számos és változatos összetételű komplex szulfid (régi néven szulfosó) áll elő. Kevés kivétellel rombos vagy monoklin rendszerűek. Többnyire oszlopos-tűs, szálas megjelenésük van. Színük és reflexiójuk az összetevő szulfidokéhoz hasonló, keménységük csekély (2—3), legalább egy irányban jól hasadnak, sűrűségük az Pb (Ag, Cu)-tartalommal növekszik. Nagyobb tömegben sohasem képződnek, inkább ritkaságok. Lényeges a szerepük a genetikai vizsgálatokban, mert jelenlétük elősegítheti az ércképződés bizonyos szakaszainak elkülönítését. A csoport több tagját magyar kutatók fedezték fel.

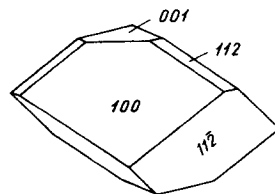
α) KÉTKOMPONENSŰ ÖSSZETETT SZULFIDOK

I. sorozat

„Ólom—antimon-szulfosók” ($x PbS + y Sb_2S_3$)

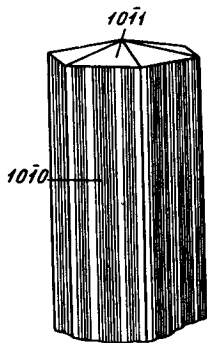
Név	Összetétel	Krist. oszt.
Fülöppit	3 PbS · 4 Sb ₂ S ₃	monoklin prizmás
Zinckenit	PbS · Sb ₂ S ₃	rombos álhexas.
Robinsonit	7 PbS · 6 Sb ₂ S ₃	triklin
Plagonit	5 PbS · 4 Sb ₂ S ₃	monoklin prizmás
Heteromorfit	11 PbS · 6 Sb ₂ S ₃	monoklin
Jamesonit	4 PbS · FeS · 3 Sb ₂ S ₃	monoklin prizmás
Semseyit	9 PbS · 4 Sb ₂ S ₃	monoklin prizmás
Boulangerit	5 PbS · 2 Sb ₂ S ₃	monoklin álrhombo
Meneghinit	4 PbS · Sb ₂ S ₃	rombos dipiramisos

Fülöppit, 3 PbS · 4 Sb₂S₃, monoklin, $C_{2h}^2 - C2/c$, $a_0 = 13,39$, $b_0 = 11,69$, $c_0 = 16,90$ Å. $\beta < 94^\circ 42'$. Romboéderszerű kristályai 1—2 mm hosszúak; néha görbült felületűek, de lencseszerű vagy zömök kristályokban is megjelenik (408. ábra). $K = 2,5$, rideg. $S = 5,2$. Élénk fémfényű, világos acélszürke, felszíne kékesre v. bronzsínre futtatódik. Opak. — Az ásványt magyar kutató, Koch S. ismerte fel és írta le Baia Mare (Nagybánya, Gutin-hg., Románia) hidrotermás érc teléréből.



408. ábra. Fülöppit

Zinckenit, $\text{PbS} \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3$, rombos dipiramisos, majdnem hexagonális; $a_0 = 44,14$, $c_0 = 8,62$ Å. Nyúlt prizmás, hosszanti (c) irányban rostozott kristályai legtöbbször ikrek (130) sz. (409. ábra). Hosszirányban jól hasad.



409. ábra. Zinckenit

$K = 3$. $S = 5,3$. Fémfényű, acélszürke, opak. A többi komplex szulfiddal, leginkább jamesonittal, boulangerrittel társul, s a hidrotermás Pb—Zn-érctelepek késői kiválási szakaszához tartozik. — Săcărâmb (Nagyág, Erdélyi Érchg., Románia), Wolfsberg (Harz-hegys., Németorsz.), Oruro (Bolívia), Dundas (Tasmania).

Robinsonit, $7 \text{PbS} \cdot 6 \text{Sb}_2\text{S}_3$, triklin, rácsa nem ismert. Kristályai nyújtottak, c -tengely szerint rostozottak. $K = 2,5$, $S = 5,3$, rideg. Fémés fényű, ólomszürke, erősen anizotrop, a boulangerrithez nagyon hasonlít. — „Red bird” higanybánya (Nevada, USA).

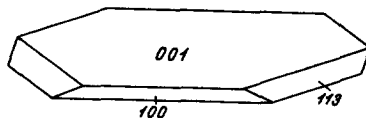
Plagonit, $5 \text{PbS} \cdot 4 \text{Sb}_2\text{S}_3$, monoklin prizmás. $a_0 = 13,4$, $b_0 = 11,9$, $c_0 = 19,77$ Å. $\beta \simeq 107^\circ 13'$. Vastag táblás, rövid prizmás kristályok vagy szemcsés-tömött halmazok. $K = 2,5$, $S = 5,5$. Feketés ólomszürke, fémfényű, de nem teljesen opak. Karca sötét vörösbarna. Anizotrop. — Kis mennyiségben elég gyakori, számos hidrotermás Pb—Zn-érctelepen megjelenik. Tömeges kifejlődésben nem ismeretes. Szép kristályok: Wolfsberg (Harz-hegys., Németorsz.), Boliden (Svédorsz.).

Heteromorfit, $11 \text{PbS} \cdot 6 \text{Sb}_2\text{S}_3$, monoklin, $a_0 = 11,95$, $b_0 = 8,33$, $c_0 = 14,21$ Å. $\beta \simeq 106^\circ 30'$. Piramis alakú, rostozott felületű kristályok. Hasadás (112) sz. jó, $K = 2,5$, $S = 5,73$. Vasfekete, fémés, opak. Ritkább komplex szulfid, a jamesonittal gyakran azonosnak gondolták. Arnsberg (Westfália, Németorsz.).

Jamesonit, $4 \text{PbS} \cdot \text{FeS} \cdot 3 \text{Sb}_2\text{S}_3$. Összetételére az állandó Fe-tartalom jellemző, s ezt legcélszerűbb a felírt alakban kifejezni. *Krist.* monoklin prizmás, $C_{2h}^5 - P2_1/a$. $a_0 = 15,71$, $b_0 = 19,05$, $c_0 = 4,04$ Å. $\beta \simeq 91^\circ 48'$. Szálas-tűs kristályai sugarasan vagy párhuzamosan, máskor tollszerűen csoportosulnak. Leginkább selymes fényű, finom szálas, tömött halmaz. Hasadása (001) sz. igen jó, a rostok hosszirányában is jó hasadása van. $K = 2-3$, $S = 5,6$. Élénk fémfényű, világosszürke kékes árnyalással, felszínén gyakran irizáló kékes bevonat keletkezik. — *Ércm.* fehér, igen enyhe zöld árnyalással, bireflexiója jelentős, anizotrópiája is erős és élénk. A kristálybelső szinte mindenkor ikerlemes. — Hidrotermás szulfidos érctelepeken gyakori ásvány. Banska Štiavnica (Selmecb.). Zlatá Idka (Aranyidka) és Příbram (Csehszl.); Baia Sprie (Gutin hegys., Románia); Bolívia; Mexikó; az USA-ban Idaho Utah, Colorado és Arkansas államokban.

Semseyit, $9 \text{PbS} \cdot 4 \text{Sb}_2\text{S}_3$, monoklin prizmás $C_{2h}^6 - C2/c$. $a_0 = 15,31$, $b_0 = 11,89$, $c_0 = 24,53$ Å. $\beta \simeq 105^\circ 45'$, $Z = 4$. *Krist.* Vékony táblás kristályai

(410. ábra) egyesén vagy élenálló rozettás csoportosulásban ülnek korábban kivált szulfidásványokon, máskor gömbszerű halmazok galeniten. Hasadás az (112) sz. igen jó; törékeny. $K = 2,5$, $S = 6,08$. Fémes fényű, feketésszürke, felszínén enyhe bevonódással. Karca teljesen fekete (ebben minden hasonló ásványtól különbözik). *Ércm.* Élénk fehér, enyhén zöldes; reflexióképessége a galenitéhez áll közel, gyengén pleokroós, de anizotrópiája jelentős. — Magyar kutató, KRENNER J. fedezte fel s írta le Felsőbányáról (Baia Sprie, Gutin-hg., Románia).



410. ábra. Semseyit

Felfedezése óta a Gutin-hegységi Kisbányán (Herja) és az erdélyi Rodnán, majd több más hidrotermás ércesedésben, így Wolfsbergen (Harz-hgys., Németorsz.), Eskdale-n (Skócia, Anglia), Oruro-n (Bolívia) is megtalálták.

Boulangerit, $5 \text{ PbS} \cdot 2 \text{ Sb}_2\text{S}_3$, monoklin prizmás, álrombos. *Krist.* tús, vékony kristályok, de sokkal inkább tömött-szálas, nemezszerű halmazban jelenik meg. Az egyes kristályok záróformái mindig hiányoznak, hosszirányban erős rostozás jellemző. Hasadás (100) sz.; rideg, de a túszerű kristályszálak hajlíthatók. $K = 2,5-3$. $S = 5,6$ és $6,5$ között változik. Fémfényű, tompa ólomszürke. Opak.

Hozzá minden sajátságban igen hasonló a *falkmanit*, $3 \text{ PbS} \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3$, mely a jelek szerint a boulangerithez elegyalakban is csatlakozik.

Sajátos alaki megnyilvánulást jelez a *plumozit* (= „tollérc”) elnevezés, mely finom, hosszú, hajszálvékony kristályok lazán összeilleszkedett halmazza. Összetétele szerint a heteromorfithoz és jamesonit-hoz, más esetben a boulangerithez áll közel.

Képz., lelőhely. A boulangerit csakis hidrotermás folyamat terméke. Legfőképpen a többi komplex szulfidhoz társul és az ércesedés utolsó fázisához tartozik. — Lelőhelyeinek száma igen nagy. A mátrai Gyöngyösoroszi érceiben mikroszkopikus mennyiség, Příbram (Csehszl.), ill. Čučma (Csucsom) és Zlatá Idka (Aranyidka, Szlovák Érchg.), Trepča (Jugoszl.), Wolfsberg (Harz-hg.) és az Eifel-hegys. (Németorsz.), Guerrouma (Algéria), Nyeracsinszk (Transzbajkália, SZU) és még számos más lelőhelyen néha nagyobb tömegben is megjelenik. Sokkal gyakoribb, mint korábban vélték. — A plumozitos változatokat a Gutin-hegységi (Románia) bányákban, főleg Herján (Herzsabánya) találják, de Baia Mare-n (Nagybánya) és Baia Sprie-n (Felsőbánya) is előkerül.

Meneghinit, $4 \text{ PbS} \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3$. Legtöbbször csekély Cu-et is tartalmaz. Rombos holoéderes. A *c*-tengely szerint oszlopos v. lécszerű kristályai hosszant rostozottak. Tömött-szálas tömegben gyakoribb. Hasadás (010) sz., törékeny, $K = 2,5$. $S = 6,4$. Csillogóan fémes, feketés ólomszürke. — Élénken anizotrop. Tömeges lelőhelye Bottino (Toscana, Olaszorsz.), Hällefors (Svédorsz.), Goldkronach (Fichtel-hgys., Németorsz.), Frontenac (Ontario, Kanada).

2. sorozat.

„Ólom—bizmut-szulfosók” ($x \text{PbS} + y \text{Bi}_2\text{S}_3$)

Név	Összetétel	Krist. oszt.
Galenobizmutit	$\text{PbS} \cdot \text{Bi}_2\text{S}_3$	rombos dipiramisos
Cannizarit	$\text{Pb}_3\text{Bi}_5\text{S}_{11}$	monoklin
Cosalit	$2 \text{PbS} \cdot \text{Bi}_2\text{S}_3$	rombos dipiramisos
Kobellit	$6 \text{PbS} \cdot 2 \text{Bi}_2\text{S}_3 \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3$	rombos dipiramisos

Galenobizmutit, $\text{PbS} \cdot \text{Bi}_2\text{S}_3$, rombos holoéderes, D_{2h}^{16} — $Pnam$. $a_0 = 11,75$, $b_0 = 14,50$, $c_0 = 4,08$ Å. Tűs, lécs alakú kristályok, (100) sz. rendkívül vékony lemezkék, legtöbbször sugaras illeszkedésben. Gyakrabban rostos, tömött halmaz. Hasadás (110) sz., lemezei lágyak, hajlíthatók. $K = 2,5$ — $3,5$. $S = 7,08$. Fémfényű, világosszürke—őnféher, felületét sárgás szintjatszó bevonat fedi. Opak. Erősen pleokroós és anizotrop. Svédországi lelőhelyek: Boliden, Kobánya (Nordmark, Värmland) és Gladhammar gyakori ásványa.

Cannizzarit, $\text{Pb}_3\text{Bi}_5\text{S}_{11}$ (?), monoklin prizmás, álrombos. $a_0 = 4,13$, $b_0 = 4,10$, $c_0 = 15,5$ Å. $\beta \neq 90^\circ 0'$. Korábban — a nagy hasonlóság folytán — a galenobizmutittal egyezőnek vélték. Önálló ásvány, de részletesebb vizsgálatra szorul. — Sugaras csoportok, részben 3-as ikerkristályok. Vulcano szigeten (Lipari-szig., Olaszorsz.) fumarolák 550 — 610 C°-on kivált terméke, leginkább vékonyszálas bizmutinnal együtt képződik.

Cosalit, $2 \text{PbS} \cdot \text{Bi}_2\text{S}_3$. Az elemzések szerint kevés Cu-, Ag-, néhány lelőhelyen 5 — 6% Se-tartalma lehet. *Krist.* Rombos dipiramisos, D_{2h}^{16} — $Pbnm$. $a_0 = 19,07$, $b_0 = 23,86$, $c_0 = 4,06$ Å. $Z = 8$. A c -tengely szerint nyúlt oszlopos, tűs csoportok, sugaras-rostos vagy szemcsés halmazok. $K = 2,5$ — 3 . $S = 6,75$. Ólomszürke—acélszürke, fémfényű. Opak. *Ércm.* krémfehér, pleokroizmusa erős, de gyengén anizotróp. — Széles hőmérsékleti határok közt keletkezik, kis mennyiségben eléggé elterjedt ércásvány, sokkal gyakoribb, mint korábban vélték. Kontakt-pneumatolitos eredetű Baița-n (Rézbányán, Bihar-hg., Románia), Ocna de Fer-en (Vaskő, Bánság, Románia). Szép kristályok: Bjelke (Svédorsz.). Katatermés: Cosala (Mexikó), Boliden (Svédorsz.). Mezo- v. epitermás eredetű: Cobalt (Ontario, Kanada), Comstock Lode (Nevada, USA). Az alpesi hasadékok szulfidparageneziseiben is eléggé gyakori. Kisebb mennyiségben Nagybörzsöny ércgyűjtésében is felismerhető volt.

Kobellit, $6 \text{PbS} \cdot 2 \text{Bi}_2\text{S}_3 \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3$, rombos holoéderes, D_{2h}^{16} — $Pnmm$. Sajátságai a cosalitéhoz hasonlóak. Sugaras, szemcsés halmaz. $K = 2,5$. $S = 6,3$. Acélszürke—ólomszürke, fémfényű. — Ritka komplex szulfid. Vena-bánya (Asker-sund, Svédorsz.); Silver Bell (Colorado, USA).

3. sorozat

„Ólom—arzén-szulfosók” ($x \text{ PbS} + y \text{ As}_2\text{S}_3$)

Név	Összetétel	Krist. oszt.
Sartorit	$\text{PbS} \cdot \text{As}_2\text{S}_3$	monoklin-álrombos
Baumhauerit	$3 \text{ PbS} \cdot 2 \text{ As}_2\text{S}_3$	triklin-álmonoklin
Liveingit	$4 \text{ PbS} \cdot 3 \text{ As}_2\text{S}_3$	monoklin-álrombos
Rathit	$3 \text{ PbS} \cdot 2 \text{ As}_2\text{S}_3$	rombos dipiramisos
Dufrenoyisit	$2 \text{ PbS} \cdot \text{As}_2\text{S}_3$	monoklin prizmás
Lengenbachit	$7 \text{ PbS} \cdot 2 \text{ As}_2\text{S}_3$	monoklin
Jordanit	$5 \text{ PbS} \cdot \text{As}_2\text{S}_3$	monoklin prizmás
Geokronit	$5 \text{ PbS} \cdot \text{AsSbS}_3$	monoklin prizmás
Gratonit	$9 \text{ PbS} \cdot 2 \text{ As}_2\text{S}_3$	trigonális piramisos

Sartorit, *szkleroklász*, $\text{PbS} \cdot \text{As}_2\text{S}_3$. Álrombos-monoklin, $a_0 = 58,38$, $b_0 = 7,79$, $c_0 = 83,30 \text{ \AA}$, $\beta \nless 90^\circ$, $Z = 240$. Prizmás termetű, szálasan rostozott kristályain a terminális formák legömbölyödöttek. Gyakori a kristályok szubparalel összenövése. Ikerkristály (100) sz. Hasadás (100) sz. jó, $K = 3$, nagyon törékeny. $S = 5,05$. Élénken fémes, sötét ólomszürke, karca csokoládébarna. Opak. — A svájci Binnental sajátos ásványtársulásának egyik jellegzetes tagja.

Baumhauerit, $3 \text{ PbS} \cdot 2 \text{ As}_2\text{S}_3$. Triklin, álmonoklin. $K = 3$. $S = 5$. Rövid prizmás, (100) sz. táblás kristályok. Ólom—acélszürke, fémes, karca vörösbarna. — Binnental (Svájc).

Liveingit, $4 \text{ PbS} \cdot 3 \text{ As}_2\text{S}_3$, monoklin-álrombos; $\beta \nless 89^\circ 54'$. Sötét acélszürke, nem teljesen opak. Karca barnászörös. Mikroszkópban nagyon hasonlít a baumhauerithez. — Binnental (Svájc).

Rathit, $3 \text{ PbS} \cdot 2 \text{ As}_2\text{S}_3$, rombos dipiramisos. Monoklin változata a *rathit-II.*, melyben azonban jóval több az As-tartalom. Rövid, rostozott prizmacskák, (010) sz. kitűnő hasadással. Ólomszürke, nem teljesen opak. Erősen pleokroós és anizotrop. — Binnental (Svájc).

Dufrenoyisit, $2 \text{ PbS} \cdot \text{As}_2\text{S}_3$, monoklin, $C_{2h}^3 - P2_1/m$, $\beta \nless 90^\circ 33'$. Az a -tengely szerint nyúlt prizmás, rostozott kristálykák. Hasadás (010) sz., törékeny, $K = 3$. $S = 5,5$. Acélszürke, fémes fényű, sötét vörösbarna színben kissé áttetsző. Erősen kettőtörő és anizotrop. — Binnental (Svájc); Hall (Tirol, Ausztria), Dundas (Tasmania).

Lengenbachit, $7 \text{ PbS} \cdot 2 \text{ As}_2\text{S}_3$. Monoklin, $\beta \nless 94^\circ 18'$. Vékony, ívelt-táblás kristálykák. Ikerkristály gyakori. Fekete, fémes fényű. Karca barnásfekete. Lengenbach-fejthely, Binnental (Svájc).

Jordanit, $5 \text{ PbS} \cdot \text{As}_2\text{S}_3$, monoklin prizmás, $C_{2h}^2 - P2_1/m$, $\beta \nless 117^\circ 50'$. A (010) sz. táblás, lapokban gazdag kristályok, gömbös-héjas tömött kérgék. Hasadás (010) sz., rideg. $K = 3$. $S = 6,4$. Ólomszürke, élénken fémfényű, teljesen opak. *Ércm.* tiszta fehér, gyengén pleokroós, de erősen élénk színekkel anizotrop. — Számos különböző geenezisben,

ércesedésben megjelenik: az alpesi Binnental paragenézisében, a japán epitermás Yunosava érceivel, ugyancsak epitermás, de Au-telluridos társulásban az erdélyi Săcărâmbon (Nagyágon, Erdélyi Érchg., Románia). Telemagmás Wiesloch-on (Baden, Németország), továbbá a Djebel Alouf-i ércesedésben Tunéziában.

Geokronit, $5 \text{ PbS} \cdot \text{AsSbS}_3$. Monoklin, $C_{2h}^2 - P2_1/m$, $a_0 = 9,0$, $b_0 = 31,9$, $c_0 = 8,5 \text{ \AA}$. $\beta \nlessdot 118^\circ 00'$. Szerkezete a jordanittal megegyező. Kristályosan ritka, inkább tömeges, szemcsés, földes. $K = 2,5$, $S = 6,4$. Ólomszürke—kékesszürke, élénken fémes. Opak. Ércm. tiszta fehér, pleokroizmusa gyenge, de feltűnő az anizotrópiája, amit az állandó ikerlemezesség is felfokoz. — Sokkal gyakoribb ásvány, mint vélték. Eredeti lelőhelye Sala (Falun) és Örebro (Svédország). A számos kata-hidrotermás lelőhelyek közül említhető: Val di Castello (Olaszország), Wiesloch (Baden, Németország), Tintic (Utah, USA), Pulacayo (Bolívia). — Mikroszkopikusan a cseh-szlovákiai Rožňava-Čučma-i (Rozsnyó-Csucsom, Szlovák Érchg.) antimonitos ércben is megfigyelhető volt.

Gratonit $9 \text{ PbS} \cdot 2 \text{ As}_2\text{S}_3$, trigonális piramisos, $C_{3v}^2 - R3m$. $a_0 = 17,73$, $c_0 = 7,85 \text{ \AA}$. Kristályalak zömök prizmás, uralkodó forma az (1120), a piramisok közül legfejlettebb a (0221). Tömeges, szemcsés kialakulásban gyakoribb. $K = 2,5$, $S = 6,2$. Sötét ólomszürke, fémes fényű, karca fekete. Opak. Gyengén anizotrop. — Nem gyakori ásvány. Wiesloch (Baden, Németország), Lengenbach (Binnental, Svájc), Cerro de Pasco (Peru).

4. sorozat

„Ezüst-szulfosók” $x \text{ Ag}_2\text{S} + y (\text{As}, \text{Sb}, \text{Bi})_2\text{S}_3$

Név	Összetétel	Krist. oszt.
Smithit	$\text{Ag}_2\text{S} \cdot \text{As}_2\text{S}_3$	monoklin prizmás
Pavonit	$\text{Ag}_2\text{S} \cdot 3 \text{ Bi}_2\text{S}_3$	monoklin
Bolivian	$\text{Ag}_2\text{S} \cdot 6 \text{ Sb}_2\text{S}_3$	rombos
Tapalpit	$3 \text{ Ag}_2\text{S} \cdot \text{Bi}_2(\text{S}, \text{Te})_3$?
Stefanit	$5 \text{ Ag}_2\text{S} \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3$	rombos piramisos
Pearceit	$8 (\text{Ag}, \text{Cu})_2\text{S} \cdot \text{As}_2\text{S}_3$	monoklin prizmás
Polibázit	$8 (\text{Ag}, \text{Cu})_2\text{S} \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3$	monoklin prizmás
Lorándit	$\text{Ti}_2\text{S} \cdot \text{As}_2\text{S}_3$	monoklin prizmás
Vrbait	$\text{Ti}_2\text{S} \cdot 2 \text{ As}_2\text{S}_3 \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3$	rombos dipiramisos
Livingstonit	$\text{HgS} \cdot 2 \text{ Sb}_2\text{S}_3$	triklin véglapos

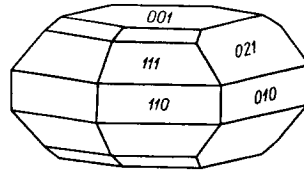
Smithit, $\text{Ag}_2\text{S} \cdot \text{As}_2\text{S}_3$. Monoklin prizmás $C_{2h}^2 - A2/a$, $\beta \nlessdot 101^\circ 12'$. Parányi táblás, lapokban gazdag kristályok. Hasadás (100) sz. $K = 1,5$, $S = 4,9$. Gyémántfényű, világosvörösén áttetsző. — Csak a svájci Binnental-ból ismert. Trigonális módosulat a *trechmannit*.

Pavonit, (*alaskait*), $\text{Ag}_2\text{S} \cdot 3 \text{ Bi}_2\text{S}_3$, monoklin. Tömeges-szemcsés, részben kissé lemezes. $K = 2$. $S = 6,8$. Világos ólomszürke, erősen fémes fényű, opak. Csakis a bolíviai Bi-telepekben (Porvenir Mine, Esmoraca, Cerro Bonete) található.

Bolivian, $\text{Ag}_2\text{S} \cdot 6 \text{Sb}_2\text{S}_3$, rombos. Bolíviai bányák: Tasna, Chorolque ritka ásványa; még részletesebb vizsgálatra szorul.

Tapalpit, $3 \text{Ag}_2\text{S} \cdot \text{Bi}_2(\text{S}, \text{Te})_3$. Kristályszimmetriája ismeretlen. Mikroszkópban inhomogénnek, illetőleg több összetevő együttesének látszik, melyek azonban nem a formula szerinti argentic- és tetradímittel egyezők. Nagyon ritka ásvány. Tapalpa (Mexikó).

Stefanit, $5 \text{Ag}_2\text{S} \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3$. *Krist.* Rombos piramisos. $C_{2v}^{19} - \text{Cmc}2$. $a_0 = 7,72$, $b_0 = 12,34$, $c_0 = 8,50$ Å. $Z = 4$. Egyike a legállandóbb vegyi összetételű komplex szulfidoknak. Jól fejlett, zömök oszlopos kristályai lapokban gazdagok. A termete néha (001) sz. táblás (411. ábra). A hemimorfia a prizmalapok ferde rostozásában is kifejezésre jut. Ikrék gyakoriak, főleg (110) sz., amikor a kristályoknak álhatszöges megjelenése van. Néha lemezes vagy mohaszerű laza kéreget alkot, sőt vaskos—tömeges. Hasad (010) sz. kevésbé jól. $K = 2-2,5$. $S = 6,25$, rideg („ridegezüstérc”). Fémfényű, ólomszürke—vasfekete. Felszíne bágyadt fekete, néha tarkára változik, opak. $n_p = 3,053$ (szélső vörös fényben).

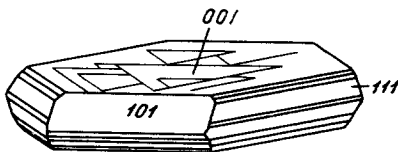


411. ábra. Stefanit

Ércm. fehéres szürke (\approx argentic), reflexiója közepesen erős, pleokroizmusa gyenge, anizotrópiája ellenben +N között jelentős és élénk színű. — Szélen pattogzik, szódával Ag-gömbbé redukálható, HNO_3 oldja. Karca fekete, fénylő.

Képz., lelőhely. A hidrotermás érctelepeknek főleg a felszínközeli telérekialakulásaiban otthonos, de nem hiányzik a mélyebb szintű, nagyobb hőmérsékletű ásványtársulásból sem. Helyenként fontos ezüstérc (Ag-tartalma 68,5%). Banska Štiavnicán (Selmecebányán), Kremnicán (Körmöcbányán, Csehszlovákia) és a környéki ércbányákban, a Gutin-hegység és Erdélyi Érc-hegység (Románia) bányahelyein gyakori ezüstásvány. Az Érc-hegységben (Németország és Csehszlovákia), Mexikó, Peru, Chile ezüstbányáiban és másutt is a paragenézisnek ismert tagja. A nevadai (USA) Comstock-telérben tömeges-vaskos kifejlődése vált nevezetessé.

Polibázit, $8 (\text{Ag}, \text{Cu})_2\text{S} \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3$ és **pearceit**, $8 (\text{Ag}, \text{Cu})_2\text{S} \cdot \text{As}_2\text{S}_3$. Monoklin prizmás, $C_{2h}^3 - C2/m$. Mindkét vegyületben az Ag-öt $\sim 1/3$ részben rézion helyettesítheti, és a két szélső tag között az izomorf elegyedés minden fokozata előáll. Kristályai (001) sz. táblások, álhatszöges lemezek, a bázislapon erős háromszög alakú rostozással (412. ábra). Hasadás (001) sz. tökéletlen. $K = 2-3$. $S = 6,2$.



412. ábra. Polibázit

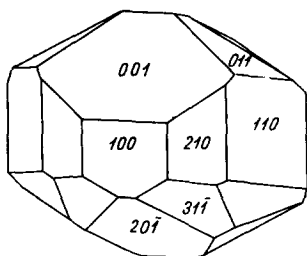
Kissé engedékeny. Fémfényű, vasfekete, nem teljesen opak. Vékony szilánkban a polibázit vörösen, a pearceit barna színben áttetsző. A réztartalom növekedésével kevésbé áttetsző. *Ércm.* tompa szürkésfehér, pleokroizmusa gyenge, anizotrópiája közepes. A belső

reflex sötét teltvörös. Az optikai sajátságok alapján nem lehet a két ásványt élesen megkülönböztetni.

Képz. Elégé elterjedt ezüstásvány. Nemesfemes hidrotermás érctelepeken akár hipogén (aszcondens), akár deszcendens képződésű lehet. A stefanit, pirargirit, ezüstkovandok, argentit, freibergit, diszkrazit társaság tagja. A galenitben zárvány és a galenit Ag-tartalmának hordozója. Említhető Banska Štiavnica (Csehszl.), Andreasberg Harz-hgys. és Freiberg (Szászorsz., Németország), Příbram (Csehszl.), számos mexikói bányahely (Zacatecas, Durango, Guanajuato, Sonora-tart.), Atacama (Chile), Silver King (Arizona), Tonopah és Comstock Lode (Nevada, USA).

*

Lorándit, $\text{Ti}_2\text{S} \cdot \text{As}_2\text{S}_3$, monoklin prizmás, $C_{2h}^5 - P2_1/a$. $a_0 = 15,05$, $b_0 = 11,33$, $c_0 = 6,11$ Å, $\beta \approx 127^\circ 45'$. Kristálya táblás vagy zömök oszlopos (413. ábra).



413. ábra. Lorándit

számos forma kombinációja. Hasadása (100) sz. kitűnő, (201) és (001) sz. kevésbé jó; (100) translációs sík. Hajlítható, engedékeny. $K = 2$. $S = 5,53$. Femes gyémántfényű, sötétvörös—karminvörös színben áttetsző. Igen erősen fénytörő, Li-fényben $n_\alpha > 2,72$, $n_\gamma \gg 2,72$. Karca cseresznyepiros. A lángot Ti-zöldre festi, elillan. — KRENNER J. fedezte fel a macedoniai Allcharról származó arzénásványokon és EÖTVÖS LORÁND-ról nevezte el. Később a wyomingi (USA) Ramble Mine ásványai (realgár, auripigment, barit, pirit) kíséretében is megtalálták.

Vrbait, $\text{Ti}_2\text{S} \cdot 2\text{As}_2\text{S}_3 \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3$, rombos dipiramisos, $D_{2h}^{18} - Cmca$. $a_0 = 13,38$, $b_0 = 23,37$, $c_0 = 11,25$ Å. Táblás vagy dipiramisos apró kristálykák. Hasadás (010) sz. $K = 3,5$, $S = 5,3$. Félig fémesen fénylő, kis kristálya és szilánkjá sötétvörösén áttetsző. Karca sárgászöld. Csizolatban kékesfehér és bőséges belső reflex mutatkozik. — Egyedüli lelőhelye Allchar (Macedonia, Jugoszlávia). Társásványok: realgár, auripigment, lorándit. Újabb formulája: $2\text{Ti}_2\text{S} \cdot 3\text{HgS} \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3 \cdot 4\text{As}_2\text{S}_3$.

Livingstonit, $\text{HgS} \cdot 2\text{Sb}_2\text{S}_3$. Triklin, $C_1^1 - P\bar{1}$. $a_0 = 7,67$, $b_0 = 10,84$, $c_0 = 4,00$ Å. Parányi kristályok, b -tengely szerint nyújtott-prizmás termettel, leginkább oszlopos-rostos halmaz. Hasadás (001) sz. tökéletes, (100) és (010) sz. kevésbé jó. Hajlítható. $K \sim 2$, $S = 4,88$. Gyémántfényű, félig fémes, feketésszürke. Karca vörös. Vékony lemezkéi vörösén áttetszők. Kettőtörése rendkívül erős. Csizolatban fehérén reflektál, erősen anizotrop, belső reflexe teltvörös. Ritka, sajátos ásvány mexikói érctelepeken: Huitzucu, Guerrero, San Luis Potosi; cinnabarit, antimonit, gipsz, kalcit, természetén a társulás tagjai.

5. sorozat.

„Réz—bizmut-szulfosók“ $x \text{Cu}_2\text{S} + y (\text{Bi}, \text{Sb})_2\text{S}_3$

Név	Összetétel	Krist. oszt.
Wolfsbergit	$\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3$	rombos dipiramisos
Emplektit	$\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{Bi}_2\text{S}_3$	rombos dipiramisos
Cuprobizmutit	$\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{Bi}_2\text{S}_3$	monoklin prizmás
Wittichenit	$3 \text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{Bi}_2\text{S}_3$	rombos diszfenoidos
Berthierit	$\text{FeS} \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3$	rombos dipiramisos

Wolfsbergit, *chalkostibit*, $\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3$. Rombos dipiramisos. $D_{2h}^{16} - Pnam$. $a_0 = 6,02$, $b_0 = 14,49$, $c_0 = 3,79$ Å. $Z = 2$. Vastag táblás kristályok vagy zömök oszlopok c -tengely szerinti rostozással. De vaskos-szemcsés tömegben gyakoribb. Hasadás (010) sz. Ikerkristály (104) sz., $K = 3-4$, rideg, törékeny, $S = 4,95$. Fémes fényű, ólomszürke-vasszürke, felületén kékes bevonat képződik. Opak. Ércm. fehér, gyengén rózsaszínű árnyalással, gyengén pleokroós, anizotrópiája élénk színű. — Optikai sajátságai a bournonitéhoz hasonlóak. — Hidrotermás érctelepek nem gyakori ásványa. Wolfsberg (Harz hg., Németorsz.), Rhar el Anz (Marokkó); Guadix és Guejar (a *guejarit*-változat lelőhelye, Granada, Spanyolorsz.), Tupiza és Torapalca (Bolivia).

Emplektit, $\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{Bi}_2\text{S}_3$, rombos dipiramisos, $D_{2h}^{16} - Pnam$. $a_0 = 6,13$, $b_0 = 14,54$, $c_0 = 3,90$ Å. $Z = 2$. — Izomorf a wolfsbergittel. A kristályok c szerint nyúlt vékony tűk vagy zömök prizmák hosszanti sűrű rostozással. Hasadás (010) sz. tökéletes, (001) sz. kevésbé kifejezett. $K = 2$, rideg, $S = 6,38$. Kissé sárgás ónféher, fémfényű, opak. Reflexiók színe világos sárgásfehér, gyengén pleokroós, de anizotrópiája jelentős. — Aránylag ritka ásvány, s csak kis mennyiségben képződik. Wittichen (Baden); Schneeberg és Johannegeorgenstadt (Szászorsz., Németorsz.), Esmoraca (Bolivia). — Baiján (Rézbánya, Bihar-hg., Erdély, Románia) a kontakt szkarnban szálas-szemcsés halmazok, a mátrai Recskén az enargitban elvéve mikroszkopikus kvévek, ecetszerű zárványok.

Cuprobizmutit, $\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{Bi}_2\text{S}_3$, monoklin prizmás. $C_{2h}^3 - C2/m$. $\beta \approx 100^\circ 30'$. Az emplektit dimorf társa. Tűs, nyújtott szálas kristályok. $S \sim 6,47$. Az emplektitnél nagyobb hőmérsékleten keletkezik. Mindössze egy lelőhelye ismeretes: Halls Valley (Colorado, USA).

Wittichenit, $3 \text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{Bi}_2\text{S}_3$, rombos diszfenoidos. $D_2^4 - P2_12_12_1$, $a_0 = 7,68$, $b_0 = 10,33$, $c_0 = 6,70$ Å. — Kristályok (001) sz. táblások, néha oszlopos csoportok, szemcsés halmazok, $K = 2-3$, $S = 4,4$. Fénye, színe fakóérchez hasonlít. Hasonlóak az ércmikroszkópos sajátságok is, bár enyhén anizotrop. Eredeti lelőhelye Wittichen (Baden, Németorsz.). Egyéb előfordulásainak száma nem nagy. Mansfeldi rézpala (Németorsz.), Tsumeb (DNY-Afrika, Dél-afrikai Unió). A *klaprothit*-ről, mely korábban $3 \text{Cu}_2\text{S} \cdot 2 \text{Bi}_2\text{S}_3$ összetétellel önálló ásványként szerepelt, kiderült, hogy emplektit és wittichenit együttese.

Berthierit, $\text{FeS} \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3 = \text{FeSb}_2\text{S}_4$, rombos dipiramisos. Szerkezete láncrács, melyben a c -tengellyel párhuzamosan sajátos üregek (csatornák) futnak

végig, ami rácsidegen alkatrészek felvételét engedi meg. Főleg tús-szálás kristálycsoportokban, néha szemcsés-vaskos halmazokban is található. Hosszanti irányban jól hasad. $K = 2-3$. $S = 4,64$. Fémcs fényű, sötét acélszürke. Opak. Felülete gyakran tarkára színeződik. Antimonittal és komplex Pb—Sb-szulfidokkal társul. Baia Sprie (Felsőbánya) és Herja (Herzsabánya) Gutin-hegység (Románia). Zlatá Idka (Aranyidka, Csehszlovákia).

β) TÖBB KOMPONENSŰ ÖSSZETETT SZULFIDOK

1. sorozat.

„Ólom—réz-szulfosók”

Név	Összetétel	Krist. oszt.
Seligmannit	2 PbS · Cu ₂ S · As ₂ S ₃	rombos piramisos
Bournonit	2 PbS · Cu ₂ S · Sb ₂ S ₃	rombos piramisos
Aikinit	2 PbS · Cu ₂ S · Bi ₂ S ₃	rombos dipiramisos
Hammarit	2 PbS · Cu ₂ S · 2 Bi ₂ S ₃	rombos (?)
Lindströmit	2 PbS · Cu ₂ S · 3 Bi ₂ S ₃	rombos
Gladit	2 PbS · Cu ₂ S · 5 Bi ₂ S ₃	rombos
Rézbányit	3 PbS · Cu ₂ S · 5 Bi ₂ S ₃	rombos

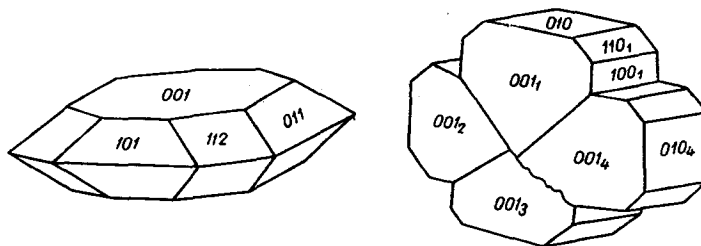
Seligmannit, 2 PbS · Cu₂S · As₂S₃, rombos hemimorf, C_{2v}^7-Pn2m , $a_0 = 8,08$, $b_0 = 8,75$, $c_0 = 7,65$ Å. $Z = 2$. Izomorf a bournonittal. Kristályosan nagyon ritka, főként rövid prizmák vagy (001) sz. táblás, lapokban gazdag kristályok. $K = 3$. $S = 5,5$. Szürkésfekete fémcs, karca is fekete. *Ércm.* Hasonlít a többi binnentali komplex arzén-szulfidhoz. Rózsásfehér, élénk anizotrópia és poliszintetikus parkettás ikerlemezrendszer látható rajta (ebben a bournonithoz hasonlít). Eredetileg csak a svájci Binnental paragenezisében szerepelt mint ritkaság. Később számos hidrotermás érc-társulásban is ismertté vált. A mátrai Recsken az Pb—Zn-paragenezist követő Cu—As-ércesedés sajátos reakcióterméke. Wiesloch (Baden, Németorsz.), Bingham (Maine, USA), Cerro de Pasco (Peru).

Bournonit, („kerékérc”), 2 PbS · Cu₂S · Sb₂S₃ = 2 PbCuSbS₃. Rombos hemimorf, C_{2v}^7-Pn2m . Álnégyszetes; $a_0 = 8,16$, $b_0 = 8,71$, $c_0 = 7,81$ Å. $Z = 2$. *Krist.* zömök oszlopos vagy táblás kristályai formákban gazdagok. A ($hk0$)-formák hosszirányban rovátkoltak. Majdnem mindig ikerkristály, ikertörvény (110), mely szerint ciklikus összenövésével a fogaskerékre emlékeztető kialakulás jön létre (414. ábra). Vaskos formában is gyakori. Hasadás (010) sz. nagyon tökéletlen. Rideg. $K = 2,5-3$, $S = 5,8$. Élénken fémcs, sötétszürke színébe szurokfényszerű árnyalás vegyül. Kissé a fakóérchez is hasonlít, bár annál világosabb.

Ércm. majdnem tiszta fehér, reflexióképessége közepesen erős. Pleokroizmus alig észlelhető, anizotrop színhatása is gyenge és fakó színű. Legjellemzőbb sajátossága az állandó ikerlemez felépítés, mely legtöbbször parkettaszerű

lemezrendszerként mutatkozik. — Szénen megolvad, szódával Cu-regulus nyerhető, HNO₃-ban oldódik, miközben kén és ólom-nitrát válik ki.

Képz., lelőhely. Közepes és kis hőmérsékletű hidrotermás Pb—Zn-érctelérek általánosan elterjedt ásványa. Leginkább galenithez és fakóérchez társul.



414. ábra. Bournonit

Mennyisége rendszerint csekély, bár helyenként nagyobb felszaporodásban is található, ilyenkor fontos Pb- és Cu-érc. A Kárpát-övezeti bányákban ércelegyrészként szinte mindenütt fellelhető. Szép kristályosan Baia Sprien (Felsőbánya) és Capnicon (Kapnikbánya, Gutin-hg.), továbbá Săcărâmbon (Nagyág, Erdélyi Érchg.) és Rodnán (Radnai hav., Románia). A lelőhelyek száma igen tekintélyes. Szép kristályok Altenberg (Érchg., Németorsz.), Příbram (Csehszlovákia), Brosso (Piemont, Olaszorsz.), Chorolque (Bolívia), Sonora (Mexikó).

Aikinit (*patrinit*), $2 \text{PbS} \cdot \text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{Bi}_2\text{S}_3 = 2 \text{PbCuBiS}_3$. Rombos dipiramisos, D_{2d}^{15} — $Pbnm$. $a_0 = 11,32$, $b_0 = 11,66$, $c_0 = 4,01$ Å. Nem izomorf a bournonittal, rácsa a bizmutinéhoz áll közel. Prizmás, túszerű kristályok, szemcsés halmazok. Hasadás (100) sz. nem jó, $K = 2-2,5$, $S = 7,1$. Ólomszürke, élénk fémfényű. Opak. — Reflexiók színe krémfehér. Jelentősen pleokroós és anizotrop. Ritka ásvány. Berezovszk (Ural, SZU), Gardette (Isére, Franciaorsz.), Dundas (Tasmania).

Hammarit, $2 \text{PbS} \cdot \text{Cu}_2\text{S} \cdot 2 \text{Bi}_2\text{S}_3$, rombos (?) rövid prizmás kristályok. Hasonlít az aikinithez. — Gladhammar (Kalmar tart., Svédorsz.).

Lindströmít és gladit, $2 \text{PbS} \cdot \text{Cu}_2\text{S} \cdot 3 \text{Bi}_2\text{S}_3$ és $2 \text{PbS} \cdot \text{Cu}_2\text{S} \cdot 5 \text{Bi}_2\text{S}_3$, rombos, egymáshoz nagyon hasonló, világos ólomszürke, fémfényű ásvány. Gladhammar (Kalmar tart., Svédorsz.).

Rézbányit, $3 \text{PbS} \cdot \text{Cu}_2\text{S} \cdot 5 \text{Bi}_2\text{S}_3 = \text{Cu}_2\text{Pb}_3\text{Bi}_{10}\text{S}_{19}$. Rombos. Prizmás, oszlopos vagy szemcsés. $K = 2,5$, $S = 6,2-7$ között változó. Világos ólomszürke, élénk fémfényű, opak. *Ércm.* egészen fehér, galenithez hasonló. Pleokroizmusa gyenge, anizotrópiája jelentősebb. Nevét Rézbányáról (Băița, Bihar-hg., Románia) nyerte, gyakran bizmutinnal bensőleg összenő. A bányai Ocna de Fer (Vaskő, Románia) szulfidásványaihoz is társul, Dobsináról (Szlovák Érchg.) szintén előkerült.

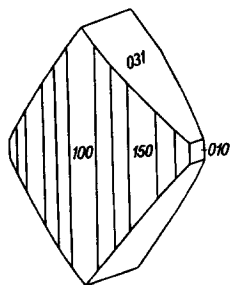
2. sorozat
„Ólom—ezüst-szulfosók”

Név	Összetétel	Krist. oszt.
Hutchinsonit	$(\text{Pb}, \text{Tl})\text{S} \cdot (\text{Ag}, \text{Cu})_2\text{S} \cdot 5 \text{As}_2\text{S}_3$	} rombos dipiramisos
Andorit	$2 \text{PbS} \cdot \text{Ag}_2\text{S} \cdot 3 \text{Sb}_2\text{S}_3$	
Ramdohrit	$3 \text{PbS} \cdot \text{Ag}_2\text{S} \cdot 3 \text{Sb}_2\text{S}_3$	
Fizélyit	$5 \text{PbS} \cdot \text{Ag}_2\text{S} \cdot 4 \text{Sb}_2\text{S}_3$	
Freieslebenit	$6 \text{PbS} \cdot 5 \text{Ag}_2\text{S} \cdot 5 \text{Sb}_2\text{S}_3$	monoklin, álrombos
Diaforit	$4 \text{PbS} \cdot 3 \text{Ag}_2\text{S} \cdot 3 \text{Sb}_2\text{S}_3$	rombos dipiramisos
Owyheeit	$5 \text{PbS} \cdot \text{Ag}_2\text{S} \cdot 3 \text{Sb}_2\text{S}_3$	rombos dipiramisos
Schirmerit	$\text{PbS} \cdot 2 \text{Ag}_2\text{S} \cdot 2 \text{Bi}_2\text{S}_3$	rombos (?)
Benjaminít	$2 \text{PbS} \cdot (\text{Ag}, \text{Cu})_2\text{S} \cdot 2 \text{Bi}_2\text{S}_3$	monoklin
Franckeit	$5 \text{PbS} \cdot 3 \text{SnS}_2 \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3$	álnégyszetes monoklin
Kylindrit	$6 \text{PbS} \cdot 6 \text{SnS}_2 \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3$?

Hutchinsonit, $(\text{Pb}, \text{Tl})\text{S} \cdot (\text{Ag}, \text{Cu})_2\text{S} \cdot 5 \text{As}_2\text{S}_3$, rombos holoéderes, D_{2h}^{15} —*Pbca*. — Prizmaformákban gazdag, oszlopos kristályok, sugaras csoportok. Hasadás (010). $S = 4,6$. Skarlátvörös, erős gyémántfényel. Karca cseresznyepiros. Mikroszkópban ikerlemezes és jelentősen anizotrop. A binnentali (Svájc) ércparagenezis tagja. Wiesloch (Baden, Németorsz.) hidrotermás Pb—Zn-érctelepében is megtalálható.

Andorit, ramdohrit, fizélyit. Szerkezetileg közeli rokon vegyületek. Ez a vegyi és szerkezeti adatokban is kifejezésre jut:

Andorit	Ramdohrit	Fizélyit
$\text{Pb}_2\text{Ag}_2\text{Sb}_6\text{S}_{12}$	$\text{Pb}_3\text{Ag}_2\text{Sb}_6\text{S}_{13}$	$\text{Pb}_5\text{Ag}_2\text{Sb}_8\text{S}_{18}$
D_{2h}^5 — <i>Pmma</i>	D_{2h}^5 — <i>Pbmm</i>	D_{2h}^{13} — <i>Pnmm</i>
$a_0 = 19,98 \text{ \AA}$	$12,99 \text{ \AA}$	$13,14 \text{ \AA}$
$b_0 = 19,15$	$19,21$	$19,23$
$c_0 = 12 \times 4,26$	$6 \times 4,29$	$2 \times 4,36$



415. ábra. Andorit

Alapszerkezetként az *andorit* vehető fel. Kristályai rövid-prizmásak, lapokban gazdagok, a hosszanti (c) irányban sűrűn vonalazottak (415. ábra). Az ásványt KRENNER J. fedezte fel a Baia Sprie-i (Felsőbánya, Gutin-hg., Románia) főtélér érceiben. — A *ramdohrit* középső tagja a morfotrop sorozatnak. Karcsú prizmás kristályai ugyancsak hosszirányban rostozottak. A *fizélyit* ezüstben a legszegényebb, ugyancsak prizmás terméte s néhány mm-es kristályait először szintén KRENNER J. ismertette Herja-ról (Herzsabánya, Gutin-

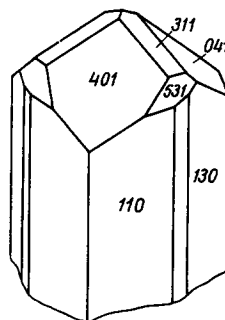
hgs., Románia). — Az ércásványok egyéb sajátságokban is nagyon hasonlóak. Hasadás (010) sz., törekenyek, ridegek. $K = 2,5-3$. $S = 5,4$. Az *andorit* csillogóan fémes fényű és sötét ólomszürke, a ramdohrit hasonlóképp, a fizélyit élénk fémfényű, világosabb ólomszürke.

Ércm. a három ásványt alig lehet megkülönböztetni. Színük tiszta fehér, pleokroizmus alig észrevehető, anizotrópia élénk. A kristályok belsejét finom fésűfogak módjára sorakozó, máskor sajátos láng vagy nyelv alakú ikerlemezek komplikált rendszere jellemzi.

Képz., lelőhely. Hidrotermás-szulfidos ércparagenezis ritkább ásványai. Az andoritot Felsőbányán kívül a bolíviai Oruro és Potosi bányáiban is (stannin és jamesonit kíséretében) megtalálták, sőt itt a telérek komoly mennyiséget tartalmaztak belőle. A ramdohrit eddig csak a bolíviai Chocaya bányából ismeretes. A fizélyitet pedig Herzsabánya után a Baia Mare (Nagybánya, Gutin-hg., Románia) melletti Kerésztheygy telérében is megtalálták.

Freieslebenit, $6 \text{PbS} \cdot 5 \text{Ag}_2\text{S} \cdot 5 \text{Sb}_2\text{S}_3 = 2 \text{Pb}_3\text{Ag}_5\text{Sb}_5\text{S}_{13}$. Kis mennyiségben Cu-et és Fe-at is tartalmaz. *Krist.* Monoklin pszeudorombos, $C_{2h}^5 - P2_1/n$. $a_0 = 7,55$, $b_0 = 12,82$, $c_0 = 5,89$ Å. $\beta \simeq 92^\circ 14'$. Kristályán a $(hk0)$ és $(0kl)$ prizmák uralkodnak. c -tengely szerint erős rostozás jellemzi. Iker (100) sz. gyakori. Hasadása rossz, igen rideg. Fémes fényű, világos acélszürke, hasonlít a galenithez, opak. Baia Sprien (Felsőbánya, Gutin-hegység) és Sácárámbon (Nagyág, Erdélyi Érchg., Románia), továbbá néhány más külföldi bányában is a késői hidrotermás kiválás terméke.

Diaforit, $4 \text{PbS} \cdot 3 \text{Ag}_2\text{S} \cdot 3 \text{Sb}_2\text{S}_3 = \text{Pb}_4\text{Ag}_6\text{Sb}_6\text{S}_{16}$. Rombos holoéderes. $D_{2h}^{21} - Cmma$. — Közel rokon a freieslebenittel. Rövidprizmás rombos kristálykái acélszürkék, fémes fényűek (416. ábra). Egyéb sajátságokban is hasonlít a freieslebenithez. Szép kristályok kerültek elő Freiberg (Szászorsz., Németorsz.), továbbá Příbram (Csehszlovákia) teléreiből; előfordul a Gutin-hegységi (Románia) Baia Sprie-n (Felsőbánya) is. Megtalálták még Mexikó és Dél-Amerika egyes bányáiban.



416. ábra. Diaforit

Owyhecit, $5 \text{PbS} \cdot \text{Ag}_2\text{S} \cdot 3 \text{Sb}_2\text{S}_3$. Rombos. Finom szemcsés, rostozásos felülettel. Nagyon rideg. $K = 2$. $S = 6,03$. Világos acélszürke, friss felülete ezüstfehér, fémfényű, opak. Kevésbé tanulmányozott komplex szulfid. Owyhee (Idaho, USA) bányából került elő. Néhány más hasonló ércesedésben is felismerték.

Schirmerit, $\text{PbS} \cdot 2 \text{Ag}_2\text{S} \cdot 2 \text{Bi}_2\text{S}_3$, rombos. Finom-szemcsés halmaz, $K = 2$. $S = 6,74$. Ólomszürke-vasfekete, fémes fényű. Szerkezetileg is kevésbé ismert szulfosó. Coloradoban (USA) egy-két lelőhelye (Treasury Lode, Lake City) ismeretes.

Benjamin, $2 \text{PbS} \cdot (\text{Ag,Cu})_2\text{S} \cdot 2 \text{Bi}_2\text{S}_3$. Monoklin, csakis szemcsés-vaskos alakban ismert. $K = 3,5$. $S = 6,3$. Fémes, szürke, felületén rézvörös futtatás képződik. Outlaw Mine (Nevada, USA).

*

Franckeit, $5 \text{ PbS} \cdot 3 \text{ SnS}_2 \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3$. Monoklin, $a_0 = 46,8$, $b_0 = 11,62$, $c_0 = 17,28 \text{ \AA}$, $\beta \approx 85^\circ 12'$. A (001) sz. táblás kristályai áltetragonálisak. Leginkább vaskos-leveles. Szerkezete a kyindrittel mutat rokonságot. Hasadás (001) sz. kitűnő, transláció folytán lemezei ívelték. $K = 1-2$, $S = 5,9$. Élénk fémfényű, feketésszürke, felületén színjátzó bevonat képződik. *Ércm.* szürkésfehér, gyengén pleokroós és gyengén anizotrop. — A bolíviai ónérctelepeken teallittal, kyindrittel és más szulfosztannáttal Oruro, Llallagua, Chorolque környékének bányáiban található, az ércesedés legfelsőbb szintjeiben jelentős ércásvány. Coal River (Yukon tart., Kanada) érceiben is megtalálták.

Kylindrit, $6 \text{ PbS} \cdot 6 \text{ SnS}_2 \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3 = \text{Pb}_6\text{Sn}_6\text{Sb}_2\text{S}_{15}$. Az elemzések kissé ingadozó, az óntartalom több is lehet. Kristályosan nem ismeretes. Hengeres (cilindrikus) vagy koncentrikus-héjas csoportok, halmazok. $K = 2,5-3$. $S = 5,4$. Élénken fémfényű, szürkésfehér (galenitszerű). Felszíne idővel bágyadt-fénytelenné változik. *Ércm.* élénk fehér, pleokroizmus a hengerek hossz- és harántiránya szerint jelentkezik. Jelentősen anizotrop. — Nagyobb nagyítással látható, hogy a hengerek egymásra boruló lemezei tűk, vékony szálak-rostok kötegeiből, s ezek ikérszerkezetű sorakozásából épül fel. — Értékes ónásvány: Sn-tartalma 25—26%. — Bolíviai szulfidos ónérctelepek jellemző ásványa, a franckeit—teallit—stannin—herzenbergit-együttes tagja.

C. ALOSZTÁLY

KETTŐS (S₂) KÉNC SOPORTÚ SZULFIDSZERKEZETEK

Fémekben szegény (R:S = 1:2) szulfidok, arzenidek. Kristályszerkezetük legjellemzőbb sajátága, hogy az anionhelyeket „súlyzó”-szerű S₂-csoportok töltik be. Kevés kivétellel mind kovandók, azaz világos színűek, sárgaréz-sárgák—őnfehérek, nagy (5—6) keménységűek és acéllal megütve szikráznak.

52. táblázat

*a) csoport. Pirit-rácsú vegyületek**α) sor. Szimmetria: szabályos diszdodekaédes*

Név	Összetétel	Tércs.	
Pirit	FeS ₂	} T _h ⁶ — Pa $\bar{3}$	
Cattierit	CoS ₂		
Vaesit	NiS ₂		
Bravoit	(Fe,Ni)S ₂		
Trogtalit	CoSe ₂		
Penroseit	(Ni,Cu,Co)Se ₂		
Laurit	RuS ₂		
Sperrylit	PtAs ₂		
Aurostibit	AuSb ₂		
Michenerit	PdBi ₂		
Hauerit	MnS ₂		
Kobaltin	CoAsS		} T _h ⁶ — Pa $\bar{3}$
Gersdorffit	NiAsS		

β) sor. Szimmetria: szabályos tetartoédes

Ullmanit	NiSbS	} T ⁴ — P2 ₁ 3
Willyamit	(Co,Ni)SbS	
Kallilit	Ni(Sb,Bi)S	

*b) csoport. Markazit-rácsú vegyületek**α) sor. Szimmetria: rombos dipiramisos*

Név	Összetétel	Tércs.
Markazit	FeS ₂	D _{2d} ¹² — Pmnn u. az vagy
Ferroselit	FeSe ₂	
Hastit	CoSe ₂	C _{2v} ¹⁰ — P2nn rombos dipiramisos

52. táblázat folytatása

Név	Összetétel	Tércs.
Frohbergit Safflorit Rammelsbergit	$\left. \begin{array}{l} \text{FeTe}_2 \\ \text{CoAs}_2 \\ \text{NiAs}_2 \end{array} \right\}$	$D_{2h}^{12} - Pmnn$
Löllingit Para-rammelsbergit	$\left. \begin{array}{l} \text{FeAs}_2 \\ \text{NiAs}_2 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} D_{2h}^{12} - Pmnn \\ C_{2v}^5 - Pca2_1 \end{array} \right\}$

β) sor. Szimmetria: rombos vagy monoklin

Arzenopirit	FeAsS	$\left. \begin{array}{l} C_3^2 - C2 \text{ vagy} \\ D_{2h}^{19} - Cmmm \\ D_{2h}^{19} - Cmmm \end{array} \right\}$
Glaukodot Gudmundit	$\left. \begin{array}{l} (\text{Co,Fe})\text{AsS} \\ \text{FeSbS} \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} D_{2h}^{19} - Cmmm \\ D_{2h}^{19} - Cmmm \end{array} \right\}$

c) Függelék. Skutterudit-rácsú vegyületek

Szimmetria: szabályos diszdodekaéderes

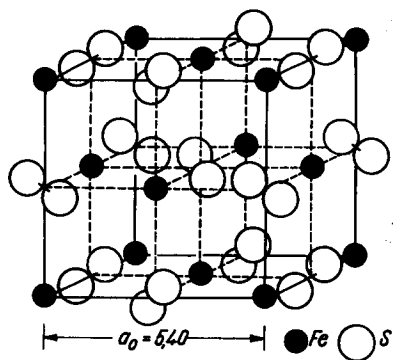
Név	Összetétel	Tércs.
Skutterudit Smaltin Kloantit Chathamit	$\left. \begin{array}{l} \text{CoAs}_3 \\ \text{CoAs}_{2-3} \\ \text{NiAs}_{2-3} \\ (\text{Fe,Co,Ni})\text{As}_{2-3} \end{array} \right\}$	$T_h^5 - Im\bar{3}$

a) csoport

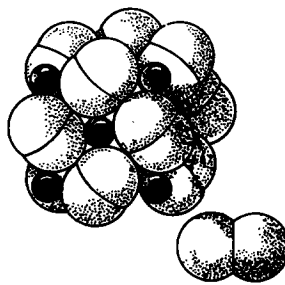
Pirit-rácsú vegyületek

A szerkezet leszármaztatható a galenit (kősó) rácsából úgy, hogy az Pb-atomok helyét Fe (vagy vele rokon fém) foglalja el, míg a kénatom helyére a kovalens kapcsolódású S_2 -csoport kerül. A lapon centrált szabályos elemi cellában tehát minden fél cellaél távolságra felváltva Fe- és S_2 -atomok helyezkednek. A kettős kénatomokból álló súlyzószerűen kapcsolt atomcsoportnak a kötővonala mindig egy kockaél-felezőpontot egy kockalap-középponttal összekötő egyenessel esik egybe (417. ábra). Különben csak a szemléletesség kedvéért szokás az S_2 -csoportot súlyzóhoz hasonlítani. Valójában az S—S atomtávolság csak 2,05 Å, ami az elektronegativitás homöopoláris összeszőződését és közeli, erős kapcsolatot jelent (418. ábra). Az ily módon felépített szerkezetből a galenit-rács összes tükörsíkjai eltűnnek, csupán csúszósíkok (transzlációs tükörsíkok) maradnak meg, melyek a cellaélek 1/4- és 3/4-ében $\frac{a_0}{2}$ periódussal működnek. Ezek jelentkeznek mint a külső alak főszimmetriasíkjai, s ezért van a holoéderes galenitrácsból levezethető piritnek csak paramorf szimmetriája.

Ez a szimmetria tovább csökken akkor, ha a „súlyzó” atomjai közül az egyik a S-től jelentősen eltérő jellemű elem (Sb), vagyis a csoport a poláris SbS-ből áll; ekkor az előbbi csúszósíkok is elmaradnak, s a szimmetria szabályos tetartoédesre apad.

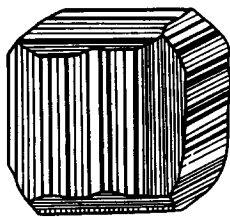


417. ábra.
Pirit-szerkezet

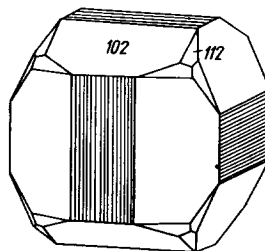


418. ábra. Atomok
illeszkedése a piritrácsban

Pirit, *vaskovand*, *kénkovand*, FeS_2 . A rokon elemek közül gyakran Ni-t, ritkábban és kisebb mennyiségben Co-ot tartalmaz. Nyomnyi mennyiségben egy sereg más fém is megtalálható benne: Cu, Zn, Ag, Au, Tl, As, Se, de ezek nagyrészt mechanikai társulásban (összenövés, zárvány formájában) szerepelnek az ásványban. Az As-t és Se-t leginkább a rácsba beépült alakban tartalmazza. A gélből kristályosodott piritfélékben gyakori a FeS-felesleg. *Krist.* Szabályos diszdodekaédes. $T_x^s - Pa\bar{3}$. $a_0 = 5,418 \text{ \AA}$. $Z = 4$. Kristályain leggyakoribb alak a kocka és a (210) indexű piritoéder (pentagondodekaéder). Gyakoribb formák még: az (111) oktaéder, (110) rombtizenkettős és a (321), (421) diszdodekaéderek (419–421. ábra). Jellemző a lapfelületek erős rostozottsága: a kockalapokat a (210) jellemző éleinek megfelelő sávok borítják (420. ábra), sávozás a piritoéderen néha a jellegző élre merőlegesen jelenik meg. A (210) és (111) forma egyenlő arányú kifejlődéséből sajátos közép-kristály, 20-lapú

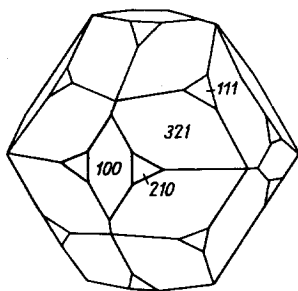


419. ábra. Pirit

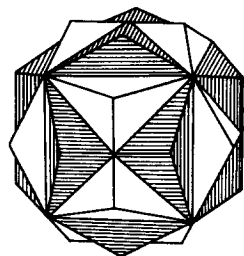


420. ábra. Pirit

kombináció, az „ikozaéder” áll elő. Ikertörvény az (110), mely szerint teljes átnövással az ún. „vaskereszt”-iker alakul ki (422. ábra). Tömeges-vaskos, szemcsés halmazokban, gumós-cseppköves képletekben is keletkezik, számos ásvány után pseudomorfózát alkot, szerves testeket ércesít. Kifejezett hasadása nincsen, egyes lelőhelyeken (100) sz. vagy (110) sz. elválás tapasztalható. Törése egyenetlen, esetenként kagylós. Rideg. $K = 6-6,5$. $S = 4,95-5,02$. Erősen fémfényű, színe fakósárga—aranyárga. Opak.



421. ábra.
Pirit



422. ábra.
Pirit vaskeresztiker

Ércm. Reflexióképessége erős: $R_{zöld}$ 54%, $R_{sárga}$ 53,5%, $R_{vörös}$ 52,5%, a termésmékekéhez áll közel. Reflexiószíne világossárga. Hibátlanul fényezett felület előállítása nem könnyű feladat, legtöbbször egyenetlen, lukacsos-gödrös, +N közt izotrop, de nem sötétedik el teljesen. Egyes As-tartalmú fajták kifejezetten anizotropok. Több kutató szerint anizotrópiája mindig van, csak nagyon gyenge, s ezt a hosszas fényesítéskor keletkező amorf réteg (Beilby-film) elfedi.

Karca szürkésfekete, acéllal megütve szikrázik. Paramágneses. — Szénen hevítve erős kén-dioxid-szag érezhető, majd mágneses gömb marad vissza. — HNO_3 és királyvíz oldja.

Levegőn nem állékony, könnyen elváltozik (oxidálódik): ferro-szulfát- (vasgálic-) és ferri-szulfát-oldat keletkezik, s ezekből hidrolízissel végtermékként limonit válik le.

Alkalmazás. Kéntartalma 53,4%. Belőle pörköléssel a kéntartalom jelentős része (minimálisan 27%) kinyerhető. A nagyüzemű kénsavgyártás és kéntermelés fontos nyersanyaga. Ha gazdagabb az Au-tartalma, mint aranyércet kohósítják. Ilyenkor Tl- vagy Se-tartalma is van, s ez az olvasztókamrákban gyűlik össze. A pörköléskor visszamaradó anyag a „piritpörk” ($Fe_2O_3 + FeS$), melyet festékekül, fényesítő anyagként s egyéb ipari célra használnak fel. Fémvas előállítására kevésbé alkalmas.

Képz., lelőhely. A pirit a leggyakoribb és legközönségesebb ércásvány. Kevés kivétellel minden magmás eredetű ércesedésben kisebb-nagyobb mennyiségben

megjelenik. Csak egyes pegmatitokból és kiömlött lávaközetekből hiányozhat egészen. A mélységi közetek korai kristályosodásában, a kontakt pneumatolitos szulfidos kialakulásokban is jelentős pirittömegek képződnek. Igazi elterjedése azonban a hidrotermás ércesedésben van, ennek minden mélységű és hőmérsékletű szakaszában otthonos, illetőleg sohasem hiányzik egészen.

Üledékekben a mikroorganizmusok közreműködésével képződő szulfidleválás legfontosabb ásványa. Különösen gyakori a kőszéntelepekben, de más üledékekben, pl. márgákban, agyagokban is jelentős mennyiségben szerepelhet.

Metamorf közetekben főleg akkor jelentékeny, ha az eredeti kőzet is szulfid-tartalmú volt.

A lelőhelyek száma rendkívül nagy. A Kárpát-övezetből megemlíthetők Smolnik (Szomolnok, Szlovák Érchg.). Kazanesd-Csungány. Hunedoara (Vajdahunyad), Balánbánya (Erdély, Románia) önálló hidrotermás pirittömegei. Európa legnagyobb pirittelpe Minas de Riotinto (Huelva-tartomány) Spanyolországban, mely 6—8% CuFeS₂-tartalma miatt értékes rézérc is. A fontosabbak közül megemlíthető még Szierty (Ural, SZU), Majdanpek (Jugoszlávia) és Sulitjelma (Norvégia).

Melnikovit vagy *gélpirit*. Kristályossá vált FeS₂-gél, igen finom szemcsés halmaz. Jelenleg is keletkezik hévforrásokban, mocsarakban, zárt tengerrészekben. Sajátos gömbös-vesés gélszerkezete van. $K =$ (a kristályosodás fokától függően) 3—6, ugyanúgy színe, fénye is változó. Fölös FeS-tartalma miatt levegőn könnyen elbomlik, szétesik.

Cattierit, CoS₂. Piritrácsa van. $a_0 = 5,52$ Å. Katangai ércekből (Kongó Közt.) került elő. Aprószemcsés bekérgezés. Főleg mikroszkópi sajátosságai ismertek. Reflexiók színe tiszta fehér, galenit mellett kissé sárga, pirit mellett kékeszürke árnyalata van. Teljesen izotrop, csiszolási keménysége valamivel meghaladja a szfaleritét.

Vaesit, NiS₂. A pirittel izomorf, $a_0 = 5,668$ Å. A bravoit-elegysor egyik szélső tagja. A jelek szerint a kloantit mállásakor keletkezik. Ércsiszolatban nem „kovand”-jellegű. Tompa szürke reflexiója fakóércre emlékeztet. — A szászországi Schneeberg kloantitos ércein, Tasmaniában és a katangai (Zaire Közt.) Shingolobwe-n került elő mint ritkaság.

Bravoit, *hengleinit*, *nikkelpirit* (Fe,Ni)S₂. A pirit (FeS₂) és vaesit (NiS₂) elegykristálya. Kevés Co-ot (cattieritet) is tartalmazhat. $a_0 = 5,41—5,67$ (az elegyarány szerint változik). $K = 6—3$, a nikkeltartalom növekedésével csökken. Fémes, a piritnél tompább fényű, színe barnássárga—ibolyásbarna. Felszínközeli képződmény, főleg a pentlandit, (Fe,Ni)S átalakulási terméke, esetleg más Ni-ércekből a cementációs zónában is keletkezik. Siegerland (Németorsz.); Sudbury (Kanada); Bushföld (Transvaal, Dél-afrikai Unió).

Trogtalit, CoSe₂. Szabályos, piritrácsú. $a_0 = 5,87$ Å. Rosszul fejlett izometrikus szemcsék. $K = 7$. Fémes, ibolyás rózsaszín. Izotrop, ibolyás színben erősen reflektál. — Se-tartalmú ércársulásban: Trogtal és Tilkerode (Harz hegys., Németorsz.).

Penroseit, *blockit*, NiSe₂. Összetételében állandó a Co- és jelentős a Cu-tartalom is; helyesebb elegykristálynak tekinteni és (Ni,Cu,Co)Se₂ alakban írni. Szabályos, piritrácsú. $a_0 = 6,03$ Å. — Gömbcikkelyhez hasonló, durván sugarasrostos halmaz, külsőleg a termés As-re emlékeztet. Síklapokkal határolt kristá-

lyos kifejlődésben is előfordul. Hasadás (100) sz. Szürkésfehér, fémes. Fénye az elegyarány szerint változik. $K = 2,5-4$. $S = 6,1$. *Ércm.* a reflexióképessége közepes, fehér, teljesen izotrop; kristályai majdnem mindig zónás felépítésűek. — Egyetlen lelőhelye ismeretes: Pacajake bánya Bolíviában. —

Laurit, RuS_2 . Kevés Os-ot is tartalmaz. Szabályos, piritrácús, $a_0 = 5,60$ Å. $K = 7-8$, nagyon rideg. $S = 7$. Erősen fémes fényű, vasketete. Kalimantan (Borneo szig.) platina-homokjában apró szemek, parányi oktaéderek. A dél-afrikai Bushföld ultrabázisos közepében természetplatínával társul.

Sperrylit, PtAs_2 . A Pt-át kevés ródium helyettesítheti benne. Szabályos diszododekaéderes, piritszerkezetű; $a_0 = 6,94$ Å. Figyelemreméltó, hogy a PtS_2 nem izomorf a szabályos FeS_2 -vel, sőt (a Pt és S nagy rádiuskülönbsége miatt) hexagonális (réteges) rácsa van. A PtAs_2 -ben már a piritstruktúra valósul meg. Különböző méretű kristályai lapokban gazdag kombinációk. $K = 6-7$, $S = 10,58$. Hasadás (100) sz. gyenge. Rideg. Fémfénye villogóan erős, ónfehér, karca fekete. *Ércm.* tiszta fehér; reflexiója erősebb minden szulfidos ércásványénál. Teljesen izotrop. — Folyósmagmás Ni-pirrhotin-telepek Pt-tartalma jelentős részben az érchez társult sperrylitből származik. Sudbury (Kanada); Bushföld (Transvaal, D-Afrika); Pecsenga (SZU). — Platinamosókba is bekerül; málláskor természetplatínává alakul.

Aurostibit, AuSb_2 , szabályos, piritrácús. $a_0 = 6,66$ Å. Finomszemű, tömött halmaz, $K = 3$, $S = 9,91$. Friss felülete galenitszerűen fehéres-szürke, felszíne hamarosan tarkán elszíneződik. Opak. HNO_3 -ban oldódik. — Közepes hőmérsékletű, Sb-ben gazdag aranyérctelérekben az Au és antimonit reakcióterméke. Ritkaság.

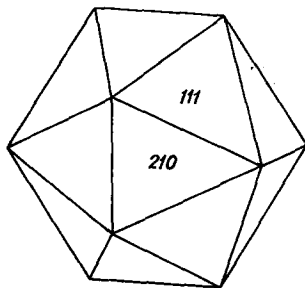
Michenerit, PdBi_2 , szabályos, piritrácús, $a_0 = 6,68$ Å. Szürkésfehér, fémes fényű. Opak. $K = 2,5$. $S \sim 9,5$. HNO_3 oldja. — Froid Mine (Sudbury, Kanada). — A vegyület dimorf, másik módosulata, a *froidit*, monoklin. Ritkább a micheneritnél, Froid Mine (Sudbury, Kanada).

Hauerit, MnS_2 . Szabályos; rácsa a piritével azonos. $a_0 = 6,11$ Å. A szerkezeti kötés javarészt kovalens jellegű, ezért sajátságai a kovandokétól eltérnek. Kristályai főként oktaéderek. Hasadása (100) sz. elég jó. $K = 4$. $S = 3,5$. Színe barna, barnásfekete, szfaleritszerű. Fénye félig fémes gyémántfény. Nem teljesen opak, vékony lemezei barnásvörösen áttetszők. $n_{11} = 2,69$. Karca is barnásvörös. — Ritka ásvány. Kéntepeken, kénben gazdag agyagokban, kéngzőköttől elbontott eruptív kőzetekben keletkezik. Kalinka (Végleskálnok, Csehszlovákia), Raddusa (Szicília, Olaszorsz.).

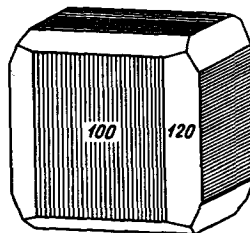
Kobaltin, CoAsS . Kevés Fe-tartalom a szerkezetbe épülhet be, ha nagyobb a Fe mennyisége, az már pirit- v. pirrhotin-zárványosságtól ered. *Krist.* Szerkezete piritrácús, de a szerkezetben az As és a S statisztikus eloszlású, így a diszododekaéderes szimmetria lényegesen *nem módosul*. *Tércs.* $T_x^c - Pa\bar{3}$. $a_0 = 5,61$ Å. $Z = 4$. Jól fejlett kristályai formákban szegényebbek a piritnél (423. ábra). A (210) piritóéder és az oktaéder a leggyakoribb alak. Ha egyensúlyban fejlődnek ki, az ún. közép-kristály, 20-lapú „ikozáéder” jön létre. A kocka is gyakori forma, lapjai a piritéhez hasonlóan rostozottak (424. ábra). Ikerkristály igen

ritka. Hasadása (100) sz. jó. $K = 5,5$. $S = 6,33$. Rideg. Erősen fémes, ezüstfehér, gyengén vörösés árnyalással. Opak.

Ércm. színe rózsásfehér, reflexióképessége nagy. +N között nem homogén, illetőleg nem izotrop: a kristályok belsejét finom, anizotrop (rombos?) lemez-



423. ábra. Kobaltin



424. ábra. Kobaltin

rendszer tölti ki, ami különösen olajimmerzióban szembetűnő. E lemezrendszer 850 C°-ra való hevítés után eltűnik, és a kristály utána is izotrop marad. Mint-hogy ez a hőfok a természetes viszonyokhoz mérten igen nagy, nem allotrop módosulatról van szó, inkább mimetikus ikeralkotásnak minősül. Ez esetben a rácsszimmetria további tüzetesebb kivizsgálásra szorul. (Tehát a lemezesség megjelenése geológiai hőmérőül nem alkalmas!) — Karca szürkésfekete, zárt üvegcsőben As-tükör, szénen As-füst keletkezik. Kihevítés után gyengén mágnese-s. HNO₃ oldja. Vaskos-szemcsés kialakuláskor a felszínen kobaltvirág (erit-rin, l. ott) bevonat képződik.

Képz., lelőhely. Értékes Co-ásvány, de nagyobb tömegben nem igen képződik. Eléggé széles hőmérsékleti határok közt keletkezhet. 1. Nagyobb hőmérsékletű (pneumatolitos-katatermás) kialakulása van a skandináv „Fahlband”-okban, ahol pirrotin, kalkopirit, kubanit, szfalerit, bizmut, esetleg molibdenit kíséri, és származása lehet kontaktpneumatolitos is. Skutterud (Norvégia); Tunaberg (Svédország); Daskeszan (Dél-Kaukázus, SZU). Ritkaságként a bányásági (Románia) Oraviťán (Oravicabányán). 2. Középhőmérsékletű hidrotermás telérekben, főképp a Co-Ni-Bi-U-formációban: az érchegységi Annabergen és Schneebergen (Németorsz.); Cobalt City (Ontario, Kanada). Vaspáttal Siegerlandon (Németorsz.).

Gersdorffit, NiAsS. Szabályos diszdodekaédes, kobaltinrácsú. $a_0 = 5,71$ Å. Kristályai főleg oktaéderek, az (100) és a (210) ritkább formák. Hasadása (100) sz. $K = 5$. $S = 5,9$. Fémfényű, ezüstfehér—acélszürke. Felszíne tompaszürkére futtatódik. Opak. *Ércm.* fehér, erősen reflektál, de a piritnél kissé tompább fényű. Izotrop. Egyes fajták, főként az As-ben gazdagabb változatok sűrűn ikerlemezések, ami a jelek szerint kloantittal történt összenövésből ered. — Összetételében néhány százalék Fe- és Co-tartalom is van. Felszínén zöld annabergit bevonat képződik. Karca szürkésfekete. Szénen mágnese-s gömbbé olvad.

HNO₃ zöld színeződéssel oldja. — Ritkább ásvány. Hidrotermás ércenezisben közepes hőmérsékleten keletkezik. Dobšiná (Szlovák-Érc-hegység); Băița (Rézbánya, Bihar-hg., Románia); Schladming (Stájerország, Ausztria); Goslar (Harz-hegység, Németorsz.).

Ullmannit (nikkel-antimon-kovand), NiSbS. A vegyületben Co és kevés Fe helyettesítheti a Ni-t. *Krist.* Szabályos, de nem izomorf a pirittel, mert a „súlyzók” egyik tagja Sb, s ez rendezetten, vagyis periodikus eloszlásban tölti be helyét a rácsban, így a szimmetria szabályos tetartoédesre csökken. Tércs.: T^4-P2_13 . $a_0 = 5,91$ Å. Kristályain a pozitív és negatív tetraéder, a kocka és pentagonododekaéder a leggyakoribb alak. Többnyire szemcsés halmaz, ritkábban bekéregzés más szulfidon. Iker (100) sz. Hasadás (100) sz. kivehető. $K = 5$. $S = 6,7$. Fémfényű, acélszürke—ólomszürke (sötétebb a gersdorffitnál). Opak. *Ércm.* erős reflexió, fehér szín és teljes izotrópia jellemzi. — Csak királyvíz oldja. Mezotermás kialakulását ércesedésben, vaspáttelekben vagy más nikkelásványokkal, főként gersdorffittal, linneittel társul. Neudorf (Harz-hg., Németorsz.); Siegerland (Németorsz.); Sarrabus (Sardínia, Olaszorsz.); Cornwall (Anglia); Oms (Pireneusok, Spanyolorsz.); Broken Hill (Új Dél-Wales, Ausztrália). — Nem gyakori ásvány.

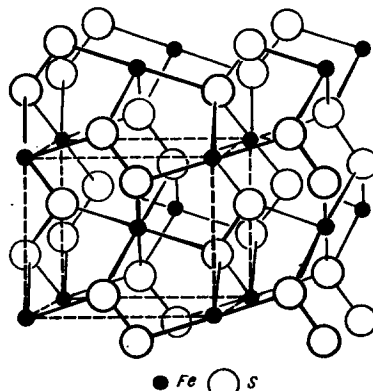
Willyamit, (Co,Ni)SbS. Az ullmannittal izotíp elegykristály. Csakis Broken Hill (Új Dél-Wales, Ausztrália) lelőhelyről ismeretes.

Kallilit, Ni(Sb,Bi)S. Ugyancsak elegykristály. A westfáliai (Németorsz.) Siegen (Siegerland) egyes lelőhelyein találják. — Említhető még a *korynit* is, mely a gersdorffit és ullmannit közti elegyátmenet képviselője.

b) csoport

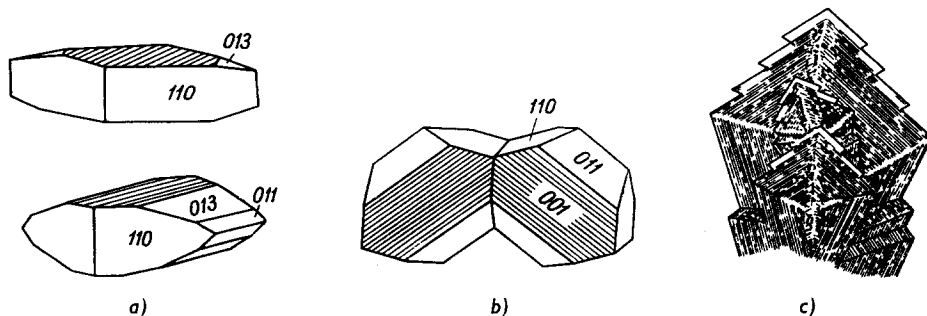
Markazit-rácsú vegyületek

A markazit-szerkezetben a vasatomok rombos tércentrált rácsot alkotnak. Két-két kénatom ismét „súlyzószerűen” kapcsolódik egymáshoz. Az S₂-csoportok súlypontja a cellaélek felezőjére, illetőleg lapközépre esik (425. ábra). A Fe-atom koordinációja 6-os, tehát ugyanaz, mint a pirit-rácsban. — A markazit-rács a rutil- (TiO₂-) szerkezethez is hasonlítható olyképpen, hogy az oktaéderek (a 6-os koordinációs poliéderek) kapcsolódása itt az S—S kalottok kötésein át történik. — Ha a kettős anionscsoportban az elemek azonosak, a szimmetria rombos holoéderes, ha különböznek (S—As, S—Sb), a rács-szimmetria szükségképpen csökken, monoklin, esetleg triklinrács jön létre, bár a cellaélek szöge 90°-os marad. — A markazit-sorozat tagjai is túlnyomóan „kovand”-jellegű ásványok.



425. ábra. Markazit-rács

Markazit, FeS_2 . Vegyileg majdnem egészen tiszta. *Krist.* Rombos dipiramisos. $D_{2h}^{12}-Pmnn$. Rácsállandók: $a_0 = 3,39$, $b_0 = 4,45$, $c_0 = 5,42$ Å. $Z = 2$. Kristályai változatosak. Leggyakoribb a táblás vagy kissé boltozatos termet, mely az (110) prizmából, a (001) lapjaiból és a (013), (011) formákból alakul. Ritkább a prizmás vagy piramisos termet. A (001) lapjain az a -tengellyel párhuzamosan sűrű rostozás látható. Iker gyakori. Ikertörvény (110), mely szerint vagy poliszintetikus összenövések („fésűskovand’”), vagy több tagból álló ciklikus ikrek („dárdakovand’”) képződnek (426. ábra). A sugaras-rostos kialakulást *sugar-*



426. ábra. Markazit; a — egyszerű kristály; b — kettős iker; c — dárdakovand

*kovand*nak, a tömött, vesés külsejű, májra emlékeztető kifejlődést *májkovand*-nak is mondják. Cseppkőszerű gumók, bekérgezések és más ásvány utáni pszeu-domorfózák gyakoriak. Hasadása (110) sz. rossz. $K = 6 - 6,5$. $S = 4,8 - 4,9$. Fémes fényű, világos szürkéssárga, kissé zöldes. Opak.

Ércm. világossárga (pirit mellett kevésbé sárga), a reflexióképessége erős; feltűnő pleokroizmus és $+N$ között nagyon élénk anizotrópia jellemzi.

Karca zöldesszürke. Egyéb sajátságai a pirittel egyezők. A markazit a FeS_2 metastabilis formája. Kevésbé időtálló, mint a pirit, bár jókristályos alakban tartósan megmarad.

Képz., lelőhely. Közönséges ásvány. Míg a pirit nagyobb hőmérsékleten semleges vagy lúgos oldatokból kristályosodik, a markazit mindenkor kis hőmérsékleten, főleg savanyú oldatokból válik le.

1. Mint telérásvány a legkésőbbi felszálló oldatok terméke, sokszor az utolsó piritgenerációhoz szorosan csatlakozik, és vele ritmikus összenövésben társul, máskor a legkésőbbi karbonátásványokkal, gélkvarcfélékkel válik ki, és rátelepszik a korábbi érc- és meddő ásványokra, ezeken bekérgezést, pszeu-domorfózákat hoz létre.

2. Sokkal elterjedtebb a deszcendens és üledékes folyamatok termékei között. Az oxidációs zóna kezdeti (savanyú) oldataiból, a pirrotin, pirit, kalkopirit és a többi Fe-tartalmú szulfidos érc oxidációja során gumós-vesés halmazok, kérgék képződnek. Tavak, mocsarak, zárt tengeröblök iszapos üledékeiben vagy agyagokban, márgákban, barnakőszénben és ennek kísérő kőzeteiben sugaras-

gömbös konkréciókat, vékony rétegeket, hárttyákat alkot. Néha a legszebb kristályos dárdaokovandók a barnakőszéntelepekből (Csehszlovákia) kerülnek elő.

Ferroselit, FeSe_2 . Tartalmazhat Co-ot is. Markazitrácsú, rombos holoéderes, $D_{2d}^{12} - Pmnn$. $a_0 = 4,78$, $b_0 = 5,73$, $c_0 = 3,57$ Å. Apró kristályai alakra a markazitához hasonlók, de ónfehérek, kissé vörhenyes árnyalattal. $K = 6$, nagyon rideg. Erősen anizotrop. — Csak néhány lelőhelyről ismeretes.

Hastit, CoSe_2 . Markazitrácsú, $a_0 = 4,84$, $b_0 = 5,72$, $c_0 = 3,60$ Å. A clausalitba (PbSe) ágyazott idiomorf kristálykák, némelykor sugaras-rostos csoportok. Sárgászörös. — Reflexiója erős, pleokroizmusa és anizotrópiája igen élénk. — Claustal (Harz-hg., Németorsz.).

Frohbergit, FeTe_2 , rombos holoéderes, markazitrácsú, $a_0 = 5,34$, $b_0 = 6,26$, $c_0 = 3,85$ Å. Izometrikus szemcsékék, vékony kérgék. Fehér, vörhenyes fémfénnyel, teljesen opak. Egyedül a Te-ban gazdag kanadai Montbray Mine ércében lelhető, kísérői melonit, altait, coloradoit, bizmut-tellurid.

Safflorit, CoAs_2 . Gyakran jelentős Fe-tartalommal. Rombos, a NiAs_2 -del folyamatosan elegyedik. A markazittal izomorf. $a_0 = 6,35$, $b_0 = 4,86$, $c_0 = 5,80$ Å. Kristálya emlékeztet az arsenopiritre. Sokkal inkább szemcsés, tömeges, főképp mikroszkopikus kristálycsoportozat a Co-Ni-ércegyüttesben. Az ikerképződés nagyon szembetűző sajátsága: (011) sz. több tagból álló, csillag alak átmetszetű ikrek gyakoriak. Hasadás (100) sz. $K = 4,5 - 5$. $S \sim 7,5$. — Színe ónfehértől szürkésfehérig, fémfényű. Felületén fekete bevonat képződik. Opak. — Ércm. A reflexiója erős, tiszta fehér, a Ni-tartalom növekedésével a szín mindjobban sárga árnyalású. A bireflexió gyenge, de az anizotrop színhatás eléggé élénk. A kristályok felépítése zónás, ami az anyagösszetétel változásának következménye. — Karca fekete.

Sokkal elterjedtebb ércásvány, mint korábban vélték. A hidrotermás Co-Ni-Ag-formáció jellemző és fontos ásványa; smaltin, kobaltin, nikkelin, bizmut, ezüstércek a fő kísérői.

Rammelsbergit, (fehér nikkeltovandó), NiAs_2 . Természetszerűen Co és Fe helyettesíthetnek a rácsban. Rácsa markazitrács, egy utóbbi — meg nem erősített — vizsgálat $D_{2d}^{12} - I\bar{4}2d$ tércsoporttal tetragonális szkalenoéderesnek határozta meg. $a_0 = 4,78$, $b_0 = 5,78$, $c_0 = 3,53$ Å. — Vaskos-szemcsés vagy sugaras-rostos, külseje csak ritkán kristályos. Hasadása (101) sz. kivehető. $K = 5,5$. $S = 7,1$. Ónfehér, enyhén rózsaszínű, élénk fémfényű, felülete feketére futtatódik. — Ércm. erősen reflektál, tiszta fehér. Gyengén pleokroós, anizotrópiája erős, de nem oly élénk, mint a safflorité. — Karca szürkésfehér. HNO_3 oldja.

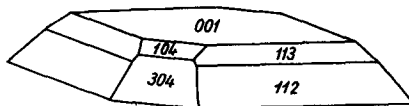
Ugyancsak a hidrotermás Co-Ni-Ag-formáció ásványa, smaltin, safflorit, gersdorffit, linneit, löllingit, arsenopirit a gyakoribb kísérő ércásványok. — Hüttenberg (Karintia, Ausztria); Schneeberg (Szászorsz., Németorsz.); Ala (Trento-tart., Olaszorsz.). Leggazdagabban Cobalt (Ontario) és a Nagy Medve tó környékén (Kanadában).

Löllingit, FeAs_2 . Rombos, rácsa markazit típusú. $a_0 = 5,25$, $b_0 = 5,92$, $c_0 = 2,85$ Å. $Z = 2$. Rácsában az As-helyek egy részét Fe tölti be vagy az As-po-

ziciók részben üresen maradnak („leukopirit”), továbbá az As egy részét Sb is helyettesíti és kevés S-t is tartalmazhat. — *Krist.* kevésbé kristályos, inkább vaskos, szálas v. szemcsés kialakulás jellemző. $K = 5$. $S = 7,1 - 7,4$. Az arzenopiritnél kisebb a keménysége, viszont fajsúlya lényegesen nagyobb. Fémese, ezüstfehér, opak. *Ércm.* tiszta fehér, galenit mellett kissé sárgás, de erősebben reflektál. Az arzenopirithez rendkívül hasonló. Pleokroizmus alig észlelhető, de anizotrópiája igen erős, és színei, különösen a kék változatban, az arzenopiritnél is elevebbek. A három arzenid (safflorit, rammelsbergit, löllingit) mikroszkópos megkülönböztetése nem könnyű és nagy gyakorlatot igényel.

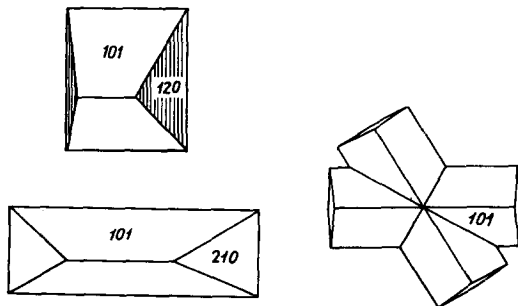
A löllingit lényegesen ritkább az arzenopiritnél, kisebb mennyiségben azonban eléggé elterjedt ásvány. Főleg hidrotermás eredetű. Dobsiná (Dobsina, Szlovák Érchg.) és a Szlovák Érchegység vaspáttelérei; Lölling (Karintia) és Schladming (Stájerország, Ausztria); Cobalt (Ontario, Kanada); Carangas (Bolivia) említhetők.

Para-rammelsbergit, NiAs_2 , rombos piramisos, $C_{2v}^s - Pca2_1$. Vastag táblás, hemimorf kristályok (427. ábra), főként tömött-szemcsés. $K \sim 5$, $S \sim 7,1$. Élénk fémfényű, ónfehér, opak. — A kobalt—nikkel-paragenezis tagja, a későbbi kiválások közé tartozik. Eredeti lelőhelye Cobalt (Ontario, Kanada), de többek közt a stájerországi (Ausztria) Schladmingen és a szlovákiai Dobsinán (Szlovák Érchg.) is megtalálták. Felszínén annabergites bevonat keletkezik.



427. ábra. Para-rammelsbergit

Arzenopirit, *arsénkovand*, FeAsS . Monoklin, álrhombo. Rácsa markazitszerkezet, de az As—S aszimmetrikus atompár miatt a tércsoport módosul, s így a rokonság csak homöotípiából áll. $C_2^s - C2$. $a_0 = 6,42$, $b_0 = 9,51$, $c_0 = 5,65$, $\beta \neq 90^\circ 00'$. A kristályok vagy rövid prizmásak (101) sz. vagy az (101) és (120) egyenlő kifejlődéséből piramisos jelleg áll elő (428. ábra). Ikek (101) és (012) sz. gyakoriak, néha többszörös összenövésű csillag alakúak vagy a markazit-



428. ábra. Arzenopirit

hoz hasonló dárda alakot formálnak. Hasadása (101) sz. jó, (010) sz. kivehető. $K = 5,5 - 6$, rideg. $S = 6$. Fémese fényű, színe ezüstfehér, acélszürkébe hajló. Opak.

Ércm. reflexiója közepesen erős, színe fehér, galenit mellett kissé sárgás. Bireflexiója jól észlelhető, anizotrópiája élénk, de mindig gyengébb a löllingiténél.

— Karca szürkésfekete; hevítve As-szagot áraszt, majd mágneses gömbbé olvad. HNO_3 oldja. Gyakran Au-tartalmú. Izomorf helyettesítéssel 6—9% Co-ot tartalmazhat (*danait*), ha a Co-tartalom ennél nagyobb, esetleg eléri a 25%-ot: *glaukodot* (Co,Fe)AsS az ásvány neve (l. alább).

Képz., lelőhely. Az arzenopirit széles hőmérsékleti határok között, az intruzív pegmatitos alakulástól a késői hidrotermásokig keletkezhet. De leginkább a pegmatitos-pneumatolitos képződések befejező szakaszában, valamint a nagyobb hőmérsékletű hidrotermás ércesedésben jelenik meg. Néha a kontakt ásványokhoz is társul, és itt nem ritkán jelentősen felszaporodik. Hazánkban Nagyborzsöny érceiben pirrhotinnal, a Kárpát-övezetben számos helyen: Dobsinán (Dobšinán), Čučmán (Csucsomon) és Zlata Itkán (Aranyidkán) a Szlovák Érchg-ben. A Gutin-hegység (Románia) bányáinak, Erdély (Románia) ércfelületének és a bánági (Románia) kontakt ércegyüttesnek gyakori ásványa. Az Érchegység (Németorsz., ill. Csehszl.) ónkőformációjában, ugyanígy Cornwallban (Anglia), Bolidenen (Svédorsz.). Tetjuhén (K-Szibéria, SZU), Bolíviában és számos más, nagy hőmérsékletű ércesedésben is a paragenézisnek állandó tagja.

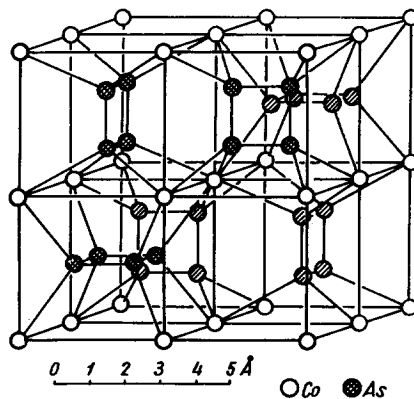
Glaukodot, (Co,Fe)AsS, elegykristály. Belső szimmetriája nem mutat eltérést a rombostól. $a_0 = 6,68$, $b_0 = 9,64$, $c_0 = 5,74$ Å. — Kristályai az arzenopiritéhez hasonlóak, prizmásak, a lapok a *c*-tengely szerint rostozottak. Tömeges szemcsés. Hasadás (010) sz. jó, $K = 5$, $S = 6,1$. Fémes fényű, szürkés ónfehér — ezüstfehér. Anizotrop, mint a rokonság többi tagja. Főleg a Co-érceket kíséri. Hákansboda és Tunaberg (Svédorsz.); Skutterud (Norvégia); Cobalt City (Kanada), Korábban Oravițan (Bánág, Románia) is megtalálták.

Gudmundit, FeSbS, álbombos, $a_0 = 6,69$, $b_0 = 10,06$, $c_0 = 5,94$ Å, $\beta < 90^\circ$. Oszlopos, vékonyprizmás kristályok. Ikerkristály (101) sz. $K = 5$, $S = 6,7$. Erősen fémes, ezüstfehér-acélszürke. Opak. — Fényezett felülete nagyon erősen reflektál és tiszta fehér. Bireflexiója, anizotrópiája egyaránt erős és felülmúlja az izomorf sor valamennyi tagját. — Elégé elterjedt, de csak csekély mennyiségben mutatkozó ásvány, általában antimonban gazdagabb kovandtelepeken otthonos. Gudmundstorp (Svédorsz.), Sulitjelma (Norvégia), Broken Hill (Ausztrália). A csehszlovákiai Čučma (Csucsom, Szlovák Érchg.) antimonitós ércében is megtalálható.

c) Egyéb szerkezetek:

Skutterudit-rácsú vegyületek

A rácsszerkezet eltér a pirit—markazit-rokonság felépítésétől. A külső még kovandjellegű, de már kevésbé fémes. Lényegileg átmeneti csoportnak tekinthető a következő alosztály, az ún. fémekben szegény szulfidok felé. — A legjellemzőbb az, hogy a rácsban anionszereppel planáris As_4 -csoportok vannak, melyek szabályos primitív Co-cellák belsejében a 3 főszimmetriasíkhöz igazodnak és váltakozva helyezkednek el. A teljes építmény 8 ilyen részcellából áll, de közülük csak 6 tartalmaz As_4 -csoportot, 2 részcellának a belseje üresen marad (429. ábra). E szerkezetnek megfelelő összetétel tehát $Co_8(As_4)_6 = 8 CoAs_3$, ami azonban csak ritkán (skutterudit) valósul meg, mivel az As-helyek egy része betöltetlenül marad, avagy fématom kerül az As helyére is, úgyhogy az arány $CoAs_2$ -re lecsökkenhet. Ugyanakkor a Co és Ni egymást minden arányban helyettesíti, és a Fe is beléphet mintegy 5 %-ig terjedő mennyiségben. A leírt szerkezet következtében a szimmetria szabályos diszdodekaédes és a térccs. $T_h^h - Im\bar{3}$.



429. ábra. Skutterudit-szerkezet

Skutterudit, $(Co, Ni) As_3$. Szabályos diszdodekaédes, $a_0 = 8,2 \text{ \AA}$. Egyszerű kristályain a kocka és az oktaéder a leggyakoribb alak, melyhez még pentagondodekaéder társul. Leginkább szemcsés-tömött halmaz. Fémfényű, ónfehér—acélszürke. Hasadás (100) sz. $K = 6$. $S = 6,84$. Karca fekete. Ritka ásvány, illetőleg homogén formában kevésbé gyakori. Leginkább a csoport tagjaival: smaltinnal, kloantittal különféle átmeneteket, belső összenövéseket alkot, és a többi Co-ércel: safflorttal és kobaltinnal társul. Skutterud és Snarum (Norvégia); Cobalt (Kanada).

Smaltin, $CoAs_{2-3}$ és **kloantit**, $NiAs_{2-3}$. A szerkezet skutteruditrács, de benne egyes As_4 -csoportok részben hiányoznak vagy esetleg fématom van a helyükön. A két vegyület egymással korlátlanul elegyedhet.

Krist. Szabályos diszdodekaédes. $a_0 = 8,2 - 8,3 \text{ \AA}$; $Z = 8$. A fennőtt kristályok főleg kocka és oktaéder kombinációi, de míg a „valódi” skutterudit kristály lapjai egyenletes, sík felületek, az As-hiányos kristályalakulások görbült, repedezett felszínűek, puffadt külsejűek (ezért: „Speiskobalt”). Hasadása (100) sz. változó. $K = 5,5$, $S = 6,4 - 6,6$. Fém fényű. Színe ónfehér, illetőleg acélszürke, néha sötétszürke, feketére futtatódik. Opak.

Ércm. a kristályok belseje ritkán homogén. Leginkább öves-zónás felépítésűek. Az egyes övek változó As-tartalmú, különböző Co:Ni arányú tagokból állnak, azonkívül safflirittal, rammelsbergittel, nikkellinnel belső összenövést is tapasztalni lehet. Reflexiója erős, színe sárgásfehér, és ha egyéb társak nincsenek jelen, izotrop. — Karca szürkésfekete, megütve vagy szénen hevítve As-szagot áraszt. Tartósabb hevítés után gyengén mágneses gömbbé olvad. HNO_3 oldja.

Képz., lelőhely. A sor tagjai fontos Co- és Ni-ásványok, (a smaltinban 21% a Co-, a kloantitban is ~21% a Ni-tartalom). Főképpen a Co-Ni-Bi-Ag-U-formáció közepes hőmérsékletű hidrotermás teléreiben, egyéb Co-Ni-arzenidekkel együtt képződnek. Szlovák Érchg-ben Dobšiná, Betliar (Betlér) és Gelnica (Gölnicbánya); Lölling (Karinthia), Schladming (Stájerorsz., Ausztria). Elvétve a bánági (Románia) Oravián (Oravica) is megjelenik. Az Érchegység Co-Ni-ércesedésében Schneeberg és Annaberg (Németorsz.) ill. Jachýmov (Joa-chimstal, Csehszlv.); Skutterud (Norvégia); Tunaberg (Svédország); Cobalt (Kanada); Gunnison (Colorado) és Grant County (New Mexico, USA).

Chathamit, $(\text{Fe,Co,Ni})\text{As}_{2-3}$. Vasban gazdagabb elegykristály. Az As mellett kevés (~ 3—5%) S-t is tartalmaz. Sajátságai igen hasonlók az izomorf sor elegytagjaiéhoz. Legbővebben Connecticut-ban (USA) arzenopirittal, nikkellinnel találják. Természetszerűen a többi Co-Ni-érc lelőhelyén is előfordul.

D. ALOSZTÁLY

FÉMBEN SZEGÉNY ÉS NEMFÉMES JELLEGŰ
SZULFIDVEGYÜLETEK

(R : S < 1 : 2)

Név	Összetétel	Krist. osztály
Patronit Dimorfin	VS_4 As_4S_3	(?) rombos dipiramisos
Auripigment Realgár	As_2S_3 As_2S_2	monoklin prizmás monoklin prizmás
Gerstleyit	$(Na, Li)_4As_2Sb_8S_{17} \cdot 6 H_2O$	monoklin (?)

Patronit, VS_4 . Kristályszimmetriája ismeretlen; egyes jelek szerint hexagonális. Keménysége nagyon csekély, vágható. Sűrűsége a társásványokkal (bravoit, kvarc, kalcit, kén) való finom összenövés miatt nem határozható meg. Nem teljesen opak. Szürkésfekete, frissen vágott felülete a grafithez némileg hasonló, de ólomszürke. Rendkívül erősen pleokroós, s ebből rétegszerkezetre és főtengelyes szimmetriára következtethetünk. Eddig csak Peruban a Minas Ragra fejtőhelyen találták, itt műrevaló mennyiségben. Évtizedekkel ezelőtt a vanádiumtermelés fontos nyersanyaga volt.

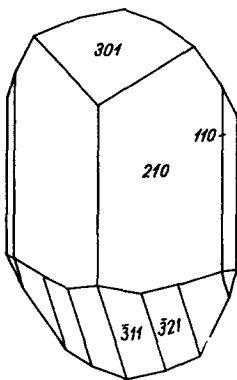
Dimorfin, As_4S_3 . Rombos dipiramisos. Kristályain csak az (111), (110) és (101) formák jelennek meg. Párhuzamos összenövésű csoportozatok. $K = 1,5$, $S = 2,6$. Gyémántfényű és narancssárga, áttetsző. Szén-diszulfidban oldható. A Nápoly melletti Phlegraeai mezők szolfatáráiban realgárral, kénnel, különböző szulfátokkal együtt keletkezik. Másik lelőhelye Cerro de Pasco (Peru).

*

Auripigment, As_2S_3 . Vegyileg legtöbbször egészen tiszta. Szerkezetében AsS_3 -csoportokból összefűződött lánckapcsolódást találunk. Az As-t 3 kénatom környezi, és a S-nek 2 arzénatom szomszédja van. A kovalens kötésű láncban az atomcsoportok csigavonalszerűen sorakoznak. A láncokat oldalról *van der Waals*-erők kötik össze. Az egymás mellé illeszkedő láncokból a (010) sík szerint réteggesség alakul ki. Innen ered kitűnő hasadása, s egyéb sajátságai is a vázolt szerkezetre vallanak.

Krist. Monoklin prizmás. $C_{2h}^2 - P2_1/n$. $a_0 = 11,49$, $b_0 = 9,59$, $c_0 = 4,25$ Å, $\beta \simeq 90^\circ 27'$. $Z = 4$. A kristálytermet zömök oszlopos (430. ábra), gyakori a lencsés-gömbös halmaz, de többnyire vaskos-leveles tömeg, néha lisztszerű bevonat. Hasadása (010) sz. kitűnő, a (010) egyúttal transzlációsíkja is: t [001].

$K = 1,5 - 2$. Lágy, vágható, hajlítható. $S = 3,45$. Hasadási lapján gyöngyházfényű, másutt gyantafényű, áttetsző. Citromsárga—aransárga. Pleokroós. Hevítve megolvad (olv. p. $320\text{ }^{\circ}\text{C}$), szublimál. KOH oldja.



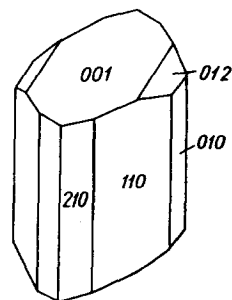
430. ábra. Auripigment

Képz., lelőhely. Hidrotermás kiválások késői terméke. Rendesen realgárral együtt képződik, de másodlagosan realgárból és egyéb As-ásványból is létrejön. Baia Sprie (Felsőbánya) és Capnic (Kapnik, Gutin-hegység. Románia); Tajova (Beszterceb. m. Csehszl.). Nagyobb mennyiség: Allchar (Macedonia, Jugoszl.). Nagyszámú lelőhelye közül a SZU-ban az Örmény Köztársaság Kurdisztán területe, Kínában Hunan tartomány, Japánban a Kuriayama gejzír környéke említhető.

Realgár, As_2S_2 , a kristályos vegyület szennyezést vagy idegen összetevőt rendszerint nem tartalmaz. *Krist.* Monoklin prizmás. Szerkezete molekularács; As_4S_4 -molekulák építik fel. A molekula atomjai váltokozva (-As-S-As-S-) csatlakoznak és gyűrűszerű csoportot alkotnak, ami hasonlít a kén S_8 -as molekulájához.

(Valójában az atomok ún. „bölcső”-alakban rendezettek: a 4 As torzult tetraéder csúcsain foglal helyet, és e tetraédernek ferdén le- és felfelé irányuló kissé megtört 4 éle közepén van a 4 S-atom. A kénygyűrűhöz hasonlítva csak utóbbiak vannak egy síkban, míg a 4 As-atom közül 2—2 e sík fölött, ill. alatt helyezkedik el.) A molekulákat egymással *van der Waals*-erők tartják össze. Ezek leggyengébb kötessávja a *b*-tengellyel párhuzamos: az erre merőleges oldallap szerint jó hasadás jön létre. $C_{2h}^5 - P2_1/n$. $a_0 = 9,29$, $b_0 = 13,53$, $c_0 = 6,57$, $\beta \approx 106^{\circ}33'$. Egyesén vagy csoportosan fennőtt kristályai zömök (431. ábra) vagy kissé nyúltabb oszlopok. Hosszanti irányban sűrűn rostozottak. Szemcsés-vaskos kifejlődésben ereket, hasadékokat tölt ki. Hasadás (010) sz. jó, (210) sz. kevéssé jó. Kissé rideg, törékeny. $K = 1,5 - 2$. $S = 3,56$. Gyémántfényű—zsírfényű. Narancsvörös, világosvörös, áttetsző. Erősen kettőtörő. Könnyen megolvad (olv. p. 307°), kékes lánggal elég, miközben As-zag érezhető; szálladéka vörös, KOH oldja.

Képz., lelőhely. A hidrotermás tevékenység befejező szakaszának terméke. Jelenleg is képződik forróvízi forrásokból, szolfatárakból. Érctelepeken auripigment, barit, antimonit kíséri. Baia Sprie (Felsőbánya), Baia Mare (Nagybánya) és Capnic (Kapnik, Gutin-hegység); Moldova noua (Újmoldova) és Tajova (Csehszlovákia); ill. Allchar (Macedonia), Krusevo (Jugoszlávia). A Vezúvon és a Yellowstone Park (USA) hőforrásaiban ma is keletkezik.



431. ábra. Realgár

Napfényen megsárgul: auripigmentté változik át, vagyis a gyűrűs molekulák felszakadnak s kovalens láncokká fűződnek össze. A változást valójában As-kilépés idézi elő, amit az egyidejű As_2O_3 -keletkezés is bizonyít.

Gerstleyit, $(\text{Na}, \text{Li})_4\text{As}_2\text{Sb}_8\text{S}_{17} \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$. Valószínűleg monoklin, $a_0 = 5,6$, $b_0 = 22,0$, $c_0 = 4,9$ Å. $\beta \approx 97^\circ$. Cinóbervörös és feketésbarna rostos gömbök a kaliforniai (USA) Kern County boráttelepeinek agyagjában.

FÜGGELÉK

OXID-SZULFIDOK

Kermezeit, *pirostibit*, $\text{Sb}_2\text{S}_2\text{O}$. Triklin véglapos. $C^1 - P\bar{1}$. $a_0 = 11,66$, $b_0 = 8,24$, $c_0 = 11,19$ Å, $\alpha \approx 111^\circ 48'$, $\beta \approx 110^\circ 44'$, $\gamma \approx 78^\circ 10'$. Tűs-hajszálszerű nyalábok, sugaras halmazok. Hasadás (100) sz. kitűnő. Vágható, hajlítható. $K = 1-1,5$, $S = 4,5$. Gyémántfényű, kissé fémes. Cseresznyepiros, vékony lemezei cinóberpiros—narancssárgán áttetszők. Sósav H_2S -fejődés közben oldja. — Antimonitból oxidációval képződik. Pezinok, Pernek (Kis-Kárpátok, Csehszl.); Schlaining (Szalónak, Kőszegi-hegység, Ausztria), Baia Sprie (Felsőbánya) és Capnic (Kapnik, Gutin-hegység, Románia).

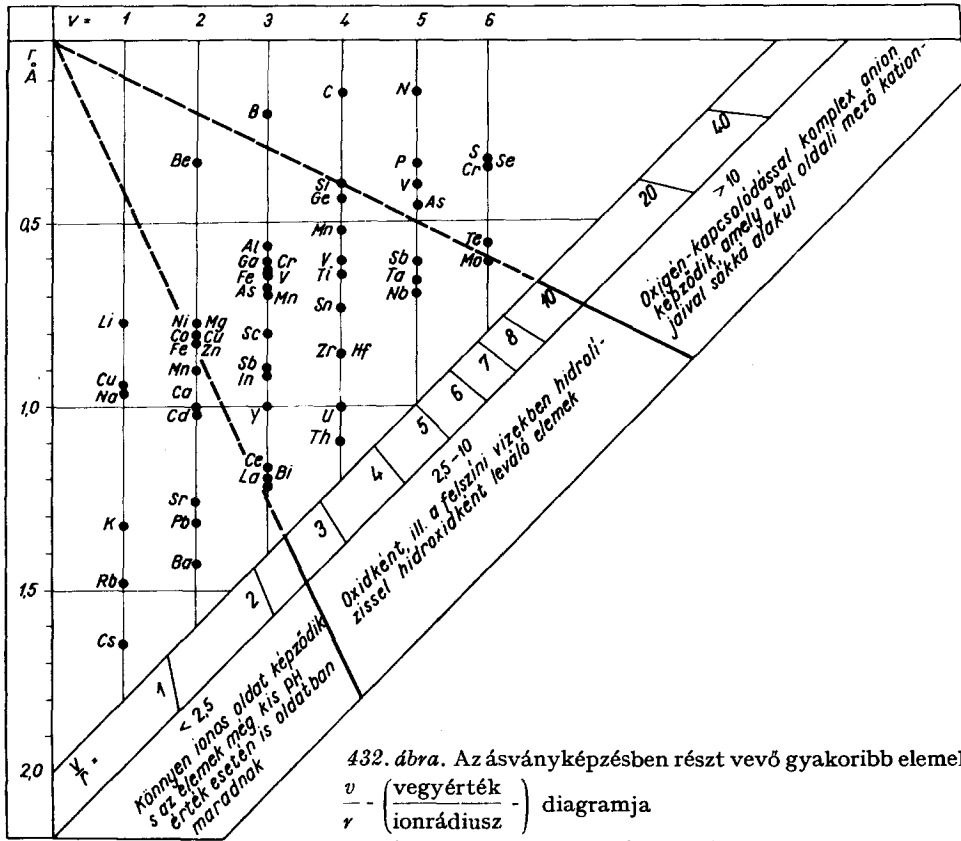
Voltzin, $4 \text{ZnS} + \text{ZnO} = \text{Zn}_5\text{S}_4\text{O}$. Hexagonális, mint a wurtzit. Kerek golyók, rostok vagy lemezes alkatú kérgék. Téglavörös—gyantasárga, áttetsző. $K = 4-4,5$. $S = 3,7-3,8$. Fénytörése ($n_w = 2,03$) és kettőtörése is erős. HNO_3 és HCl oldja. — Érctelepek oxidációs övében, a mélyebb szinteken másodlagosan keletkezik. Rosières (Puy de Dome-tart., Franciaország), Jachymov (Csehszl.), Djebel Recas (Tunézia). — (Újabb vizsgálat szerint a *voltzin* szfaleritrácsú és oxigén helyett As-t tartalmaz: $\text{Zn}(\text{As}, \text{S})$. A kérdés tisztázásra vár.)

OXIDOK ÉS HIDROXIDOK

A természetben az oxidvegyületek fajainak száma aránylag nem nagy, de egyes vegyületek elég tekintélyes mennyiségben szerepelnek. A Földet felépítő övekben az oxidok mennyisége, illetőleg képződési lehetősége kifelé mindjobban gyarapszik, így a legnagyobb dúsulás a külső szilárd kéregben (litoszférában) és annak felszínén jön létre. A litoszférában az önálló (egyszerű) oxidok átlagos mennyisége mintegy 17%-ra becsülhető, aminek túlnyomó része (12,6%) a szilícium-dioxidra jut, jelentősebb még a vas-oxid és -hidroxid (3,9%) mennyisége; a fennmaradó 0,5% pedig a többi oxidból, elsősorban az Al, Mn, Ti és Cr oxidjaiból kerül ki. A légkörben (atmoszférában) a szén-dioxid és a vízgőz képviselik az oxidos formát, a hidroszférában pedig tudvalevően a vízé a főszerep.

Mint említettük, a litoszféra legkülső része a bővebb oxidképződés színtere, mivel itt, a szabad oxigént tartalmazó atmoszféra határán tág lehetősége nyílik az oxidok kialakulásának. Különösen olyan kőzetek és ércek ásványai oxidálódnak legelőbb, melyekben „átmeneti” jellegű, vegyértékváltozásra hajlamos kation van, vagyis olyan fémion, melynek atomszerkezetére a külső héj alatt le nem zárt (nem komplett) elektronhéj jellemző, pl. Fe, Mn, V stb. E fémek elektronleadással nagyobb vegyértékű, kisebb rádiuszú kationná alakulnak, ami a szerkezeti egyensúly megbomlásához vezet, s az anyag vízben oldódó vagy nem oldódó új vegyületté alakul. E vegyületek a továbbiakban reakcióba léphetnek a vízzel, hidrolízis játszódik le, s így számos kation hidroxidként kicsapódik. Általában a szereplő ionok viselkedéséről jó tájékoztatást kaphatunk a *Carledge*-féle ionpotenciál-értékekből, mely a vegyérték (v) és ionrádiusz (r) arányából adódik. Ha derékszögű koordináta-rendszerben ábrázoljuk a fémion vegyértékét az ionrádiusz függvényében, a 0 pontból húzott egyenesekkel ezek az értékek közvetlenül leolvashatók. A diagramot három területre bonthatjuk (432. ábra). A három mező közül a bal oldaliban a kis ($< 2,5$) arányértékű, azaz nagy rádiuszú, elektronoktettes fémek csoportosulnak, melyek közismerten vízben könnyen oldódnak, s csak az oldószer csökkenésével, főként komplex anionnal alkotott sókként válnak ki. A 10-nél nagyobb arányértékű, vagyis kis térigényű és nagy töltésű kationok a diagram jobb szélső mezejében csoportosulnak. Ezek összetett anionok (BO_3^{3-} , CO_3^{2-} , SO_4^{2-}) „mag”-jaként szerepelnek, és legnagyobbbrészt a bal oldali szélső mező kationjaival kü-

lönféle sók alakjában csapódnak ki. A középső mező az a terület, ahol a természetben leginkább oxidokká és hidroxidokká alakuló fémek sorakoznak fel. Természetes, hogy a mezőt elhatároló vonalak mentén vagy azok közelében levő kationok a két szomszédos mezőre egyaránt jellemzően viselkednek, tehát a



432. ábra. Az ásványképzésben részt vevő gyakoribb elemek

$\frac{v}{r}$ - (vegyérték / ionrádiusz) diagramja

(H. Schneiderhöhn után módosítva)

határokon bizonyos kettősség érvényesül. Így az oxidos-hidroxidos kötésre hajlamos kationok egy része (Fe^{2+} , Mn^{2+} , Ni^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} , a középső mező bal oldali határán) savanyú közegben úgy viselkedik, mint a szomszédos kisebb arányértékű kationok, és csak nagy p_{H} -érték esetén csapódnak ki hidroxidok alakjában. Természetesen az oxidmező belsejében levő kationok (Al^{3+} , Fe^{3+} , Mn^{4+} , Sn^{4+} stb.) már semleges, illetőleg gyengén lúgos vagy savas oldatokból is könnyen leválnak. A természetben nagy szerepet játszó Si^{4+} e mező jobb szélére esik, ami a fentiek értelmében oxidképződést, illetőleg közepes p_{H} -érték esetén

hidrolitos kicsapódást, de egyben a — szomszéd mezőre jellemző — komplex $[\text{SiO}_4]^{4-}$ ioncsoportban való részvételt is jelent.

Más természetű kettősség jellemzi a karbóniumot és a ként. Tudvalevő, hogy mindkettőnek egyszerű (CO_2 , SO_2) oxidja is van, mely azonban csak gázalakban szerepel, tehát szigorúan véve ásványnak nem tekinthető. Kivételes hely illeti meg viszont a vizet (H_2O), mert ennek kristályos alakja a természetes oxidok közé jól beilleszthető.

Rácsszerkezeti sajátosságok. Az oxidok osztályába tartozó vegyületeknek majdnem kivétel nélkül kristályos szerkezete van. E szerkezetek elvileg ionrácsok, ahol anionként csakis az O^{2-} , illetőleg a vele közel azonos térigényű OH^- -ion szerepel. A szerkezeti tulajdonságokat tehát mindenekelőtt a kationméret, a töltés, illetőleg a polarizációképeség szabja meg. Más szóval: a fématomkörnyezet minden esetben csakis oxigén (vagy hidroxil) szomszédságból áll, tehát a szerkezet valamennyi sajátága kizárólag ennek a viszonynak az alakulásától függ.

A koordinációt tekintve az egyszerű oxidok között az egyik határesetet a nagy környezeti számú ionrácsok jelentik, de megtaláljuk a kovalens kötésű, közepes koordinációs számú rácsokat, sőt ritkán a kis környezeti számú molekularácsokat is, mely utóbbiakban az egyes szerkezeti egységeket *van der Waals*-erők kötik össze. A kétértékű fémek ionszerkezetében a kősótípus 6-os koordinációja a leggyakoribb. Kivétel csupán néhány 18-as külső elektronhéjú és így erősen polarizáló kation oxidja, pl. a ZnO , melynek 4-es a koordinációja. A három- és négyértékű kationok kisebb méretűek, s így szükségképpen kisebb koordinációval illeszkednek, ami azután még a kovalens kötéshez való közeledés mértéke szerint is csökken: $\text{UO}_2^{(8)}$, $\text{Al}_2\text{O}_3^{(6)}$, $\text{TiO}_2^{(6)}$, $\text{SiO}_2^{(4)}$. A molekularácsú vegyületekben ez a szám még kisebb, pl. $\text{Sb}_2\text{O}_3^{(3)}$.

Az összetett oxidokban, melyeknek alkotásában legalább két különböző fémion vesz részt, a koordinációs szám mindkettőre vonatkozóan lehet ugyanaz, de lehet erősen eltérő is: ilyen a perovszkit típusú szerkezet, ahol a Ti^{4+} , vagy Nb^{5+} 6-os környezetű, míg a nagyobb sugarú Ca^{2+} -nak vagy Na^+ -nak 12-es a környezete. A spinellrácsban ugyancsak eltérő (4 és 6) a két fématom oxigénkoordinációja. Az oxidképző kationok leggyakoribb koordinációi növekvő ionrádiusz-határértékek szerint csoportosíthatók (l. 53. tábl.).

53. táblázat

Koordinációs szám	4	6	8	12
Ionrádiusz-határ (Å)	0,35—0,91	0,56—0,84	0,84—1,08	0,98—1,22
Kationok oxidos kötésben	Be^{2+} Mg^{2+} Fe^{2+} Mn^{2+} Ni^{2+} Zn^{2+} Cu^{2+} Si^{4+}	Mg^{2+} Fe^{2+} Fe^{3+} Mn^{2+} Al^{3+} Cr^{3+} Ti^{4+} Zr^{4+} Sn^{4+} Ta^{5+} Nb^{5+}	Zr^{4+} Th^{4+} U^{4+}	Ca^{2+} Na^+ Y^{3+} Ce^{3+} La^{3+}

Az ionrádiusz növekedésével a koordináció általában fokozódik. Leggyakrabban a 6-os és 4-es környezet. De ugyanebben a két oszlopban találunk legnagyobb fedést a két ionrádiusz-határ, illetőleg az itt felsorolt ionsoport tagjai között is. Ez azt jelenti, hogy a közepes rádiuszú és töltésű kationoknak van egy csoportja, melyek tagjai váltakozva 4-es és 6-os környezetet létesíthetnek, sőt ez — miként egyes összetett oxidok példázzák — még ugyanegy szerkezeten belül is érvényesülhet.

A hidroxidok szerkezetében a OH^- -ion tölti be egészen vagy az O^{2-} -nal vegyesen az anionhelyeket. Az ilyen szerkezetek lényegesen különböznek a tiszta oxidokétól. Az OH^- dipólusanionok beépülése a rácsba leginkább 6-os és 3-as koordináció szerint történik, és uralkodóan réteges felépítést eredményez. Ezzel csökken a szerkezeti szimmetria is, pl. a MgO szabályos kőstípuszal szemben az $\text{Mg}(\text{OH})_2$ brucitnak hexagonális rétegszerkezete van, ugyanígy a trigonális Al_2O_3 korundhoz viszonyítva az $\text{Al}(\text{OH})_3$ csak monoklin szimmetriájú.

Fizikai sajátságok. Az oxidok fizikai sajátságai legjobban jellemezhetők az előző osztállyal, a szulfidokkal való összehasonlításban: az oxigén erősebben negatív jellemű anion, mint a kén, az oxidok tehát fokozottabban heteropoláros kötésű vegyületek. Más szóval: a fémek egyes csoportjának vonzódása az oxigénhez (oxifiliája) határozottabb ionkapcsolatot létesít; ehhez járul, hogy az O^{2-} ionrádiusza (1,32 Å) lényegesen kisebb a S^{2-} -énál (1,73 Å); mindez együttesen nagyobb energiátartalmat és tömöttebb, szilárdabb rácsépítményt jelent, ami tartósságban, ellenállóságban jut kifejezésre. Így nagyobb a keménység: átlag 5—7, de akad 8, sőt 9-es fokozatú tag is. Ezzel együtt jár a nagy olvadáspont, csekély oldhatóság, s egyéb rácsszerkezettől függő tulajdonság is módosul.

A hidroxidok ezzel szemben kevésbé stabilis vegyületek. A rétegek közti gyengébb kapcsolat folytán a rács belső energiátartalma kisebb. A réteges szerinti hasadás is lényeges különbséget jelent. A keménység csekély, különösen az R^{2+} -ionok hidroxidjaié. Nagyobb kationtöltéssel némileg nagyobb keménység jár együtt.

A kifejezetten ionos kapcsolódásból eredően az oxidok csak részben fémes külsejűek, uralkodóan nem fémes a megjelenésük. A szín túlnyomóan a rács kationjaitól függ. A nemesgázszerkezetű ionok (Mg, Al stb.) oxidjai és hidroxidjai színtelenek, esetleges színezettségük allokrómás eredetű. A nem feltöltött héjú, ún. átmeneti elemek (Fe, Mn, Cr) kationjainak oxidjai túlnyomó többségben és jelentősen színesek. Gyakori a fekete, barna, vörös színeződés, amivel legtöbbször félig fémes fény is együttjár. Az osztály tagjai sorában paramágnesességet, sőt az ismert legerősebb ferromágnesességet is megtaláljuk.

Összefoglalva: Az oxidok osztályába tartozó vegyületeknek — a fémes jelleg csökkenése és a vegyi analógia miatt is — közvetlenül a szulfidok után van a helye.

Az oxidokkal együvé tartoznak azok az oxidos szerkezetek is, melyeket régebben önálló csoportként (aluminátok, niobátok, titanátok stb.) tekintettek. A többi oxidoktól csak abban különböznek, hogy szerkezetükben két (vagy

több), rendszerint eltérő vegyértékű (és koordinációjú) kation létesít-oxidkapcsolatot. Ezeknek a szerkezeteknek tehát itt a helye, de az egyszerű oxidoktól mégis elválasztva — mint komplex (összetett) oxidok — külön alosztályba csoportosulnak. Kristálykémiailag azonban a komplex aniont tartalmazó oxisavak sóihoz jelentenek némi közeledést, ami ismét szaporítja azoknak az átmeneti bélyegeknél a számát, melyek az előző fémes és kovalens szerkezeteket a következő, fokozódóan heteropoláros vegyületek osztályaival kapcsolják össze.

Az oxidok osztályának sajátos csoportját alkotják azok a vegyületek, melyekben az oxigénion helyét részben vagy egészen hidroxil tölti be, az oxidképző kationok ui. éppúgy kapcsolódhatnak az egyező térigényű, bár kisebb töltésű OH^- -hoz is, illetőleg az oxidok nagy része hajlamos arra, hogy vízfelvétellel hidroxiddá alakuljon. Ilyen csoportja a szulfidoknak nincsen, viszont hasonló jelenségek a komplex anionos szerkezeteknél már gyakrabban előfordulnak, ami szintén az oxidok osztályának áthidaló jellegére utal. A hidroxidok és hidroxidtartalmú oxidok természetesen szintén külön alosztályba sorolhatók, annál inkább, mivel ezekben az anionvegyérték csökkenése, az ionpolarizáció növekedése, s az ebből eredő koordinációs viszonyok a „tiszta” oxidokétól eltérő szerkezeti sajátosságokat eredményeznek, s ez az ásványok fizikai sajátágaiban is megnyilvánul.

Mindezek alapján tehát az oxidok osztályát három alosztályra tagolva tárgyalhatjuk:

- A) Egyszerű oxidok.
- B) Összetett (komplex) oxidok.
- C) Hidroxidok és hidroxilt tartalmazó oxidok.

Az alosztályokon belüli csoportosítás elve ugyanaz, mint amit már eddig is követtünk, vagyis a kation—anion-arány, mely itt 2 : 1-től kiindulva, különböző értékeken át 1 : 2-ig változik. Ezen belül pedig az ásványcsoportokat, valamint az ásványegyediséget legjobban meghatározó bélyeg: a szerkezeti típus a további felosztás alapja.

A. ALOSZTÁLY

EGYSZERŰ OXIDOK

Áttekintés

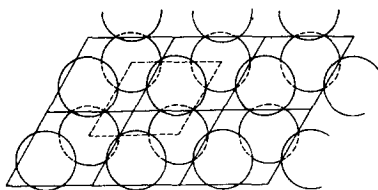
54. táblázat

a) R_2O -vegyületek	β) arzenolit-rácsúak
b) RO -vegyületek	γ) bixbyit-rácsú (fluoritszerű) szerkezetek
α) kősó-rácsúak	
β) wurtzit-rácsúak	d) RO_2 -vegyületek
γ) vegyes szerkezetek	α) 4-es koordinációjú (kvarc-) rácsok
c) R_2O_3 -vegyületek	β) 6-os koordinációjú (rutil-) rácsok
α) korund-rácsúak	γ) 8-as koordinációjú (fluorit-) rácsok

a) csoport

 R_2O -vegyületek

Jég, H_2O . Vegyi összetétel: O 88,8%, H 11,2%. Négyféle kristálmódosulata ismeretes. Közülük a 0° és $-80^\circ C$ között állandó szerkezet (I. sz. módosulat) dihexagonális piramisos, $C_{3v}^4-P6_3mc$. $a_0 = 4,47$, $c_0 = 7,33 \text{ \AA}$, $Z = 4$. — A szerkezet molekularácsnak minősül, melyben a H_2O -molekulák 4-es (kissé torzult tetraéderes) koordinációval fűződnek össze. A kristálykémiailag gömb alakú ($\sim 2,76 \text{ \AA}$ átmérőjű) molekulában a két hidrogén proton alakjában van jelen, s ez V alakú dipólust létesít. Ezzel a molekula töltéseloszlása tetraéderes jelleget ölt, s a kialakuló másik két „pólus”-hoz Pauling-féle hidrogénhidak tapadnak. Bár a hidrogének helyzete általában statisztikusan rendezetlen, lényegében az oxigének 4-es koordinációjú egybeépülésekor a négy O—O összekötő vonal mentén az oxigénekhez csak két-két hidrogénatom kapcsolódik közeli kötéssel.

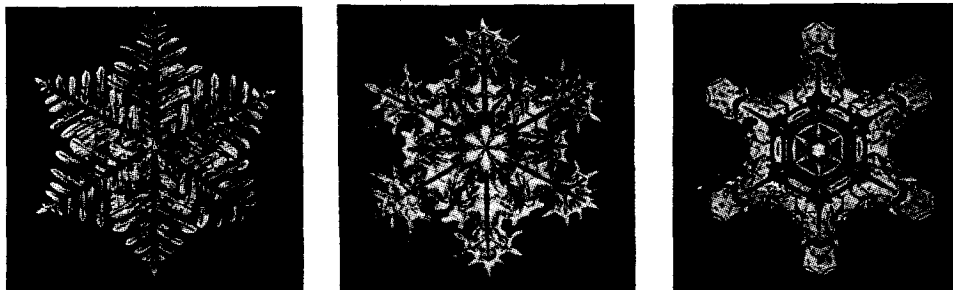


433. ábra. A hexagonális jég szerkezet vetületi ábrázolásban

Az illeszkedés módja ebben a modifikációban az β -tridimitével (l. 570. old.) egyezik meg akként, hogy a kationpozíciókba oxigénanion kerül: vagyis a jégkristálynak *anti-tridimit* rácsa van (433. ábra). Elvileg a rácsrend megegyezik a wurtzit-szerkezettel is, és ezért egyes kutatók a wurtzit-típust jelölik meg a jégkristály mintájaként. Ebben a felfogásban viszont a Zn- és S-atomok helyén egyaránt H_2O -molekulák vannak.

A hópehely sugaras vázkristály, hatágú csillagforma, igen változatos rajzollattal (434. ábra). A „jégvirág” sík felületen (üvegtáblán) kialakult vázkristályok sokasága. A dér legtöbbször kis hatszöges prizma alakú kristályok halma. A jégeső jegének és a firnek szemcsés a szövete. A befagyott folyók és tavak jégpáncélja orientált kristályok tömege: a felszín a hatszöges bázislap-

pal azonos, tehát a főtengely a jégpáncél felületére merőleges. Nem ritkán az egész jégkéreg egyetlen óriáskristály. Hasadása nincsen. $K = 1,5$. Törése kagylós. A bázislap transzlációs sík, emiatt nyomás hatására képlékeny. A bázislapon hatágú ütési idom állítható elő. Üvegfényű, színtelen. Vastagabb ré-

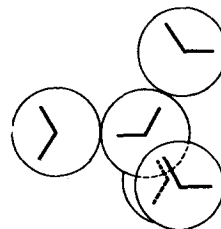


434. ábra. Hókrisztályok

tegen kékes vagy zöldes. Optikailag pozitív: $\omega_{N_2} = 1,309$, $\varepsilon_{N_2} = 1,310$. Homogén lemezén jó tengelykép állítható elő. $S = 0,9167$, tehát könnyebb a víznél, ami a nem tömött térkitöltésű tetraédes koordinációból ered. A tágabb illeszkedés térfogatnövekedéssel is jár, innen van a jéggé fagyott víz repesztő, kőzetaprózó hatása. A jég mint gleccserjég és a szárazulatok jégtakarója s egyéb jégkérgé a földtani mérlegelésben kőzetnek minősül.

Kísérletileg $-155\text{ }^\circ\text{C}$ -on előállítható a jég II. és III. sz. módosulata. Mindkettő rombos, éspedig a II. sz. rombos diszfenoidos ($D_2^s-C222_1$), a III. sz. pedig rombos holoédes ($D_{2h}^{26}-Ibam$). Sikertült továbbá előállítani a IV. sz. modifikációt is, mely krisztobalit típusú szabályos szerkezet.

A víz, H_2O . A nagy dipólusmomentumú vízmolekulák egymást ugyancsak négyes koordinációval veszik körül. Lényeges különbség a jéggel szemben az, hogy míg a jégben a torzult tetraédes, de az egész szerkezetre kiterjedő elrendeződéssel minden oxigénatomhoz két közelebbi hidrogénatom vegyértékkötéssel, két távolabbi pedig hidrogénhídkötéssel kapcsolódik, addig a vízben nem kapcsolódik minden H_2O -molekula az említett irányított hidrogénhídkötéssel a szomszédjához (435. ábra). Így a vízben a jégre jellemző és az egész szerkezetre kiterjedő rendezettség megbomlik, ill. kisebb csoportokra korlátozódik, ennek következtében a vízben a molekulák illeszkedése szorosabb, ezért a sűrűsége is nagyobb, mint a jégé.



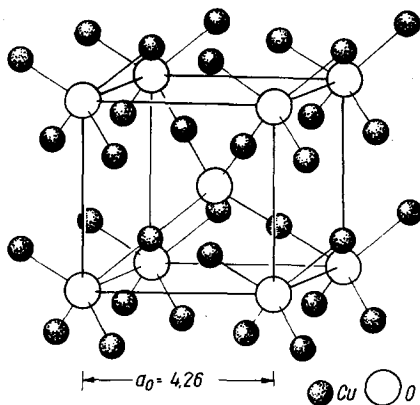
435. ábra.
Vízmolekulák
(dipólusok) illeszkedése

Az R_2O összetételű fénoxidok közül a természetben csak a kuprit ismeretes. Mesterségesen előállították még a szintén kupritrácús Ag_2O -ot is, de ennek természetes kialakulásáról nem tudunk.

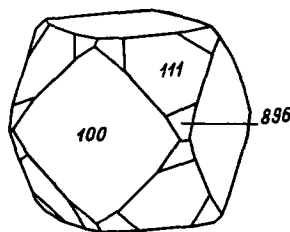
Kuprit, vörösrézerc, Cu_2O . Belseje zárványként néha természet, kriptokristályosan Fe_2O_3 -ot, SiO_2 -ot tartalmaz.

Krist. Szabályos holoéderes, külsőleg giroéderes. Rácsszerkezete külön típust képvisel. Az oxigénatomok szabályos tércentrált rácsot alkotnak, és a Cu-atomok az oxigént tetraéderes illeszkedésben veszik körül (436. ábra). A szerkezet valójában nem más, mint krisztobalitrács, csak a kation—anion-helyeket kell felcserélni (anti-krisztobalit). O_h^4-Pn3m . $a_0 = 4,27 \text{ \AA}$, $Z = 2$. Kristályalakján uralkodó forma az oktaéder, kevésbé gyakori az (110) és (100), ritkább a (221) és (211), egyes termőhelyeken plagiéderes alak is megjelenik (437. ábra). Ezért alakilag a pentagonikozitetraéderes (giroéderes) osztályba sorolják. A

külső szimmetriacsökkenést (*hipomorfiát*) növekedés közben, a kristálytanilag egyenértékű felületek egyik csoportján a leválási energia megváltozása idézi elő.



436. ábra. Kuprit-szerkezet



437. ábra. Kuprit

Nagyobb kristályokból álló csoportokban vagy finomszemcsés halmazokban és vastagon egyaránt gyakori. Hasadás az (111) sz. kivehető, $K=4$. $S=5,85-6,15$. Fénye félig fémes gyémántfény, $n_{111}=2,85$. Áttetsző, színe vörös, karminpiros—cseresznyepiros—vörösarna, melyhez különösen a finomszemcsés halmazokban sötétebb fémesszürke szín elegyedik. Félig fémes jellege onnan ered, hogy szerkezetében a Cu-atomok a legsűrűbb térkitöltésnek megfelelő szabályos lapcentráltn elrendeződésben vannak, vagyis minden rézatom legközelebbi Cu-szomszédjának száma 12 és a távolság $3,08 \text{ \AA}$. A fémrézben hasonlóak a viszonyok, és a távolság sem sokkal kisebb, mint a Cu_2O -szerkezet Cu—Cu-atomjai között. Mindez ellene szól az ionos kötésnek, és megmagyarázza a fémes fényt, a jó elektromos vezetőképességet, átlátszatlanságot.

Ércm. kékesfehér, de a színt gyakran elfedi a bőségesen mutatkozó vérvörös belső reflex (különösen olajimmerzióban). Optikailag nem viselkedik szabályos szerkezetének megfelelően: kivehető pleokroizmust és legtöbbször élénk anizotrópiát árul el. Reflexióképessége közepes. — Savakban, ammóniában oldódik. Olv. p. 1235° . Hajszerű, szálas halmazban *kalkotrichit* (rézvirág) a neve.

Képz., lelőhely. Másodlagos ásvány, a szulfidos rézérczek oxidációs terméke. Kialakulása akkor bőségebb, ha a talajvízszint süllyedésével az oxidációs zóna

lehúzódik az elsődleges szulfidokig. Ilyenkor oxigénelégtelenség folytán természetesen együtt képződhet. Később a kuprit szénsav hatására malachittá alakul, s szép malachit-pszeudomorfózákat képződnek kuprit után. Gazdag Cu-tartalma a legjobb rézérczek közé avatja (Cu 88,8%), de jelentősebb tömegben aránylag ritkán találják. Szép kristályos halmazokban, vázkristályokban Rudabányán (Borsod m.), ritkábban Recskén. A szlovákiai rézércfejtőhelyeken: Rožňaván (Rozsnyó), Špana Dolinán (Úrvölgy, Szlovák Érchg.), Lubietován (Libetbánya, Polána-hg., Csehszl.). Továbbá Baitán (Rézbánya, Bihar-hg.), a bánási bányákban Oravitán (Oravica), Sasca montană-n (Szászkabánya), de különösen Moldova nouă-án (Újmoldova, Románia). Az Uralban (SZU) Gumesevszk, Mednorudjanszk és Turinszk a nevesebb lelőhelyek, híresek az Altáj-hegység (SZU) rézbányái. Ismertebb a Lyon (Franciaország) melletti Chessy, ahol több cm-es, nagyrészt malachittá alakult kristályok kerülnek elő. A németországi Siegerland (Westfália) bányáiban főként kalkotrichit kerül elő. Amerika minden nagyobb rézércbányája, DNY-Afrikában (Namíbia) Tsumeb, továbbá Peru, Chile rézérclepei említhetők.

A *tégláérc* földes, limonittal, agyagásványokkal elegyedett téglavörös, barnászvörös, oxidos rézérc. A *rézszurokérc* lényegében vaskos-tömött, gélyszerű és szurokfényű ásványelegy: barnavas, tenorit, covellin és finomszemcsés kuprit együttese.

b) csoport

RO-vegyületek

55. táblázat

Név	Összetétel	Krist. oszt.
<i>α) sor. Kőso-rácsú szerkezetek (periklász-sor)</i>		
Periklász	MgO	} szabályos holoéderes
Bunsenit	NiO	
Manganozit	MnO	
Monteponit	CdO	
Kalciumoxid	CaO	
Murdochit	PbCu ₆ O ₈	szabályos holoéderes
<i>β) sor. Wurtzit-rácsú szerkezetek (cinkit-sor)</i>		
Cinkit	ZnO	} hexagonális hemimorf
Bromellit	BeO	
<i>γ) sor. Vegyes rácsfelépítésűek</i>		
Tenorit	CuO	monoklin prizmás
Paratenorit	Cu ₂ Cu ²⁺ O ₂	tetragonális holoéderes
Delafossit	CuFeO ₂	ditrigonális szkalenoéderes
Montroydit	HgO	rombos holoéderes
Massicot	β-PbO	rombos hemimorf
Litargit	α-PbO	tetragonális holoéderes
Palladit	PdO	tetragonális

α) KŐSÓ-RÁCSÚ SZERKEZETEK (PERIKLÁSZ-SOR)

A periklász-sor kevésbé gyakori és ásványtanilag is kisebb jelentőségű tagokból áll. A rácsszerkezet egyező típusú (izotíp) a kősóéval, de az R^{II} -ionok kétvegyértékűsége folytán a rács szilárdsága, így az ásványok keménysége is jelentősen nagyobb a kősóénál. A külső alakon egyéb eltérés is mutatkozik: a periklász-sor tagjainak uralkodó formája nem a kocka, hanem az oktaéder, aminek okát szintén a haloidsók és az oxidok ionjainak eltérő kötésviszonyaiban kereshetjük.

Periklász, MgO. A vegyületben kevés Fe, sőt Zn is helyettesítheti a Mg-ot. *Krist.* Szabályos holoéderes, O_h^s — $Fm3m$, $a_0 = 4,21$ Å. $Z = 4$. Apró oktaéderek vagy oktaéder és kocka kombinációból álló kristálykák. Hasadása kocka szerint kitűnő. $K = 6$, $S = 3,56$. Színtelen, zöldecs vagy sárga. Üvegfényű; $n_{Na} = 1,735$. Transzláció az (110) sík mentén.

Mészkö, dolomit kontakt metamorf átalakulásakor keletkezik. Az Alpok dolomitjaiban Predazzo (Dél-Tirol, Olaszorsz.), Pireneusokban Leon (Franciaorsz.), Svédországban Långban. Főleg magnetit, spinell, brucit, kondroit kíséri. A Vezúv (Olaszorsz.) bombáiban is megtalálható. Mesterséges termékekben, így a tűzálló magnezittégla égetésekor is képződik.

Bunsenit, NiO. $a_0 = 4,18$ Å. Apró kockák, oktaéderek. Jól hasad, $K = 5,5$. $S = 6,89$. Üvegfényű, $n = 2,35$. Színe sötétzöld, áttetsző. Eddig egyedül az Érchegeység (Johanngeorgenstadt, Németorsz.) nikkel—urán-telepeinek oxidációs zónájából került elő. Mesterségesen többféle úton is előállítható.

Manganozit, MnO. $a_0 = 4,44$ Å. Összetételében egyéb fémek: Fe, Mg, Zn is kimutathatók. Aprószemű kristályhalmazok. Hasadása tökéletes, $K = 5,5$. $S = 5,36$. Üvegfényű, $n = 2,17$. Friss felületén smaragdzöld, később megfeketedik. Áttetsző, karca barna. *Ércm.* tompa szürke, izotrop, zöld belső reflexszel. Egyéb Mn-ásványokból keletkezik. Ismertebb lelőhelye Långban (Svédország), ahol kontakt dolomitban mangannal, gránittal, periklásszal társul, Franklinbányán (New Jersey, USA) a Mn—Zn-ásványok együtteséhez tartozik.

Monteponit, CdO. $a_0 = 4,71$ Å. Kis oktaéderek, torzult kockák, porszerű halmazok. $K = 3$, $S = 8,1$. Fekete, erősen fénylő, áttetsző. Átvilágításakor vörös—narancsbarna. —Egyedüli lelőhelye Iglesias (Szardínia szig., Olaszorsz.), ahol hemimorfit felületén bevonatként jelenik meg.

Kalciumoxid, CaO. $a_0 = 4,81$ Å. Korábban a Vezuv (Olaszorsz.) friss lávájának felületén figyelték meg, mint fehér, porszerű bevonatot. Mesterségesen jólismert termék.

β) WURTZIT-RÁCSÚ SZERKEZETEK (CINKIT-SOR)

Az RO-vegyületek körében jól elkülöníthetők a wurtzitrácsú hexagonális oxidok. A természetben ritkaságok, de jó példái a rácsszerkezet és fizikai sajátosságok szoros kapcsolatának.

Cinkit, vöröscinkérc, ZnO. A vegyülethez kevés Mn és némi Fe társul, cink-tartalma 80,3%. *Krist.* Hexagonális hemimorf. $C_{6h}^1-P6_3mc$. $a_0 = 3,25$, $c_0 = 5,19$ Å. $Z = 2$. Szerkezete a wurtzitéval azonos (izotíp). Jó kristályokban a természetben ritka, inkább vaskos, leveles, pátos. A kristályok alakzata jellegzetesen hemimorf, különösen a mesterséges kristályoké. Hasadása a wurtzitstruktúrának megfelelően (0001) sz. tökéletes, az (10 $\bar{1}$ 0) sz. kivehető. $K = 4$. $S = 5,6$. Gyémántfényű, színe narancsvörös—vörösbarna, ami a Mn- és Fe-hozzáelegyedésből ered. Optikailag pozitív, $\omega = 2,013$, $\varepsilon = 2,029$. Vékony lemeze áttetsző. Mesterséges kristálya ultraibolya fényben lumineszkál.

Ércm. világos rózsásbarna; reflexióképessége csekély. Gyengén anizotrop és bőséges belső reflexe van. — Olv. p. 1670 C°. Savak oldják, szénen hevítve világít, bóraxgyöngyben Mn-színezés jelentkezik.

Képz., lelőhely. Egy lényegesebb termőhelye van: Franklinbánya (New Jersey, USA), ahol egyéb kontakt pneumatolitos Mn- és Zn-ércek társaságában fontos cinkérc. Ritkaságként Toscanában (Olaszorsz.) Bottino, Lengyelországban Olkusz, Tasmániában Heazlewood. Műtermékként cinkkohókban szép kristályokban bőven keletkezik.

Bromellit, BeO. Rácsa izotíp a wurtzittal. $a_0 = 2,69$; $c_0 = 4,37$ Å. Kristályain a hemimorfia jól megnyilvánul. Hasad (10 $\bar{1}$ 1) sz. A Be²⁺-ionok kis mérete folytán nagyon kemény: $K = 9$. Színe fehér, átlátszó. Optikailag pozitív. $\varepsilon = 1,73$, $\omega = 1,71$. Egy biztos lelőhelye van: Långban (Svédország), ahol a szkarnos vasérc (hematit) ásványtársulásához tartozik.

 γ) VEGYES RÁCSÚ RO-SZERKEZETEK

Tenorit, melakonit, „feketeréz”, CuO. Gyakran erősen szennyezett. Cu-tartalma 79,9%. *Krist.* monoklin prizmás. C_{2h}^2-C2/c . $a_0 = 4,66$, $b_0 = 3,42$, $c_0 = 5,12$ Å. $\beta \approx 99^\circ 29'$. $Z = 4$. Rácsa torzult kősószerkezet. Legtöbbször földes vagy koromszerű kifejlődésben, ritkábban pikkelyes-lemezes halmazokban keletkezik. Lemezei hajlíthatók. $K = 3,5$. $S = 6$. Fénye fémes, földes alakban fénytelen, színe sötét acélszürke, vékony lemezei barnán áttetszők, $n_{\beta}^{(vörös)} = 2,63$. Papíron nyomot hagy.

Ércm. sárgás árnyalatú szürkésfehér. Kivehető pleokroizmusa és jelentékeny anizotrópiája van. Fényvisszaverő képessége közepes. — Savakban oldódik, faszénen rézgömböcskévé olvad.

Képz. Elsődlegesen a Vezuv és Etna (Olaszorsz.) láváin réz-klorid és vízgőz kölcsönhatásaként csillogó, kristályos halmazokban keletkezik. Különböző másodlagosan rézércek oxidációs termékeként jön létre, és legtöbbször kuprit, ter-

mésréz, malachit, kalkozin, limonit kíséri. Kisebb mennyiségben minden réz-érctelepen igen elterjedt.

Paratenorit, $\text{Cu}_2^+\text{Cu}^{2+}\text{O}_2$, (kupro-kupri-oxid). Színképelemzés szerint nagyszámú egyéb fémion található benne. Tetragonális holoéderes. $D_{4h}^{19}-I4_1amd$. $a_0 = 5,84$, $c_0 = 9,90$ Å. Külsőre és ércmikroszkópban is nagyon hasonlít a tenorithoz. Hevítéskor kupritra (Cu_2O) és tenoritra (CuO) esik széjjel. Másodlagos ásvány; Bisbee (Arizona, USA).

Delafossit, CuFeO_2 . Ditrigonális szkalenoéderes. $D_{3d}^5-\bar{R}3m$. $a_0 = 3,03$, $c_0 = 17,13$ Å. Lemezes, pikkelyes halmazokban, ritkán romboéderes táblás kristályokban is képződik. Hasadása (0001) sz. kitűnő. $K = 5,5$. $S = 5,5$. Acélszürke, fémes fényű, némileg hematitra emlékeztet. Opak. Ércm. fehér rózsásbarna árnyalattal, erősen pleokroos és anizotrop. — Rézérctelepek oxidációs övének ritkább ásványai közé tartozik. Bor (Jugoszl.), Minas de Riotinto (Spanyolorsz.), Bisbee (Arizona, USA).

Montroydit, HgO . Rombos dipiramisos. $D_{2h}^{18}-Pnmm$. $a_0 = 5,51$, $b_0 = 3,52$, $c_0 = 3,31$ Å. $Z = 2$. Kristályai hosszú prizmák, zömök dipiramisok, a lapok rostozottak. Táblás, sugaras, szemcsés, porszerű halmazok. Hasadás (010) sz. kitűnő, $K = 2,5$. Vágható, hajlítható, de nem elasztikus. $S = 11,2$. — Fénye erős, üvegfényű; vörös, barnászvörös. Vékony szilánokban átlátszó. Erősen pleokroos. Terlingua (Texas); és Redwood City (Calif., USA). Ritka ásvány.

Massicot, $\beta\text{-PbO}$, rombos piramisos. C_{2v}^5-Pca2 . $a_0 = 5,48$, $b_0 = 5,88$, $c_0 = 4,74$ Å. Földes, szemcsés, a mesterséges kristályok (100) sz. táblásak. $K = 2$, $S = 9,5$. Zsírfényű. Sárga-aranyárga. Vékony szilánkjá áttetsző. — Galenit és más ólomércok oxidációs terméke. Cerusszit, limonit, antimon-oxidok a társai. Számos lelőhelye ismeretes.

Litargit, $\alpha\text{-PbO}$. Tetragonális $D_{4h}^7-P4_2/nmm$. $a_0 = 3,96$, $c_0 = 5,00$ Å. Csakis tömeges-szemcsés bekéregzésként ismeretes. Mesterséges kristálya (001) sz. lemezes—táblás. $K = 2$. $S = 9,1$. Bágyadt zsírfényű, vörös, áttetsző. Opt. negatív. $\omega_{Li} = 3,66$. $\epsilon_{Li} = 2,53$. Ólomérctelepek másodlagos ásványa. A sárga ólomoxid után paramorfózásként leggyakoribb, 530° -ra hevítve visszaalakítható sárga $\beta\text{-PbO}$ -dá.

Palladit, PdO . Barna okkerszerű bevonat a porpeziten (PdAu) Brazíliában. A mesterséges PdO tetragonális.

c) csoport.

R_2O_3 -vegyületek (A_2X_3 -oxidok)

56. táblázat

α -sor. Korund-rácsú szerkezetek
(korund- hematit-ilmenit-sor)

Név	Összetétel	Szimmetria
Korund	Al_2O_3	ditrigonális szkalenoéderes
Högbomit	$(\text{Al,Fe})_2\text{O}_3$	trigonális romboéderes
Hematit	Fe_2O_3	ditrigonális szkalenoéderes
Eskolaít	Cr_2O_3	
Karelianit	V_2O_3	
Ilmenit	FeTiO_3	trigonális romboéderes
Geikielit	MgTiO_3	
Pirofanit	MnTiO_3	
Maghemit	$\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$	

56. táblázat folytatása

β-sor. Arzenolit-rácsú szerkezetek

Név	Összetétel	Szimmetria
Arzenolit	As ₂ O ₃	szabályos holoéderez
Claudetit	As ₂ O ₃	monoklin prizmás
Senarmontit	Sb ₂ O ₃	szabályos holoéderez
Valentinit	Sb ₂ O ₃	rombos dipiramisos
Bizmit	α-Bi ₂ O ₃	monoklin prizmás
Sillenit	γ-Bi ₂ O ₃	szabályos
Russellit	(Bi ₂ ,W)O ₃	tetragonális szkaloéderez

γ-sor. Bixbyit-rácsú (fluorittal rokon) szerkezetek

Név	Összetétel	Szimmetria	Tércsoport	a ₀	b ₀	Z
Partridgeit	Mn ₂ O ₃	szabályos	T _h ⁷ —Ia3	9,43	—	16
Bixbyit	(Mn,Fe) ₂ O ₃	szabályos	T _h ⁷ —Ia3	9,39	—	16
Sitaparit	(Fe,Mn) ₂ O ₃	álszabályos	—	9,40	—	16
Braunit	(Mn,Si) ₂ O ₃	tetragonális	D _{2d} ¹⁰ —I4c2	9,52	18,68	8
Långbanit	(Mn,Si) ₂ O ₃	hexagonális	D _{6h} ¹ —P6/mmm	11,56	11,11	8

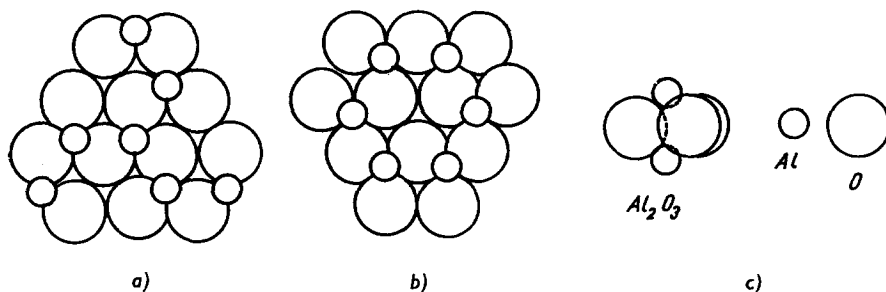
α-sor.

KORUND-RÁCSÚ SZERKEZETEK

Az A₂X₃ összetételű egyszerű oxidok körében a korund—hematit-sor tagjai fontos szerepet töltenek be. A kristályszerkezetnek sajátosan tömött rendezettsége van, mely a 3-értékű kationok oxidjaira jellemző önálló rácstípus. Az ilmenit- (FeTiO₃) csoport tagjait is ide kell besorolnunk. Ez a szerkezet úgy sorakozik a korund-típushoz, mint pl. a dolomit a kalcitéhoz (bár az analógia nem teljes, mert az ilmenitrácsban kristálykémiailag két nem egyenértékű (Fe²⁺ és Ti⁴⁺) kation tölti be a pozitív rácshelyeket).

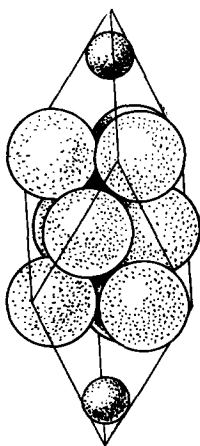
Korund, Al₂O₃. Kristályai vegyileg általában igen tiszták; színképelemzéssel kimutatható fémek: Cr, Fe³⁺, Mn, esetleg Ti. Összetétele Al 53,2%, O 46,8%. *Krist.* Ditrigonális szkaloéderez. D_{3d}^6 —R3c, $a_r = 5,14 \text{ \AA}$, $\alpha_r = 55^\circ 16'$. Hexagonális cella: $a_0 = 4,76$, $c_0 = 13,04 \text{ \AA}$. Rácsában az oxigénionok hexagonális legtömöttebb illeszkedés szerint rendeződnek, és hatos koordinációval veszik körül az Al-ot. Az oxigénionok közti hézagokat azonban csak 2/3 részben tölti be kation (különben a kation—anion-arány 1:1-re emelkednék!) Elemi rács a (4041) romboéder, $Z = 2$. (438—439. ábra).

Kristályán legtöbbször a másodrendű $(11\bar{2}0)$ prizma és két vagy több dipiramis, valamint a bázis fejlődik ki. Előbbiek legömbölyödve, a természetnek sajátos hordó vagy tonna alakot kölcsönöznek (441. ábra). Ugyancsak gyakori alak

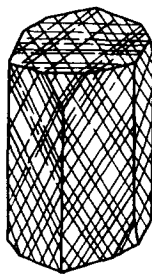


438. ábra. Korund-szerkezet: a) és b) a tömör illeszkedésű oxigénatomok két egymásra következő „rétege” bázis szerinti vetületben; c) az Al_2O_3 -csoport oldalnézetben

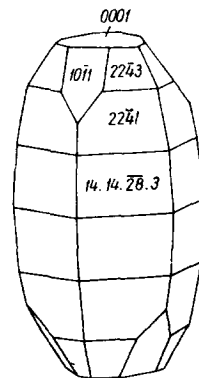
a törzsromboéder is, leginkább az említett formákkal vagy azok egyik-másikával kombinálva, néha uralkodó kifejlődésű is lehet. A bázis szerint táblás termet szintén jellemző, különösen a mesterséges úton keletkezett kristályokra. A réteges jellegű szerkezet ellenére a bázislappal párhuzamosan hasadás nem jöhet létre az ellentétes töltésű ionsíkok sorakozása miatt, ellenben többszörös ikerlemezrendszer kialakulhat, mely vízszintes vonalazottságot s hasadásszerű el-



439. ábra. Korund elemi cella



440. ábra. Korund



441. ábra. Korund

válást idéz elő. Az $(10\bar{1}1)$ forma lapjai szerint nyomás hatására finom ikerlemezrendszer keletkezik, ami külsőleg jellegzetes rostozottságban nyilvánul meg (440. ábra). Vaskos, szemcsés vagy durvább pátos tömegben is képződik. A kis

kationú és nagy tömötséggű rácsszerkezetből eredően nagy a keménysége: $K = 9$, $S = 4$. Erős üvegfénye van. A tiszta Al_2O_3 színtelen és áttetsző, de leggyakrabban színezett, rubinvörös, rózsaszín, szürke, sárga, kék stb., ami idegen (Cr, Fe, Ti) fémoxidoktól ered. Opt. egytengelyű, negatív: $\omega_{\text{Na}} = 1,7686$, $\epsilon_{\text{Na}} = 1,7604$. A színezett kristályok pleokroóssak, a bázislapon gyakori az aszterizmus (csillag alakú fényjelenség). Olv. p. 2050° , savak nem oldják, KHSO_4 -ban feltárható. Hosszasabban kihevített pora kobalt-nitráttól megkékül.

Képz., lelőhely. A korund keletkezési viszonyai elég változatosak.

1. Elsődlegesen magmás kiválásként szienitben, főleg eleolitszienitben s ennek pegmatitjaiban: Miassz (Ural, SZU); Transvaal (Dél-afrikai Unió), Bancroft (Kanada). Gabbróban, peridotitos olivinszirtekben, ilyenkor klorit, spinell, enstatit kíséri: É-Karolina és Georgia államok (USA). Ritkaságként gránitpegmatitban is: Helsinki (Finnország). Önálló ércmágnás magnetittelepek ásványtársulásában: Routivara (Svédország).

2. Kontakt és regionális metamorfózis terméke szienit határán: Ditró (Ditrau, Harghita m., Románia), gneisz és szerpentin között Kistim (Ural, SZU). Mészkö, dolomit és agyagkőzetek kontaktusán bennőtt kristályokban: Miassz (Ural, SZU) vagy szemcsés tömegekben magnetittel, spinellel, hematittal, gránáttal: smirgel (Naxos szig., Görögország). Elsősorban Al-tartalmú ásványokból (diaszpor-, spinell-, muszkovitból) alakul át.

3. Kiömlési magmás kőzetekben agyagos beolvasztásból származó zárványok. Bazaltban: Hajnáčka (Ajnácskő, Csehszlovákia), andezitben: Csákhegy (Szob mellett), ill. Deva (Déva, Ruszka-hg.), Săcărâmb (Nagyág) és Gilău (Gyalu, Gyalui-havasok, Erdély, Románia).

4. A természetes korundnak jelentős részét másodlagos termőhelyén drágakömosókból, torlatokból nyerik (Burma, Ceylon, Madagaszkár).

A korund változatai a következők: 1. Nemes korund. Tiszta, áttetsző és szépen színezett nemes fajta. Telt vörös, kissé ibolyásvörös a rubin vagy keleti rubin, telt kék színű a zafir. De a sárga, zöld, sárgászöld és a jácintpiros, ibolyakék színek sem ritkák; ezeknek a drágakőiparban külön neveket adtak (keleti topáz, keleti smaragd, keleti ametiszt). E nemes fajtákat majdnem kizárólag torlatokból nyerik: Ural-hegység, Felső-Burma (Mogok), Ceylon (Ratnapura), Montana-áll. (USA). — 2. Közönséges korund. Tisztátalan, átnemlátszó-zaváros, kevésbé szép színű, tömeges—vaskos anyag. Gazdaságilag ennek van nagyobb jelentősége: az iparban csiszolóanyagként használatos. Pegmatitos dúsulásokból, kristályos pala és karbonátos kontakt ásványtársulásokból, valamint mosókból nyerik a legnagyobb részét. Minőségileg jobb csiszolóanyag a egyes ásványszemekből álló smirgelnél. Sizersky-hg. (Csehszlovákia), Rabenstein (Szászország, Németország), Campo Longo, (Ticino-kanton, Svájc); ill. Koszój Brod (Ural) és Kistim (Középső Ural, SZU). — 3. Smirgel. Vasércjellegű kőzet. Elegyrészei: korund, magnetit, hematit, spinell, kvarc. Nagyobb telepek a görög szigeteken (Naxos) és Kisázsiaiban, az Égei-tenger partvidékén vannak.

A mesterséges korundgyártás ma már túlszárnyalja a természetes lelőhelyek termelését. Nagy tömegben állítják elő elektromos kemencében bauxitból

3000 C°-on (alundum). A nemes fajtákat durranógázlángban tiszta ammónium-alumínium-timsóból, megfelelően adagolt színes fém- (Cr-, Co-) oxidokkal készítik. A ma forgalomban levő színes ékkövek legtöbbje mesterséges úton (*Verneuil*-kemencében) készült korund, melyet csak szakszerű vizsgálattal lehet a természetes kövektől megkülönböztetni. Finom műszerek és órák tengelycsapágyául ma már kizárólag mesterséges *Verneuil*-korundot használnak.

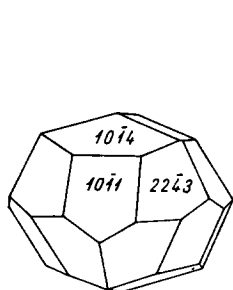
Az Al_2O_3 -nak több módosulata ismeretes. A természetben csakis a fent leírt α -módosulat jelenik meg, ez egyben a legállandóbb szerkezet is. Mesterségesen még a β -, γ -, és δ -modifikációt állították elő. Ezek közül a β -módosulat (hexagonális) bizonytalanra vált, mert kiderült, hogy nem tiszta alumínium-oxid ($\sim \text{NaAl}_{23}\text{O}_{35}$). A γ - Al_2O_3 szabályos, spinellszerkezetű. A δ -alak romboéderes, tehát az ilmenittel izomorf. Előállítottak továbbá (a hidrargillit hevítésével) még egy módosulatot, mely hexagonálisnak bizonyult, s ezt megkülönböztetéstül a β -formától γ' - Al_2O_3 -nak jelölik.

Högbomit, $(\text{Al,Fe})_2\text{O}_3$, átmeneti tag, elegykristály, rendszerint még Ti- és Mg-kationokat is tartalmaz, így formuláját helyesebb $\text{Mg}(\text{Al,Fe,Ti})_4\text{O}_7$ alakban írni. *Krist.* Trigonalis romboéderes. Leginkább mikroszkopikus szemcsék, szabad kristályban egészen ritka, az alak és termet hasonló az ilmenitéhez. Hasadás (0001) sz. $K = 6,5$, $S = 3,85$. Zsírfehérű, félig fémes, $n_\omega = 1,853$, $n_e = 1,803$. Teltbarna színben áttetsző. *Ércm.* szürke, gyenge reflexióképességgel (~ 9 – 10%). A bireflexió is erőtlenséggel; viszont jelentős, bár fakó színhatású az anizotrópiája. Belső reflexe bőszes (barna—sárga). — *Képz.* Ultrabázisos (szilikátszegény), alumíniumban gazdag magnetit—ilmenit—spinell-kőzet elegyrésze: Routivara (Svédország), Arne (Norvégia), Ticino-kanton (Svájc), Cambucho (Argentína). — A korábban külön ásványnak tartott *taosit*, melyet Naxos szig.-ről (Görögország) ismertettek, azonos a högbomittal.

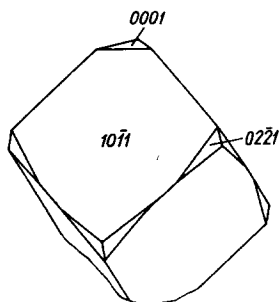
Hematit, *szpekularit*, *vörösvaskő*, Fe_2O_3 . Összetételében a Ti és Mg gyakori izomorf kationok (esetleges FeO-tartalma mindenkor magnetit maradványként szerepel benne) Fe 69,9%, O 30,1%. *Krist.* D_{3d}^3 — $\bar{R}3c$. $a_r = 5,43$ Å. $\alpha_r = 55^\circ 14'$. Hexagonális cella: $a_0 = 5,04$, $c_0 = 13,77$ Å. A (4041) elemi cellában $Z = 2$.

A hematit különböző hőmérsékleti viszonyok között keletkezhet, s ezt a kristályok alakzata, főképpen pedig a termeti sajátságai jól visszatükrözik. Így a pneumatolitos hőmérsékleten, illetőleg kontakt övekben keletkezett kristályok zömök piramisos vagy lencsés termetűek. Uralkodó forma az $(10\bar{1}1)$ törzsromboéder, $(22\bar{4}3)$ dipiramis és az $(10\bar{1}4)$ protoromboéder (*442. ábra*). A törzsromboéder erőteljesebb kifejlődésével, minthogy $(10\bar{1}1) \wedge (1101) = 94^\circ 00'$, kockaszerű termet alakul ki (*443. ábra*), míg tetőző forma lencsés jelleget kölcsönöz a kristálynak. Hidrotermás hőmérsékleten a (0001) bázislap kifejlődésével lapos táblás és lemezes—pikkelyes kristályok (vascsillám) keletkeznek (*444. ábra*). Epitermás kialakulási viszonyokra a vesés-sugaras alkatú vörös vaskobak jellemző. Közöséges hőmérsékleten téglavörös—meggyipiros színű finomszemcsés vagy földes tömeg alakul ki.

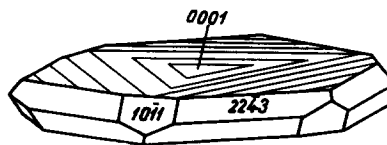
A jól fejlett kristályokon nagy formagazdagság mutatkozik. A bázislapon háromszögű rostozás gyakori (444. ábra), szkalenoéder alak azonban igen ritka. Ikerkristály a korundszerkezetnek megfelelően itt is a bázis (0001) és a törzs-



442. ábra. Hematit



443. ábra. Hematit



444. ábra. Hematit

romboéder (10 $\bar{1}1$) sz. képződik. A bázislap egyben translációs sík is, a romboéder szerint pedig nyomásra siklatás áll elő, mindkettő külsőleg rostozásként mutatkozik és hasadásszerű elválást eredményez. A táblás kristályok orientált összenövése rutillal a gyakoribb jelenségek közé tartozik. Hasadása nincsen, vékony lemezkéi hajlíthatók. A laza finom-lemezes vascsillám lágy, zsíros tapintású, papíron, kézen csillanó pikkelyes kenődést okoz. $K = 6,5$, a földes változatok keménysége 1 körül van. $S = 5,25$, a laza változatoké kisebb. Kristályos kifejlődésben fémfényű, különben tompa fényű vagy fénytelen. Acélszürke vagy szürkésfekete, a felület gyakran tarkára futtatott. Igen vékony lemezekben vérvörösén áttetsző. Karca (pora) alvadtvérvörös—cseresznyevörös. Opt. negatív: $\omega_{Na} = 3,22$, $\epsilon_{Na} = 2,92$.

Ércm. reflexiók színe kékes árnyalatú szürkésfehér, gyenge a pleokorizmusa és jelentős az anizotrópiája enyhén élénk színhatással; az (10 $\bar{1}1$) sz.-i ikerlemezek gyakoriak és teltvörös belső reflex bőségesen mutatkozik főként olajimmerzióban. Az elektromosságot jól vezeti, ami a hőmérséklet növelésével fokozható. Olv. p. 1355 C°. Izzítva mágnessé válik, porítva savakban lassan oldódik.

Képz., lelőhely. A hematit egyike a legfontosabb vasércnek (Fe-tartalma 69,9%). Elsődlegesen önálló érctelepet alkot; számos kőzetfélének lehet elegyrésze; kristályos palákban és üledékes kőzetekben is otthonos. Fontosabb képződéstípusok:

1. Folyós olvadékból tömegesen az ún. önálló ércmagma (apatitos vasércmagma) termékeként nagy hőmérsékleten válik ki. Dúsulása erősen függ a nyomástól és a jelenlevő gázfázis oxidáló-redukáló hatásától. Kialakulása közben a vas(III)-oxid oxigénelvonással részben magnetitté változik át, később (sokszor a teljes megszilárdulás előtt) a magnetit a redoxiérték növekedése folytán részben martitosodik (l. alább). Ha a telepet utólagosan metamorf pré-

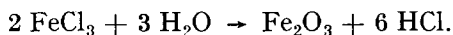
selés is érte, a hematitosodás tovább fokozódik, és az ércanyag teljesen hematittá alakul át. Gazdaságilag jelentős telepek: Gellivaara, Grängesberg és Malmberget (Svédorsz.); Algorobbo (Chile).

2. Pegmatitos—pneumatolitos hőmérsékletű kialakulására a vele rokon ilmenit (FeTiO₃) való társulás jellemző. A hematit képződése csak az ilmenit és „titánhematit” után következik. Csak néhány teléres kialakulásnak van gyakorlati fontossága.

3. Kontaktpneumatolitosan a hematit gyakran keletkezik, és fontos dúsulásokat alkot. Az ásványtársulásnak itt is késői tagja. Leginkább a csökkenő hőmérséklet során magnetitből vagy e helyett képződik. Gyakoriak a fennőtt, nagyon szép és jellemző termetű kristálycsoportok. Példák: Ocna de Fer (Vaskő) és Dognacea (Dognácska, Bánság, Románia), Elba-sziget (Olaszorsz.); Iron Mount (Missouri, USA).

4. Hidrotermás termékként keletkezett hematitnak ritkán van nagyobb jelentősége. A magnetitkíséret itt teljesen elmarad. Aránylag nagyobb hőmérsékleten durvább szemcsés és fejlettebb táblás, fennőtt kristályok alakulnak ki. A kis hőmérsékletű kiválásra vékony lemezes-pikkelyes termet jellemző. A Velencei-hegység gránitjának üregeiben ritkaságként vékony lemezeket és habszerű halmazokat alkot. Hidrotermás-teléres kialakulásban nem ritkán a pirrotinnal társul: Olonyec (Szovjetunió), Fichtel-hegységben Wölsendorf (Bajororsz., Németorsz.). — Egyes hidrotermás sziderittelepek vaspátja utólagosan részben hematittá („szpekularittá”) alakult: Rudabánya, Borsod megye; a Szlovák Érchegységben: Bindt (Rudnány-körzet); Siegerland (Németorsz.). Hidrotermálisan képződött szép kristályok ismeretesek az Alpok szilikátos palaközeiteinek hasadékaiból Cavradi (Tavetsch-völgy, Graubünden-kanton) és Binnental (Svájc). Metaszomatikus eredetű hematit-dúsulásként ismerjük a karbonkori mészkőbe települt Cumberland és Lancashire (Anglia) vörösvaskövét, melyet jellegzetes hidrotermás ásványtársulás kísér.

5. Vulkánok lágáiban exhalációs termékként hematit keletkezik a ferriklorid-gőz és vízgőz kölcsönhatásából:



Ilyen az erdélyi (Románia) Hargitában a Kakukk-hegyen (Muntele Cucului), a Börzsönyben a Bernece melletti Huszár-hegyen, a Vezúv és Etna (Olaszorsz.) lágáin található vékony-lemezes hematit.

6. Az üledékes eredetű hematitércsek, melyek részben diagenezissel, részben metamorf hatásra barnavaskőből alakultak át, iparilag a legjelentősebbek közé tartoznak, s igen nagy érckészletet képviselnek. Az USA nehéziparának vasércbázisát jelenti az eredetileg oolitos szövettű *clintonérc* (Alabama és New York államban), hasonló a *wabanaérc* Új-Fundlandon (Kanada) és a Felső-tó körüli államok (Minnesota és Wisconsin, USA) *mesabi*-formációja.

7. A metamorf kialakulású hematit főképp csillám- és kvarcpalába települt réteges-palás szerkezetű vascsillám több-kevesebb magnetittel. Helyenként a

hematit az uralkodó, s vascsillámpala a neve. Bizonyos, hogy eredetileg vasas üledékekből, illetőleg gazdagon feldúsult barnavas metamorf átváltozásával keletkezett. Gazdaságilag rendkívül nagy jelentőségű, ún. *itabirit*-telepek tartoznak ide: Krivoj Rog (SZU), Minas Gerais (Brazília). Kisebbségek: Borşa (Borsa, Erdély, Románia), Rusca Montană (Ruszkabánya, Ruszka-hav., Románia). Hazánkban a hematitércnek nincs számottevő előfordulása. Említettük Rudabányát, ahol metaszomatikus vaspátból alakult kisebb mennyiségek vannak. A Kárpát-övezeten belül a Szlovák Érchegeység egynemely pátvasércéből átalakulási termékként keletkezett. Említhető még Rahov (Rahó, Kárpáton túli terület, SZU), ill. Moneasa (Menyháza) és Vaşcău (Vaskoh, Béli-hg., Erdély, Románia). Ugyancsak jelentősebb tömegek vannak Rimetea (Torockó), Turda (Torda) környékén, továbbá Ghelar (Gyalár, Ruszka-hav., Románia) mellett.

A *martit* mágnesvasból részleges oxidációval keletkezett hematit. A magnetitkristály belsejében mikroszkopikus lemezrendszerként jelenik meg. Csakis folyós-magnás és kontakt-pneumatolitos magnetitben képződik.

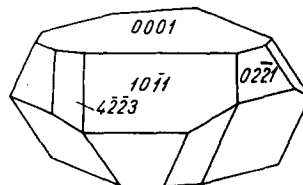
Eskolait, Cr_2O_3 . A vegyület rendszerint még kevés V-ot és Fe-at tartalmaz.

Krist. ditrigonális szkalenoéderez, korundrács. $D_{3d}^6-R\bar{3}c$. $a_0 = 4,97$, $c_0 = 13,57$ Å. Néhány mm-es prizmás vagy bázis szerint táblás kristályok. Zöldesfekete, erős fényű, töredékben zölden áttetsző. Pleokroós (smaragd-olajzöld). Egyetlen lelőhelye Outukumpu (Finnorsz.), ahol krómtartalmú tremolitos szkarn elegyrészeként került elő.

Karelianit V_2O_5 ; állandó társakationok: Fe, Cr és Mn. *Krist.* ditrigonális szkalenoéderez, korundrács. Mikroszkopikus szemcsék, prizmák. Szurokfekete, erős fényű, $K = 8,5$. Ugyancsak a finn karéliei Outukumpu (Finnorsz.) szkarnkőzetében fedezték fel.

Ilmenit, titánvas, FeTiO_3 . Izomorf elegyedésként Mg-ot és több-kevesebb Mn-t tartalmazhat. Az elegyképződés olyan gyakori, hogy a „tisztá” FeTiO_3 -at külön névvel (*crichtonit*) jelölik. Ebben Fe 36,8%, Ti 31,6%, O 31,6%. *Krist.* Trigonális romboéderez, $C_{3i}^2-R\bar{3}$. $a_r = 5,55$, $\alpha_r = 54^\circ 39'$. $Z = 2$. A rács a korund típusú hematittól annyiban tér el, hogy ennek két ferriionját egyrészt Fe^{2+} , másrészt Ti^{4+} helyettesíti, éspedig az oxigénsík felett és alatt váltakozó helyezkedésben. Ezzel megszűnik a függőleges tükörsík, s a rácsszimmetria a ditrigonális szkalenoéderezről romboéderezre csökken.

A kristályok termetére a bázis (0001) sz. táblás kifejlődés jellemző, melyhez az (1011) törzsromboéder és a (0221), továbbá a (2243) deuteroromboéder társul (445. ábra). A kristályos külső hasonlít a hematitéhoz. Ikerkristály szintén (0001) és (1011) sz. Utóbbi gyakran sűrűn lemezes kifejlődésű és mikroszkópban jellegzetes képet mutat. Tömött szemcsés, vagy vaskos tömeges, máskor lemezes, vagy zárvány más ásványokban. $K = 5-6$. $S = 4,5-5$. Az említett (0001) és (1011) ikersíkok sze-



445. ábra. Ilmenit

rint jó elválása van, egyébként hasadása nincsen. Szurokfényű, kissé fémes. Vasfekete, karca barnásfekete. Igen vékony lemezei vörösbarnán áttetszők és gyengén pleokroósak. Az izomorf Mg- és Mn-tartalom szerint átlátszóbbá válik, és ilyenkor a karcszín is barnás vagy ibolyás. Opt. egytengelyű, negatív. Fénytörése erős: $\omega = 3,58$, $\varepsilon = 2,21$.

Ércm. szürkésfehér, hasonló a magnetithez. Bireflexiója jelentős, különösen olajimmerzióban, anizotrópiája élénk, kioltása néha „unduláló”. Gyakran ikerlemezes. Belső reflexe barna. — Lángban nem olvad, nem mágneses, de kihevités után mágnessé válik. Finom pora HCl-ban lassan oldódik.

Képz., lelőhely. Az ilmenit eléggé közönséges femikus elegyrész bázisos magmás (gabbró, diabáz, bazalt) és metamorf kőzetekben. Nagyobb érctümegek likvidmagma kiválásokban. Itt eredetileg magnetittel homogén elegyet (titano-magnetitet) alkot, mely később szételegyedik. Nagy hőmérsékleten ugyancsak korlátlanul elegyedhet hematittal is, melynek a lehűlés utáni szétkülönülése mikroszkópban jól észlelhető s a földpátok pertitjére emlékeztet. 1. Nagyobb likvidmagma felszaporodás a Szarvaskő-i (Bükk-hegység) wehrlit nevű diallag-peridotitban, a dél-norvégiai Egersund és Sogndal, a svédországi Taberg bázisos mélységi kőzeteiben, a névadó Ilmen-hegységi Miassz (SZU) eleolitszienitjében. Említhető még egyes hazai, pl. a sághegyi (Celldömölk mellett), zalahalápi bazaltunk durvaszemű kőzete, melynek üregeiben cm-es táblák képződtek. 2. Az Alpok, az Ural hegység kristályospala-kőzeteiben lemezesen, valamint e kőzetek hasadékaiban szép kristályos alakban is gyakori. 3. Torlatásvány. Koptatott-gömbölyödött szemek, néha nagyobb kavicsok formájában különféle torlatokban, legtöbbször drágakőhomokokban gazdagon felszaporodik.

Alk. A titán jelentősége a korszerű kohó- és kémiai iparban mindinkább fokozódik. Főképp a titánacélgártáshoz, a „titánfehér” festék előállításához (l. rutilnál), valamint sötétebb színű zománccfestékek céljaira használják. Az ilmenit mint vasérc jelenleg nem értékesíthető. A tömeges, magnetittel vegyes, durvaszemű ércanyagokból azonban zúzás után elektromágnessel elkülönítik az ilmenitet, és a mágnesevasat kohósítják.

Geikielit, $MgTiO_3$, az ilmenittel izomorf, mindig van Fe-tartalma is, közelítőleg $Mg : Fe = 8 : 1$, így képletét helyesebb $(Mg,Fe)TiO_3$ alakban írni. $a_c = 5,55$, $\alpha_c = 54^\circ 89'$. Alak, megjelenés ugyanaz, mint az ilmenité, színe barnásfekete. $S = 4,05$. Fénytörése némileg kisebb: $\omega = 2,31$, $\varepsilon = 1,95$, ugyancsak erősen kettőtörő. — Megkülönböztetni az ilmenittől csak optikai úton, főleg ércmikroszkóppal lehet. Lelőhelyei általában ugyanazok, mint az ilmenitéi.

Pirofánit, $MnTiO_3$. Izomorf az ilmenittel, trigonális romboéderes. A Mn mellett több-kevesebb Fe-at tartalmaz: $(Mn,Fe)TiO_3$. $K = 5-6$. $S = 4,54-4,58$. Színe sötét vérvörös, karca okkersárga, kissé zöldes árnyalással. $\omega = 2,48$, $\varepsilon = 2,21$. Nem pleokroós. *Ércm.* az ilmenittől főként a belső reflex gyakori jelentkezése alapján különböztethető meg. — Genetikai és megjelenési sajátosságai az ilmenitével egyezők.

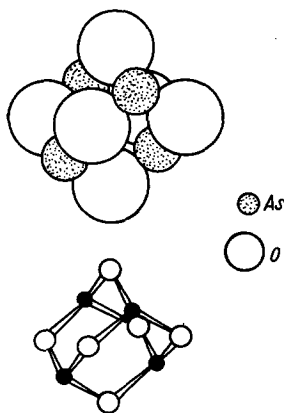
Maghemit, $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$. Mágneses ferri-oxid. Szabályos tetartoédes, szerkezete a spinnelrácséhoz hasonló, $T^4\text{-}P2_13$. $a_0 = 8,32 \text{ \AA}$. $Z = 12$. Csakis szemcsésen, lazább-tömöttebb halmazként ismeretes. $K = 5$. $S = 4,4$. Általában barna, sötétbarna, finom pora teltbarna. $n_{Li} = 2,52\text{--}2,75$. Erősen ferromágneses. *Ércm.* kékesfehér, izotrop, reflexióképessége gyenge (18%). Belső reflexe sötétbarna. — Felszínközeli oxidációval magnetitből keletkezik. Állandó kísérői másodlagos vas-hidroxidok (goethit, lepidokrokit). Egyébként lepidokrokitból 750° -ra való hevítéssel könnyen előállítható.

β -sor.

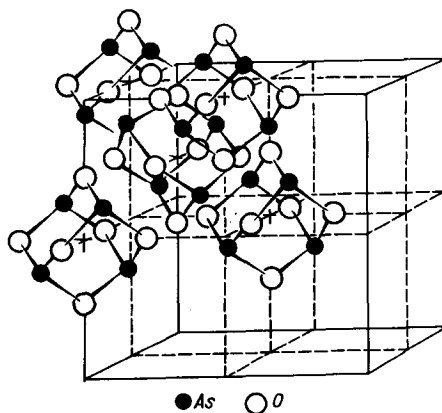
ARZENOLIT-RÁCSÚ SZERKEZETEK

Az egyszerű oxidok között a félfémek R_2O_3 -vegyületei sajátos csoportot alkotnak. A szervesetlen kristályok között ritkaságként előforduló molekulaszerkezetük van. A molekulaegységen belül erős homöopoláris kötés működik, de a molekulákat egymással csak a gyenge *van der Waals*-erők tartják össze. Az ilyen szerkezeteknek csekély a keménységük, alacsony az olvadáspontjuk, könnyen deformálhatók. A természetben csakis másodlagosan, mállás útján keletkeznek, nagyobb gyakorlati jelentőségük nincsen. Mesterségesen könnyen előállíthatók.

Arzenolit, *arzenvirág*, As_2O_3 . Vegyileg eléggé tiszta; As 75,7%, O 24,3%. *Krist.* Szabályos holoédes, $O_h^1\text{-}Fd3m$. $a_0 = 11,08 \text{ \AA}$. $Z = 16$. Rácsa molekularács. A molekulák As_4O_6 -együttesből állnak: az oxigén oktaédes illeszkedésű és az As tetraédesen, a váltakozó oktaéderlapok közepén helyezkedik el (446. ábra). A molekulák a cellában gyémántrács módjára rendeződnek. Cellánként a molekulák száma 16 (447. ábra). Kristályosan csak az egy-



446. ábra. Arzenolit; As_2O_3 -molekula; fent: atomok illeszkedése

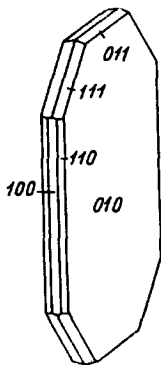


447. ábra. Arzenolit-molekulák az elemi rácsban

szzerű oktaéderforma ismeretes. Leggyakrabban lisztszerű vagy kéregszerű bevonat, máskor földes vagy cseppkőszzerű. Hasadás (111) sz. $K = 1,5$. $S = 3,7$. Selymes üvegfényű; színtelen, néha sárgáspiros. Erős mérég! Hevítve ellilan és As-szagot áraszt. HCl oldja, forró vízben is oldódik. As-tartalmú ércek felületén képződik.

Claudetit, As_2O_3 . Monoklin prizmás, $C_{2h}^5 - P2_1/n$. $a_0 = 5,26$, $b_0 = 11,90$, $c_0 = 4,55$ Å. $\beta \simeq 93^\circ 49'$. Az arzén-trioxid monoklin módosulata. Gipszhez hasonló vékony, (010) sz.-i táblácskák (448. ábra). Hasadás (010) sz. tökéletes.

$K = 2,5$. $S = 4,15$. Színtelen vagy fehér. Erős üveg-, illetőleg gyöngyházfénye van. Másodlagos ásvány. Realgár, arsenopirit s más As-ásvány oxidációs terméke. Bányaeégéskor is keletkezik.



448. ábra.
Claudetit

Senarmontit, Sb_2O_3 . Vegyületében az összetevők aránya Sb 83,5%, O 16,5%. Szabályos holoéderes. Rácsa az arzénolittal egyező molekularács. $O_h^7 - Fd\bar{3}m$, $a_0 = 11,16$ Å. Görbült lapú oktaéderekben vagy szemcsés, kéregszerű halmazokban képződik. Hasadása (111) sz. kivehető. Törékeny. $K = 2$. $S = 5,2$. Gyantafényű, áttetsző, színtelen vagy kissé szürkés. Hevítéskor könnyen megolvad és elszállad. Sósav oldja. — Főképpen az antimonit mállásterméke. Egyéb antimonércek pörkölésekor is keletkezik. Pezinok, Pernek (Kis-Kárpátok, Csehszlovákia), Szardínia (Olaszorsz.). Nagyobb mennyiségben: Djebel-Hamimat (Algír).

Valentinit, Sb_2O_3 . Rombos dipiramisos. $D_{2h}^{10} - Pccn$. $a_0 = 4,93$. $b_0 = 12,48$, $c_0 = 5,43$ Å; $Z = 4$. — Néha szépen fejlett kristályos csoportokban, többnyire azonban kivirágzásként sugaras-nyalábos, kérges, szemcsés bevonatokban képződik az antimoniton. Hasadása (010) sz. kitűnő. $K = 2,5$, $S = 5,7$. Gyémántfényű, színtelen, vagy sárgásra, szürkére színezett. Félig áttetsző. — Antimontartalmú érceken néha nagyobb mennyiségben keletkezik. Számos lelőhelye közül említhető: Pezinok, Pernek (Kis-Kárpátok, Csehszlovákia), Baia Sprie (Felsőbánya, Gutin-hg., Románia), Freiberg (Szászorsz., Németorsz.), Příbram (Csehszl.), Dauphiné (Franciaorsz.). — Gyakori kohótermék, illetőleg szálladék.

Bizmit, bizmutokker, $\alpha\text{-Bi}_2\text{O}_3$. *Krist.* Monoklin prizmás. $C_{2h}^5 - P2_1/c$. $a_0 = 5,84$, $b_0 = 8,16$, $c_0 = 7,49$ Å. $\beta \simeq 112^\circ 56'$. $Z = 4$. Finom földes, porszerű bevonat, összefüggő kéreg bizmutérceken, $K = 4,5$. $S = 8,6 - 9,2$. Félig gyémántfényű, szürkészöld, kis töredékben átlátszó. — Másodlagos ásvány kilúgozott Bi-tartalmú kőzeteken. Főleg termés-Bi és bizmutin átalakulási terméke. Bolívia; California (USA); Berezovszk (Ural, SZU).

Sillénit, $\gamma\text{-Bi}_2\text{O}_3$, a bizmut-oxid szabályos módosulata, $a_0 = 10,10$ Å. Zöld, sárga. Eddig csak a mexikói Durango bányából és a bolíviai Colavi lelőhelyről került elő. — Mesterségesen a Bi_2O_3 négyféle módosulatban állítható elő: 1. (α) monoklin, 2. (β) tetragonális, 3. tércentrált szabályos, 4. (γ) egyszerű szabályos.

Russellit, $(\text{Bi}_2, \text{W})\text{O}_3$, tetragonális szkalenoédéres, $D_{2d}^{13} - I\bar{4}2d$. $a_0 = 5,43$, $c_0 = 11,3$ Å, $Z = 4$. Finom szemecskék tömött halmaza. $K = 3,5$, $S = 7,35$. Halványsárga, sárgászöld. A cornwalli (Anglia) bányákban másodlagos ásvány.

γ-sor.

BIXBYIT-RÁCSÚ SZERKEZETEK

Az R_2O_3 összetételű vegyületek körében a bixbyitcsoport külön rács típust képvisel. A túlnyomóan Mn-oxidokból álló sorozat jelentőségére csak az újabb ércmikroszkópi vizsgálatok terelték rá a figyelmet, midőn kiderült, hogy egyes Mn-érctelepekben igen fontos szerepet töltenek be.

Kristályszerkezetileg a rácsfelépítés hasonlít a fluoritéhoz, illetőleg olyan fluoritrácsnak tekinthető, melyben az anionhelyeknek $1/4$ -e nincsen betöltve. Innen ered, hogy a szerkezet szabályos ugyan, de csak feles (diszdodekaédéres) szimmetriája van (partridgeit, bixbyit). A Mn helyén az Fe^{3+} -kation izomorf helyettesítésének fokozódásával és egyidejűleg egyéb, főleg Ca^{2+} -ion behelyezkedésével anomális elegyképződés történik, ami további szimmetriacsökkenést von maga után: a felépítés álszabályossá válik (sitaparit). A még kellően nem tisztázott braunitszerkezet esetében pedig korlátolt mennyiségű Si^{4+} -helyettesítés történik, ami lényeges szerkezeti változást idéz elő, sőt más, idegen kation belépésével további módosulás lehetséges (långbanit).

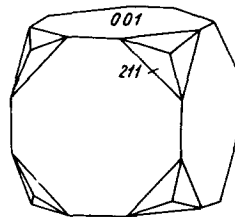
Partridgeit, Mn_2O_3 . Szabályos diszdodekaédéres, $T_h^7 - I\bar{a}3$. $a_0 = 9,43$ Å. Az izomorf sor szélső tagja, de összetételében mindig van legalább 10%-nyi Fe_2O_3 is, tehát valójában vasban szegény bixbyitnek tekinthető. Természetes előfordulása Postmasburg (D-Afrika).

Bixbyit—sitaparit, $(\text{Mn}, \text{Fe})_2\text{O}_3$. Szabályos diszdodekaédéres. $T_h^7 - I\bar{a}3$. $a_0 = 9,39$ Å. $Z = 16$. Összetételében a Fe a mangánt tág határok között helyettesítheti. A Fe_2O_3 -tartalom néhány százaléktól egészen 60%-ig növekedhet, egyébként némi Ti-t is állandóan tartalmaz. Ezenkívül a sitaparitban a Mn helyére Ca, sőt Na is behelyezkedhet.

A kristályalak legtöbbször jól fejlett egyszerű kocka, melyen néha a (211) forma is megjelenik (449. ábra). $K = 6$, $S = 5,0$. Hasadás az (111) sz. igen jó (fluoritrács!). Fénye félig fémes, színe és karca is fekete. Átlátszatlan, opak.

Ércm. közepes fényvisszaverő képessége és világosszürke színe van. A bixbyit izotrop, a sitaparit gyengén anizotrop reflexiójú és belsejében ikerlemezrendszer mutatkozik. — Forrasztócsővel mágneses golyóvá olvad. Sósav Cl-fejlődés közben nehezen oldja.

A bixbyit—sitaparit egykori üledékes Mn-érctelepek regionális és kontakt metamorf átalakulásakor nagyobb mennyiségben keletkezik. Főként braunit, hollandit, hausmannit, hematit a gyakoribb kísérő-ásványok. Az ércszövetben a sitaparitnak idioblasztos, a bixbyitnek idiomorf-szemcsés kifejlődése van.



449. ábra. Bixbyit

Lángban (Svédország), Sitapar (India), Postmasburg (Dél-afrikai Unió). Bixbyit keletkezik egyes riolitlávák üregeiben is. Exhalációs-pneumatolitos folyamatok termékeként is megjelenik, ilyenkor topázzal, gránáttal, rózsaberillel és hematittal társul, pl. Thomas Range (Utah, USA).

Braunit, $(\text{Mn}, \text{Si})_2\text{O}_3$. Összetétele ilyen alakban: $3(\text{Mn}, \text{Fe})_2\text{O}_3 \cdot \text{MnSiO}_3$ jobban megközelíti a való viszonyokat. A $\text{Mn} : \text{Si} = 7 : 1$ arány állandónak látszik. A Mn helyén pedig a vashelyettesítés a $\text{Fe} : \text{Mn} = 1 : 5$ viszonyt közelítheti meg. Ezenkívül néhány százalék Ba állandóan, ritkábban kevés Ca és Mg is részt vehet a felépítésében. Bizonyos, hogy a Si a szerkezethez tartozik, és pedig a Mn-t helyettesíti a szilikátokra jellemző tetraéderes koordinációban. A rács megfelel a bixbyit-típusnak, amit az a_0 rácsállandó közeli értéke is bizonyít. Tetragonális, $D_{4h}^{20} - I4_1/acd$, $a_0 = 9,52$, $c_0 = 18,68$ Å, a külső alak hajlásszögei alig térnek el a megfelelő szabályos formákétól. Kristályai oktaéderes termetűek, aprók és tömötten egymás mellé illeszkedve kemény kérget alkotnak. Vaskos tömegekben is gyakori, ilyenkor pszilomelánnal, pirolúzzal, hematittal, hausmannittal vegyes ércszövetbe ágyazódik. $K = 6-6,5$, $S = 4,8$. Hasadás (111) sz. Opak, félig fémes fényű, színe szürkésfekete, karca barnásfekete, kissé mágneses.

Ércm. kockaszerű vagy oktaéderes körvonalú kristályainak színe szürkés-fehér, reflexióképessége közepes. Gyengén anizotrop. Belső reflexe barna. — Lángban nem olvad, sósav klórfejlődés közben oldja, hosszabb főzéskor gyenge kovakocsonya képződik.

Képz., lelőhely. A braunit igen változatos viszonyok közt keletkezhet. Legnagyobb mennyiségben mangán-oxidokból és szilikátokból regionális és kontakt metamorfózis útján képződik. Állandó kísérői: pszilomelán, manganit, polianit, hauszmannit, jakobsit, mangánepidot, barit. Lángban és Pajsberg (Svédország). Legnagyobb tömegben: Sitapar és Nagpur (India); továbbá Postmasburg (Dél-afrikai Unió); Minas Geraes (Brazília). Jelentéktelen mennyiségben porfiritet harántoló mangánitlérben: Ohrenstock és Ilmenau (Thüringia, Németország).

Lángbanit, szerkezete azonos a braunittal, de még több idegen kationt tartalmaz. Benne a Mn-nak kb. 1/4 részét Fe^{3+} , Mg és Ca helyettesíti. — Lángban (Svédország).

d) csoport.

RO_2 -vegyületek (AX_2 -oxidok)

Az $\text{R} : \text{O} = 1 : 2$ arányú oxidok egyben fontos rács típusok is. A csoportosítás a legjellemzőbb szerkezeti sajátosság, a koordináció alapján történhet. Az ide tartozó oxidok körében az atomok viszonylagos nagysága, helyesebben a kationméret növekvő fokozatai szerint általában háromféle környezeti forma valósul meg: a tetraéderes, az oktaéderes és a hexaéderes. Így a 4-es, 6-os és 8-as koordináció alapján az RO_2 -szerkezetek három sorozatra bonthatók. A sorozat

tokon belül a további beosztás, illetőleg az ásványfajták megkülönböztetése egyrészt a koordinációs poliéderek viszonylagos helyzetének módosulása, másrészt a kation minőségének változása alapján történik.

 α -sor.

A KVARC ÉS ROKONSÁGA

57. táblázat

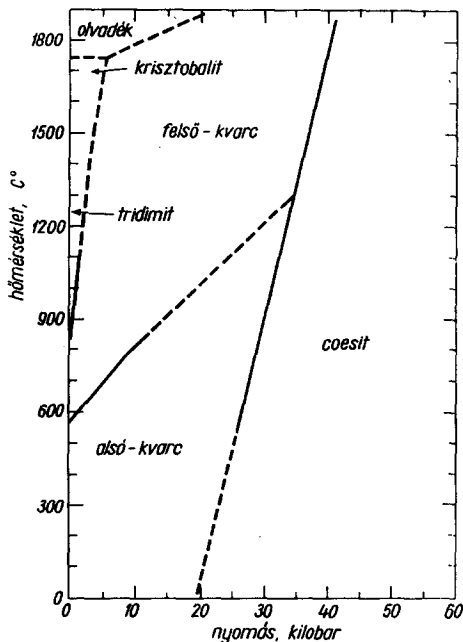
Ásvány	Stabilitási tartomány 1 atm -án	Szimmetria	Téracsop.
Kvarc (α -kvarc)	573 C° alatt	trigonális trapezoédéres	$D_3^4 - P3_121$ $D_3^6 - P3_221$
„Felső”-kvarc (β -kvarc)	573°—870°	hexagonális trapezoédéres	$D_6^4 - P6_222$ $D_6^6 - P6_422$
Tridimit (α -tridimit)	117 C° alatt	monoklin	$C_{2h}^6 - C2/c$
„Közép”-tridimit (β_1 -tridimit) „Felső”-tridimit (β_2 -tridimit)	117—163° 163°—1470° (870°—1470°)	rombos hexagonális dipiramisos	$D_2^5 - C222_1$ $D_6^4 - P6_3/mmc$
Krisztobalit (α -krisztobalit)	200° alatt	tetragonális trapezoédéres	$D_4^4 - P4_12_12$ $D_4^8 - P4_32_12$
„Felső”-krisztobalit (β -krisztobalit)	200°—1720° (1470°—1720°)	szabályos tetartoédéres	$O_h^4 - Fd3m$
Keatit	metastabilis	tetragonális trapezoédéres	$D_4^4 - P4_12_12$ $D_4^8 - P4_32_12$
Coesit	metastabilis	monoklin prizmás	$C_{2h}^6 - C2/c$
Stishovit	metastabilis	tetragonális holoédéres	$D_{4h}^4 = P4_2/mnm$

Fulgurit (lechatelierit) üvegszerűen amorf SiO_2 Opál: $\text{SiO}_2 + \text{aq}$

A finom műszeres vizsgálatok nyomán az SiO_2 szerkezeti variációk száma 10-re emelkedett. Az alapstruktúrájú (fő típusú) kvarckristály szerkezetileg közel áll a háromdimenziós tektoszilikát-építményekhez (pl. a földpátfélékhez). Innen ered, hogy egyes rendszerezések a kvarcásványokat a szilikátok közé osztották be. E jellegzetesen egyparaméteres rácsépítményekben azonban mindenkor ugyanaz a kation kapcsolódik az oxigénhez (és viszont). A részletes szerkezelelemzés továbbá azt is bebizonyította, hogy a módosulatok között vannak

olyan koordinációs formák is, melyek merőben különböznek a szilikát-struktúráktól. Ezek és egyéb okok is azt követelik, hogy e népes csoportot mindenképpen az oxidok közé soroljuk be.

A polimorf SiO_2 -vegyület homöotíp módosulatai közül a négy legfontosabb szerkezet: a kvarc, tridimit, krisztobalit és coesit. A három első formának enantiotrop módosulatai is vannak. Külön fázis az SiO_2 -olvadék gyors lehűléséből keletkező amorf kvarcüveg (fulgurit, lechatelierit), és ide kell sorolni — mintegy függelékül — az ugyancsak amorf, de vizet tartalmazó opálféléket is.



450. ábra. Nyomás—hőmérséklet-diagram a kvarc, tridimit, krisztobalit és coesit stabilitási viszonyairól. (C. Frondel nyomán, 1962)

littá kristályosodik. Ha lehűléssel tridimit jön létre, s ennek 870° -os inverziós pontján is túlhúll a rendszer, ez a forma már metastabilisan megmarad, miközben átmegy két gyors inverzióra, a 169° -os „közép”-tridimitfázison és a 117° -on, vagyis az α -tridimit inverziós pontján. A tridimitpolimorfia sajátosságait és stabilitási viszonyait még nem ismerjük eléggé. A fázis egészen pontos kémiai ösz-

A fontosabb tagok stabilitási viszonyait a hőmérséklet—nyomás függvényében a 450. ábra mutatja be.

A polimorf változatok közül közönséges hőmérsékleten és nyomáson az α -kvarc* stabilis. Az α - („alsó”-) tridimit, α -krisztobalit, valamint a keatit, stishovit és coesit is megmaradhat metastabilis állapotban közönséges viszonyok között. Az α -kvarc (1 atm nyomáson) 573°C -ig stabilis, amikor is gyors reverzibilis átváltozás következik, s a másik közel rokon szerkezeti forma, a felső- (β -) kvarc áll elő, mely 870° -ig stabilis. E határérték feletti tartományban, vagyis 870° -tól 1470° -ig a felső- (β -) tridimit stabilis, de közte és a hexagonális kvarc között nagyon vontatott az átalakulás, sőt a felső-kvarc a határ átlépése után is megmaradhat, különösen olvadékanyag nélküli „száraz” rendszerben, metastabilis formában, míg végül is megolvad. Ezt az olvadáspontot nem ismerjük közelebről, de bizonyos, hogy alacsonyabb a tridimiténél (1670°) vagy a krisztobaliténál. A kvarcból nyert olvadék 1720°C alatt leginkább β -krisztobalittá kristályosodik.

* A szerkezetmódosulatok eddigi bizonytalan jelölésmódját a Nemzetközi Mineralógiai Asszociáció döntése egységesítette. Ennek megfelelően jelöljük mi is a SiO_2 polimorf sorozat tagjait.

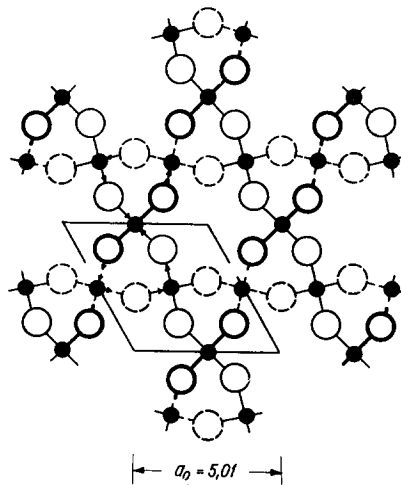
szetételének, a rácsrendezetlenségek természetének és az ún. „szuperrács” szerepének tisztázására van szükség (l. alább).

A továbbiakban lényeges tehát, hogy közönséges hőmérsékleten az említett „alsó” módosulatoknak (és az amorf változatoknak) van jelentősége.

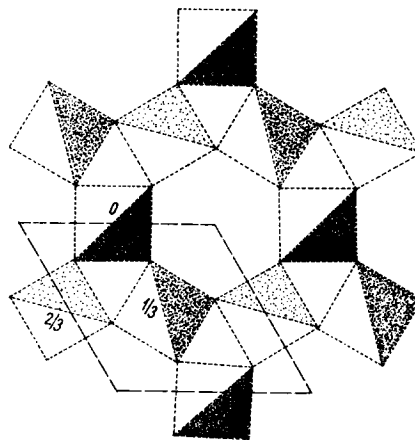
Rácsszerkezetileg a SiO₂-módosulatok túlnyomó részének legfőbb sajátása a tetraédes koordináció. A Si⁴⁺-ion sugara 0,42 Å, ami oxigénkörnyezet esetén 4-es, tetraédes illeszkedést követel meg. A szerkezetet tehát SiO₄-tetraéderek építik fel. Az SiO₄-csoportokban egy oxigénre a Si⁴⁺ valenciájának csak 1/4 része jut, s így az O²⁻-nek fölös vegyértéke marad, ami úgy egyenlítődik ki, hogy a szomszéd tetraéderek egymással közös oxigénionok révén kapcsolódnak, tehát minden oxigénhez 2 szilícium tartozik, s ezzel a rács elektrosztatikusan semlegesé válik. A rács összegformulája pedig ∞ (SiO₂) lesz.

Az így felépített háromdimenziós vázrendszernek nagyszámú variációja jöhet létre. Ennek kettős oka van: 1. Az oxigénatomok nem töltik ki tömötten a rácsteret, s így a szerkezetben bizonyos hézagok, elmozdulásra alkalmas terek maradnak. 2. Az Si—O kapcsolódásban a kötési erők minősége különösen erős: csak részben ionos, jórészt, legalább 50 %-ban kovalens. E két tényező az SiO₂-félék sajátosságait jól magyarázza: a hézagos térkitöltés és rendkívül nagy kötőerő a hőmérséklet növekedésével vagy csökkenésével többféle, szinte kaleidoszkópszerű rácsváltozatokat hoz létre, és a teljes felbomlás (megolvadás) csak nagy hőmérsékleten következik be. Továbbá valamennyi tagnak aránylag kicsi a fajsúlya és törésmutatója, de egyben nagy a keménysége és kifejezett hasadása egyik módosulatnak sincsen.

A kvarcrács SiO₄-tetraédereinek összefüggését könnyebb áttekinteni a hexagonális (β-) szerkezet alapján. Ennek képét a 451. és 452. ábra szemlélteti.

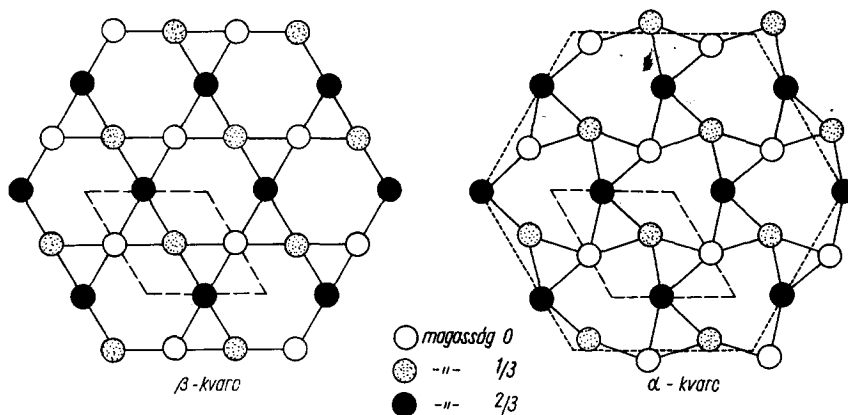


451. ábra A β-kvarc szerkezetének képe a (0001) lapra vetítve.

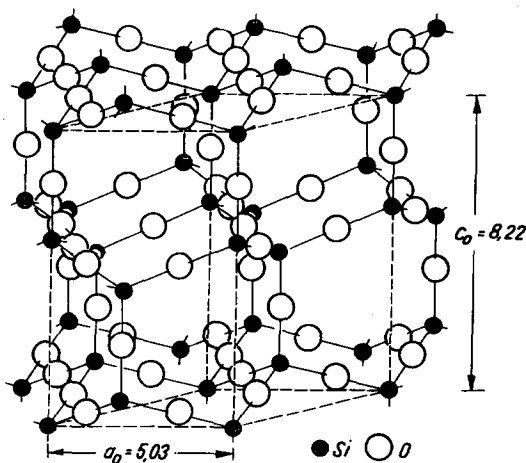


452. ábra. Ugyanaz a szerkezeti kép; a tetraéderek kapcsolódásának bemutatása. A tetraéderek pontozása a három mélységi fokozatot jelzi. A bejelölt számozás sorrendje szerint a tetraéderek csavarvonalas elhelyezkedését is követni lehet. Mindkét ábrán az elemi cella alaprajza is látható

Ezek szerint az SiO_4 -tetraéderek a c -tengely szerint csigavonalban sorakozva (helikogirek szerint) helyezkednek el. Az egy síkban levő, egymással szembenéző tetraéderek egymással párhuzamosak. A szerkezet enantiomorf, tehát a csavartengelyek jobb vagy bal fordulással működtethetők. Az α -kvarc szerkezete előbbitől főleg abban tér el, hogy a $\text{Si}-\text{O}-\text{Si}$ kötésirány bizonyos törést szenved,



453. ábra. A jobb-kvarc β - és α -módosulata. A szerkezeti kép csakis a (háromféle mélységű) Si-atomokat tünteti fel (0001) szerinti vetületben



454. ábra. A β -tridimit szerkezete. Az SiO_4 -tetraéderek kettésével Si_2O_7 -csoportokat alkotnak, melyben a két tag tükörsík szerint szimmetrikus (vö. wurtzit-rács)

s így az egy síkban levő szembenéző tetraéderek egymással már nem párhuzamosak. Ezzel a szerkezeti szimmetria csökken, itt már csakis helikotrigirrek vannak, míg a β -kvarcban digír + helikohexagír és helikotrigír együttesen szerepel. A két kvarcszerkezet különbségét legjobban a 453. ábra szemlélteti.

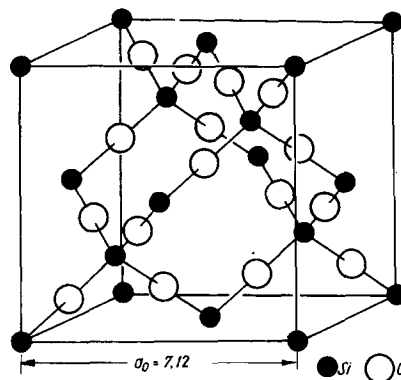
A tridimitrács felépítését ismét a hexagonális holoéderes β -szerkezettel lehet legjobban áttekinteni (454. ábra).

Az ábrán látható, hogy az SiO_4 -tetraéderek egyik kötésiránya a c -tengellyel azonos, és az Si_2O_7 -es szerkezeti csoportok

tükörsík szerint szimmetrikusak; mindez nagyobb fokú szimmetriát ($D_6^4 - P6_3/mmc$), de egyben tágasabb illeszkedést jelez. A közép-tridimit rombos—ál-

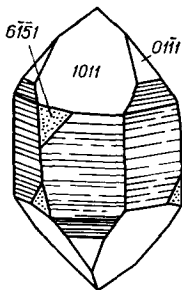
hatszöges szerkezete a kvarchoz hasonló módon áll elő, vagyis a hőmérséklet csökkenésének hatására tömörülés következik be, s ez a Si—O—Si kötésvonalakban törést okoz, ami szimmetriacsökkenést von maga után.

A *krisztobalitrács*nak van a legmagasabbrendű szimmetriája (hexakisztetraéderes). A β -módosulat szerkezetét a 455. ábra mutatja be. Látható, hogy a Si-atomok a gyémántrács mintájára rendeződnek, s ezeket övezik tetraéderesen az oxigénionok. A legfőbb különbség a tridimitráccsal szemben az, hogy itt az Si₂O₇-es részletnek inverziós centruma van (miként a szfalerit-rács kapcsolt tetraédereinek). A felső-krisztobalit átalakulása tetragonális-álszabályos α -krisztobalittá az ismertetett hőfokhatáron következik be, s ez ugyanúgy a tetraéderek egymáshoz viszonyított helyzetének megváltozásával jár, mint az előbbi két SiO₂-szerkezetnél.



455. ábra. A β -krisztobalit szerkezete

Kvarc, SiO₂. Összetételében nagyon csekély a társuló elemek mennyisége. A víztiszta változat teljesen megfelel a formulának. A színes fajtákban nagy érzékenységgel elemző eljárásokkal Li-ot, Na-ot, Al-ot, Ti-t és Mg-ot lehet kimutatni. — Gyakori továbbá a mechanikai hozzáelegyedés, zárványosság: CO₂, H₂O, NaCl, szénhidrogének, valamint a finom rutil-, aktinolit-, csillám- és más krisztallitoknak egész sora. *Krist.* Közönséges hőmérsékleten trigonális trapezoéderes, D_3 —32. Az 573 C° átalakulási pont felett hexagonális trapezoéderes, D_6 —62. Mindkét módosulatnak enantiomorf változatban két-két tércsoportja van (l. 57. táblázat). Trig. $a_0 = 4,913$, $c_0 = 5,404$, $Z = 3$; hex. $a_0 = 4,999$, $c_0 = 5,457$, $Z = 3$.

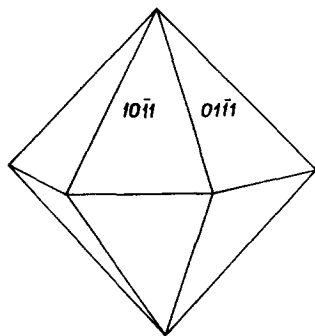


456. ábra. Kvarc, az I. rendű hexagonális prizma lapjain vízszintes rostozással

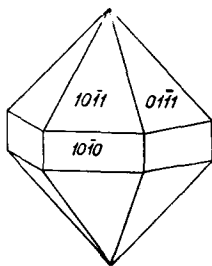
A kristályok külső megjelenésének egyik jellemző sajátága a bázislap mindenkor hiánya s ugyanígy a bázishoz közelálló tetőző formák elmaradása is. Jellemző továbbá, hogy a [0001] övben az egyedüli (1010) prizma kívül más forma a legnagyobb ritkaságok közé tartozik. Viszont annál gazdagabb formában az [1210] öv, melynek fejlettségéről számos protoforma egyidejű megjelenése vagy a prizma felületének mindenkor harántrostozása is tanúskodik (456. ábra).

A kristályos kvarc alakzat és termet egyike a leghasználatóbb földtani hőmérőknek. Minthogy a β -módosulat a hőcsökkenés után is megtartja külső alakját, az alaki sajátosságokból következtetni lehet arra, hogy a kvarckristály eredetileg az átalakulási pont feletti hőmérsékleten vagy az alatt keletkezett-e. A nagy

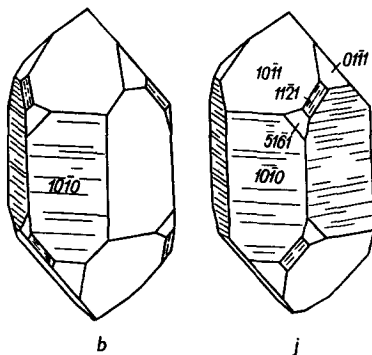
hőmérsékleten, likvidmagnás körülmények közt keletkezett alakzat egyszerű hexagonális dipiramis („dihexaéder”), mely az 573° -os határ alatt két egyensúlyban levő elsőrendű $+$ és $-$ romboédernek minősül (457. ábra). Ha a kristályosodási hőmérséklet némileg kisebb, a prizmaöv is kezd kifejlődni (458. ábra). Amikor 573° alatt keletkeznek a kristályok, már eredetileg is trigonális alakzat jön létre, melyen az elsőrendű $+$ és $-$ romboéderek nincsenek egyensúlyban, és a termet kifejezetten oszlopossá válik. Hidrotermás viszonyok közt kialakult kristályokon az (5161) trigonális pozitív trapezoéder, ritkábban a (3141) és (4151) formák is megjelennek, a jobb és bal trapezoéderek egyfor-



457. ábra. Kvarc. Nagy hőmérsékleten keletkezett β -módosulat (dihexaéder)



458. ábra. Kvarc. A dihexaéderes termetű kristályon keskeny lapokkal az $(10\bar{1}0)$ prizma is képviselve van



459. ábra. α -kvarc; j — jobb; b — bal alakzat

mán gyakoriak, de ugyanazon a kristályon egyidejűleg jobb és bal alak nem jöhet létre. Ily módon a külalakból a jobbra, illetőleg balra forgató jelleg minden optikai vizsgálat nélkül is leolvasható (459. ábra). Az ilyen kristályok már nyúlt oszlopos termetűek, s rajtuk a trapezoéderekhez társulva többféle meredek romboéder, valamint az $(11\bar{2}1)$ másodrendű trigonális dipiramis is kifejlődhet. E formagazdag kristályok erősen torzultak, sokszor egészen lapos, léces termetűek lehetnek, helyes felállításukat azonban mindig megkönnyíti az említett erőteljes rostozás a prizmalapon, ami valójában finom lépcsőzet, s a romboéderlapok rovására meg-megújuló prizmanövekedésből ered. Jellemző, hogy a többi formalapok felszínének alkata is eltér egymástól; az egyik érdes, másik vonalazott vagy tükrözően sima, és így a trigonális szimmetria erőteljesen kifejezésre jut.

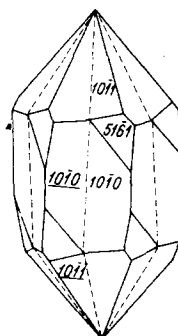
Az alakzati és termeti sajátosságok alapján megállapítható, hogy a telérkvarc és pegmatitkvarcok egy része, továbbá a közethasadékok falán vizes oldatokból származó kristályok mind 573°C alatt képződtek. Viszont a pegmatitos kiválások másik része, valamint a gránit és egyéb magmás kőzetek kristályai eredetileg β -kvarcként keletkeztek.

Nagyon gyakori az ikerképződés. Párhuzamos tengelyű kiegészülési ikrek jönnek létre beugró szögek nélkül, ezért az ikeralkat sok esetben csak megfelelő vizsgálattal tűnik elő. Az ikermentesség a feltétele a kvarckristály számos korszerű ipari felhasználásának. Fontosabb ikertörvények:

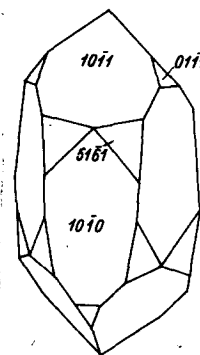
1. *Dauphinéi iker*. Két azonos forgatású (tehát két bal vagy két jobb) kristály nő egymásba a főtengety szerint (460. ábra). Ikertengely gyanánt felvehető a protoprizmára merőleges irány, ikersík valójában nincsen, mert az egyik tag a másiknak nem szimmetrikus párja. Az iker külsőleg hexagonális trapezoéderes (vagyis eredetileg β -kvarcként keletkezett, s az átalakulás után a kristály belsejében szabálytalan rajzú ikerszerkezet jött létre). Ha az alaki jelek hiányoznak, az ikerstruktúrát csak külön vizsgálattal (étetéssel vagy a piezoelektromos hatás alapján) lehet kimutatni. Nevét a francia Dauphinéi Alpokról kapta.

2. *Brazíliai iker*. Egy jobb és egy bal kvarc átnövése egymáson. Az (1120) lapra mint ikersíkra vonatkoztatva a két ikertag tükörszimmetrikus helyzetű. Ez a törvényszerű összenövés csakis az átalakulási hőmérséklet alatt jön létre, éspedig a két enantiomorf tércsoport-szimmetriának megfelelő rácsrend együttes érvényesülésével (461. ábra). A szabadon fejlődött kristályok ikeralkata a jelenlevő trapezoéderformákról, ezek hiányában az ikervarratról jól felismerhető. A kristály belsejében a kétféle ikermezőt egymástól egyenes határvonalak választják el. Ezek az optikai forgatóképesség jellege szerint jól elkülöníthetők (optikai iker; 462. ábra). Az iker a brazíliai ametisztek között a legelterjedtebb, innen származik az elnevezése is.

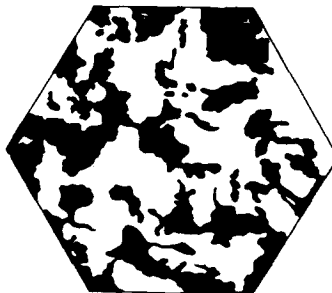
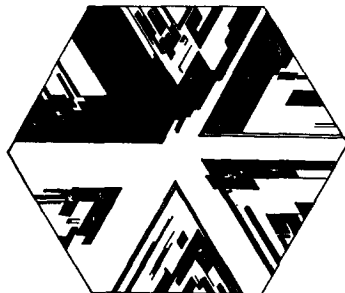
A brazíliai és dauphinéi ikertörvények együttesen is szerepelhetnek; a kombinált négyes ikernek hexagonális holoéderes jellege van.



460. ábra. Dauphinéi kvarciker

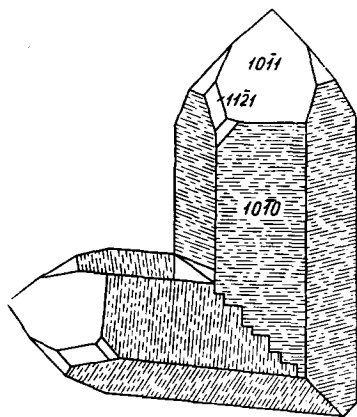


461. ábra. Kvarc, brazíliai iker



462. ábra. Ikerkristályok étetett bázismetszete

3. *Japáni iker.* Ikersík az $(11\bar{2}2)$ másodrendű dipiramis. Az ikertagok főtengelei közel derékszöveget ($84^\circ 33'$) zárnak be. Beugró szögei vannak, továbbá az ikersíkra merőleges, közös protoprizmalapon fogazott ikervarrat jelenik meg, s ugyanitt tollas rostozás is kialakul. A jobb és bal alakok összenövésének variációi szerint 4 alaptípust lehet megkülönböztetni. Legtöbbször torzult kristályok (463. ábra).



463. ábra. Japáni iker

A kvarckristályokban a *zárványok* nagyon gyakoriak. Részint különféle ásványok: rutil, amfibol, turmalin, azbeszt, klorit stb. finom szálás-tűs kristályai vagy pikkelyei ágyazódnak a kvarcba, nemritkán olyan tömegben, hogy egész belsejét kitöltve, a kristály átlátszatlanná válik. A különböző gáz- és folyadékzárvány jelenléte pedig szinte hozzátartozik a kvarc belsejének képéhez. Különösen a gránitkvarcban van zsúfoltan sok apró, gömbszerű zárvány. Ennek fűzészerű vagy sávos elhelyezkedésében bizonyos irányított-ság is felismerhető.

Hasadás nincsen. Egyes lelőhelyek kristályain az $(10\bar{1}1)$ romboéder sz. hasadászerű gyenge elválás tapasztalható, továbbá az (1010) , (0001) , (1120) és (1121) sz. is észleltek némi elválási jelenséget. Törése kagylós vagy szilánkos, rideg. $K = 7$. $S = 2,655$. Üvegfényű, törési felületén zsírfényű. Víztisza, átlátszó. Színező vagy szennyező anyagok folytán azonban igen gyakran különféle színű lehet, és átlátszósága is csökken, néha egészen opakká válik. Fénytani állandóit l. az 57/a táblázaton. Pozitív jelleggel gyengén kettőtörő, a sötétebbre színezett változatoknak némi pleokroizmusa van. A csavartengelyes kristályszerkezeti szimmetriából eredően a c -tengely irányában haladó poláros sugár síkját jobbra vagy balra elcsavarja (*cirkulárpóláros*). Kivágott lemeze éppúgy, mint ömlesztett (amorf) alakja a kis hullámhosszú — ultraibolya — sugarakat át bocsátja. Vízszintes poláris digírjei piezoelektromos pólusok. Egyedüli oldószere a HF. A kálilúg kissé megtámadja, szilárd KOH-dal összeolvasztva oldhatóvá válik.

Képz. A kvarc a legáltalánosabban elterjedt ásvány. A savanyú szilikátközetek fő elegyrésze. Nagy keménysége és ellenálló viselkedése folytán a kőzetek felszíni pusztulásakor különösen feldúsulhat, és tiszta kvarckőzet (homok, homokkő, kvarcit) keletkezik. Ugyancsak túlsúlyban van képviselve a teléres, pneumatolitos és hidrotermális képződésekben is.

A kvarc gyakorlati *alkalmazása* igen sokféle. Néhány ezek közül: A tiszta SiO_2 ömlesztésével készül az amorf kvarcüveg, kvarcáru, mely a laboratóriumban, az ultraibolya optikában (kvarclámpa) nyer felhasználást. A víztisza hegyikristályból optikai lencsék készülnek, telérkvarcból, tiszta kvarchomokból vagy kvarcitból nagy tömegeket használ fel az üvegyipar, a kerámia-, a tűzálló

A kvarcfélék néhány jellemző fizikai állandója

57/a táblázat

Név	Törésmutató (Na-fényre)	Kettős- törés	Sűrűség	Kemény- ség
Kvarc (α)	$\varepsilon = 1,553$ $\omega = 1,544$	+0,0091	2,6556	7
Tridimit (α)	$\alpha = 1,471$ $\beta = 1,472$ $\gamma = 1,474$	+0,003	2,26	7
Krisztobalit (α)	$\varepsilon = 1,484$ $\omega = 1,487$	-0,003	2,33	6 $\frac{1}{2}$
Keatit	$\varepsilon = 1,513$ $\omega = 1,522$	-0,009	2,50	(?)
Coesit	$\alpha = 1,595$ $\beta \approx \gamma = 1,601$	+0,006	3,01	7 $\frac{1}{2}$
Stishovit	$\varepsilon = 1,826$ $\omega = 1,799$	+0,027	4,28	—
Kalcedon	$\varepsilon = 1,538$ $\omega = 1,533$	-0,005	2,58	6 $\frac{1}{2}$
Fulgurit	$n = 1,462$		2,2	—
Opál	$n = 1,435 - 1,455$		1,99—2,25	5 $\frac{1}{2}$ —6 $\frac{1}{2}$

szilikatégla-gyártás; az öntődék formázóanyagához, csiszoló—fényesítő anyagként stb. szintén nagy mennyiségű kvarcanyagot használnak fel. Piro- és piezoelektromos tulajdonsága révén korszerű készülékekbe építik be nagy frekvenciák állandósítására (ultrahang, rádióadás, csillagászati órák). Tetszetős nemes és színes változatai díszítő- és ékkövek.

A kvarcnak sokféle változata van. Ezeket a következőképpen csoportosíthatjuk:

F a n e r o k r i s t á l y o s, vagyis jól kristályosodott változatok. *Hegykristály*: víztiszta, színtelen. Jól fejlett fennőtt kifejlődéssel pl. Gyöngyöroszsi (Mátra-hg.), Banska Štiavnica (Selmečbánya, Csehszlovákia) telereiben. Az Alpok közeteinek hasadékaiból, üregeiből néha rendkívül nagy, mázsás súlyú egykristályok kerülnek elő. Hasonlók az Uralban (SZU), Elbán (Olaszorsz.), Malgason (Madagaszkár). Bennőtt, félig bennőtt mogyoró—babszem nagyságú, színtelen, üde fényű kristály a *mármarosi gyémánt*, mely a kárpáti homokkőben, ennek repedéseiben és innen kimállva a lejtőtörmelékben található. A *füstkvarc* világosabb—sötétebb füstbarna. Színe hevítéskor eltűnik. Az Uralban (SZU), Alpokban gyakori. *Morion*: barnásfekete, néha egészen átlátszatlan. *Citrin*: sárga és átlátszó, a topázhoz hasonlít. (Ez a szín az ametiszt hevítésével is előállítható, de radioaktív sugárzás hatására színe visszaváltozik.) Nevesebb citrinlelőhelyek: Morvaország (Csehszlovákia), a Magas Tauern (Ausztria) és Spanyolország. *Ametiszt*: ibolyaszínű, különféle árnyalatokban. Hevítésre a színét változtatja vagy színtelenné válik. Szébb fajtája csiszolva féldrágakő. Gyöngyöroszsi (Mátra-hg.) érceléreiből, Banska Štiavnicáról (Selmečbánya) és Kremnicáról (Körmöcbánya, Csehszl.), továbbá Capnicról (Kapnik, Gutin-hg.) és az Erdélyi Érhegység számos bányahelyéről szép ametiszt-kristálycsoportok ismeretesek. Nevesek a Zillertali Alpokból (Tiro, Ausztria) és a Nahe folyó (Pfalz, Németorsz.) környéki melafir mandulakövekből előkerült ametisztek. A legnagyobb kristályok és kristálycsoportok Brazíliából és Uruguay man-

dulaköveiből kerültek elő. A *rózsakvarc* rózsapiros, halványpiros. Színe könnyen kifakul. Kevésbé jó kristályos, inkább vaskos, repedezett. Csiszolva tetszetős ékkő. A pegmatitos paragenezis késői tagja. Neves az urali (SZU) és az USA-ban Dél-Dakota, Maine államokbeli előfordulása. A *közönséges* kvarcfajtákhoz soroljuk a gránit és a többi savanyú magmás kőzetek, továbbá a gnejsz, a csillámpala, a fillit kvarcelégyrészeit vagy -lencséit és a kvarcitok, homokkövek kvarcanyagát is. A *tejkvarc* tejfehér, kissé zsíros fényű. *Kékkvarc*, színezője titán-dioxid, főképp grafitlencsékben (Passau, Bajororsz., Németorsz.) található. *Telérkvarc*nak a teléreket kitöltő, legtöbbször piszkosszürke, zavaros-szürke, vaskos kvarcot nevezik. További változat a *dúc-* vagy *jogarkvarc*: nyúlt prizmás termetű kristályait jogar-, vagy buzogányfejszerű továbbnövekedés tetőzi be. A *macskaszem* megcsiszolva a macska szeméhez színben és fényjátékban hasonló, e sajátosságot finom-rostos azbesztzárványosság okozza. Ugyanígy a *tigrisszem*, melynek belsejét sárgászöld krokidolitszálak díszítik. A *prazem* hagymazöld színe finom aktinolitűk kuszált-szálak szövedékéből ered. Az *avanturin* barnás színű kvarc, mely zsúfoltan telítve van csillámpikkelyekkel, amittől fényezett felszíne sajátos csillogást nyer.

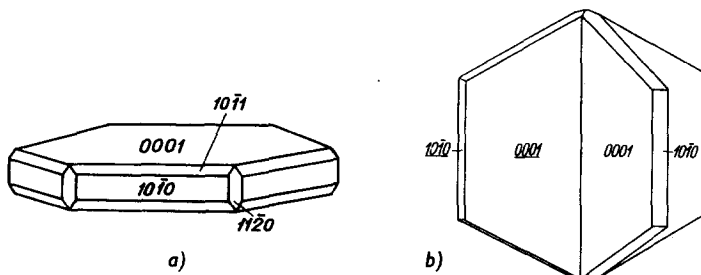
Kriptokristályos vagy „rejtett” mikrokristályos változatok. A tágabb értelemben vett *kalcedontéleket* soroljuk ide. Kolloidális kovasavnak különböző fokozatú kristályosodásából előállt tömött, vaskos kvarcfélék. Látszólag homogén alkatúak, megfelelő nagyításban azonban felismerhető finoman rostos vagy szemcsés szerkezetük. Egyik csoportban a szálak megnyúlás a kristálytani főtengeyre merőleges, így a főzónakarakter optikailag negatív: ezek a szorosabb értelemben vett kalcedonok. Viszont a főtengeley szerint nyúlt, szálak-szemcsés szövedékű, opt. pozitív jellegű féleségeket *lutecit* és *kvarcin* néven különítjük el.

A kriptokristályos szerkezet következtében a sajátosságok a kvarctól kissé eltérnek. A fajsúly és fénytörésmutató némileg kisebb, kálilúgban jobban oldhatók, s a finom szövedékű szerkezet adszorbeált vizet is tartalmazhat. A keménység viszont közel azonos a fanerokristályos kvarcéval. — A kalcedonnak sokféle színes változata van. A *karneol* vérvörös, barnászörös színű, sugaras-szálak szövetű kalcedon. A *krizoprász*nak almazöld színe van, mely nikkkel-oxidtól ered. Az *achát* szalagosan színezett kalcedonfajta. A vörös, barna, sárga, fehér stb. színű szalagok párhuzamos éles vonallal határolódnak el. E szalagos-ságot szemcsézettségi változás és fénoxidos (főként vasas) festőanyagok ritmikus kicsapódása okozza. A finom likacsos felépítés következtében a festőanyagok a kialakulás után is diffundálnak benne, így mesterségesen is színezhető, illetőleg a szín változtatható. — Az *ónix* olyan achátfajta, melynek szalagjai szélesebbek, főként fekete-fehér vagy vörös-fehér szalagokból áll. A *jáspis* kevésbé szálak, inkább finoman szemcsézett kvarcváltozat, színe túlnyomóan vörös, de a szürke, sárga, sőt kék színezés sem ritka. Ennek fajtái közé tartozik az élénk hagymazöld *plazma* és az ugyancsak zöld színű, vérvörös pettyekkel díszített *heliotrop*. A *szarukő* igen rideg, szilánkos törésű, szarufényű változat. Tömött, vaskos, élein áttetsző, színe piszkosszürke, barnásszürke, barna. Karbonátüledékekben gumós zárványként gyakori. Hozzá hasonló a *tűzkő* vagy *flint*, de

színe sötétebb, törése kagylós, felületén fehér kéreg képződik. A kréta-időszaki s ennél idősebb mészkő- és dolomitkőzetekben otthonos.

Hazai kalcedonlelőhelyek közül említhetők: Gyöngyössolymos (Mátra-hg.), valamint Erdőbénye és környéke (Tokaj-hegység), a tűzköves üledékek közül a Budai-hegység triász képződményei, így a ladini márgás mészkő, még inkább a karni tűzköves dolomit vagy a malm-titon (felső-júra) tűzkőgumós karbonát-kőzetek a Mecsekben, Bakonyban.

Tridimit, SiO₂. *Krist.* 870 C° feletti hőmérsékleten β_2 -módosulatként hexagonális holoéderes ($D_{6h}^h - P6_3/mmc$) szimmetriával kristályosodik. $a_0 = 5,04$, $c_0 = 8,24$ Å, $Z = 4$. Közönséges hőmérsékleten az alak megtartásával rombos holoéderes α -tridimitté alakul. $a_0 = 9,90$, $b_0 = 17,1$, $c_0 = 16,3$ Å, $Z = 64$. (Az α -alak a „közép- (β_1 -) tridimit”-en át áll elő, melyről annyit tudunk, hogy optikailag egytengelyű és hexagonális.) Néhány mmnyi táblás kristályai gyakran alkotnak hármast (innen a név). A hexagonális (10 $\bar{1}$ 6) forma sz. kialakult ikerkristályok leggyezőszerűek vagy lepkeszárnyra emlékeztetnek (464/b. ábra). Másik ikertörvénye (30 $\bar{3}$ 4), mely szerint ugyancsak 3-as ikerössze-



464. ábra. Tridimit: a — egyszerű kristály; b — hármast iker

növés jöhet létre. Nagyritkán a két ikertörvény együttesen érvényesül. Üvegfényű, színe fehéres, áttetsző. Fénytörése és kettőtörése gyenge, opt. jellege pozitív (l. 57/a tábl.). Kioltása legtöbbször foltos-sávós. Az optikai tengelysík merőleges az eredeti hexagonális bázisra, és a γ -hegyesszög-felező azonos annak c -tengelyével.

Újabb elemzések szerint a természetes tridimitkristályok, de a szintetikus termékek is kis mennyiségben tartalmaznak idegen kationokat, elsősorban Al-ot és Na-ot. Ennek alapja az, hogy a Si helyére Al léphet, amit alkáli- vagy más kationok egyenlítenek ki intersticiális (rácsponatok közti) behelyezkedéssel. A beépülő kationtartalom az optikai állandókat is némileg módosíthatja. — Forró, telített szódaoldatban oldódik.

Képz., lelőhely. Kovasavban viszonylag gazdag, harmadkori vulkáni kőzetekben: riolitban, trachitban, andezitben, a kőzetlukacsok és hólyagüregek belsőjében kristályosodik. Társásványok: szanidin, kvarc, krisztobalit, augit, amfibol, hematit.

Megtaláljuk e kőzetek alapanyagában, vagy néha nagyobb fenokristályokként is. Általában gyakoribb a krisztobalitnál. Paleovulkáni kőzetben alig fordul elő. Számos hazai vulkanitból előkerült. Szép, nagyobb táblácskák vannak a mátrai Gyöngyössolymos riolitos kőzetében. Neves lelőhelye a Maros menti Aranyhegy Simeria (Piski, Románia), melynek andezitjében gömbös-gumós csoportozatokban jelenik meg. Szilikátmeteoritoknak is gyakori elegyrésze. — Az *asmanit* egyes meteoritok gömböcskés kifejlődésű tridimitje.

Mesterségesen a tridimit könnyen előállítható. Szilikatéglában, samottban fontos szerepet tölt be. De más kerámiai termékekben és üvegolvadékokban is gyakran képződik.

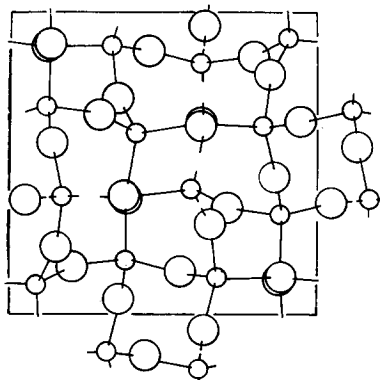
Krisztobalit, SiO_2 . Nagy hőmérsékleten szabályos, lehülve tetragonális α -módosulattá változik. A „felső” forma valójában (1 atm nyomáson) csak 1470°C és az olv. pont (1728°) között stabilis; 1470° alatt metastabilissá válik, és ez 268°C -ig, az inverziós pontig marad meg. Az átváltozás után mint „alsó” krisztobalit a kisebb (közönséges) hőmérsékleten ugyancsak metastabilis formát jelent. *Krist.* A „felső”-, β -krisztobalit szabályos tetartoédes (l. 57. tábl.) $a_0 = 7,13 \text{ \AA}$. $Z = 8$. $S = 2,20$. Hasadása nincsen, optikailag teljesen izotrop. Az „alsó” krisztobalit tetragonális trapezoédes (l. 57. tábl.), $a_0 = 4,97$, $c_0 = 6,93 \text{ \AA}$ és $Z = 4$. — Színtelen, fehér vagy tejfehér apró, egyszerű oktaéderek, vagy a kocka lapjaival kombinált formák. $K = 6,5$, $S = 2,32$. Hasadása nincsen, törékeny. Optikailag egytengelyű, negatív, $\varepsilon = 1,484$, $\omega = 1,487$ (fehér fényben, szobahőmérsékleten). A kristályok belsejét mozaikszerű anizotrop foltok—mezők vagy rácsozatszerű lemezrendszer tölti ki.

Az „alsó” krisztobalitnak két változatát lehet megkülönböztetni: egyik a rostos szerkezetű *lussatit-krisztobalit*, a másik tömött, üvegszerű *opál-krisztobalit*. A két kifejlődés közt azonban többféle fokozat lehetséges. Felszínközeli, kis hőmérsékletű, hidrotermás termékek.

Képz., lelőhely. A természetes képződésű krisztobalit tehát két típusra különíthető el: 1. Opálszerű, tömött, szubmikroszkópos halmaz, bekérgezés, üregkitöltés; viszonylag kis hőmérsékleten keletkezik, s nagy mennyiségű, de nem a szerkezetben kötött víztartalma is van. Szerkezetileg többé-kevésbé rendezetlen „alsó”-krisztobalit. 2. Durvábban kristályos vagy erősen rostos-szferulitos: viszonylag nagy hőmérsékletű, vagyis eredetileg „felső” kristályosodás terméke. Magmás kőzetekben andezit-, trachit-, riolit-litofizákban eléggé elterjedt ásvány (kvarc, szanidin, tridimit, augit, magnetit kíséri). — Eredeti lelőhelye San Cristobal (Pachuca körzet, Mexikó). Hazai andezitekben is megtalálható. — Mint rekrisztallizációs termék agyagos kőzetekben, homokkövekben, különösen ezek magmás kontaktusának közelében képződik. — Számos fulguritról is kiderült, hogy részben vagy egészen krisztobalitból áll.

Mesterségesen könnyen előállítható. Kvarcüveget 1200° -on tartósan hevítve krisztobalit keletkezik. A szilikatégla lényeges elegyrésze. Némely üvegolvadékban kis gömböcskék, „kövek” alakjában jelenik meg. — Ha a tridimitet (l. 57. tábl.) 1470° -ra felhevítjük, krisztobalittá alakul át.

Keatit, SiO₂. Tetragonális trapezoédres. Az enantiomorfjának megfelelően szerkezetében az SiO₄-tetraéderek négyes szimmetriájú csigavonalba sorakoznak, hosszirányuk a *c*-tengellyel párhuzamos (465. ábra). Az alaki sajátságok még kevésbé ismertek. A mesterséges mikrokristályos termék 0,05 mm-nyi



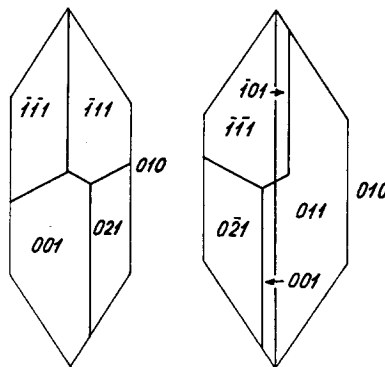
465. ábra. Keatit (tetragonális enantiomorf SiO₂) szerkezete a (001) szerinti vetületten. Kis körök szilícium-, nagyobb körök oxigénatomok

négyszögletes lapocskák és pikkelykék halma. Optikailag negatív, $\omega = 1,522$, $\epsilon = 1,513$. $S = 2,50$. Hasadás- és keménységvizsgálat hiányzik. HF-ban oldódik, 1620°-on 3 órás hevítés után a mikrokristályos keatit teljesen átalakul krisztobalittá. Más ismert SiO₂-polimorf alakba is könnyen átvihető, ha Na₂WO₄ jelenlétében felhevítik az illető fázis stabilitási hőszintjére.

A keatit eddig természetes képződményként nem ismeretes. Viszont azonos azzal az évtizedekkel ezelőtt megfigyelt intermedier fázissal, mely az amorf kovasavnak hevítésével krisztobalittá változásakor jön létre.

Coesit, SiO₂. Összetétele a szinképelemzések szerint némi idegen fémoxidot tartalmazhat, de ennek mennyisége nem haladja meg az 1%-ot. A Si-ot helyettesítő kation elsősor-

ban Al (nagyobb hőmérsékleten némi Fe³⁺ is valószínű). A vegyértékkiegyenlítés főként (intersticiálisan behelyezkedő) alkáliakkal történik. *Krist.* Monoklin prizmás, álhexasz. $a_0 = 7,16$, $b_0 = 12,39$, $c_0 = 7,16$ Å. $\beta \approx 120^\circ$, $Z = 16$. Szerkezetében az SiO₄-tetraéderek olyan háromdimenziós hálózata, mely minden SiO₂-típustól különbözik és legjobban a földpátok szerkezetére emlékeztet. Az állványzat lényegileg kétféle, négy-négy tetraéderről összekapcsolt gyűrűk sorakozásából épül fel. Ezek egyike a (010) síkkal, a másik közelítőleg a (001)-gyel párhuzamos. A külsőre egyszerű, gipszhez hasonló termetű kristályok a (010) sz. lapos táblások, a *c*-tengely szerint kissé nyúlt kifejlődéssel (466. ábra). Ikerösszenövés (100) és (021) sz. A (021) ikersíkja pontosan 45° helyzetű a *b*- és *c*-tengelyekhez. Az ikresedés morfológiailag nem, csak röntgen-egy-kristályvizsgálattal mutatható ki. — Hasadása nincsen. *K* nagyobb, mint a kvarcé: 7,5. *S* is nagy: 2,95—3,01. Színtelen, átlátszó, üvegfényű. Optikailag pozitív. $n_a = 1,595$, $n_\gamma = 1,60$; $2V = 54^\circ$ — 61° . A természetes és mester-



466. ábra. Coesit

séges coesit egyaránt nagyon finomszemcsés. — Fluorsav (szobahőmérsékleten) alig oldja, de megömlészte tt ammónium-difluoridban könnyen feloldódik.

Képz., lelőhely. Első ízben az arizonai (USA) Cañon Diablo nagy meteoritkráter kőzetében ismerték fel (1960-ban). A finomszemű permi homokkő helyenként a hatalmas erejű becsapódáskor hólyagos kovaüveggé olvadt. Néhol ebbe a kvarcba finomszemcsés, gyengén anizotrop anyagként ágyazódott a coesit. Az együttesben krisztobalit és stishovit is található. — Az első felismerés után számos meteoritkaldera falában megtalálták, így a bajorországi (Németorsz.) Rieskesselben, a szaudarábiai Al Hadida melletti Wabar-kráterben, Hollefordnál (Ontario, Kanada); Kentland (Indiana) és Serpent Mound (Ohio, USA); Bosumtwi-krátertő (Ghana).

Mesterségesen 1953-ban állították először elő diammonium-foszfát és nátrium-metaszilikát elegyből 500—800 C° és 35 000 atm nyomás alkalmazásával. Később számos más eljárást is kidolgoztak az előállítására.

Stishovit, SiO₂, tetragonális holoéderes, $a_0 = 4,180$, $c_0 = 2,665$ Å. $Z = 2$. Rácsa egyezik a rutiléval, tehát az első olyan ásvány, amelyben a Si-ot az oxigén nem tetraéderes, hanem hatos, oktaéderes koordinációban övezi. Keménységét (*Mohs*-fokozatban) nem ismerjük. Hasadás nem észlelhető. $S = 4,35$ (mesterséges kristályon mérve), ill. 4,28 (természetes anyag szerkezetelemzésekor számított sűrűségérték). A stishovit sűrűsége tehát sokkal nagyobb nemcsak a kvarcnál (2,65), hanem a coesiténél (2,95) is. — Színtelen, áttetsző. Optikailag egytengelyű, pozitív: $\omega = 1,799$, $\varepsilon = 1,826$. — Először (1961-ben) mesterségesen állították elő 1200—1400° hőmérsékleten és 120 kilobar nyomáson. A termék hegyes kristálykákban, lécs alakú — átlagosan 0,5 mm-es — formákban képződött. — Később rendkívül finom szemcsék alakjában megtalálták az arizonai (USA) meteoritkráter homokkővének kovaüregében a coesittal társulatan. A két ásvány az óriásmeteorit becsapódásakor hirtelen végbement hatalmas ütdéses nyomás és hőmérséklet együttes hatásának terméke.

A stishovit krisztobalittá változik át, ha levegőn 900°-ra felhevítjük. HF-ban a coesitnél is gyengébben oldódik.

Fulgurit, természetes kvarcüveg. Színtelen, barna, szürke, fekete. Izotrop (de nem röntgenamorf). $K = 7$, $S = 2,20$; $n = 1,458—1,462$. Összetételében az SiO₂ 92—93%, a többi egyéb fénoxid. Vízet nem tartalmaz. Villámsújtotta kvarchomok, homokkő, esetleg más kovasavban gazdag kőzetből keletkezik. Sivatagi vidékeken közönséges. — Természetes kvarcüveg keletkezik nagyobb meteoritok becsapódásakor is a felszíni kvarcdús kőzetekből. A kétféle eredet jól megkülönböztethető. — A természetes kvarcüvegeket *lechatelierit* néven is szokás megnevezni.

Opál, SiO₂ · n H₂O. Megszilárdult kovasavgél. Vaskos, fürtös, gumós, cseppkőves formákban és bekérgezősként gyakori, de átítatás vagy eres—teléres kialakulásban, valamint más ásványok helyén pszeudomorf kitöltésként is ismeretes. — Víz tartalma 1—21% között változik, leginkább 4—9%. A víz nagy

része adszorbeált vagy kapilláris kötésű, de finom krisztallitos felépítés esetén ezek intersticiális szerkezeti behelyezkedésű vizet is tartalmaznak. Összetételében a SiO₂ és H₂O mellett több-kevesebb fénoxid (Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO, MgO, Na₂O, K₂O) is állandó összetevője. — Általában az opál eddig mint amorf ásványi gél szerepelt a természetes képződmények sorában. A rendszeres röntgenvizsgálatok azonban kiderítették, hogy az opálfélék korántsem amorfok, hanem túlnyomórészt nagyon finom krisztobalit krisztallitok szubmikroszkopos halmazai, amihez az említett víztartalom társul. Újabban tehát az opált krisztobalitiváltozatnak tekinthetjük, vagyis a két ásvány között olyanféle viszony van, mint a kalcedon és a kvarc között.

Az opál-krisztobalit természetesen az „alsó”-krisztobalit-szerkezethez áll közel. Az SiO₂-tetraéderek egymásutánjában bizonyos rendezetlenség, ill. periodikus vagy tetszőleges közbehelyezkedések lehetségesek, amit az említett társzkationok és a víz vagy (OH)-ionok okozhatnak. — A fizikai sajátságok a víztartalom, porozitás és finom repedezettség szerint váltakoznak. $K = 5,5 - 6,5$. $S = 1,99 - 2,25$. Törése kagylós, üvegfényű, gyanta- vagy viaszfényű. Fénytörés: $n = 1,35 - 1,45$. Legtöbbször optikailag izotróp, néha feszültség okozta gyenge kettőtörés észlelhető negatív jelleggel. Az említett vegyi társuláson kívül szilárd zárványokat, s egyéb idegen szennyezést is tartalmazhat.

Forró lúgokban könnyen és teljesen feloldódik (ilyenkor az agyagásványok, kalcedonfélék, homokszemcsék, vasoxidok visszamaradnak).

Képz. Leginkább hidrotermás folyamatok során, szilikátásványok hidrolitos elbomlásakor keletkezik. Lehet a felszínközeli biokémiai folyamatok terméke.

A fizikai sajátságok, külső bélyegek szerint számos változata különböztethető meg: a *nemesopál* tarka színekben játszó, keresett ékkő. Színjátzását a hajszál-repedésekben és a finom zárványok körül keletkező színszórás és fényinterferencia okozza. Legszebb nemesopált Červenícán (Vörösvágáson), a Tokaji hegység csehszlovákiai részén találják. Híres még az ausztráliai Queensland nemesopálja. *Tűzopál* tűzvörös színű, irizáló csillanással. Telkibánya (Tokaji hegység) vulkáni tufáiból szép példányok kerülnek elő. *Viaszopál* viaszsárga, tompa- (viasz-) fényű változat. *Tejopál* tejfehér, áttetsző, legtöbbször nemesopál kíséretében találják. A *faopál* opállal átítatott fatörzs, melynek fás szerkezete jól kivehető. A *hialit* vagy *üvegopál* üvegszerű, kocsonyás belsejű kovagél; kiömlési kőzetek repedéseiben vagy limonitos mállási felületeken cseppköves, gömbös bekérgézést alkot. Igen gyakori opálfajta. Jellemzően szép kialakulása van pl. Tri Vody-n (Háromvíz, Csehszlovákia). A *hidrotán* vízvesztés folytán átlátszatlanná, repedezetté vált opál. Vízbe mártva színjátzóvá és átlátszóvá válik.

β -sor.

RUTIL-TÍPUSÚ SZERKEZETEK

58. táblázat

Név	Összetétel	Szimmetriaoszt.	Tércsoport
1. Rutil	TiO ₂	tetragonális holoéderez	$D_{4h}^{14} - P4_2/mnm$
Kassziterit	SnO ₂		$D_{4h}^{14} - P4_2/mnm$
Pirolúzit	β -MnO ₂		$D_{4h}^{14} - P4_2/mnm$
Plattnerit	PbO ₂		$D_{4h}^{14} - P4_2/mnm$
(Stishovit)	SiO ₂		$D_{4h}^{14} - P4_2/mnm$
2. Anatáz	TiO ₂	} tetragonális holoéderez	$D_{4h}^{19} - I4_1/amd$
Selenolit	SeO ₂		$D_{4h}^{19} - P4_2/mbc$
3. Brookit	TiO ₂	} rombos dipiramisos	$D_{2h}^{15} - Pcab$
Tellurit	TeO ₂		$D_{2h}^{15} - Pcab$

Az RO₂-vegyületek következő csoportját a rutil-típusú dioxidok alkotják. Ma már — miként szó volt róla — tudjuk, hogy nem éles a határ a négyes koordinációjú SiO₂ és a hatos (oktaéderez) TiO₂-szerkezetek közt, mert a kvarcszerkezetek polimorf formái közül a nagy tömörségű stishovit-nak a rutillal egyező rácsa van.

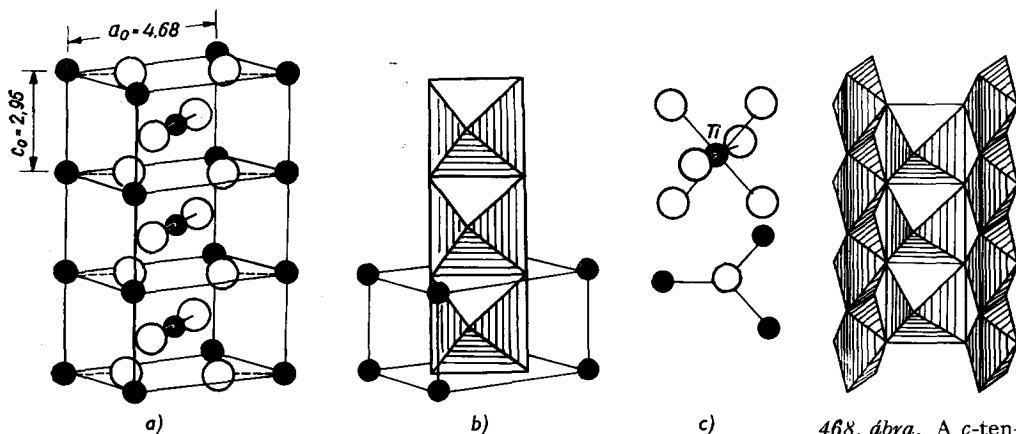
A rutil típusú dioxidok koordinációs száma 6, vagyis az oxigénatomok oktaéderezsen ötvezik a kationt. A TiO₆-oktaéderek egymáshoz fűződése háromféleképpen történhet, s ennek megfelelően a legállandóbb rutilrácsra kívül még két TiO₂-szerkezet alakul ki.

Az egyező kationméretből eredően ugyanez a rácsrend érvényesül a „nio-bát—tantalát”-sorozatban is. Minthogy ez utóbbiakban többféle kation vesz részt a rács semlegesítésében, így — az izotópia figyelembevételével — ezeket az összetett oxidok közé kell sorolnunk.

Rácsszerkezetileg a TiO₂ mindhárom módosulatában, a rutilban, anatázban és brookitban a Ti-t oktaéderezsen 6 oxigén veszi körül, az oxigénnek pedig 3 Ti-szomszédja van planáris elhelyezkedésben. Az oktaéderek kapcsolódása egyrészt közös éllel történik, amikor két O egyidejűleg két oktaéderhez is tartozik, másrészt az oktaédercsúcs lesz a szomszédal közös, ebben egy oxigén jelenti a kapcsolatot.

A rutil tetragonális elemi rácsa térben centrált kationcella, melyben a 6 anion átlós helyzetben rendeződik (467. ábra). Ezek közül 2 teljesen, 4 pedig csak felerészben tartozik a cellához. Ennek folytán $Z = 2$. A koordinációs oktaéderek közös éllel kapcsolódva egyirányú kötésben sorakoznak, és a c -tengely irányában oktaéderláncot alkotnak. Két-két szomszédos lánc csatlakozását a 468. ábra szemlélteti: az eredeti lánchoz 90°-kal elforgatva illeszkedik a szomszédja a csúcson levő O-atom közvetítésével, mely egyúttal az eredeti

láncc két oktaéderje közötti közös oxigénnel azonos. Egy láncon belül a kapcsolat 2 oxigénen keresztül történik, ami viszonylag nagyobb stabilitást jelent, mint a szomszéd lánccok közötti kötődés. Mindezeknek a sajátságoknak együttes következménye a tetragonális szimmetria, a c -tengely szerint nyúlt oszlopos-prizmás termet, továbbá a hosszirányú formák szerinti jó hasadás is.

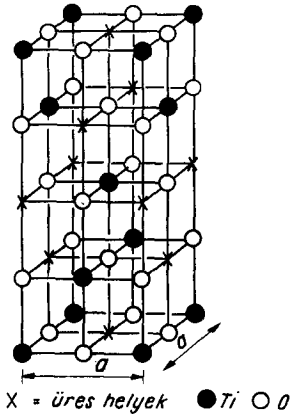


467. ábra. Rutil-szerkezet. a — három elemi cella; b — az oktaéderlánc kialakulása; c — a 6-os (oktaéderes) és 3-as (planáris) koordináció külön ábrázolásban

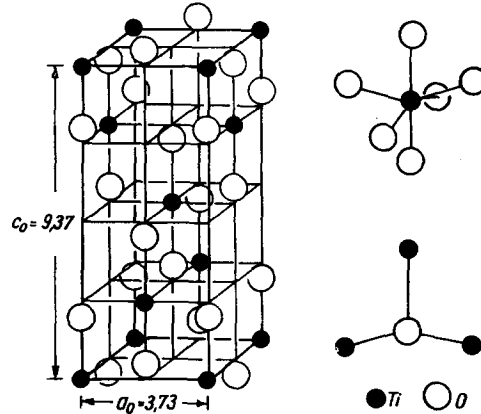
468. ábra. A c -tengellyel párhuzamos oktaéderláncok csatlakozása

Az *anatáz* rácsának különleges felépítése van, és a kristályvegyületek sorában más, vele egyező szerkezetet nem ismerünk. Rácsa legegyszerűbben a kősótípusból vezethető le úgy, hogy ennek két egymásra helyezett elemi kockája alkotja a tetragonális cellát. A szerkezetben azonban a kationhelyek fele üresen marad, ahogy azt a 469. ábrán is jelöltük. Így lesz tehát az A:B arány 1:2 és $Z = 4$. Ez azt is jelenti, hogy az oktaéderek valamennyi szomszédjukhoz közös élekben csatlakoznak, vagyis egy-egy oktaéderhez azonos módon 4 másik oktaéder kapcsolódik. Az *anatáz* tényleges rácsában azonban az oxigének nem „ülnek” pontosan a kősórács anionjai helyén, hanem kissé ki vannak mozdulva, így a hatos koordináció oktaédere is torzulást szenved (470. ábra). A rácsszimmetria természetesen ismét tetragonális holoéderes, de a rácsállandók, valamint ezek aránya (egyben a kristály tengelyaránya is) eltér a rutiltól. A külső termet már nem oszlopos, és rajta, ugyancsak a szerkezetből eredően, a dipiramis forma uralkodik, valamint a (001) bázis sz.-i hasadás is megjelenik.

A brookit a TiO_2 -szerkezetek harmadik, rombos szimmetriájú módosulata. Felépítésében minden TiO_6 -oktaéder közös éllel három másik oktaéderhez kapcsolódik. Ezek közül kettőnek azonos orientációja van, s így a c -tengellyel

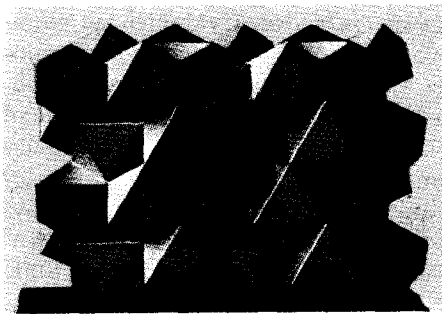


469. ábra. Az anatóz-szerkezet mintája. Az elvileg kösórácsonak tekinthető szerkezetben a kationhelyek fele üresen marad



470. ábra. A valódi anatóz-rács. Mellette a kétféle (a torzult oktaédes és a 3-as planáris) koordináció

párhuzamosan váltakozva megtört, „zeg-zugos” lefutású lánc jön létre. A harmadik oktaéder az előbbiekhöz ugyancsak éllel csatlakozik, s hálózattá fűzi össze a láncokat. A szerkezet képét a 471. ábra szemlélteti. A lánctagok (111) síkja és az összefűző oktaéderek éle a rombos (100) lappal párhuzamos, ami külsőleg az első véglap szerinti táblás termetben jut kifejezésre, viszont a kötésirányok, illetőleg a rácspontok elhelyezkedése miatt hasadás a rácspan nem jöhet létre.



471. ábra. Brookit-szerkezet. Az oktaéderek kapcsolódása: két-két azonos helyzetű oktaéder csatlakozásából „zegzugos” láncok jönnek létre

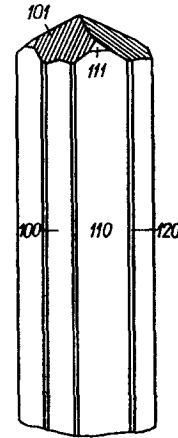
Összegezve: a három szerkezet között a fő különbség az, hogy a TiO_6 -oktaéderek a rutilrácspan 2, a brookitban 3 és az anatózban 4 közös éllel csatlakoznak. A rutil \rightarrow brookit \rightarrow anatóz sorban a gyakoriság a közös élek számának növekedésével csökken, s valóban a leggyakoribb és legstabilisabb TiO_2 -módosulat a rutil.

Rutil-rácsúak

A jellemzett $D_{4h}^{14}-P4_2/mnm$ szimmetriájú sor tagjai: a rutil TiO_2 , kassziterit SnO_2 , pirolúzit MnO_2 , plattnerit PbO_2 . Kristálytermet uralkodóan nyúlt prizmás. Gyakoribb ikertörvény (101), hasadás a hosszanti irányokban jó, fénytörés nagy, optikai jelleg pozitív, kettőtörés közepes vagy erős. A fontosabb tagok nagy hőmérsékleten keletkezett ásványok. (Az izotíp *stishovit*-ot l. előbb az SiO_2 -ásványoknál, 580. old.)

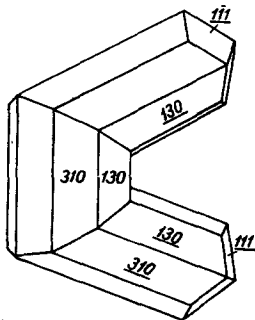
Rutil, TiO_2 . Szerkezetileg a Ti-hoz különféle kationok társulnak: Fe^{2+} , Fe^{3+} , továbbá Sn^{4+} (nemritkán 1,5%), a Nb és Ta, valamint a Cr és V is szerepelhet benne. Vegytiszta állapotban a Ti 60%.

Krist. Ditetragonális dipiramisos, $a_0 = 4,59$, $c_0 = 2,96$ Å. $Z = 2$. Kristályait a nyúlt prizmás, tűs termet jellemzi. Leggyakoribb formák az (100) és (110), melyhez a (210), (310), (320) ditetragonális prizmák társulhatnak, s így hosszirányban gyakori a rostozás, vonalazottság. Tetőzöláppokként általában az (111) és (101) szerepel (472. ábra). Kétféle ikerkristálya van. Gyakoribb az (101) sz. „térd” alakú iker (473. ábra), mely többszörösen ismétlődve gyűrűs összenövésnek jelenik meg. Finom tűs-szálas kristályok ikerhelyzetű hálózata a *szagenit*-rács, mely gyakran a hegyi-kristály egyik romboéderlapját díszíti vagy zárványként szerepel (474. ábra). Ritkább iker a (301) sz., mely szív alakra emlékeztet (475. ábra).

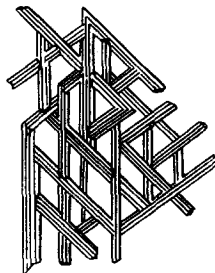


472. ábra. Rutil

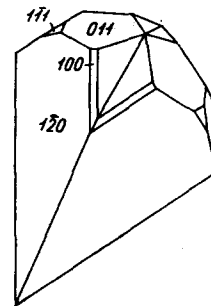
Ritkán tömeges-vaskos, inkább egyes szemekben keletkezik vagy finom, tűs zárvány más ásványokban. Hasadás (110) és (100) sz. $K = 6 - 6,5$, $S = 4,2$. Fémesbe hajló gyémántfényű, áttetsző, színe vörösbarna, vörös, acélszürke, egyes fajták feketék (nigrin). Fénytörése igen erős: $\omega_{Na} = 2,616$, $\varepsilon_{Na} = 2,903$, opt. pozitív, pleokróis. Minthogy vasat mindig tartalmaz, a színe főképpen a



473. ábra. Rutiliker (101) szerint



474. ábra. Rutil, szagenit-rács



475. ábra. Rutil „szív” alakú iker (301) sz.

Fe mennyiségével változik. Lángban nem olvad, savak nem oldják, a foszforsó-gyöngyöt redukáló lángban ibolyásra színezi.

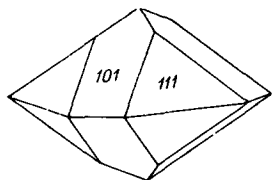
Alk. A TiO_2 ma keresett ipari nyersanyag. A legjobb fedőfesték, mert a rendkívül erős fény- és kettőtörés folytán a kis fénytörésű vivőanyagba (firnisz) ágyazott szemcsék totálreflexióval visszaverik a fény sugarakat, s így a felületnek a festékréteg teljes és időálló fedést biztosít. Ugyanilyen értelmű alkalmazása van a haditechnikában a mesterséges ködképző anyagok gyártásában is. Ezenkívül a titánacélfajták gyártásában, ívlámpaelektrodok készítéséhez, porcelán és kerámiai festékek előállításához alkalmazzák.

Képz., lelőhely. A rutil keletkezési körülményei többfélék. 1. Kristályos palákban, gnájszban, csillámpalában szép nagy rudas kristályokban képződik. Velka Revuca (Nagyőrce, Szlovák Érch.), Déli-Kárpátok (Románia), Norvégia és az Ural (SZU) több pontján. 2. Alpesi hasadékokban hegyikristály társaságában számos lelőhelye van. 3. Mikroszkopikus tűk alakjában közismert járulékos elegyrész agyagpalában. 4. Gabbrópegmatitokban (Norvégia). 5. Másodlagosan torlatokban, pl. Pianul Roman (Oláhpián, Erdély, Románia), az Ural (SZU) torlataiban éppúgy, mint Ceylon, Brazília és számos más drágakőmosóban gazdagon feldúsul. Mindenfajta homoknak és homokos üledéknek állandó elegyrésze. 6. A rutil más titánásványok átalakulási termékeként is létrejön. Főképpen ilmenitből, titanomagnetitból, perovszkitből, titanitból szételegyedés, illetőleg hidrotermás elbomlás révén keletkezhet. A bázisosabb kőzetek „leukoxén”-je részben rutilból áll.

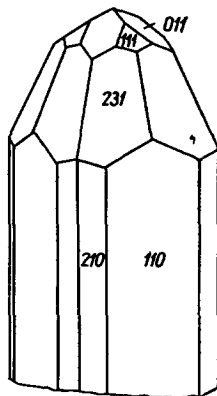
Kassziterit, ónkő, SnO_2 . Összetétele gyakran tartalmaz Fe-ot, mely 1/6 részben is helyettesítheti a Sn-ot. Kisebb arányban Ta és Nb is szerepelhet, kimutatható a W-, Mn-, és Zn-tartalom, színképelemzéssel megállapítható a Ge, Zr, Ga, Be, Hf, In és V állandó jelenléte is. Vegytiszta kristályban: Sn 78%.

Krist. Ditetragonális dipiramisos. Szerkezete rutilrács, $a_0 = 4,73$, $c_0 = 3,18$, $Z = 2$. — Kristályainak termete és alakzata a magmás keletkezés hőviszonyaitól függ. A pegmatitos szakasz bennőtt kristályainak egyszerűbb dipiramisos alakzata van (476. ábra), pneumatolitos hőmérsékleten keletkezett kristályain az (110) és (100) prizmák is kifejlődnek, és így zömök oszlopos termet jön létre. Majd a csökkenő hőmérséklettel mindinkább hosszúra nyúlt kristályok alakulnak ki, és a formaegyüttesben a (210) ditetragonális prizma és (231) dipiramis is fellép. Tisztára hidrotermás viszonyokra a tűs-szálas kifejlődés jellemző, sőt finom rostos-héjas gumók keletkezhetnek (fás ón = Holzinn). A nagyobb hőmérsékletű típusok gyakran ikerkristályok. Ikertörvény itt is az (101). E szerint érintkezési és áthatolási ikrek jönnek létre. Az érintkezési iker „sisak” formára emlékeztet (478. ábra). Gyűrűs, csillag alakú vagy lemezes ikerkristályok is képződnek. Hasadása az (100) sz. jó, az (110) sz. elválás tapasztalható. $K = 6,57$. $S = 6,9$. Gyémántfényű, töréses felületen zsírfényű, színe világossárgától gyantabarnán át szurokfeketéig változik. Áttetsző, vagy opak. Opt. pozitív, erősen kettőtörő: $\omega_{Na} = 1,996$, $\varepsilon_{Na} = 2,097$. Pleokroizmusa gyenge, gyakori az optikai anomália: ilyenkor kéttengelyű, erős tengelydiszperzióval.

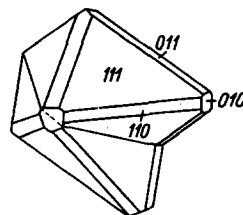
— *Ércm.* Reflexiók színe tompa fehéresszürke, visszaverőképessége gyenge; bireflexiója észrevehető, anizotrópiája erős, de a mindig bőséges sárga-barna belső reflex elfedi. — Lángban nem olvad, savak nem oldják, szénen önverődéket ad, cinklemezen sósavval a felületén fémónhártya képződik.



476. ábra.
Kassziterit



477. ábra.
Kassziterit



478. ábra. Kassziterit
„sisk”-iker

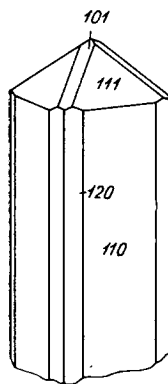
Alk. A kevés számú ónvegyület között kiemelkedő szerepe és jelentősége van; a legfontosabb ónásvány. Az ón fontos ötvöző és egyben hadiipari fém (bronz, csapágyfém, forrasztóó). A „fehérbádóg” fémtubus, konzervdobozok bevonata, staniol és egyéb fémöntárgyak készülnek belőle.

Képz., lelőhely. A kassziterit keletkezése a savanyú gránitos magmák pegmatitos-pneumatolitos szakaszához kapcsolódik. E kialakulásban az ón gőzalakban, nagyrészt mint ón-tetrafluorid kerül fel, és a vízgőz hatására SnO_2 -ként válik le. A reakcióban keletkező HF a mellékkőzetet támadja meg (greizenesedett gránit). Jellegzetes ásványtársulása van, melynek molibdenit, wolframit, topáz, lítiumcsillám, fluorit, apatit, turmalin a fontosabb tagjai. Európa két nevezetes ónércterülete: az Ércheység (Németorsz., Csehszl.) és az angliai Cornwall. Mindkettőt nagyrészt kibányászták már, s a világtermelésben kevés szerepük van. Legfontosabb terület: a Maláj-félsziget (Malaysia), valamint Bangka-, Belitung- és Singkep-sziget (Indonézia), továbbá Kína. Afrikában pedig Nigeria és Zaire Közt. Bolívia óntermelését csak részben nyerik ónkőből.

Az ónkő fizikai-kémiai sajátosságai alapján igen alkalmas a torlatokban való feldúsulásra. Az említett kelet- és délkelet-ázsiai, valamint nigériai termelés túlnyomó része másodlagos lelőhelyről, ónkőtörlatokból származik.

Polianit, (pirolúzit), $\beta\text{-MnO}_2$. A szoros értelemben vett polianit összetétele megfelel a vegytiszta mangán-dioxidnak, melyben a Mn 63,2%, O 36,8%. — A pirolúzitban már Fe, Si és egyéb elegyösszetevők, sőt H_2O és finomszemcsés-kriptokristályos mechanikai hozzátársulások gyakoriak.

Krist. Tetragonális holoéderes. Rutilrács. $a_0 = 4,39$, $c_0 = 2,87$ Å, $Z = 2$. Rendszerint kisebb-nagyobb, hosszan rostozott kristályok halmaza. Ritkán egyes jó kristályokban is lelhető, melyek nyúlt prizmás termetűek, egyszerű alakzatból állnak (479. ábra). Klasszikus lelőhelye Horni Blatná (Platten, Érchg., Csehszlovákia). A nála gyakoribb pirolúzitot pedig hosszú ideig rombos rendszerű, külön ásványnak tartották. A szerkezetvizsgálat mutatta ki a két ásvány azonosságát. Kiderült, hogy utóbbira jellemző vas-



479. ábra. Polianit

sugaras szövetek honnan ered: majdnem minden pirolúzit kolloidális Mn-hidroxidokból, illetőleg manganitből alakult át (amit a közeli rokon rácsszerkezet tesz lehetővé), ezért a kristályos külalak is gyakran még a manganit, és állománya is legtöbbször üreges, szivacsos. Makroszkópos sajátosságai tehát eltérnek a polianitétól. Ritkán ikerkristályok is képződnek a (011) és (032) sz. Poliszintetikus ikerlemezség gyakori jelenség, mint azt az ércsiszlati képek tanúsítják. Hasadás az (110) sz. jó. $K = 6 - 6,5$ (kristályos polianit), a rostos vagy földes formája látszólag kevésbé kemény, sőt olyan lágy is lehet, hogy papíron, kézen nyomot hagy. $S = 5,06$, a vaskosabb anyagé $3,8 - 4,2$. Színe világos acélszürke, gyengén sárgás árnyalattal, a tömeges változaté sötétszürke vagy vassfekete. Fénye fémes; opak.

Ércm. a reflexiója erős, visszavert színe krémfehér, bireflexiója jelentős. Anizotrópiája barna és rózsásfehér színben igen élénk. Gyakori az ikerlemezszerkezet. — A polianit vízmentes, a pirolúzit-pseudomorfoza 1—2% vizet tartalmazhat. Utóbbiban Ba és más földfémek, alkáliák is gyakoriak, különösen, ha pszilomelánnal és hollandittal belsőleg összenő.

Lángban nem olvad, sósavval klórt fejleszt, bórax- és foszforsógyöngyben intenzív ibolyásvörös, ill. rózsaszínű színezést okoz. Az iparban barnakő, „lágymangánérc”, szürke mangánérc neveken is szerepel.

Alk. A Mn-érceknek számos alkalmazása van. Így: acélnemesítéshez (Mn-acél), vaskohászatban (kéntelenítés), a vegyi- és gyógyszeriparban (oxidáló és oxigéntároló), üveggyártásban (színtelenítő), továbbá az elektrotechnikában (szárazelemgyártásban), festékiparban, kerámiai iparban (színes mázakhhoz) nyer felhasználást.

Képz., lelőhely. A pirolúzit nagyobb felszaporodása másodlagosan, tengeri vagy partszegélyi (mocsári) üledékként jön létre. Lepusztult közettömegek Mn-tartalma vízi szállítás után, alkalmas helyen (legtöbbször mikroorganizmusok közreműködésével) lecsapódik, s a gél szerkezet később átkristályosodik: Űrkút és Eplény (Bakony-hg.). Igen gazdag Mn-érctelepek: Nyikopol (Ukrajna) és Csiatura (Kaukázus, SZU). Fontosak még a kristályos palákba zárt Mn-szilikátos rétegek, melyeknek felszíni oxidációs termékeként gazdag dúsulás jöhet létre: Masca (Macskamező, Preluka-hegység, Erdély, Románia). Ugyanilyen eredetűek a nagy indiai és braziliai előfordulások is. Kisebb, de helyenként

műrevaló tömegek egyéb Mn-tartalmú ásványok (rodokrozit, sziderit) mállásából is keletkeznek. Elsődleges kialakulásból, hidrotermás úton képződött Mn-érc-társulás Ilfeld (Harz-hegység) és Ilmenau (Thüringia, Németország).

Vad (wad) mangánhab. Fekete, koromszerű vagy földes pirolúzitváltozat. Átalakulással keletkezett finom kristályszemcsék tömege. Vasoxid és más fémoxid is elegyedik hozzá. Finom szálas halmaza néha vattára emlékeztet. Kristályosodottabb pirolúzittal társul.

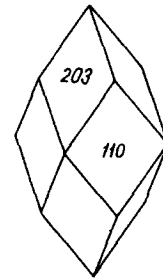
Todorokit szivacszerű, félig amorf halmaz, fémesen csillogó, vékony pikkelyei, lécszerű kristálykái barnán áttetszők, pleokroos. Összetételében több más kation és víztartalom is előfordul. Todoroki bánya (Hokkaido, Japán), Vermland és Taberg (Svédország).

A MnO_2 -vegyületnek nagyszámú (30-on felüli) módosulatát írták le. A természetes kiválásokban újabban szintén 4-féle módosulatát különítették el. Ezek: α - MnO_2 , tetragonális, és elegedés révén kapcsolatban van a K-, Ba-, Pb-tartalmú kriptomelánnal, hollandittal és coronadittal. — β - MnO_2 pirolúzit (l. fent). — γ - MnO_2 ramsdellit, rombos, szerkezete az α - $MnO(OH)$ groutittal (diaszporrács) egyezik. — A δ - MnO_2 átmeneti szerkezet, nagyrészt a mélytengeri mangángumókban fordul elő.

Plattnerit, PbO_2 , tetragonális holoéderes. Rutilrács, $a_0 = 4,97$, $c_0 = 3,40$ Å. $Z = 2$. Nyúlt prizmás, rostos-gumós külsejű, $K = 5,5$, $S = 9,4$. Fémes gyémántfényű, fekete—vasfekete, opak. — Eredeti lelőhelye a skóciai (Anglia) Leadhill. Később még néhány Pb-érctelep oxidációs övéből is előkerült. Leginkább pszeudomorfoza piromorfit után.

*

Anatáz, TiO_2 („oktaedrit”). Ditetragonális dipiramisos. $a_0 = 3,74$ (az elemi test (110) alakja felel meg a külalak (100) formájának, ezért egyes szerzőknél $a_0 = [110]_0 = 5,28$), $c_0 = 9,39$ Å. $Z = 4$. (A szerkezet leírását l. 583. old.) Kristályain — a rácsszerkezetből eredően — az (111) dipiramis a leggyakoribb, sokszor egyedüli forma. Néha a (203), (115) vagy az (117) tompa dipiramis is uralkodó lehet, nagyrítkán a protoprizma is megjelenik (480. ábra). Ikerkristálya az (101) sz. ritka. Hasadás (001) és (111) sz. Rideg. $K = 5,5$ —6. $S = 3,9$. Élénk gyémántfényű, áttetsző. Színe többféle, leginkább kék-kékesszürke, de mézsárga, zöld, piros, barna, sőt fekete is lehet. Negatív kettőtörése és fénytörése is erős: $\omega = 2,514$, $\epsilon = 2,490$. Kémiai viselkedése a rutilléval egyezik. Hevítve rutillá változik át.

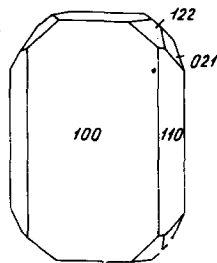


480. ábra.
Anatáz

Nem nagy jelentőségű ásvány. Főképp alpesi közethasadékokban, hegyikristály társaságában találjuk. Másodlagos lelőhelyen homokokban és drágakő-torlatokban is gyakori. A karsztbauxitok TiO_2 -tartalma részben finom szemű anatázásványtól származik. Szép színű nemes példányai ékkőnek alkalmasak.

Selenolit, SeO_2 . Tetragonális dipiramisos, $a_0 = 8,37$, $c_0 = 5,06$ Å. $Z = 8$. Fehér, tű alakú kristályok; másodlagos ásvány. Cerusszit és molibdénokker társaságában találják. Ritka ásvány.

Brookit, TiO_2 . Összetételében a Ti-t kevés Fe helyettesítheti. Színképelemzéssel Nb, Ta, W, Ge és egyéb elemek is kimutathatók benne. *Krist.* Rombos dipiramisos, álhatszöges. Szerkezetéről l. 584. old. $a_0 = 5,45$, $b_0 = 9,18$, $c_0 = 5,15$ Å. $Z = 8$. Apró, (100) sz. táblás termetű kristályokban a leggyakoribb (481. ábra). A c -tengely irányában kissé nyúlt táblákon hosszanti rostozás is észlelhető. Ha az alakegyüttesben az (110) és (122) formák jobban kifejlődnek, álhatszöges termet (arkanzit) jön létre. Hasadása nincsen, illetőleg (110) sz. igen rossz. $K = 5,5-5$. $S = 4$. Félíg fémes gyémántfényű. Színe sárga, barna, vörösbarna. Áttetsző, néha opak. Fénytörése és kettőtörése nagy. $n_\alpha = 2,583$, $n_\beta = 2,588$, $n_\gamma = 2,712$. Opt. pozitív. A hegyesszögfelező (110)-ra merőleges. A diszperzió is rendkívül erős, és az optikai tengelysík fénynemek szerint változik: vörös—sárga színekre (001)-gyel, zöld—kékre (010)-lal párhuzamos.



481. ábra. Brookit

Gyengén pleokroós, különben sajátosságai a rutiléval egyezők. Rutillal, anatózzal orientált összenövése van. Hevítve rutillá alakul.

Alpesi szilikátközetek hasadékaiban, néha pegmatitban is találják. Az Ural (SZU) és Brazília aranytorlataiban gyakori ásvány.

Tellurit TeO_2 . Rombos; kissé torzult brookitszerkezet. Mesterséges kristályai rutil-rácsúak.

γ -sor.

FLUORIT-TIPUSÚ SZERKEZETEK

59. táblázat

Név	Összetétel	Szimmetria	Tércsoport
Baddeleyit	ZrO_2	monoklin prizmás	$C_{2h}^5 - P2_1/c$
Cerianit	$(\text{Ce,Th})\text{O}_2$	szabályos holoéderes	$O_h^2 - Fm\bar{3}m$
Thorianit	$(\text{Th,U})\text{O}_2$		$O_h^2 - Fm\bar{3}m$
Uraninit	$(\text{U,Th})\text{O}_2$		$O_h^2 - Fm\bar{3}m$

A sorozat kationjainak nagy ionrádiusza miatt a koordinációs szám 8-ra változik, s így e szerkezetek felépítése a fluoritráccsal egyező. Némileg kivétel a baddeleyit (ZrO_2), melynek torzult fluoritszerkezete van és szimmetriája csak monoklin. E szerkezetekben az U és Th korlátlanul helyettesítheti egymást.

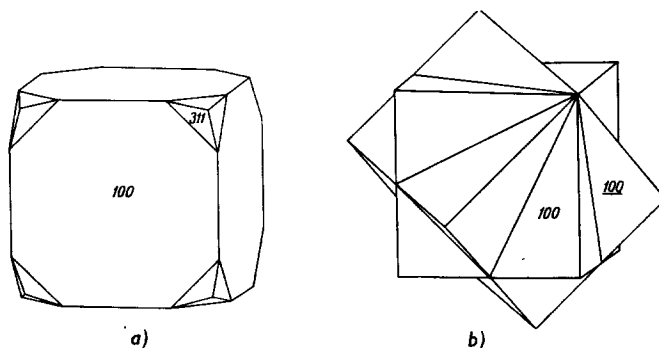
Radioaktív szétesésből eredően és oxigénfelvétel folytán az UO_2 -tartalmú ásványoknak változó összetétele van. A gyakori ólomtartalom nagyrészt szín-

tén radioaktív eredetű, ennek szerepe csak az Pb-izotópok gondos szétválasztásával tisztázható. Bizonyos másodlagos amorf termékek is keletkeznek, és módosíthatják az U—Th-ásványok felépítését úgyannyira, hogy határozatlan szerkezetű változat jön létre.

Baddeleyit, ZrO_2 . Monoklin prizmás. Rácsa torzult fluoritrács. $a_0 = 5,22$, $b_0 = 5,27$, $c_0 = 5,38$ Å, $\beta \simeq 99^\circ 28'$. Az (100) sz. táblás kristályai rostozottak, gyakori az ikerkristály. Hasadás (001) sz. $K = 6,5$, $S = 5,8$. Színe barna, zöld, fekete. Fénytörése igen erős. Ceylon, Brazília drágakőtorlataiban találják. Elsődlegesen magnetites piroxenitben (jacupirangitban) járulékos elegyrész.

Cerianit, $(Ce,Th)O_2$. Összetételében a thoriumtartalomon kívül Nb, La, Y, Ta és Zr jól kimutatható társlemek. *Krist.* Szabályos holoéderes. Fluoritrács, $a_0 = 5,42$ Å, $Z = 4$. Kristályai leginkább oktaéderek vagy oktaéderes termetű egyszerű kombinációk. Hasadása nem ismeretes. $S = 7,1$. Zöldes árnyalatú borostyánkőbarna, áttetsző, izotrop, erős fénytöréssel. Külsőleg hasonlít a piroklorfélékhez és a thorianithez. — Apró kristályai szórványosan előfordulnak a Sudbury körzeti (Ontario, Kanada) Dill környékén. Gumós zárvány telérszerű kristályos karbonátkőzetben, melyet nefelingneisz szel át; kísérőásványok: földpát, nefelin, tremolit, magnetit, ilmenit, apatit.

Thorianit, $(Th,U)O_2$. Az UO_2 és ThO_2 között korlátlan az elegyedési lehetőség, így a thorianit mindig tartalmaz U-ot. Az ólom is mindig jelen van, rendszerint néhány %-nyi mennyiségben, főként mint radiogén ólom. — Ritka földfémek is, főleg Ce, helyettesíthetik a Th-ot. Jelentős még a gáztartalom, 6—8 ml/g, ennek legnagyobb része He. *Krist.* Szabályos holoéderes, fluoritrácsú, $a_0 = 5,54$ — $5,56$ Å (a Th:U arány szerint); $Z = 4$. Kristályai bennöttek vagy félig fennöttek, rendszerint egyszerű kockák, esetleg a (311) alakkal kombiná-



482. ábra. a — Thorianit, b — Átnövéses iker (111) sz.

ciók (482/a ábra). Gyakori az ikerkristály (111) sz. (482/b ábra), mely megjelenésben teljesen egyezik a fluoritkockák átnövéses ikerkristályával. De a kristályok leginkább törmeléküledék-szemek s így gömbölyödtek, koptatottak.

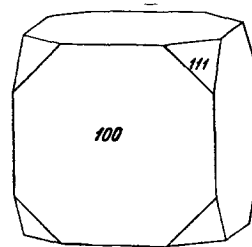
Hasadás (100) sz. gyenge. $K = 6,5—7$. $S = 9,7—8,9$. Az anyag elváltozásával a keménység és sűrűség is csökken. Szarufényű, félig fémes. Fekete, barnásfekete vörösbarna. Átvilágítva izotrop, barna—vörösbarna vagy zöldes, $n = 2,2—2,3$. Néha anomálisan kettőtörő.

Képz., lelőhely. Elsődlegesen főleg pegmatitokban képződik. Ismert lelőhelye a pegmatitos törmeléktelep, nehézasványos torlat. Eredetileg Ceylon torlataiból került elő, ahol thorit, cirkon, ilmenit, kassziterit, orthit (allanit), s más nehézasványok a társai. Hasonló eredettel vált ismertté Malgas- (Madagaszkár-) ról; megtalálták Transzbajkália (SZU) aranytartalmú „fekete homok”-jaiban is. Később az USA területén több helyen: Easton (Pennsylv.), Helena (Montana), Scott River (California), s az alaszakai Nixon Fork fekete homokjában, Kanadában a Charlebois-tó (Saskatchewan) környékéről, Quebec és Ontario államokból is előkerült.

A thorianit a benne levő urántartalom oxidációja és hidratáció hatására aránylag könnyen elbomlik. Végtermékként barna, szürke, sárga gummitszerű anyaggá változik.

Uraninit, UO_2 és **uránszurokérc**. E két ásvány a természetben képletének megfelelő (ideális) összetételben sohasem fordul elő. Elsősorban is oxidáló hatás következtében az U^{4+} -ion kisebb-nagyobb mértékben U^{6+} -ionná alakul. A kristályszerkezetben e folyamat során az egyes üres anionhelyekre újabb oxigének lépnek a rácsba és semlegesítik azt. A töltések kiegyenlítése általános alakban így írható fel: $(\text{U}_{1-x}^{4+}\text{U}_x^{6+})\text{O}_{2+x}$. Az elemzések szerint az $\text{U}^{4+} : \text{U}^{6+}$ arány rendszerint $1 : 0,17$ és $1 : 0,21$ között változik, az oxidáció felső határa azonban nem ismeretes. Számos elemzés arról tanúskodik, hogy az U^{6+} mennyisége többszörösen meghaladhatja az U^{4+} -ét. Az oxidációt általában másodlagos (mállásos) mozzanatnak lehet tekinteni, de bizonyos, hogy számos lelőhely ásványa már U^{6+} -kationnal és a szükséges oxigéntöbblettel kristályosodott ki, és esetenként arra is gondolni kell, hogy az UO_3 jelenléte radioaktív bomlással kiváltott autooxidáció következménye. — Az összetételben izomorf helyettesítés folytán a Th-tartalom igen gyakori, hasonlóképpen a Ce- és az Y-tartalom is. Ezeket elsősorban a pegmatitos eredetű uraninit tartalmazza viszonylag nagyobb mennyiségben, míg a hidrotermás-telérés, vagy az üledékes típusú ásványból szinte teljesen hiányoznak. Ezzel szemben az ugyancsak fontos Pb, mint az U és Th radioaktív bomlásának stabilis végterméke, szinte állandó társalem. Ez a radiogén ólom főleg mint ólomásvány orientált beépüléssel és mint finom zárványosság mutatkozik. Az ólomtartalom egy része azonban már előbb, a kristály növekedése közben is bekerülhet a rács kationhelyeire (részben Pb^{2+} , részben Pb^{4+} alakban). — További társalemegek a ritkaföldfémek, főként az yttriumfélék; gyakori a Zr is, mely valószínűleg izomorf elemként szerepel. A Bi, Zn, Cu, Fe, Al, Mn, Ca, Ba, Na és más elemek is szerepelnek az elemzésekben, de bizonyos, hogy ezek nem a szerkezethez tartoznak, főleg nem a szurokérc esetében, mely zsúfoltan tartalmaz mikroszkopikus ásványokat. — Ha az uraninitet savakban vagy alkálikarbonát-olvadékban oldjuk, kevés He-, N_2 és Ar-gáz szabadul fel.

Krist. Szabályos hexakiszoktaéderes. A fluorit-izotípiának megfelelően $Z = 4$. A cella mérete a lelőhely, illetőleg keletkezés és az UO_3 -tartalom szerint többé-kevésbé módosul: pegmatitos képződésű $a_0 = 5,47\text{—}5,55$ Å, hidrotermás-telérés (szurokérc) $5,43\text{—}5,45$ Å, üledékes (szurokérc) $5,39\text{—}5,41$ Å. — Az a_0 változása a radiogén Pb-tartalommal is összefügg, így a cellaméret értékeiből közvetve a földtani időtartamra is következtetni lehet. — A kristályos uraninit legtöbbször kocka, kocka és oktaéder (483. ábra), ritkábban dodekaéderes alakú. Mérete néha cm—dm-nyi, de felülete egyenetlen, rosszul fejlett. Kristályos külsőt csak pegmatitos keletkezés esetében találunk. Javarészt vaskos-tömött, gömbös-héjas, szalagos, görbült lemezes. Dendrītszerű halmazok ugyancsak gyakoriak. A szurokérc finom szemcséi—szálai gyakran nem szabálytalan halmazok, hanem az $[111]$ irány szerint rendezett sorakozások. A rostok—szálak iránya ilyenkor merőleges a réteges kialakulások síkjára. Ezek a kialakulások vegyileg közel állnak az U_3O_8 összetételhez, s egyes szerzők szerint kis hevítéssel álhexagonális rombos fázissá változnak. Sajátos megjelenésű forma az „uránkorom”, mely koromszerű fekete lepedék. Vegyileg ugyancsak fölös oxigéntartalom ($\text{UO}_{2,5\text{—}2,6}$) jellemzi. Nem röntgenamorf, de interferenciavonalai nagyon elmosódnak. — Általában az uraninit és urán-szurokérc olyanképpen viszonylik egymáshoz, mint a kvarc a kalcedonfélékhez.



483. ábra. Uraninit

Ikerkristály (111) sz. a fluoritéhoz hasonló penetrációs iker, de jóval ritkább, mint a thorianitnál (482/b. ábra). Hasadás a nagyobb kristályokon nem tapasztalható (csak a csiszolt-fényezett készítmény felületén észlelhető (111), ritkábban (100) sz.). Törése egyenetlen, néha kagylós. $K = 5,5\text{—}6$. $S = (\text{tisza } \text{UO}_2) = 10,95$. A sűrűség csökken az $\text{U}^{4+} \rightarrow \text{U}^{6+}$ oxidáció mértéke szerint, valamint a Th és ritkaföldfém-tartalom szerint is. Így a természetes uraninit sűrűsége $8\text{—}10$, a szurokércféléké $6,5\text{—}9$ között változik. — Félig fémes fényű, de rendszerint fénytelen vagy szurokszerű enyhe zsírfénnyel. Kristályosan acélszürke-bársonyfekete, lehet barnásfekete, sötétbarna, zöldesbarna, főleg a megváltozott — oxidált — anyagé. — Nem teljesen opak. Vékony lemeze barna, zöldes-szürke, sárga színben gyengén átlátszó. Izotrop; törésmutatója nem ismeretes, de fénytörése igen nagy. *Ércm.* Reflexióképessége közepes, színe kissé barnás árnyalatú világosszürke (hasonlít a szfaleritéhez), a szurokérc árnyalása barnább. Izotrop. Belső reflexe sötétbarna.

Olv. p. (levegőn) $2500\text{—}2600$ C°; HF-ban, HNO_3 -ban és H_2SO_4 -ban oldódik. Oldékonysága ismét összetételétől, illetőleg ionizációs állapotától függ. — Ha az UO_2 -ot levegőn hevítjük, U_3O_8 -dá oxidálódik.

Radioaktivitása. — Az U-ból két radioaktív bomlássorozat indul ki: az egyik az ^{238}U -izotóptól a ^{206}Pb —(RaG)-ig tart. A másik az ^{235}U (AcU)-tól a ^{207}Pb (AcD)-ig. Tudjuk, hogy a tórium is bomlik, éspedig a sorozat a ^{232}Th -től indul, s a ^{208}Pb —(ThD)-ig tart. A közbülső termékek általában rövid életűek, így az

uraninit emissziós He-tartalma és a stabilis végtermék (Pb) meghatározásával — a felezési állandók ismeretében s a megfelelő korrekciók elvégzésével — az egyes uránérces kialakulások földtani kora közelítőleg kiszámítható. Az így nyert adatokat a 60. táblázat mutatja be.

60. táblázat

Lelőhely	Ásvány	Számított idő, millió év	Módszer
Jachýmov (Csehszlovákia)	szurokérc	234	Pb/U (^{204}Pb -re számítva)
	szurokérc	227	RaG/ ^{238}U
Katanga (Zaire)	szurokérc	676	Pb/U
	szurokérc	616	RaG/ ^{238}U
	szurokérc	610	AcD/RaG
Pied des Monts (Kanada)	uraninit	956	Pb/U
	uraninit	903	AcD/RaG
	uraninit	882	RaG/ ^{238}U
Wilberforce (Kanada)	uraninit	1035	AcD/RaG
	uraninit	1077	RaG/ ^{238}U
Nagymedve-tó (Kanada)	szurokérc	1420	AcD/RaG
	szurokérc	1250	RaG/ ^{238}U

Az azonos anyagon más-más módszerrel nyert értékekben nagyságrenden belül nagyon csekély az eltérés. Az adatok egyébként arra utalnak, hogy a felsorolt ércesedések a földtani ókorból, illetőleg azt megelőző időkből származnak.

Képz., lelőhely.

A) *Elsődleges* képződése főként savanyú magmás kőzetekhez kapcsolódik részint pegmatitos, részint hidrotermás fázisok ásványaként.

1. Gránit- és szienitpegmatitokban elég gyakori, bár csak kisebb mennyiségben képződik; cirkon, turmalin, monacit, csillám, földpát, továbbá ritkaföldeket és Nb—Ta-t tartalmazó ásványok a társulás tagjai. A kristályok eléggé elkülönülők, aprók vagy durvább szeműek. Dél-Norvégia, a szovjetunióbeli Karélia, Kanada, K-Afrika, Brazília, India, Malgas (Madagaszkár) pegmatit-területei említhetők.

2. A hidrotermás Co-Ni-Bi-Ag-formáció nagyobb hőmérsékletű telérei-ben kobalt—nikkel-ásványok, kalkopirit, arzenopirit társulásban kifejezetten szurokérces kifejlődésű kérgék, gumók. Pl. Cornwall (Anglia).

3. Hidrotermás Co-Ni-Bi-Ag-As-formáció közepes hőmérsékletű telérei-ben a jelentős kifejlődésű vaskos szurokércet smaltin—kloantit, nikkelin és más Co-Ni-ásványok, továbbá termés-Bi, ezüstásványok, kalkopirit, galenit, karbonátok, barit kísérik. Típuspéldák: Jachýmov (Érchg., Csehszl.), Johanngestadt és Annaberg (Érchg., Németorsz.) valamint a kanadai Nagymedve-tó, Co-Ni-ásványkíséret *nélkül*, helyenként metasomatikus kifejlődéssel. Ide tartozik

Gilpin (Colorado, USA) és a világ legnagyobb s leggazdagabb U-ércesedése Közép-Afrikában Katanga (Zaire Közt.) területén. Itt szulfidos réz- és urán-ércesedések kísérik a dolomitban—mész-köbön metasomatikus betelepüléssel feldúsult, tömeges szemcsés-kristályos uraninitet.

B) A *másodlagos* uránércdúsulások jelentősége nem kisebb a magmás eredetűekénél. Főként konglomerátokban, arkózás homokkőekben halmozódhatnak fel jelentős mennyiségben U- és V-tartalmú ásványok. Említhető a Mecsek-hegység permi homokkő szurokérc- és uránkorom-tartalma, a Colorado Plato (USA) carnotitos homokkőve, a Szovjetunióban Ferghana, Tuja-mujun (fergánai terület), valamint Utah, Új-Mexikó, Arizona és Colorado-államok (USA) területén 1948-ban megismert júra „morrison”- és triász „shinarump”-, „chinle”-üledékösszletei. Gazdag érckoncentráció még a Blind River-i terület is Ontarióban (Kanada), mely prekambriumi pirites konglomerátum U-ásványokkal. Jelentős továbbá a Witwatersrand (Dél-afrikai Közt.) Au-tartalmú konglomerátjának U-értartalma.

Nivenit vaskos gélszerű Nb-tartalmú változat és bővebben tartalmaz Ce- és Y-földeket is.

Cleveit-ben a Y, Er, Ce és Th-tartalom jelentős. $a_0 = 5,48 \text{ \AA}$.

Aldanit, vegyes összetételű fázis, olyan thorianit, melyben 15—20% az UO_3 - és 12—13% az PbO -tartalom.

Uranniobit külsőleg jó kristályos uraninit, viszonylag nagyobb mennyiségű Nb-ot tartalmaz.

Bröggerit. Rácsában az U-ot részben Th helyettesíti. ThO_2 -tartalma 15—18%.

B. ALOSZTÁLY

ÖSSZETETT OXIDOK

A rendszerbefoglalás újabb alapelvei szerint azokat az oxidos kristályvegyületeket, melyekben két (vagy több), szerkezetileg egymással nem egyenértékű kation vesz részt a rács semlegesítésében, külön alosztályba soroljuk. A határ természetesen itt sem éles. Van olyan — átmenetnek tekinthető — kettős oxid csoport, melyben a rács típus még az egyszerű oxidéval egyezik, és csak a kation vegyértékváltozása kívánja meg még egy fémion belépését. De az izotípiá nem mindig tökéletes, s ez a következő lépés a valódi összetett jelleg felé: az új kationbelépés a szimmetria, illetőleg tércsoport módosulását is maga után vonja (homöotípiá). Az esetek túlnyomó részében a kationfajták ionrádiusza eltérő oxigénkoordinációt is követel, s ezzel sajátosan komplex rácsfelépítés jön létre. Lényeges azonban, hogy a résztvevő kationok egyike sem alkot az oxigénnel önállóbb (izoláltabb) szerkezeti egységeket, vagyis a szerkezet a rácspont-távolságok tekintetében továbbra is jellegzetesen oxidrács marad. Régebben e vegyületek nagy része fiktív savak sóiként (aluminátok, titanátok, niobátok), tehát elvileg mint gyökionos kötésformák szerepeltek.

Az összetett oxidok alosztályába tartozó kristályvegyületek helyzete kb. ugyanaz, mint a szulfidok között az összetett szulfidoké.

A következő csoportosításban ismét a kation—oxigén arány növekvő rendje érvényesül:

61. táblázat

- a) csoport. R_3O_4 - (AB_2X_4 -) vegyületek
 α) Spinell-rácsú szerkezetek
 β) Hausmannit-rácsú szerkezetek
 γ) Egyéb szerkezetek
- b) csoport. R_2O_3 - (ABX_3 -) vegyületek
 Perovszkit és rokonsága
- c) csoport. R_3O_5 - (A_2BX_5 -) vegyületek
 Pszeudobrookit
- d) csoport. R_5O_8 - (AB_4X_8 -) vegyületek
 Pszilomelán-félék
- e) csoport. R_2O_4 - (ABX_4 -), R_3O_6 - (AB_2X_6 -), R_4O_7 - ($A_2B_2X_7$ -) és más vegyületek
 α) Fergusonit- (scheelit-) rácsú szerkezetek
 β) Niobit- (brookit-) és tapiolit- (rutil-) rácsú szerkezetek
 γ) Blomstrandin—euxenit-sor
 δ) Piroklorfélék
 ϵ) Egyéb niobát—tantalát-szerkezetek
 ϱ) Schafarzikit és rokonsága

FÜGGELÉK: Okkerfélék

a) csoport.

R₃O₄-oxidok (AB₂X₄-vegyületek)

a) SPINELL-RÁCSÚ SZERKEZETEK

Az összetett oxidoknak gyakorlatilag legfontosabb ásványait a spinellsor foglalja magában. Tagjai egyöntetűen a szabályos holoéderes osztályba tartoznak, s az azonos rácstípus alapján az izomorf kationhelyettesítés minden fokozata előállhat.

A spinellféléket a következő általános képlettel szokás jellemezni: R²⁺R₂³⁺O₄, melyben R²⁺ = Mg, Fe²⁺, Zn, Mn²⁺; R³⁺ = Al, Fe³⁺ és Cr³⁺. A sorozat tagjait a 62. táblázatban találjuk meg.

62. táblázat

1. Aluminátspinellek

Név	Összetétel	Szimmetria	Térce csoport
Spinell Hercinit Galaxit Gahnit	MgAl ₂ O ₄ FeAl ₂ O ₄ MnAl ₂ O ₄ ZnAl ₂ O ₄	szabályos holoéderes	O _h ⁱ — Fd3m

2. Ferritspinellek

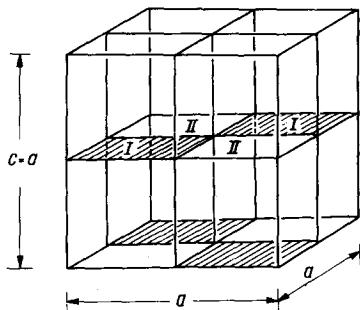
Név	Összetétel	Szimmetria	Térce csoport
Magnezio- ferrit Magnetit Jakobsit Franklinit Trevorit	MgFe ₂ O ₄ FeFe ₂ O ₄ MnFe ₂ O ₄ ZnFe ₂ O ₄ NiFe ₂ O ₄	szabályos holoéderes	O _h ⁱ — Fd3m

3. Kromitspinellek

Név	Összetétel	Szimmetria	Térce csoport
Magnezio- kromit Pikotit Kromit Ulvit	MgCr ₂ O ₄ Fe(Al,Fe,Cr) ₂ O ₄ FeCr ₂ O ₄ Fe ₂ TiO ₄	szabályos holoéderes	O _h ⁱ — Fd3m

Rácsszerkezetileg e kristályvegyületeknek típusos összetett oxid-rácsa van, melynek felépítését és részleteit az ábrák szemléltetik. (484—486. ábra).

A teljes elemi cella 8 kisebb kockából illeszkedik össze, illetőleg a komplex nagy cella 8 rész-kockára bontható. Ebből 4-4 azonos, de átellenes helyzetű.

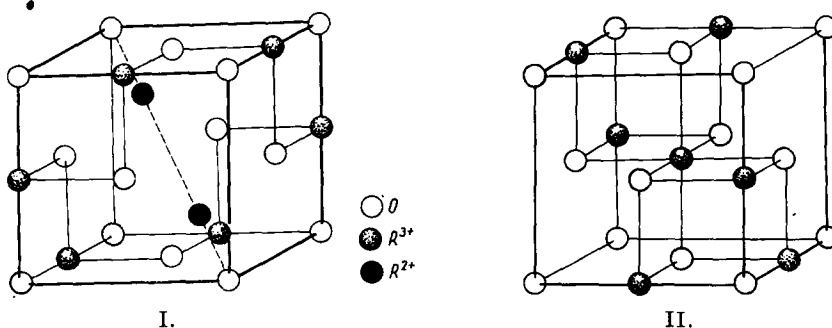


484. ábra.
A teljes spinellcella alapváza

A szerkezet egyöntetű vázát az oxigénionok alkotják lapon centrált szabályos illeszkedésben. Az R^{3+} -kation mindkét (I. és II.) részlegben kősótípus módjára, az élfelező pontokon sorakozik, de nem tölt be minden pozitív helyet, mert csak két-két szomszédos élközépen van R^{3+} -ion. A rácsban tehát „üres” helyek vannak, amit a szerkezet úgy egyenlít ki, hogy az I.-fajta kockatér belsejében, a testátló $1/4$ és $3/4$ -ében két R^{2+} -kationt rögzít. A felépítésből következik, hogy az R^{3+} -kationnak 6-os, az R^{2+} -nak 4-es koordinációja van. A tetraéderek egymással nincsenek közvetlen kapcsolatban, viszont az oktaéderek közös élben csatlakoznak, s a rács alapépítményét jelentik. Az oxigénionok közelítőleg a legtömöttebb szabályos illeszkedésben rendeződnek, s minden O-ion egy R^{2+} -hoz és egyenlő távolságban három R^{3+} -hoz kapcsolódik.

Az elmondottak szerint a teljes elemi testben $Z = 8$, tehát a cellában 8 R^{2+} tetraédes, 16 R^{3+} oktaédes koordinációjú kation van.

Ismert tény, hogy egyes spinellfélékben a 8 tetraédes környezetű kation helyét nemcsak R^{2+} , hanem R^{3+} (pl. Fe^{3+}) is elfoglalhatja, és a fennmaradó 8 R^{3+} -ion a másik 8 R^{2+} -nal statisztikus eloszlásban tölti be a 16 oktaédes pozíciót. Főképpen a magnetitben és közeli rokonai körében található meg az ilyen kationeloszlás, melyet *inverz spinellszerkezetnek* neveznek. Egyébként a természetes és mesterséges kristályvegyületek között az effajta jelenség nem tartozik



485. ábra. A spinellcella kétféle (I. és II.) nyolcadkockája. Mindkét kocka szemlélteti a kősórács üres kationhelyeit is

a ritkaságok közé. A spinellrácsonak, valamint a közeli rokon perovszkit-típusnak más vegyületek körében is tapasztalt nagyobb elterjedése éppen abból ered, hogy statisztikus inverz helyettesítés állhat elő, amikor is (megfelelő ionrádiusz esetén) csak a kationok töltésösszege a döntő a rácsrend stabilizálásában.

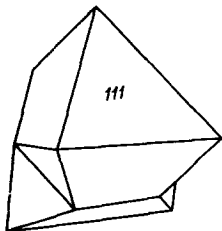
Láttuk, hogy a 6-os koordináció oktaédereinek folyamatos csatlakozása alkotja a szerkezet alapépítményét: a külső alakon is az oktaéder az uralkodó forma, és az (111) egyúttal ikersík (spinelltörvény) és hasadási lap is.

A rács típus alfajainak előbbi felsorolásában mutattuk be, hogy az R^{3+} túlsúlya szerint három csoportot lehet megkülönböztetni: az Al^{3+} -ot tartalmazó vagy igazi spinellféléket, valamint a Fe^{3+} - és Cr^{3+} -tartalmú ferrit-, illetve kromitváltozatokat. — A spinell—magnetit—kromit-ásványok túlnyomórészt a magmás folyamatok során avagy a metamorfózis alkalmával keletkeznek.

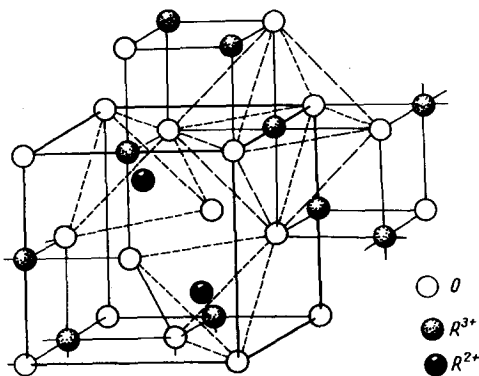
Az *aluminátspinellek* általában nem fémes külsejű, világosabb színű és kisebb fajszámú, nagy keménységű kristályvegyületek.

➤ **Spinell**, $MgAl_2O_4$. Vegyi összetétele: MgO 28,2%; Al_2O_3 71,8%. Elegyedéssel Fe^{2+} - és Fe^{3+} -kationt is tartalmazhat, kevés Mn és Cr is szerepelhet az összetételében, ami természetszerűen a színezettségében kifejezésre jut. *Krist.* Szabályos holoéderes, $a_0 = 8,10 \text{ \AA}$. Uralkodó formája az oktaéder, melynek lapjai néha görbültek, de többnyire élesen fejlett, bennőtt, apró kristályok. Jellemző továbbá az (111) sz. táblásra torzult, lapított forma. Az ikerösszenövés (111) sz. gyakori jelenség (487. ábra), mely ismétlődve ciklikus kifejlődésű lehet.

$K = 8$, $S = 3,55$. Hasadás az (111) síkjai szerint. Színtelen vagy különféle árnyalatokban színezett. Ha szép átlátszó és ibolyászínű, ékköül szolgál: *nemes spinell*, *rubinspinell*, *balasrubin*, *rubicell*; de lehet kék, zöld, barna. — Izotrop, fénytörése erős, a törésmutató összetétel szerint 1,72—1,77 között változhat. Igen ellenálló, cc. H_2SO_4 kissé megtámadja, HF nem oldja, pora $Co(NO_3)_2$ -tal Al-reakciót ad. — Olv. p. 2135 C° .



487. ábra. Spinell-iker



486. ábra.

A kétféle rácsrész egybekapcsolódása.
A 4-es és 6-os koordinációkat szaggatott vonalak szemléltetik

Képz. Jellegzetesen kontakt ásvány. Mészkövekben, dolomitokban kontaktmetamorfózis alkalmával keletkezik. A Vezúv (Olaszország) bombáiban is gyakori. Ho-

mokban, torlatokban változatlanul megmarad. India, Ceylon, Burma, Vietnam területén, Malgas-on (Madagaszkár) más torlatásványok társaságában találják. Szép zöld változatát Cu színezi, ez a déluráli (SZU) Kamenka-folyó törmelékéből ismeretes.

Pleonaszt, $(\text{Mg,Fe})\text{Al}_2\text{O}_4$. A Mg-ot javarészt Fe helyettesíti, ezért fekete, fénye félig fémes. Vékonycsiszolatban zöldes színnel áttetsző. Bázisos és ultra-bázisos magmás kőzetekben, pl. gabbróban, lherzolitban szórványosan, továbbá mészkő-kontaktusokban keletkezik, és a Mt. Somma (Vezúv, Olaszorsz.) bombáiban is megtalálható.

Hercinit, FeAl_2O_4 . Legtöbbször elegykristály, kisebb arányban Mg-ot és Fe^{3+} -at is tartalmazhat. *Krist.* Rosszul fejlett oktaéderek, finomszemcsés, vas-kos halmazok. Színe fekete. Fénytörése erős: $n = 1,805$. $S = 4,39$. Opak. Vékonycsiszolatban sötétzölden áttetsző, mágnesezhető.

Bázisos magmás kőzetek járulékos elegyrésze, de kontakt mészkővekben sem ritka. Szászországi (Németorsz.) granulitban szillimanittal, gránáttal, andalú-zittal társul. Számos lelőhelye ismeretes. Kelet-ázsiai ónkőtorlatokban, a braziliai gyémántmosásnál is bőven előkerül.

Galaxit, MnAl_2O_4 . A formulának megfelelő tisztaságban, azaz elegyedés nélkül nem ismeretes. — Szabályos holoéderes, spinellrácsú, $a_0 = 8,287$ Å. Többnyire jól fejlett, de apró kristályok. Üvegfényű vagy fénytelen; fekete, karca vörösbarna. Fénytörése erős: $n = 1,923$. $K = 7,5$. $S = 4,03$. Ritka. Eredeti lelőhelye Galax (Blue Ridge-hg., Virginia, USA), ahol spessartinnal, rhodonittal, tefroitral társulva metamorf kőzetelegyrész.

Gahnit (cinkspinell), ZnAl_2O_4 . Rosszul fejlett, rostozott felületű oktaéde-
rekben vagy szemcsés halmazokban keletkezik. Színe zöldesfekete, üvegfényű. Vékony lemezben szürkészölden áttetsző. Keménysége némileg kisebb (7,0), sűrűsége nagyobb (4,6) az előzőkénél. Metamorf kőzetekben az Alpokban, Skandináviában, de gránitpegmatitban is keletkezik. Neves lelőhelye Franklin (New Jersey, USA), ahol cinkittel, willemittel társul.

Magnezieferrit, MgFe_2O_4 . Szabályos holoéderes, spinellrácsú, $a_0 = 8,38$ Å. Főként apró oktaéderek, kissé torzult kristályok. Barnásfekete, karca feketésbarna. Vékony szilánkban áttetsző. Izotrop, törésmutató: $n = 2,38$, $S = 4,5$ — $4,6$. Gyengén mágneses. Eddig főként fumarolákból került elő, ahol nagy hőmérsékleten, vízgőz jelenlétében, vas(III)-klorid—MgO-reakció termékeként jön létre. A Vezúv, Etna környékén, Stromboli és Vulcano szigetén (Olaszorsz.) találják. Előfordul a franciaországi Le Mont Dore (Puy-de-Dôme-tart.) területén; rendszerint hematittal nő össze.

Magnetit, *mágnesevaskő*, FeFe_2O_4 . (ferro-ferri-oxid); FeO 31%, Fe_2O_3 69%. Fémvastartalma 72,4%. Nagyobb hőmérsékletű képződés esetén a Fe^{2+} -t részben Mg, Mn, Ni, Zn, Ti helyettesítheti, a Fe^{3+} -hoz pedig Al, Ti, V és Cr társulhat. A Ti-tartalom legtöbbször (mint FeTiO_3) finom lemezszerkezet alakjában szételegyedik. A FeO helyettesítése NiO-dal a természetben ritka, de esetenként igen jelentős (11—29% közötti) lehet.

Krist. Szabályos holoéderes. Rácsa inverz spinellszerkezet. A rácsépítmény szerint tehát helyesebb volna a formuláját így írni: $\text{Fe}^{3+}(\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+})\text{O}_4$. $a_0 = 8,39$ Å. Kristályai egyszerű, legtöbbször jól fejlett oktaéderek, néha kombinációk. Általában az uralkodó alakból a keletkezési viszonyokra lehet következtetni: bázisos magmás kiömlési kőzetekben javarészt a mikroszkópos hexaéder és oktaéder, kontakt pneumatolitos ércesedésben rombdodekaéder, kristályos palákban éles, szép oktaéder a jellemző alak. Egyszerű kockák, parányi kristályok tömeges halmaza a lotharingiai (Franciaország) üledékes magnetitból ismeretes. A lapok felülete rostozott, a kristályok gyakran torzultak, az oktaéder szerint lapítottak. Iker a spinelltörvény szerint kettős iker alakban vagy többszörös lemezes formában is gyakori. Hasadása az inverz szerkezet következtében rossz, inkább csak elválás az (111) sz. $K = 5-5,5$, $S = 5,2$. Vasfekete, zsíros-tompafényű, opak. Karca fekete. $n_{\text{Na}} = 2,42$. Erősen mégneses, kissé mállott állapotban („lodestone”) poláris aktív mágnesség van. A ferromágnesesség a hőmérséklet növelésével csökken, és bizonyos hőmérsékleten (a Curie-ponton) teljesen megszűnik. Lehűlés után ismét mágnessé válik.

Ércm. közepes reflexióképesség ($R = 21\%$), barnás árnyalatú szürke szín, teljes izotrópia jellemzi, de egyes magnetit (pl. a kirunai) annyira anizotrop, hogy a szemcseformák jól láthatók. Sósavas étetéssel zónásság tűnik elő. — Minthogy bázisos mélységi magmában ilmenittel elegykristályt alkot, ez a hőmérséklet csökkenésekor nagyrészt szételegyedik. Ugyanakkor az egyéb idegen alkotórészek zöme is zárványokként kiválik. Belsejében a rendezett ilmenitlemezeknek jellegzetes mikroszkópi képe van. Gyors lehűléskor a szételegyedés nem következik be, ilyenkor *titanomagnetit* néven különböztetjük meg, s mikroszkópi (rózsásbarna árnyalású) színe elárulja Ti-tartalmát. Porítva cc. HCl oldja, fluorsavban is lassan oldódik. Olv. p. 1527 C°.

Képz., lelőhely. A spinellrokonság leggyakoribb tagja, egyben a legnagyobb (72,4%) fémvastartalmú vasércásvány. A minőségi acélgártás legjobb nyersanyaga. Helyenként hatalmas érctelepek képződtek belőle. Többféle úton keletkezik. Általában nagy hőmérsékleten jön létre. Magmás kőzetekben állandó járulékos elegyrész. Másodlagosan Fe-tartalmú üledékek átkristályosodásakor is képződik, ami jelentős tömegeket eredményezhet; vastartalmú kőzetek a kéreg nagyobb mélységeiben vasércmaggává olvadhatnak, aminek önálló felnyomulása nagy magnetittömegeket hozhat létre.

a) Folyósmagmás állapotban az első kiválási termék. Bázisos kőzeteknek, pl. bazaltnak, melafírnak a sötét színe főként finom magnetitzemcsékből ered. 1. Ha mód nyílik rá, a magmakristályosodás első szakaszában differenciációval elkülönül, s jelentős mennyiségben felhalmozódik. Ilyen a Bushföld (Dél-afrikai Unió) ércsávós (schlieres) elkülönülése, a svédországi Taberg, Alnö, Routivare oxidos differenciációs vasérc. Az ilyen ércanyag részint oxidokból, részint Fe-Mg-szilikátokból tevődik össze: magnetit, titanomagnetit, ilmenit, olivin vagy piroxén a főbb elegyrészek. Bár a Fe mennyisége jelentős, a Ti-tartalom miatt iparilag kevésbé használhatók. Ide sorolható a hazai Bükk-hegységi Szarvaskő wehrliit érce is. — 2. Ha az elkülönülés még folyós állapotban követ-

kezik be, s a differenciálódott ércanyag lesüllyedve újra hígfolyóssá válik, illetőleg valamely vasban gazdag üledékes v. metamorf kőzettömeg a kéreg mélyebb részeiben részlegesen vagy egészen olvadékká változik: az érces olvadékból önálló ércmagma lesz, mely más úton újra felnyomul, illetőleg kipréselődik. Ilyen eredettel nagy tömegű s a legjobb minőségű apatitos magnetittelep jöhet létre; említhetjük Kiruna-t, Malmberget-et és Grängesberg-et (Svédország), melynek fejtett érce 66—70% fémvasat tartalmaz. Hasonló Kurszk (SZU); Algorbo (Chile), Adirondack (New York, USA).

b) Fontosak a kontaktpneumatolitos magnetittelepek. Ezek érce Ti-mentes, foszforban szegény, de számos szulfid-, bór- és fluortartalmú ásvány kíséri, jellegzetes kontaktszilikátokkal (epidot, gránát, vezuvián, wollastonit stb). egyetemben. Ilyen a bányászati kontaktvidéken (Románia) a juramészkk-vonulat mentén: Ocna de Fier (Vaskő), Dognacea (Dognácska), Oravița (Oravica). Óriási telep az urali (SZU) Magnytogorszk közelében Magnytinája Gora. Jelentős a Vüszokája Gora (Tatár Közt., SZU), Svédországban Dannemora.

c) Vastartalmú üledékekből regionális metamorfózissal hematit mellett magnetit is keletkezik. A gazdag érctelepek anyagát vasszilikátok és egyéb ásványok szennyezik. Bogen (Ofotfjord, Norv.), Norberg (Svédország); Mesabi-hg. (Minnesota, USA).

Csak ásványtanilag érdekes szép kristályok képződnek az Alpok köztrésein: Zermatt (Svájc), Ötztal, Zillertal (Tirol, Ausztria), kloritpalában Irottkő (Kőszegi-hegys., Vas m.). A Vezúv (Olaszország) bombáiból ugyancsak szép kristályos magnetit került elő.

Az oxidációs zónában viszonylag stabilis ásvány. A kőzetek elmállásakor a törmeléküledékbe, homokokba kerül be, ahol mindig megtalálható, helyenként gazdagabban is feldúsul. Az aranytorlatokban a mosáskor nyert sötétszemű aranyos koncentrátumnak egyik fő összetevője.

Maghemit, $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$. Spinellrácsú, mágneses ferri-oxid. Magnetitből oxidációval keletkezik. Metastabilis, könnyen hematittá változik (vö. 563. old.).

Martit olyan magnetit, melynek belseje részben vagy egészben hematittá alakult át (vö. 561. old.).

Jakobsit, MnFe_2O_4 . Szabályos holoéderes. Rácsa inverz spinellszerkezet. $a_0 = 8,474 \text{ \AA}$. Egyes jó kristályok ritkák, inkább szemcsés halmazok, rosszul fejlett oktaéderek. Főképp metamorf kőzetekben képződik. $K = 6$, $S = 4,75$. Fémfényű, barnásfekete, opak. Karca sötétbarna. Gyengén mágnesezhető. Jakobsberg (Svédország) metamorf mészkőben. Långban (Svédország) tefroitallal, kristályos palában, a bulgáriai Pazardzsisik mellett gneiszben, Masca (Macskamező, Románia) Mn-szilikátos kristályos palában is megtalálható.

Franklinit, ZnFe_2O_4 . Szabályos holoéderes, spinellrácsú. $a_0 = 8,42 \text{ \AA}$. Oktaéderes, legömbölyödött, kristályai nagyok, néha több cm-esek is lehetnek. $K = 6-6,5$, $S = 5,1$. Hasadása alig kivehető. Vasfekete, tökéletlen fémfénnyel, karca vörösbarna. Vékony szilánkban áttetsző, $n = 2,36$. Gyenge mágnese ssége hevítés után felfokozódik. — Egyedüli lényeges előfordulása Franklin és Ster-

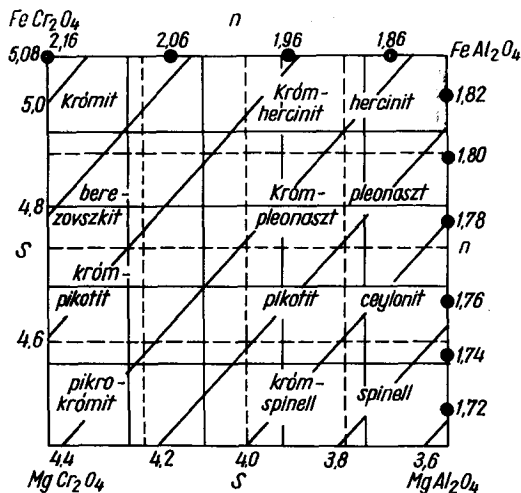
ling (New Jersey, USA), ahol egyéb oxidos cinkásványokkal, cinkittel, gahnittal továbbá willemittel, rhodonittal, tefroitall társul.

Trevorit, NiFe_2O_4 . Összetételében a NiO-ot részben FeO helyettesíti. Szabályos holoéderes, a jelek szerint inverz spinellszerkezet, $a_0 = 8,43 \text{ \AA}$. — Önálló kristályokban nem ismeretes. Fekete, félig fémes. Opak. $n = 2,3$. Karca barna. Erősen mágneses. $S = 5,16$. A magnetit és trevorit között átmeneti elegysor ismeretes, melyben a NiO 11%-tól 29,7%-ig változik. Utóbbi már közel a képlet szerinti trevoritösszetételnek felel meg. Természetes előfordulásban eddig csak Transvaalból (Dél-afrikai Unió) ismeretes, ahol Barbarton és Sheba környékén zöld színű, talkszerű kőzetbe ágyazott szemcsés halmazként jelenik meg.

Magneziokromit, MgCr_2O_4 . Mindig tartalmaz kevés Fe-at a Mg helyén. Szabályos holoéderes. Spinellszerkezetű, javarészt inverz rácsú. Megjelenése a kromitétól alig különbözik, képződése ugyanaz (l. ott). A króm-spinellek fizikai állandói a vegyi sajátságoktól, vagyis az elegyösszetevők arányától függnnek. — A sűrűség és törésmutató értékeinek változását a 488. ábra mutatja be.

Pikotit, $\text{Fe(Al,Fe,Cr)}_2\text{O}_4$. A háromértékű kationok együttes szereplésének példája. Miként a diagramból leolvasható: Mg-ot is tartalmaz az Fe^{2+} helyén (488. ábra). Fekete, vékonycsiszolatban barnás színben áttetsző. Bázisos és ultrabázisos kőzetekben, főként peridotitfélekben a kromitot kíséri.

Kromit, *krómvaskő*, FeCr_2O_4 . Túlnyomórészt elegykristály, rácsában a 488. ábrán feltüntetett összetevők szerepelnek. Ezenkívül kisebb mennyiségben Mn, Zn, Ti is társul a fő kationokhoz. *Krist.* Szabályos holoéderes, rácsa inverz spinellszerkezet. Egyes, jól fejlett kristályokban nem ismeretes. Leggyakoribb vaskos-szemcsés halmazokban, melyekben esetleg a szemcsék erősen legömbölyödött oktaéderek, még inkább xenomorf ércelegyrészek. *Rideg.* $K = 5,5$. $S =$ (ha összetétele közel áll az FeCr_2O_4 -hez) 5,0—5,1, bővebb Mg- vagy Al-tartalom esetén 4,2-re csökken. Vasfekete, barnásfekete. Félig fémes vagy enyhén zsírfényű, némelykor szurokfényű. Vékony lemezben, szilánkban barnán-barnászörösen áttetsző, $n_{\text{Ti}} = 2,16$. Néha gyengén mágneses. A fizikai állandók (sűrűség, törésmutató) a vegyi összetétellel változnak (488. ábra).



488. ábra. A kromit- és aluminátspinellek sűrűség- (S) és törésmutató- (n) értékeinek változása az összetétellel (Winchell után)

Ércm. A reflexióképesség is a vegyi összetétel szerint változik, általában gyengén közepes ($R = 13-15\%$), a reflexiós szín szürkésfehér, kissé barnás. Izotrop, belső reflexe vörösbarna. — Lángban nem olvad, kihevítve mágnességé válik. Savak nem oldják.

Alk. Az egyedüli gyakorlatilag fontos krómérc. Cr_2O_3 -tartalma $\sim 68\%$. Mint nyersanyagot nagy mennyiségben alkalmazzák üstök, kohók tűzálló béleeléséhez, a fém Cr-ot a különleges nemesacél-gyártáshoz, krómozáshoz, krómedények, eszközök előállításához, a krómsókat festékfajták készítéséhez, bőrcserzéshez stb. használják.

Képz., lelőhely. Képződése kizárólag ultrabázisos és bázisos mélységi magmás kőzetekhez és az ezekből autohidratációval átváltozott szerpentinfélékhez kapcsolódik. A magmás kőzetben ismétlődően szalagos elhelyezkedésben, avagy egyenletesen elhintve, máskor összefüggő lencsékben, „szirtek”-ben jelenik meg. Korai kristályosodási termék. Nem ritkán a kromitos ultrabázit Pt-fémeket is tartalmaz. A Kárpát-övezetben az Al-Dunánál Orsova környékén (Tisovica = Tiszafa, Románia), a Balkán-félsziget több pontján, főként a jugoszláviai Raduša (Skopje) környékén és Törökország kisázsiai részén, az Ural-hegységben (SZU) nagyszámú és jelentős krómtelepek ismeretesek. Nagyobb (Pt-ával társult) telepek vannak az afrikai Dél-Rhodésiában, Új-Kaledóniában, Kubában.

A kromit a meteoritokban is gyakori elegyrész.

Ulvit v. *ulvöspinell*, Fe_2TiO_4 . Szabályos holoéderes, inverz spinellszerkezetű. $a_0 = 8,53 \text{ \AA}$. Önálló kristályokként csak egészen apró szemekben és ritkán található, sokkal elterjedtebb mint szételegyedési termék titanomagnetitben. A szételegyedés finom szövetek vagy lemezhalózat alakjában jön létre, ami ércmikroszkópban erősebb nagyítással jól észlelhető. — Norra Ulvö és Taberg (Svédorsz.), Susimäki, Kuisari és Skeppvik (Finnorsz.), Skaergaard (Grönland), Duluth (Minnesota, USA); Mooihoek (Transvaal, Dél-afrikai Unió).

Vanadomagnetit (*coulsonit*). Elegykristály inverz ráccsal. Vanádium-oxid-tartalma $\sim 5\%$. — Mesterségesen a tiszta $\text{Fe}^{2+}\text{V}_2^{3+}\text{O}_4$ könnyen előállítható, ennek rácsállandója $a_0 = 5,49 \text{ \AA}$.

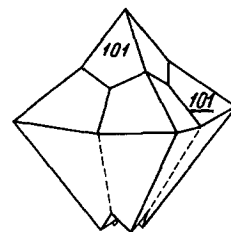
β) HAUSMANNIT-RÁCSÚ SZERKEZETEK

63. táblázat

Név	Összetétel	Tércepoport	a_0	c_0	Z
Hausmannit	MnMn_2O_4	$D_{4h}^{19} - I4/d\bar{d}m$	5,76	9,44	4
α -Vredenburgit	$(\text{Mn, Fe})_3\text{O}_4$	tetragonális	5,78	9,35	—
Hetaerolit	ZnMn_2O_4	$D_{4h}^{19} - I4/d\bar{d}m$	5,75	9,17	4

A sor tagjainak gyakorlatilag kevésbé lényeges szerepük van. A rácsszerkezet nagyon közeli rokon a spinelltipussal, a szimmetria álszabályos, tetragonális holoéderes. A külső alakra oktaéderszerű dipiramis-formák jellemzők.

Hausmannit, $Mn^{2+}Mn_2^{3+}O_4$. Kisebbségi mennyiségben vasat tartalmazhat. *Krist.* Tetragonális holoéderes. Szerkezete tetragonálisan deformált spinellrács. Leggyakoribb alakja az oktaéderhez közelálló (111) dipiramis, a lapokon vízszintes rostozással. Jellemző az (101) iker törvény, mely szerint alkotott ötös ikerkristály a buzogányfejre emlékeztet (489. ábra). Az (101) lap translációs sík is. Hasadás a bázis, (001) sz. $K = 5,5$, $S = 4,75$. Félig fémes, zsiros fényű, barnásfekete, karca gesztenyebarna. Vékony lemezben áttetsző. — *Ércm.* Reflexiója gyenge, színe szürkésfehér. Bireflexiója is gyenge, de a felület sajátos csillanása révén jól észlelhető. Anizotrópiája élénk, kevéssé színes. Az állandó, finom poliszintetikus ikerlemezesség is jellemző sajátosság. Belső reflex vöröses. — Lángban nem olvad, sósavval klórt fejleszt.



489. ábra.
Hausmannit-iker

Képz. A fémekben leggazdagabb mangánásvány ($Mn = 72,0\%$), főként nagy hőmérsékletű hidrotermás telérekben keletkezik, de lehet kontaktmetamorf ásványtársulás tagja is, illetve Mn-tartalmú üledékekből metamorfózissal előállt kőzetekben átkristályosodási termék. Leginkább braunit, magnetit, hematit, pszilomelán, pirolúzit tartozik a kíséretéhez. Tömegesebb kialakulásban pátos—szemcsés lelőhelyeinek száma nem nagy. Jakobsberg és Långban (Svédország); Ilmenau (Thüringia, Németország); Minas Gerais (Brazília), Batosville (Arkansas, USA).

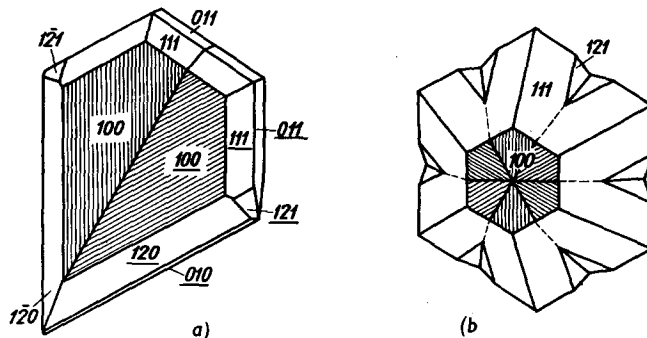
Vredenburgit, $(Mn,Fe)_3O_4$. Tetragonális. Külsőleg a hausmannit-hoz hasonló. Közös hőmérsékleten metastabilis, és könnyen szétesik szabályos (valószínűleg jakobsit) és tetragonális β -komponensre. Homogén felépítésű α -változatát eddig csak Långbanról (Svédország) ismerik. Szintén a braunitparagenezis tagja.

Hetaerolit, $ZnMn_2O_4$. A cinket kisebb arányban Mn^{2+} -kation helyettesítheti. Tetragonális holoéderes. Kristályai oktaéder alakú dipiramisok, de leginkább szemcsés-tömött halmaz. Iker (112) sz. Hasadás (001) sz. $K = 6$, $S = 5,2$. Fekete, gyengén fémes fényű, karca sötétbarna. Vékony szilánkjá áttetsző. — Egyedüli lelőhelye Sterling és Franklin (New Jersey, USA).

„) EGYÉB (SPINELL-TÍPUSÚ) SZERKEZETEK

Krizoberill, $BeAl_2O_4$. A vegyület oxidösszetevői: BeO 19,8%, Al_2O_3 80,2%. Állandó elegykationok: Fe, Ti, Cr. *Krist.* Rombos dipiramisos, álhatszögös. $D_{2h}^{15}—Pmcn$. $|a_0 = 5,48, b_0 = 4,43, c_0 = 9,41 \text{ \AA}$. $Z = 4$. Szerkezete megfelel a spinellrácsnak, az O-atomok ugyanúgy lapon centrált elhelyezkedésűek, az Al-nak szintén 6-os koordinációja van, csak a 4-es koordinációban levő Be-atomok kis ionrádiusza miatt módosul a rács. Egyébként, ha a BeO_4 -es csoportok elhelyezkedéséből indulunk ki, a szerkezet jól egyezik az olivinével is (l. ott).

A külső alak is hasonlít az olivinéhez. Kristályai zömök táblásak vagy oszlopos természetűek. Jellemzők a (031) sz.-i érintési és átnövéses ikrek. A 3-as iker állhatszögös külsejű (490. ábra). Hasadása a (011) sz. jó, a (010) sz. kevésbé jó, az (100) sz. gyenge. Keménysége nagy: 8,5 (a kis Be-atom miatt), $S = 3,7$,



490. ábra. Krizoberill ikerkristály (031) sz.; a — érintéses, b — hármasszögű átnövéses, ún. alexandrit-típus

áttetsző. Színe különféle árnyalatú zöld. Opt. pozitív; $n_\alpha = 1,746$, $n_\beta = 1,748$, $n_\gamma = 1,757$. Pleokroos. — Lángban nem olvad, savakban nem oldódik. KOH feltárja. Szép változatai drágakőnek alkalmasak. Egyik különleges fajtája az Uralból (SZU, Takovaja-folyó) származó *alexandrit*, amely napfényben aranyzöld, műfénynél ibolyáspiros. — Mesterségesen is előállítják.

Pegmatitásvány. Csillámpalákból is előkerül, itt azonban kontakt pneumatitos eredete van; kristályos pala és a gránitintrúzió érintkezésekor keletkezik. A kőzetek elpusztulásával torlatásvánnyá válik, s számos gyémánt-, korund-, gránát-, kassziterit-torlatban megtalálják: Ural, Ceylon, Malgas (Madagaszkár), Ghana, Brazília.

Taaffeit, $\text{BeMgAl}_4\text{O}_8$. Hexagonális trapezoéderes, D_6^h — $P6_322$. $a_0 = 5,72$, $c_0 = 17,38$. $Z = 4$. Spinellkülsejű, mályvapiros. Fénytörése erős (1,71—1,72), kettőtörése jelentős. $K = 8$. $S = 3,6$. Ritka ásvány. Torlatból került elő. Elsődleges lelőhelye nem ismeretes.

Crednerit, CuMn_2O_4 . Monoklin, $C2/m$, $a_0 = 5,58$, $b_0 = 2,88$, $c_0 = 5,88$ Å, $\beta \approx 104^\circ 00'$. Vékony hatszögletű lemezkék, sugarasan vagy félgömbszerűen rendezett csoportokban. Gyakran földes v. lisztszerű bevonat. A lemezességgel párhuzamosan jól hasad. $K = 4$. $S = 5,01$. Élénk fémfényű, vasfekete, karca koromfekete, gyengén barnás árnyalással. Opak. Ércm. anizotrop, minden metszetén poliszintetikus lemezesség látható. Ritka másodlagos ásvány. — Friedrichroda (Thüringia, Németorsz.), Mendip Hills (Somerset, Anglia), Calistoga (Calif., USA).

Mínium (mennige), Pb_3O_4 . Tetragonális holoéderes, D_{4h}^{13} — $P4_2/mbc$. $a_0 = 8,80$, $c_0 = 6,56$ Å. $Z = 4$. Csak földes, porszerű halmazok mikroszkopikus szemcsemérettel. $K = 2,5$, $S = 8,9$ — $9,2$. Enyhén zsírfényű vagy fénytelen, skarlátvörös, barnásvörös, karca narancssárga. Vörös fényben átvilágítható, $n_{Li} = 2,42$. Optikailag negatív, erősen pleokroos, de a kettőtörése gyenge. — Hevítve megfeketedik, kihűlésekor a színe javarészt visszatér, HCl klórfejlődés közben oldja, híg HNO_3 -ban ólom(II)-nitrát és barna ólom(IV)-oxid képződik belőle.

Másodlagos ásvány, kis mennyiségben számos lelőhelyről ismeretes. Leginkább közvetlenül galenitből vagy cerusszitból keletkezik.

Magnetoplumbit, $\text{PbO} \cdot 6 \text{Fe}_2\text{O}_3$. Hexagonális holoéderes. $D_{6h}^4 - P6_3/mmc$. Másodlagos ásvány.

Plumboferrit, $\text{PbO} \cdot 2 \text{Fe}_2\text{O}_3$, trigonális trapezoéderes, $D_3^1 - P312$. Vastag táblás kristályok; rendszerint tömeges-szemcsés. Hasadás (0001) sz. $K = 5$, $S = 6,07$. Fekete, feketésszürke. Karca vörös. — Jakobsberg (Svédorsz.). Vékony erecskében jakobsittal, andradittal társul.

b) csoport.

R_2O_3 - (ABX_3 -) vegyületek

Perovszkit és rokonsága

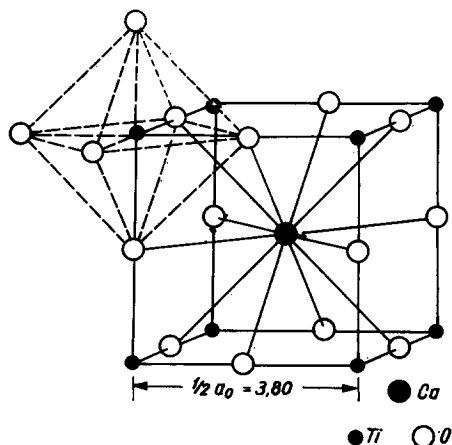
64. táblázat

Név	Összetétel	Szimmetria	a_0	Z
Perovszkit	CaTiO_3	álszabályos monoklin	7,62	8
Disanalit	$(\text{Ca}, \text{Ce})(\text{Ti}, \text{Fe}, \text{Nb})\text{O}_3$	szabályos	7,60	8
Loparit	$(\text{Na}, \text{Ce}, \text{Ca})(\text{Nb}, \text{Ti})\text{O}_3$	szabályos	—	8

A sor tagjainak a természetben nincsen lényeges szerepük, de a szerkezet egyike a jellegzetesen kettős oxid-rácsoknak és mintegy mintája a különféle kationhelyettesítésre alkalmas rácstípusnak. Számos, változatos összetételű mesterséges kristályvegyületnek van perovszkitszerkezete.

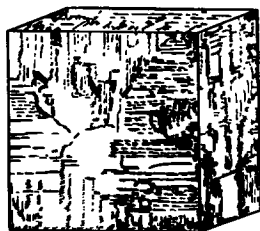
Perovszkit, CaTiO_3 . A vegyület TiO_2 -tartalma 58,9%. A Fe mennyisége jelentéktelen (< 2%), s a Cr, Al és ritkaföldfémek társulása is csekély.

Krist. Álszabályos monoklin. Rácsállandó: $a_0 = 7,62 \text{ \AA}$. A rács felépítését a 491. ábra szemlélteti. A TiO_6 -oktaéderek egy közös oxigén révén (csúcscsal) kapcsolódnak. Az így kialakult aktív kationú oktaéderváz azonban nem semleges, a negatív töltésfelesleg kiegyenlítése a kockatér közepén elhelyezkedő Ca^{2+} révén következik be. Koordinációk: a Ti-t 6 oxigén, a Ca-ot 12 oxigén (kubooktaéderesen) környezi, az O-nek 2 Ti- és 4 Ca-szomszédsága van. Az ábrázolt szabályos TiO_6 -oktaéderek a perovszkitban kisebb torzulást szenved-



491. ábra. Perovszkit-szerkezet

nek, s ezért a rácsszimmetria monoklinra csökken. Ebben az esetben a leírt rácsrészlet a teljes cellának csak $1/8$ -át jelenti, vagyis $Z = 8$. A Ca-nál nagyobb méretű kation (pl. Sr, Ba) esetén a rács torzulása enyhébb vagy egészen el is marad, s így a szerkezet rombos, illetőleg szabályos is lehet. A kristályalak legtöbbször egyszerű kocka. Ritkább az (111) és (110) forma megjelenése. A kockalapok felszíne az éllel párhuzamosan rostozott. (492. ábra.)



492. ábra. Perovszkit

Hasad (100) sz. $K = 5,5$. $S = 4,0$. Erős fényű, mint minden titánásvány. Színe mézsárgától barnásfeketéig változhat. Leggyakrabban fekete, s ilyenkor opak és félig fémes. Fénytörése erős: $n_{\text{Na}} = 2,34$. Diszperziója igen nagy, viszont kettőtörése egészen gyenge ($\sim 0,002$), legtöbbször nem észlelhető.

Ércm. Reflexióképessége és színe is a szfaleritéhoz áll közel, csak kissé kékes az árnyalása. Bireflexiója, anizotrópiája nincsen, ellenben a barna belső reflex mindenkor látható és ugyanakkor gazdag ikerlemezesség is észlelhető. — Lángban nem olvad, forró konc. H_2SO_4 oldja.

Képz., lelőhely. Kovasavban szegény alkálíkőzetek járulékos elegyrésze pl. az erdélyi Ditró (Románia) eleolitszenitjében. Még inkább bázisos kiömlési kőzetekben, melilit-, leucit-, nefelinbazalt-félékben: Németországban a Laachitó (Eifel-hegység, Rajna-vidék) és a Kaiserstuhl-hg. (Baden-Württemberg) bazaltos kőzeteiben. Nem ritka bázisos pegmatitokban: Kola-félsziget (SZU); továbbá kontakt mészkőekben, melyek bázisos magmás kőzetekkel kerültek érintkezésbe: Alnö (Svédorsz.), Magnet Cove (Arkansas, USA). — Kristályos palákban is megjelenik: szép nagy bennőtt kristályok ismeretesek az Ural-hegységi (SZU) Ahmatovszk kloritpalájából, hasonlóan az Alpok talk- és kloritpaláiból és serpentin-kőzeteiből.

Disanalit, $(\text{Ca}, \text{Ce}, \text{Y}, \text{Na})(\text{Ti}, \text{Fe}, \text{Nb})\text{O}_3$. Szabályos, perovszkit-szerkezetű. $a_0 = 7,60 \text{ \AA}$. Összetételét elsősorban a Nb-tartalom jellemzi. Sajátságai a perovszkitéhoz egészen hasonlóak. Inkább pegmatitokból és kontakt mészkőekből kerül elő.

— *Knopit*, a svédországi Alnö-sziget perovszkitrácsú ásványa, mely 4—5% Ce-ot tartalmaz.

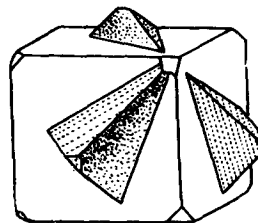
— *Uhligit*, ugyancsak perovszkitváltozat, melyben a Ti-t részben Al és Zr helyettesíti. A kelet-afrikai Tanganyika (Tanzánia) nefelinszenitjében járulékos ásvány.

Loparit, $(\text{Na}, \text{Ce}, \text{Ca})(\text{Nb}, \text{Ti})\text{O}_3$. Vegyi összetételében a felsorolt elemeken kívül kevés Sr, K, sőt SiO_2 is megtalálható. *Krist.* Szabályos holoéderes, perovszkitrács. Általában mm-es kristálya egyszerű kocka, vagy a kocka—oktaéder kombinációja. Gyakori az (111) sz.-i iker a fluorithoz hasonló átnövésben

(493. ábra). $K = 5,5-6$. $S = 4,7-4,8$. Hasadása nincsen. Félig fémfényű, szürkésfekete, fekete. Karca fahéjbarna—szürke. Vékonycsiszolatban vörösbarna $n_{Na} = 2,3-2,4$. Optikailag anomális. — Savak nem oldják, de HF-ban oldható.

Képz., lelőhely. Egyes egirindús nefelinszienitben apró szemcsékben, egyenletes hintésként, közetalkotó jelleggel eléggé elterjedt színes elegyrész. Főként pegmatitokban gyakori: nagyobb kristályokban, vagy földpátban, eudialitban finom zárványosság alakjában jelenik meg. A Kola-félszigeti (SZU) alkáliliközetekben, pegmatitokban gyakori ásvány.

Alk. A Nb-kinyerés egyik fontos nyersanyaga, melynek főként a metallurgiában (különleges acélgyártásban) van jelentősége. Keresett nyersanyag a ritka-földfémek kinyerése céljából is.



493. ábra.
Loparit-iker (111) sz.

c) csoport.

R₃O₅- (A₂BX₅-) vegyületek

Pszudobrookit, Fe₂TiO₅. Kisebb mennyiségben Mg-ot tartalmazhat. *Krist.* Rombos dipiramisos. $D_{2h}^{17}-Bbmm$; $a_0 = 9,81$, $b_0 = 9,95$, $c_0 = 3,74$ Å. $Z = 4$. — Szerkezete némileg az anatózzal rokon. Külsőleg a brookithoz hasonlít. Apró kristályai rendszerint (100) sz. táblásak, máskor a c -tengely szerint nyúlt léces vagy tűs termetűek. Hasadás (010) sz. igen jó. $K = 6$. $S = 4,39$. Iker nem ismeretes, ellenben belsejében rendezett elhelyezkedésű rutilkristályokat figyeltek meg, továbbá hematittal és magnetittel orientált összenövésben is megjelenik: a hematit (0001) lapjával a pszudobrookit (121) síkja, a magnetit (111) felületével pedig annak (100) síkja nő össze. Gyémántfényű, félig fémes. Sötétbarna, fekete. Vékony lemeze átvilágítható, ekkor sárga-vörösbarna. Opt. pozitív, $n_{Li} = 2,38-2,42$. Lángban (fúvócsővel) nem olvad, forró, konc. H₂SO₄ és HCl kissé oldja.

Képz. Pneumatolitos jellegű termék vulkáni közetek üregeiben. Hipersztén, tridimit, hematit, magnetit, szanidin, rutil, apatit a társai. Eredetileg az alsó Maros-menti Simeria-val (Piski, Románia) szemben az Aranyi-hegy andezitjében fedezték fel. Utóbbi időkben az ugyancsak erdélyi Tusnád (Románia) környékén is megtalálták. Számos egyéb lelőhelye közül említhető: Katzenbuckel-hg., (Baden), Laachi-tó és a Rajna-vidék (Németorsz.). Az 1872. évi vezúvi (Olaszorsz.) láva üregeiben gazdagon mutatkozott. Lelőhelyek még: Puy-de-Dôme (Franciaorsz.); az Azori-szigetek (Portugália) közül a Fajal és São Miguel; az afrikai Kilimandzsáró kőzete, a Réunion-sziget (Indiai-óceán, Franciaorsz.) bazaltja. A Thomas Range (Utah, USA) riolitjának litofizáiban berill, hematit, ilmenit kíséri.

d) csoport.

R_5O_8 - (AB_4X_8 -) vegyületek

Pszilomelán-félék

A pszilomelán megnevezést általában gyűjtőnévként szokás használni. A fűrtös-vesés vagy sugaras-gömbös megjelenésű kemény mangánércet foglalják így össze. A részletes meghatározások szerint két alcsoportra különíthetők: α) *Kriptomelán-sor*, mely szerkezetileg dimorf (tetragonális — monoklin) és egyes kriptomelán-változatok (pl. $K_2Mn_8O_{16}$), valamint az α - MnO_2 között folyamatos elegylehetőség áll fenn. β) A szorosabb értelemben vett *pszilomelán*, mely monoklin szimmetriájú, de tulajdonságai és összetétele a lelőhely és keletkezési körülmények függvénye.

α) *Kriptomelán-sor*

Kriptomelán	$K_{<2}Mn_8O_{16}$	} tetragonális és monoklin
Hollandit	$Ba_{\leq 2}Mn_8O_{16}$	
Coronadit	$Pb_{\leq 2}Mn_8O_{16}$	

β) *Pszilomelán-sor*

Pszilomelán	$BaMn^{2+}Mn_8^{4+}O_{16}(OH)_4$	monoklin
-------------	----------------------------------	----------

A legtöbb kemény mangánérc a rokon fázisok együttese. Az összetevők minősége és aránya változó, de egyéb ásvány: kvarc, braunit, pirolúzit, manganit is társulhat az együtteshez. Jellemző továbbá, hogy a fenti fő fémeken kívül Fe, Co, Ni, V, sőt Cu és Zn is beépülhet a szerkezetbe. A rács túlkompenzálása esetén pedig a OH is — mint pótanion — csatlakozik a szerkezethez, s így a hidroxidok felé az éles határ már nem vonható meg

Pszilomelán, $BaMn^{2+}Mn_8^{4+}O_{16}(OH)_4$. Monoklin prizmás, $C_{2h}^3 - A2/m$. $a_0 = 9,56$, $b_0 = 2,88$, $c_0 = 13,85$ Å. $\beta \simeq 92^\circ 30'$. $Z = 2$. Összetételében a Ba : $Mn^{2+} = 1 : 1$. Kisebb mennyiségben és részint szerkezeti kötésben Co, Ni, Ca, Mg, Cu, V és alkáliák is szerepelhetnek. $K = 1-6$, törése kagylós, sima. $S = 4,2$ (a tömött változatoké). Kissé fémfényű vagy fénytelen, viasszerű. Vasfekete—sötét acélszürke, opak, karca barnásfekete, fénylő. Lángban nem olvad. HCl klórfejlődéssel oldja.

Ércm. gömbös-öves vagy sugaras gész szerkezet jellemzi. Erős nagyítással finom szemcsékből, szálakból álló kristályos szövetek ismerhetők fel, egyes hézagokban még izotrop gélmaradványokkal. A kristályos szövetekben a szűkebb értelemben vett pszilomelánon kívül még 2—3, ritkábban több komponens különböztethető meg. Reflexiók színe szürkésfehér. Bireflexiója erős és anizotrópiája is élénk.

Kriptomelán, $K_{<2}Mn_8O_{16}$. Tetragonális holoéderes, $C_{4h}^3 - I4/m$, $a_0 = 9,84$, $c_0 = 2,86$ Å. Monoklin módosulata: $a_0 = 9,79$, $b_0 = 2,88$, $c_0 = 9,94$ Å. $\beta \simeq 90^\circ 37'$. Finomszemcsés v. szálal halmaz. A szálacsákák mérete általában mikron (μ)

nagyságrendű, és a pszilomelánnal s a rokon tagokkal filcszerű szöveteket alkot.

Hollandit, Ba₂Mn₈O₁₆. Tetragonális. $a_0 = 9,96$, $c_0 = 2,86$ Å, monoklin módosulata: $a_0 = 9,91$, $b_0 = 2,87$, $c_0 = 9,75$ Å, $\beta \neq 90^\circ 36'$. Az összetevők egyik állandóbb és helyenként homogén alkatú tagja. Rostos és durva kristályos halmaz, a hosszirányban hasadásszerű elválással. $K = 6$, $S = 4,95$. Világos szürkésfekete, félig fémes fényű, a mangánitra emlékeztet. — Önállóan eddig a svédországi Lappföldön Njunjes-ről és néhány indiai Mn-érctelepről ismeretes.

Coronadit, Pb₂Mn₈O₁₆. Szintén dimorf: tetragonális holoéderes és monoklin, de csak a tetragonális módosulat szerkezeti állandóit határozták meg: $a_0 = 9,89$, $c_0 = 2,86$ Å. — Csakis szőlős-vesés külsejű, finomszemű halmazokban ismeretes. $K \sim 5$, $S = 5,44$. Fekete, kissé fémes, karca barnásfekete. Külsőleg a tömött pirolúzithez hasonlít, a „valódi” pszilomelánnál jóval világosabb. — *Ércm.* reflexióképessége viszonylag erős, színe kissé sárgás árnyalatú fehér. Bireflexiója erős, ugyanígy az anizotrópiája is, de ha nagyon finom szemcsés, e sajátságok nem, vagy csak nagyon gyengén észlelhetők, a fényezett felület egészen izotroppá is válhat.

Mint hogy a pszilomelán—hollandit-félékkel az elegyedési lehetősége nagyon csekély, a ritmikus kiválású ércanyagban reflexiós optikája alapján a coronadit jól elkülöníthető. Külsőleg a tömött pirolúzithez nagyon hasonlít. — Epitermánsan Mn-pátos ólomérctelepekben önállóan, nagyobb mennyiségben is képződhet.

A felsorolt pszilomelánféléken kívül említendő még néhány vegyes felépítésű, ill. átmeneti összetevő is: a *priderit*, (K,Ba)_{1,3}·(Ti,Fe,Mn)₈O₁₆ tetragonális és monoklin; a *cesarolit*, mely a Mn mellett ismét Pb-ot tartalmaz, de már H₂O-tartalma is van. — A *ranciéit* lényegileg Ca-tartalmú pszilomelán víztartalommal.

Az *asbolan* Co-tartalmú, lágy (wadszerű) pszilomelán.

Képz., lelőhely. A pszilomelán—kriptomelán-félék a felszíni üledékképződés feltételei között keletkeznek. — *a)* Más Mn-tartalmú ásványok: rodonit, rodokrozit, sziderit, tefroit, knebelit, spessartin, jakobsit és egyéb Mn-t tartalmazó vegyületek lebomlásakor szárazföldi terméként halmazódnak fel, mészkövek mállásakor is visszamaradhatnak. *b)* Nagy Mn-érctelepek képződtek sekély-tengeri vagy partközeli üledékként. Ebben az ércanyagban a tömeges pszilomelán—kriptomelán-félék mellett jelentős a pirolúzit mennyisége is; a mangánit részvétele egészen csekély, és változó mennyiségű a goethit, limonit, hausmannit, kalkofanit, braunit. Az ércfelhalmazódásban a mikroorganizmusok is jelentékeny szerepet játszottak. A leválás oolitos, gömbös-héjas vagy rétegzett, melybe kisebb-nagyobb konkréciók ágyazódnak. Hazai lelőhely: a bakonyi Úrkút és Eplény alsójúra érctelepe; külföldi közül: Öhrenstock (Thüringia, Németorsz.), Ottrez (Belgium), Orkney-szigetek (Skócia, Anglia), Leksand (Svédorsz.). Jelentős telepek: Nyikopol (Ukrajna) és Csiatura (Kaukázus, SZU); Tekrasai (India), továbbá Austinville (Virginia) és Tucson (Ariz., USA).

e) csoport.



és más vegyületek

E vegyületeket régiesen niobátok—tantalátoknak is szokás nevezni, de részletes vizsgálatok alapján nyilvánvaló, hogy nem anizodezmikus szerkezetek, hanem jellegzetesen több kationú oxidrácsok. Számos vegyület tartozik ide, amelyek igen változatos kationhelyettesítésekkel keletkeznek. A vegyületek nagy részében a Nb-on, Ta-on kívül ritkaföldfémek, továbbá K, Ca, Th, U, Fe^{2+} , Na, Mn, Zr szerepelhetnek. A szerkezet legtöbb esetben egyszerű rácstípusra vezethető vissza. A radioaktív elemek jelenléte miatt nagy részük metamikt állapotú, vagyis az eredeti ásvány izotroppá vált pseudomorf változata, s ez a rácsszerkezeti felépítés tisztázását megnehezíti.

 α) FERGUSONIT- (SCHEELIT-) RÁCSÚ SZERKEZETEK

65. táblázat

Név	Összetétel	Szimmetria	a_0	$\frac{1}{2} [110]_0$	b_0	c_0
1. Fergusonit	Y(Nb,Ta)O_4	$C_{4h}-4/m$	7,76	5,48	—	11,33
Formanit	YTaO_4	$C_{4h}-4/m$	—	—	—	—
Risörit	Y(Nb,Ti)O_4	$C_{4h}-4/m$	7,80	5,51	—	11,43
2. Stibioniobit	Sb(Nb,Ta)O_4	rombos	—	—	—	—
Stibiotantalit	Sb(Ta,Nb)O_4	$C_{2v}^3-Pna2_1$	4,93	—	5,55	11,80
Bizmutotantalit	Bi(Ta,Nb)O_4	rombos	4,97	—	5,57	11,78

A rácstípus és a rácsállandók hasonlósága alapján a fergusonitfélékhez soroljuk a stibioniobitot és izomorf rokonságát is. A vegyi sajátságok és kristályszimmetria eltérése miatt azonban utóbbiakat elkülönítve tárgyaljuk.

Fergusonit, Y(Nb,Ta)O_4 . Összetételére az izomorf helyettesítés jellemző. Az yttriumot részben Er, Ce, Fe helyettesíti, a Nb mellett Ta és Ti is gyakori fémion. *Krist.* Tetragonális dipiramisos, $C_{4h}-4/m$. A tércsoport még ismeretlen. $a_0 = 7,76$, $\frac{1}{2} [110]_0 = 5,48$, $c_0 = 11,33$ Å. $Z = 8$. Prizmás vagy piramisos termetű kristályát kevés forma határolja. Szimmetriája gyakran felesnek (azaz tetartoéderesnek) látszik. Torzult kristályos, szabálytalan szemcsés halmazokban is található. Hasadása (111) sz. nagyon gyenge. $K = 5,5-6,5$. $S = a$ Nb- és Ta-tartalomtól függően 5,4-től 6,5-ig változik. A kristály sűrűsége kiizzítás után nagyobb lesz. — Felülete gyakran bágyadt fénytelen, friss törésén erős üvegfényű, zsírfényű; kissé fémes. Sárga, barna, sötétbarna, friss felülete barnásfekete vagy bársonyfekete. Nem ritkán radioaktív elemeket is tartalmaz, ilyenkor belseje metamiktá és izotroppá válik. Hevítéskor felvillanással izzik és kettőtörővé lesz. — *Képz., lelőhely.* Típusos pegmatitásvány. Első ízben

grönlandi pegmatitból írták le. A dél-norvégiai Iveland pegmatitjában is találják, ahol cirkon, berill, gadolinit, thalenit, ortit, monacit és más ritkaföldfém-ásványok kísérik. A svédországi Ytterby, a finn Tammela, valamint Ceylon, Malgas (Madagaszkár), Dél-Rodézia, az USA-ban É-Karolina és Virginia-államok nagy pegmatitfeltárásai említhetők.

Formanit, YTaO₄. Fergusonitváltozat. Összetételére ugyancsak az izomorf helyettesítés sokfélesége jellemző: Zr, U, Th, Ca az Y mellett a leggyakoribb elemek, a Ta-t Nb, de Ti is helyettesíti. Belseje mindig metamikt. Ny-Ausztráliából a Cooglegong környéki ónkőtorlatokból vált ismertté, ahol a kassziterites homokban monacit, euxenit, gadolinit társaságához tartozik.

Risörit, Y(Ti,Nb)O₄. A fergusonit Ti-tartalmú változata. Rácsállandói ezért némileg nagyobbak a fergusoniténál: $a_0 = 7,80$, $\frac{1}{2}[110]_0 = 5,51$, $c_0 = 11,43$ Å. Dél-Norvégia partvidékén a Risör-környéki Gryting pegmatitjában samarskit, ilmenit a társai.

Stibioniobit, Sb(Nb,Ta)O₄ }
Stibiotantalit, Sb(Ta,Nb)O₄ } rombos hemimorf

Térscs. $C_{2v}^9 - Pna2_1$. $a_0 = 4,93$, $b_0 = 5,55$, $c_0 = 11,80$ Å. $Z = 4$. A c -tengely szerint kissé nyúlt, prizmás kristályok. Külalakján a hemimorfia nem vehető észre. Hasadás (010) sz. $K = 5,5$. S (az összetételtől függően) 5,9-től 7,3-ig változik. Gyantafényű, sárgásbarna—sötétbarna, áttetsző—átlátszó. — Piroelektromos. Első ízben ónkőtorlat anyagából került elő Ny-Ausztráliában Bridgetown környékén. Pegmatitásvány. Finom kristályai rózsaberillel, lepidollittal, turmalinnal a Mesa Grande és Topsham Mine (Calif., USA) pegmatitjaiból, továbbá a svédországi Varuträsk antimonos pegmatitteleireiből ismeretesek.

Bizmutotantalit, Bi(Ta,Nb)O₄. Rombos; torzult, rossz kristályok. Szurokfekete, kissé fémes. Ha erősebben átalakult, színe sárgásra változik. Pegmatitban fekete turmalinnal, aprókristályos kassziterittel társul. Eddig egyedüli lelőhelye az ugandai (Afrika) Gamba Hill.

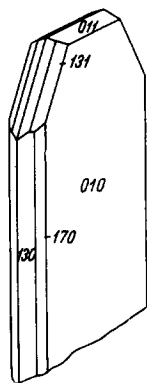
β) NIOBIT- (BROOKIT-) ÉS TAPIOLIT- (RUTIL-) RÁCSÚ SZERKEZETEK

E csoportban egyrészt a tapiolit—mossit, másrészt a niobit—tantalit izomorf sort alkot; a két sor vegyi összetételének egyezése és a kristályszerkezet különbözősége típusos izodimorfiaát állít elénk. A tapiolit—mossit ún. „trirutil”-rács, a tantalit—niobit pedig a brookittal egyező típusú szerkezet.

66. táblázat

Rombos		Tetragonális	
Brookit-rács		Háromszoros rutil-rács (trirutil)	
Niobit	(Fe,Mn)(Nb,Ta) ₂ O ₆	Mossit	(Fe,Mn)(Nb,Ta) ₂ O ₆
Tantalit	(Fe,Mn)(Ta,Nb) ₂ O ₆	Tapiolit	(Fe,Mn)(Ta,Nb) ₂ O ₆

Niobit, $(\text{Fe}, \text{Mn})(\text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_6$ és **tantalit**, $(\text{Fe}, \text{Mn})(\text{Ta}, \text{Nb})_2\text{O}_6$. A két tag egymással hézag nélküli elegysort alkot, ezért összefoglalóan a *kolumbit* megnevezést is szokás használni. A Fe, Mn helyén kevés Sn is helyettesíthet, a Nb, Ta helyén pedig gyakran W szerepelhet. *Krist.* Rombos dipiramisos. D_{2h}^{14} —*Pcan.* $a_0 = 5,74$, $b_0 = 14,27$, $c_0 = 5,09$ Å (kolumbit). $Z = 4$. A kristályok prizmásak (Ta) vagy a (010) sz. táblásak (Nb) (494. ábra). Az (100) lap rendszeresen rostozott. Hasadás (100) sz., $K = 6$. $S = 5,3$ (niobit), illetőleg 8,2 (tantalit). Gyantafényű, kissé fémes. Fekete, barnásfekete, néha vörösbarna, ilyenkor áttetsző. Karca sötétvörös, barna, fekete. — *Ércm.* barnás árnyalatú szürkésfehér, hasonlít a magnetitéhez. Csekély bireflexió és gyenge anizotropia jellemzi. Belső reflexe vörösbarna.



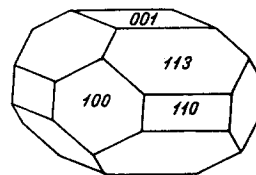
494. ábra.
Niobit

Lángban nem olvad. Savakban nem oldódik.

Képz., lelőhely. A legelterjedtebb niobát—tantalát-ásvány, egyben a Ta kinyerésének fő nyersanyaga. (A „tisztá” tantalit Ta_2O_5 -tartalma 86,12%.) Gránitpegmatitban képződik, főleg ott, ahol Li-szilikátok, Li—Mn—Fe-foszfátok jelentősebben képviselve vannak. Norvégia, Svédország, Finnország, az Ural-hegység, Brazília, Malgas (Madagaszkár), az USA-ban Maine, Connecticut, É-Carolina, Wyoming és California államok pegmatitjaiban szelvében előfordul. Kanada számos pegmatitja közül kiemelhető Dill (Sudbury mellett, Ontario) mint az urántartalmú kolumbit = *toddit* lelőhelye. A grönlandi Ivigtut (Dánia) kriolitos pegmatitjában is megtalálható.

Simpsonit, $\text{Al}_4\text{Ta}_3(\text{O}_{13}\text{OH})$. Hexagonális holoéderes. $a_0 = 6,2$, $c_0 = 4,5$ Å. Táblás vagy zömök oszlopos kristályai színtelenek. Ritka. Egyedül Ny-Ausztrália Tabba-Tabba pegmatitjából ismeretes.

Tapiolit, $(\text{Fe}, \text{Mn})(\text{Ta}, \text{Nb})_2\text{O}_6$ és **mossit**, $(\text{Fe}, \text{Mn})(\text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_6$. Korlátlan elegyedés folytán minden vegyi változat lehetséges. *Krist.* Ditetragonális dipiramisos. D_{4h}^{14} — $P4_2/mnm$. Rácsállandók: $a_0 = 4,72$ — $4,75$, $c_0 = 9,14$ — $9,26$ Å. $Z = 2$. Szerkezete ún. „trirutil”-rács, a rutil-típusú cella függőleges élhossza a rutilnak háromszorosa ($c_0 = 9,15 = 3 \times 3,05$). Kristályai rövid prizmásak (495. ábra), sokszor torzultak. Gyakori az ikerkristály, de a rutiltól eltérően a (013) iker-törvény érvényesül. Hasadás nem tapasztalható. $K = 6$ — $6,5$. $S = 6,5$ — $8,11$ (a Ta-tartalommal fokozódik). Fénye igen erős, kissé fémes. Barnásfekete, karca fahéjbarna, $\omega_{\text{Li}} = 2,27$, $\epsilon_{\text{Li}} = 2,42$, optikailag pozitív. Vékony lemeze vörösbarnán áttetsző, pleokroizmusa nagyon erős.



495. ábra. Tapiolit

Képz., lelőhely. A tapiolit gránitpegmatitban és e területekről származó torlatokban eléggé elterjedt ásvány. Mindenekelőtt Tammela és Kimito finnországi lelőhelyek említendők (ahonnan az első leírás származik), gyakori azonban

Chanteloupe közép-franciaországi pegmatitokban és Ny-Ausztráliában is, ahol ónkő- és kolumbittorlatok ásványa. Az USA-ból Topsham Mine (Colorado) és Paris (Maine), továbbá a Custer környéki (Dél-Dakota-i) pegmatitok említettek. — A mossit egyedül Moss környékéről (Norvégia) ismeretes.

γ) BLOMSTRANDIN—EUXENIT-SOR

Az itt összefoglalt ásványok szerkezete túlnyomórészt metamikt állapotú. Tércsoport-meghatározásuk nagyon hiányos. Valószínűleg a (brookit-típusú) niobit—tantalit-sorral állnak szerkezeti rokonságban. A sorozat tagjaira jellemző, hogy mind elegykristályok, s a Nb és Ta mellett Ti-, Zr-, (Fe-) kationoké a főszerep, a kétértékűek közül a ritkaföldek és Ca, továbbá az U, Th és Na is gyakori kation. Mind rombosak, de a szorosabb összetartozás alapján két rokonsági kör állítható fel: a *blomstrandin*- és az *euxenit*-félék köre.

1. **Blomstrandin** (*priorit*), (Y,Ce,Th,Ca,Na,U)(Ti,Nb,Ta)₂O₆.

Aeschynit, (Ce,Th,Ca,Fe)(Nb,Ti,Ta)₂O₆

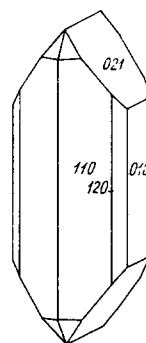
Polimignit, (Ce,La,Y,Th,Mn,Ca)(Ti,Zr,Nb,Ta)₂O₆

Szimmetria rombos holoéderes, D_{2h} —*mmm*. Tércsoport és cellaméret nem ismeretes. A kristályok prizmásak (496. ábra) vagy (010) sz. táblás természetűek. $K = 5$ — 6 . $S = 4,9$ (blomstrandin) — $5,2$ (aeschynit). Sárga—barna—fekete, gyanta—viaszfényű, kissé fémcsillogó. Izotrop (metamikt). Kihevítve anizotroppá válik.

Képz. Az aeschynitfélék nefelinszenitben és rokon mélységi kőzetekben járulékos ásványok, Miassz az Uralban, Dél-Ural több pontján (SZU), Hitterö-sziget (Norvégia). — A blomstrandin gránitpegmatitok ásványa, euxenit, cirkon, monacit, allanit a gyakoribb társai. Első lelőhelye Hitterö (Norvégia) szigetén Urstad; más dél-norvégiai lelőhelyek: Evje, Iveland és Arendal. Gyakoribb Malgas (Madagaszkár) pegmatitjaiban is. Dél-Afrika egyes torlataiból is előkerült.

Polimignit, a blomstrandinnal együtt főleg a Zr-ban gazdagabb pegmatitok ritkább ásványa.

Brannerit, (U,Ca,Th,Y)(Ti,Fe)₂O₆. Uránban gazdag változat. Szintén rombos (esetleg monoklin). Friss törésén erős üvegfénye van, egyébként bányagyantafényű vagy fénytelen. Fekete, olajzöld, barna. Izotrop (metamikt). $K = 4,5$ — $5,5$. $S = 4,2$ — $5,4$. Első ízben Idahóban (USA) a Kelly Gulch aranyos torlatásványai közt találták. — Leginkább pegmatitos törmelékanyagból került másutt is elő: Cordoba (Spanyolország), Manna Hill Mine, (D-Ausztrália). Egy-két elsődleges lelőhelye is ismeretes.



496. ábra.
Aeschynit

2. **Euxenit**, $(Y, Er, Ce, U, Pb, Ca)(Nb, Ta, Ti)_2(O, OH)_6$
Polikrász, $(Y, Er, Ce, U, Pb, Ca)(Ti, Nb, Ta)_2(O, OH)_6$

A két vegyület között lényegileg a Nb- és a Ti-tartalomban van különbség. Az elegyarányok további variációi szerint számos változat ismeretes (ilyenek: *delorenzit*, *eschwegeit*, *fersmit*).

A kristályszimmetria itt is rombos, de szerkezetileg csak az euxenitet sikerült némileg tisztázni: $D_{2h}^{16}-Pcmm$ (?). $a_0 = 5,52$, $b_0 = 14,57$, $c_0 = 5,16$ Å. $Z = 4$. Zömök prizmák vagy (010) sz. lapított kristályok, a lapok felülete vonalasarostozott. Szemcsés-sugaras halmazok. $K = 5,5-6,5$. $S = 5,0-5,9$. Friss felület erős fényű, kissé fémes, másutt inkább zsírfényű. Fekete, zöldes vagy barnás árnyalással. — Az euxenit és blomstrandin között szabályos összenövés gyakori. — Belseje mindig metamikt. Fénytörés: euxenit $n = 2,06$, polikrász $n = 2,25$. Hevítés után kettőtörővé válik. — Konc. forró HCl, H_2SO_4 többé-kevésbé oldja.

Képz. Pegmatitásványok. Gránitpegmatitban sokszor jelentős mennyiségek képződtek monacit, xenotim, cirkon, berill, allanit, gadolinit, blomstrandin, ritkábban thorit, kolumbit és betafit kíséretében. Törmeléküledékben is gyakori ásványok. A lelőhelyek száma igen nagy. Egyedül a norvégiai pegmatitos területen mintegy 100 lelőhely ismeretes. Finnország, Svédország, Malgas (Madagaszkár), Brazília, DNy-Ausztrália és az USA pegmatitjaiban is fellelhetők.

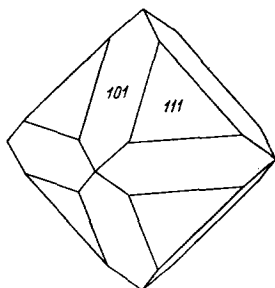
δ) PIROKLORFÉLÉK

Számos izomorf helyettesítéssel előálló változat tartozik ide. A szimmetria szabályos holoéderes. A rács közel rokon a fluorit-típussal, melyben egyes anionhelyek betöltetlenek (szubtrakciós rács). A kristályok többnyire metamikt szerkezetűek. Jellemző továbbá, hogy az oxigénaniont határozott arányban OH vagy F helyettesíti a szerkezetben.

Piroklor, $(Na, Ca)_2(Nb, Ta, Ti)_2O_6(OH, F, O)$.

Mikrolit, $(Ca, Na)_2(Ta, Nb, Ti)_2O_6(OH, F, O)$.

Betafit, $(Ca, Ce, Y, U, Pb)(Nb, Ti, Ta)_2O_6(O, OH, F)$



497. ábra. Betafit

A kristályok rendszerint oktaéderes termetűek, a többi formák közül (101), (311), néha a kocka is megjelenik (497. ábra). A mikrolit és betafit kristályai néha több cm-esek, sőt dm méretűek, de apró szemek, szemcsés halmazok gyakoribbak. Ikerösszenövés az (111) spinelltörvény szerint nem nagyon gyakori. Hasadás (inkább elválás) az (111) sz. $K = 5-5,5$. $S = 4,2-6,4$ (a Ta-tartalommal nő). Kihevítés után a sűrűség ugyancsak némileg növekszik. Üvegfényű—gyantafényű. A piroklor sötétbarna, fekete, a mikrolit halványsárgától bar-

náig változó, néha jácintpiros, máskor olajzöld. A betafit zöldesbarna. Vékony szilánkban, lemezben átvilágítható. Izotrop (metamikt). Törésmutató: $n = 2,02—2,18$, a betafit é némileg kisebb: $n = 1,92—1,96$. Tömény savakban többé-kevésbé oldódnak.

Képz. A piroklorfélék alkálközvetek pegmatitjainak jellemző ásványai, de akcesszorikusan nefelinszienitben és különböző alkáli-telérközvetben, valamint greizenesedett alkáligránitban is megtalálhatók. A lelőhelyek száma itt is nagy. — A nevezetesebbek közül említhető Dél-Norvégiában Brevik (Langesund-fjord), Larvik (Larvik-fjord), Stokke: Alnö-sziget (Svédország); Miassz (Ural) és a Kola-fsz. (SZU), Grönland (Dánia). Pikes Peak (Colorado), San Diego és Pala (Calif., USA).

A mikrolit és változatai inkább albitosodott gránitpegmatitokban találhatók; fő kísérőásványok a niobit, tantalit, így a lelőhelyek is ezekével azonosak (l. ott). — A betafitfélék főleg a többi ritkaföldfém-ásványokkal jellemzett gránitpegmatitok ásványtársulásához tartoznak. Típusos lelőhelye Malgas (Madagaszkár), ahonnan több kilogrammos kristályok is előkerültek. Újból Dél-Norvégia (Evsje) említhető, valamint a Bajkal-tó melletti Szludjanka (SZU).

A piroklor—betafit-csoportban az összetétel-változatoknak korábban számos — nagyrészt helyi — elnevezést adtak. Piroklorváltozatok: *koppit*, *mairignacit*, *kalkolamprit*. A *djalmit*, *haddamit* mikrolitváltozatok. A *mendelejevít*, *wiikit* pedig két betafitvarietás.

e) sor.

EGYÉB NIOBÁT—TANTALÁT-SZERKEZETEK

Samarskit, $(Y,Er)_4[(Nb,Ta)_2O_7]_3$, rombos. Rácsszerkezete nem ismeretes. Prizmás vagy táblás kristályok, ill. szabálytalan szemcsés, néha tömött halmozatok. Niobittal orientált összenövése gyakori. $K = 5—6$. $S = 5,6—5,8$. Bársonyfekete, szurokfényű. Vékony lemezében áttetsző. Erősen radioaktív. — Lángban (fúvócsővel) fekete üveggé olvad. — Pegmatitásvány.

A sorozat tagja még: *yttrotantalit* $Y_4(Ta_2\ddot{O}_7)_3$ rombos, *thoreaulit* $Sn[(Ta,Nb)_2O_7]$ monoklin prizmás, $C_{2h}^2—C_{21}/c$.

Samarskit-változatok: az uránban gazdag *ishikawait*, mely ~ 22% UO_2 -ot tartalmaz. A *loranskit*-ban bővebb a Zr-tartalom. — *Ampangabeit*, $(Y,Er,U,Ca,Th)_2(Nb,Ta,Fe,Ti)_2O_{18}$, rombos. $K = 4$. $S = 3,4—4,6$. Barnásfekete, rövid prizmás kristályai a malgasi (madagaszkári) Ampangabé pegmatitjából kerültek elő.

ζ) sor.

SCHAFARZIKIT ÉS ROKONSÁGA

Schafarzikit, $FeSb_2O_4$. Ditetragonális dipiramisos, $D_{4h}^{18}—P4_2/mbc$. $a_0 = 8,59$, $c_0 = 5,92$ Å. $Z = 4$. Kristályai egyszerű tetragonális oszlopok dipiramisos végződéssel. A tetőzőfórmák (201), (102), (312). Hasadás (110) sz. tökéletes, (100) sz. jó. Fénye erős üvegfény, leginkább vörössárga vagy barna. — Sósavban

oldódik. Másodlagos ásvány: antimoniton oxidációs termék. Valentinit, kermezt társaságában KRENNER J. fedezte fel Perneken (Kis-Kárpátok, Csehszlovákia).

Trippkeit, CuAs_2O_4 . Tetragonális holoéderes, izotíp a schafarzikittel, $a_0 = 8,59$, $c_0 = 5,56$ Å. Kristályai prizmásak. Hasadás (100) és (110) prizmák szerint. Erős üvegfényű és kettőtörése van. Kék—zöldeskék. Savakban oldódik. A chilei Copiapo rézércin másodlagos ásvány.

Koehclinit, Bi_2MoO_4 , rombos áltetragonális. Vörös színű, kristályos-szemcsés halmaz, lisztszerű bevonat. Másodlagos ásvány Schneeberg (Szászorsz., Németorsz.) ércein. Ritka.

FÜGGELÉK OKKERFÉLÉK

Szerkezetileg kevésbé tisztázott vegyületek. Egy részük rácssajátságait mesterségesen előállított vegyületek vizsgálatával közelítették meg. Szerkezeti és molekuláris (adszorptív) vizet is tartalmazhatnak. Többnyire színes, lepedék-szerű, földes-finomszemű bevonatok. Szórványosan egyes fajtákból műrevaló mennyiségek képződtek.

Vanádiumokker, V_2O_5 . Földes, sárga, lisztszerű bevonat. A mesterséges V_2O_5 rombos holoéderes; de a szerkezetben VO_4 -tetraéderek nem állapíthatók meg.

Duttonit, $\text{VO}(\text{OH})_2$, monoklin prizmás, C_{2h}^4 — $I2/c$. $\beta < 90^\circ$.

Navajoit, $\text{VO}(\text{OH})_3$, monoklin, $a_0 = 17,4$, $b_0 = 3,6$, $c_0 = 12,2$ Å, $\beta < 97^\circ 30'$. — Sötétbarna, rostos, selyemfényű bevonat. Arizona (USA).

Alait, $\text{VO}_2(\text{OH})$, szerkezete még bizonytalan. Sötétvörös, barna, mohaszerű képződmény. Tuja-Mujun, Alai-hegység (Üzbekisztán, SZU).

Corvusit, $\text{V}_2\text{O}_4 \cdot 6 \text{V}_2\text{O}_5 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ (?). Kristályszerkezet nem ismeretes. Tömött. $K = 2,5$ — 3 . $S = 2,8$. Kékesfekete, néha barnás. Opak. A carnotitos homokkőben szemek, bekérgeződések, impregnációk. Utah és Colorado-állam (USA).

Vanoxit, $2 \text{V}_2\text{O}_4 \cdot \text{V}_2\text{O}_5 \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$. Valószínűleg rombos. Mikroszkopikus szemcsék halmaza. Homokkőben kötőanyag. Fekete, egész vékony töredékei barnásan áttetszők. Montrose környékén Coloradoban (USA) júrahomokkő kötőanyaga; társai: carnotit, tujamunit, gipsz, pirit.

Nolanit, $\text{Fe}_2^{2+}\text{V}_8\text{O}_{18}$. Hexagonális. Ritkább okkerféle.

Simplotit, $\text{CaV}_4\text{O}_9 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Monoklin prizmás. Világossárga vagy zöldessárga bevonat.

Tantálokker, közelebbi meghatározása hiányzik, összetétele valószínűleg Ta_2O_5 . Barna bevonat tantaliton.

Molibdit, *molibdénokker*, MoO_3 , rombos. Kristályosan ritka; szalmasárga, fénytelen. Csak kis mennyiségek Mo-érctelepekben.

Ilsemanit, $\text{Mo}_3\text{O}_8 \cdot x \text{H}_2\text{O}$. Amorf, földes vagy kéregszerű bevonat. Kékesfekete. Vízen könnyen peptizálható, és telt kék szol képződik. A leggyakoribb másodlagos molibdénásvány.

Tungstit, *wolfrámokker*, $\text{WO}_2(\text{OH})_2$. Rombos. Porszerű földes vagy finom pikkelyes halmaz. $K = 2,5$. Hasadás (001) sz. igen jó. Gyantafényű. Sárga, aranysárga, sárgászöld. Áttetsző. — Lúgok oldják, savakban nem oldódik. — Wolframiton és más W-ásványokon gyakori oxidációs termék.

C. ALOSZTÁLY

HIDROXIDOK ÉS OH-TARTALMÚ OXIDOK

A hidroxidok és oxid-hidroxidok felépítése lényegesen különbözik a típusos oxidoktól. Uralkodóan rétegszerkezetek, kitűnő hasadással. Az oktaédes koordinációk összefűződéséből előálló rétegrácskötelékek általában hatszögesek vagy álhatszögesek. Csoportosításukban sokáig nehézséget okozott az, hogy röntgenelemzéssel nem lehet egyértelműen elkülöníteni a rács O- és OH-pontjait. Az OH-gyökök helyzete csak a szerkezet igen gondos részletadatai (topológiája) alapján (és neutrondiffrakció segítségével) határozható meg. Az OH-gyökök a szerkezet bizonyos irányában kötést létesítenek, s ezekben az irányokban a távolságok némileg megrövidülnek, ami a koordinációs poliéder torzulását idézi elő. A kötéstávolságokból azonban nemcsak az OH-csoportok helyzetére tudunk következtetni, hanem aszerint, hogy a kötés egyenlő vagy különböző környezetű rácspontok között valósult meg, annak szimmetrikus (O—H—O hidrogénkötés) avagy aszimmetrikus (O · · H—O hidroxilkötés) jellegét is ki lehet deríteni. A rácslemez idevágó eredményeit az infravörös adszorpciós szinképek is mindenben megerősítették. Kitűnt, hogy a természetes OH-vegyületek sorában valódi hidrogénkötés nem szerepel, ellenben kiderült, hogy egyes kationkörnyezetben az R-OH-kötés olyan erős lehet, hogy a koordinációs poliéder hidroxilgyökei 2,7—2,8 Å-re megközelítik egymást, s így közvetlen kapcsolatot létesítenek egymással. Ilyen alapon a hidroxidoknak két természetes csoportja áll elő (szerkezetek OH-kapcsolat nélkül és OH-kapcsolódással). Ugyanakkor az oxid-hidroxidok is közös kategóriába kerülnek, így módosulataik összehasonlítására is mód nyílik. Az osztály negyedik csoportját az uránhidrátok alkotják, minthogy rendszertanilag mindenképpen erre a helyre illenek be legjobban.

a) csoport.

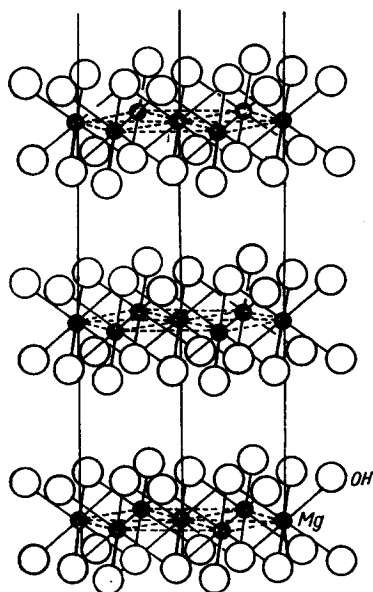
Hidroxidok OH-kapcsolat nélkül

67. táblázat

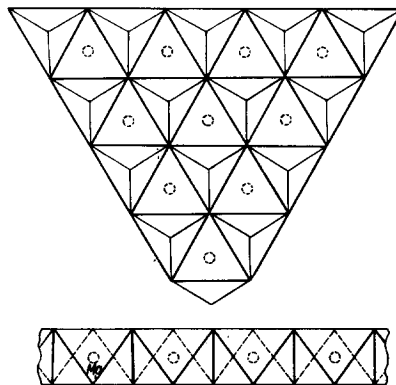
Név	Összetétel	Tércsop.	a_0	c_0	α_r	Z
Brucit	Mg(OH) ₂	$D_{3d}^3 - \bar{C}3m1$	3,13	4,74	81°12'	1
Pirochroit	Mn(OH) ₂	$D_{3d}^3 - \bar{C}3m1$	3,35	4,69	84°26'	1
Portlandit	Ca(OH) ₂	$D_{3d}^3 - \bar{C}3m1$	3,59	4,90	—	—

Brucit, Mg(OH)₂. Ditrigonális szkalenoédes. Rácsszerkezetében a kationnak hatos koordinációja van, s a Mg(OH)₆-oktaéderek közös élben csatlakoznak a szomszéd oktaéderekkel. A csúcokban levő OH-gyököt három kation környezi. A szerkezetben minden oktaédes pozíció be van töltve, és az (OH—Mg—OH)-rétegek elektromosan ki vannak egyenlítve (498. és 499. ábra).

A szomszédos rétegeket gyenge molekuláris erők tartják össze, ennek hatására két szomszédos réteg annyira megközelíti egymást, hogy a rács egészét véve, az OH-ionok egyparaméteres összefüggésben vannak. Azaz: két szomszéd réteghez tartozó két szembenéző OH-gyök ugyanolyan távolságra (3,22 Å) van egymástól, mint a rétegen belüli két OH-gyök. Ez úgy valósul meg, hogy a rétegfelület 3 OH-csoportja közötti térbe helyezkedik be a szomszéd réteg OH-ja, s ezzel a hidroxilgyökök hexagonális legtömöttebb illeszkedése jön létre.



498. ábra. Brucit-szerkezet



499. ábra. Vázlatos vetületi kép a brucitréteg koordinációs oktaédereinek kapcsolódásáról. Alatta ugyanaz hátránézetben

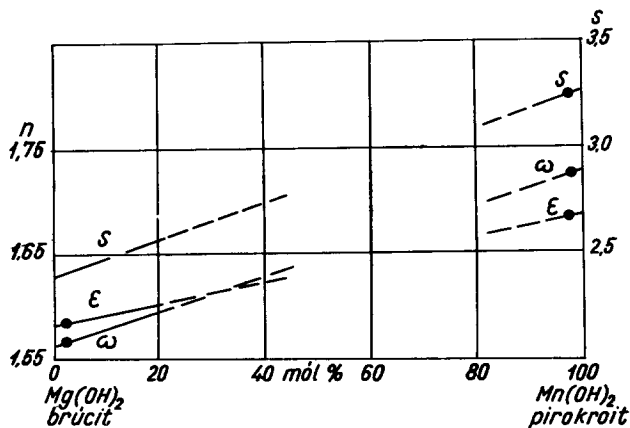
Krist. Az oktaéderek vázolt illeszkedémódja miatt a szimmetria trigonális. Kristályai (0001) sz. táblások, leveles vagy rostos halmazok. Gipszhez, néha a talkhoz hasonlít. $K = 2,5$, $S = 2,4$. A bázislap szerint kitűnően hasad. Lemezei vágathatók, hajlíthatók. A hasadási lapon gyöngyházfényű. Átlátszó vagy át-tetsző. Színtelen vagy gyengén színezett.

Képz. Kontakt-dolomitokban periklászból másodlagosan keletkezik: Predazzo (Dolomitok, É-Olaszorsz.). Az Alpok serpentinjében gyakran [Vizze (Pfitsch), Olaszorsz.] nagyobb tömegek képződtek. — A dunabogdányi Csódi-hegy andezitjéből ERDÉLYI J. írt le dm-nyi gumók alakjában tömött-szemcsés brucitot. A *nemalit* szálás brucit. A szálak hossziránya merőleges a c -tengelyre. FERSZMAN ismertette a Szovjetunióból.

Pirochroit, $Mn(OH)_2$, a természetben ritka. A brucit és pirochroit bizonyos határok között elegykristályokat alkot. Az optikai viszonyok és sűrűség alapján

az elegyarány megállapítható (500. ábra). Kristályai táblásak, oszloposak, hasadása (0001) sz. kitűnő, lemezei hajlíthatók. $K = 2,5$. Kezdetben halványzöld v. kék, később bronzbarnára változik.

Hidrotermás ásvány, kis hőmérsékleten képződik, rodokrozit, kalcit, dolomit kísérik. Ocna de Fer (Vaskő, Bánság, Románia) feltárásaiból, Svédország több bányájából, Franklin (New Jersey, USA) és még néhány más lelőhelyről ismerjük.



500. ábra. A brucit—pirochroit-elegy sor fénytani állandóinak és sűrűségének változása

A portlanditnek $/Ca(OH)_2/$ csak egy-két bizonytalan természetes előfordulása van. Szerkezete instabilis. A portlandcementben képződik. Mesterségesen más úton is előállítható.

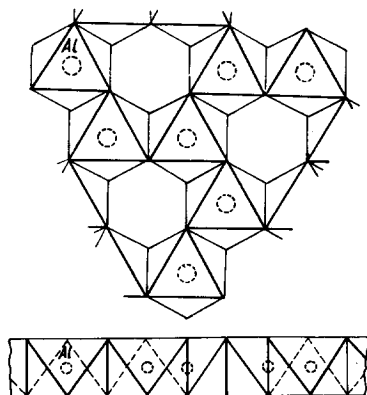
b) csoport.

Hidroxidok OH-kapcsolódással

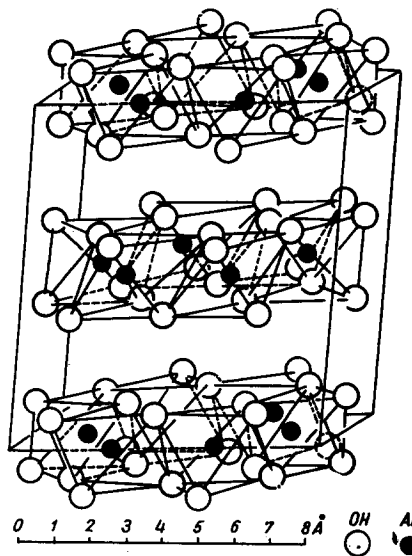
68. táblázat

Név	Összetétel	Tércsoport	a_0	b_0	c_0	Z
Gibbsit	γ -Al(OH) ₃	$C_{2h}^5 - P2_1/n$	8,64	5,07	9,72	8
Bayerit	α -Al(OH) ₃	hexagonális	5,02	—	4,77	2
Sassolin	B(OH) ₃	$C_i^1 - P\bar{1}$	7,04	7,05	6,58	4

Gibbsit, *hidrargillit*, γ -Al(OH)₃. Összetételében kevés Fe_2O_3 és SiO_2 is kimutatható. Monoklin prizmás, álhatszöges. $\beta \sphericalangle 94^\circ 34'$. A szerkezet felépítése a brucitéhoz annyiban hasonló, hogy a OH-gyökök itt is oktaéder csúcaiban, az Al^{3+} -ionok pedig ennek középpontjában helyezkednek el, és kationsíkot alkotnak, de a brucittól eltérően az oktaédes középpontokat csak 2/3 részben töltik be (501. ábra). A rétegen belül az OH-nak mindig csak két legközelebbi Al-szomszédja van. Az Al(OH)₆-oktaéderek torzultak, és úgy rendeződnek, hogy



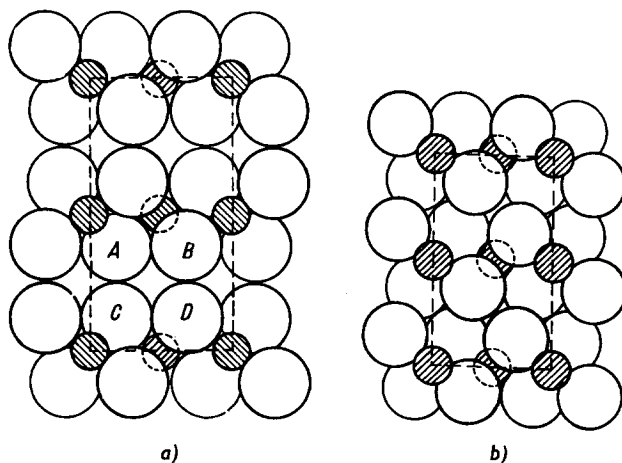
501. ábra. A hidrargillit-réteg felülnézetben és haránt vetületben



502. ábra. Hidrargillit-szerkezet. Az elemi cella távlati képe

pszeudohexagonális szimmetria alakul ki. Az oktaéderez koordinációjú rétegek elektromosan semlegesek, az egymásra következő rétegeket gyenge hidroxidkötések tartják össze. A rétegek csatlakozásmódja tehát eltér a brucitétól, mert a hidrargillitben a réteg alsó OH-csoportjai a következő réteg felső hidroxiljai felett maradnak (503. ábra). A szomszéd rétegekhez tartozó OH-ok így közelebb (2,79 Å) kerülnek egymáshoz, s közvetlen hidroxilkapcsolódás jön létre a rétegek között. Az $\text{Al}(\text{OH})_3$ réteges felépítés elemi celláját távlati képben az 502. ábra mutatja be.

Krist. Rendszerint álhatszögös-táblás, de pikkelyes vagy sugaras, szemölcszerű kialakulásban, továbbá cseppkőszzerű bekérgezősként és sima felü-



503. ábra. A hidrargillit- és brucit-szerkezet összehasonlítása a rétegenség síkjára merőleges nézetben: a – hidrargillit; b – brucit. A hidrargillit rétegek egymásutánjában az (OH)-ionok egymás fölött helyezkednek el, s közöttük, így pl. A–C, B–D között közvetlen hidroxilkötés jön létre. A brucitban viszont a szomszédos rétegek hidroxiljai kölcsönösen a másik réteg 3(OH) csoportjai közti térben helyezkednek el

letű, finomszemcsés tömegben is találják. Ikerkristálya az ún. mediántörvény sz.-i összenövés. $K = 3$. $S = 2,3$. Hasadása a (001) sz. kitűnő, itt gyöngyházfényű, egyébként üvegfényű, áttetsző, átlátszó, fehér vagy gyengén színezett. A bázislapon hatágú ütési idom állítható elő, a vezérsugár párhuzamos (010)-lal. Fénytörése gyenge, $n_\alpha = n_\beta = 1,560$, $n_\gamma = 1,587$. Opt. pozitív; kis tengelyszöge enyhe hevítéssel 27°C -nál összezárul. Izzításkor vizet veszít, és nagy keménységű Al-oxidá ($\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$) változik. Kálilúg oldja, savakban is gyengén oldódik. Vízvesztése a bauxitok alumíniumtartalma szempontjából fontos: a hidrargillitnek 34,5%, míg a diaszpornak és böhmitnek csak 15% izzítási vesztesége van. Önállóan, tiszta állapotban ritka ásvány.

A bauxitok egyik legfontosabb allitos elegyrésze. Főként a lateritbauxit-félékben van nagyobb mennyiségben képviselve (innen a lateritbauxit *gibbsitit* elnevezése). A dunántúli Iszkaszentgyörgy, Gánt, Halimba, Nyírad, Szőc karsztbauxitjában is jelen van, de mindig böhmittel együtt szerepel. Cserszegtomajon a töbörkitöltésben kaolinit (fireclay) kíséri. Gyöngyösoroszin (Mátra hg.) helyenként a teléragyag fő összetevője. A Bihar-hegységi (Románia) Remet (Remec) bauxitjának falán gömbös bekérgezősként mutatkozott. Az Isztriai-félsziget (Jugoszlávia) telepeiben homogén tömegek halmozódtak fel. — Az Ural-hegységi (SZU) Zlatoust talkpalájában kristályosan találják. Az Ural és Újkaledónia serpentinjeiben is keletkezik. — Megjelenik a korund átalakulási termékeként is.

Bayerit, $\alpha\text{-Al(OH)}_3$. Csak műtermékként ismeretes. A bauxit Al-tartalmának kinyerésekor az ún. Bayer-eljárás során mint metastabilis fázis keletkezik. Hamarosan hidrargillit alakul.

Litioforit, $(\text{Al,Li})(\text{OH})_2 \cdot \text{MnO}_2$. Szerkezete a hidrargillittel közel rokon. Álhexagonális, monoklin prizmás, C_{2h}^3-C2/m . Rétegszerkezetében váltakozóan $(\text{Al,Li})(\text{OH})_2$ - és MnO_2 -rétegek sorakoznak. Ritka ásvány.

Sassolin, *bórsav*, B(OH)_3 . Triklin véglapos, álhatszöges. $\alpha \sphericalangle = 92^\circ 30'$,

$\beta \sphericalangle = 101^\circ 10'$, $\gamma \sphericalangle =$

$= 119^\circ 50'$. Rácsszerkezetének felépítése réteges (504.

ábra). Minden bóratomot 3

oxigén vesz körül planáris

illeszkedésben. Az oxigén-

atomokhoz 2 H-atom és egy

bóratom tartozik. A B—O-

távolság 1,37 Å. A H-ato-

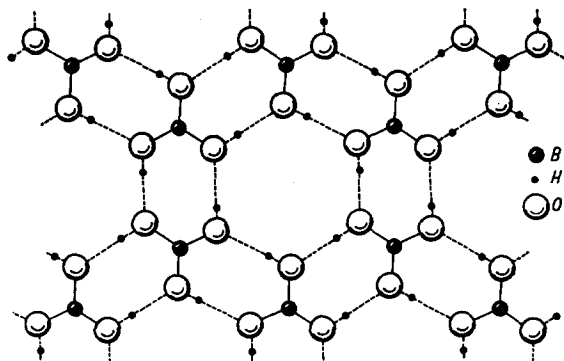
mok két oxigén között he-

lyezkednek el. Így a planáris

csoportokat (aszimmetrikus)

hidroxilkapcsolat tartja össze.

A közel hexagonális szimmetria szerint fel-



504. ábra. Sassolin-szerkezet. A planáris BO_3 -csoportokat hidrogénhidkötések kapcsolják össze

épített rétegeket gyenge *van der Waals*-erők kötik egymáshoz úgy, hogy minden O-atom fölé közel függőlegesen vagy hidrogén- vagy bóratom kerül. Így a kristályszimmetria ugyan triklin, de nem nagyon tér el a hexagonálistól és optikailag is majdnem egytengelyű. Gyöngyházfényű; fehér pikkelyek halmazaként vagy kéregszerű bevonatként fumarolákból, illetőleg hévforrásokból rakódik le. $K = 1$, zsíros tapintású. $S = 1,5$. Könnyen olvad, a lángot sárgászöldre festi. Vízben, alkoholban oldódik, íze savanykás.

Az olaszországi Toscanában (Sasso), a Vezúv környékén, a Lipari-szigeteken bőven találják. Főleg bórax készül belőle.

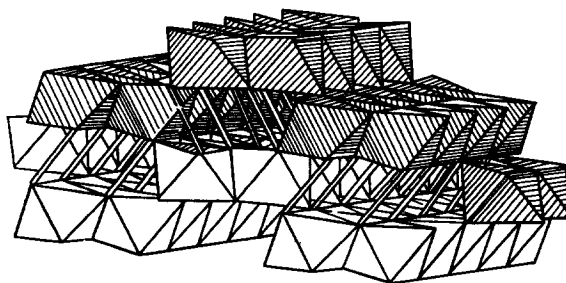
c) csoport
Oxid-hidroxidok (OH-kapcsolódással)

69. táblázat

Név	Összetétel	Tércepoport	a_0	b_0	c_0	Z
Diaszpor	α -AlO(OH)	D_{2h}^{16} — <i>Pbnm</i>	4,41	9,40	2,84	4
Goethit	α -FeO(OH)	D_{2h}^{16} — <i>Pbnm</i>	4,65	10,02	3,04	4
Groutit	α -MnO(OH)	D_{2h}^{16} — <i>Pbnm</i>	4,58	10,76	2,89	—
Manganit	γ -MnO(OH)	C_{2h}^5 — <i>B2₁/d</i>	8,88	5,25	5,71	8
Lepidokrokkit	γ -FeO(OH)	D_{2h}^{17} — <i>Amam</i>	3,88	12,54	3,07	4
Böhmit	γ -AlO(OH)	D_{2h}^{17} — <i>Amam</i>	3,69	12,2	2,86	4
Alumogél (Sporogelit)	AlO(OH) + aq	amorf	—	—	—	—

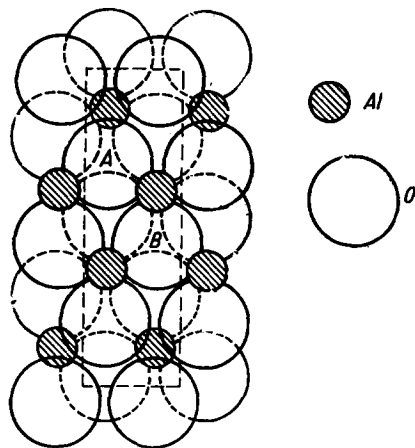
Néhány háromvegyértékű fémnek az oxidja (R_2O_3) és hidroxidja [$R(OH)_3$] közötti átmenetként oxid-hidroxidja ($RO \cdot OH$) is van. Főképpen az Al, Fe^{3+} és Mn^{3+} oxid-hidroxidjai nevezetesek, mivel a bauxitban, az üledékes vas- és mangántelepekben jelentős szerepet töltenek be. E kationok oxid-hidroxidjai természetben kétféle (α - és γ -) módosulatban is keletkeznek, a β -módosulat csak mesterségesen állítható elő.

Diaszpor, α -AlO(OH). Az Al_2O_3 85%, H_2O 15%. Egyes fajták izomorf kationként kevés Fe-at, Mn-t, sőt Cr-ot is tartalmaznak. — *Krist.* Rombos dipiramisos. Rácsszerkezetében az O-atomoknak legtömöttebb hexagonális illeszkedése van. Az oktaéderesen közrefogott Al-



505. ábra. Diaszpor-szerkezet felépítésének vázlata. A rétegszerű oktaédersorok közötti kapcsolat hidrogénkötéssel jön létre, amit a rajzon az oktaéderszcúcsokat összekötő kettős vonalak jeleznek (F. J. Ewing szerint)

ionok az oktaédersúlypontból kissé ki vannak mozdulva. Az AlO_6 -oktaéderek 12 éle közül 4 ugyancsak AlO_6 -oktaéderrel közös. A szerkezetnek kifejezetten rétegrács jellege van (505. ábra). A H-atomok helye közvetlenül nem határozható meg. Minthogy azonban két szomszédos oktaédersor oxigénjeinek távolsága csak 2,69 Å, ami közöttük erős kapcsolatra utal, bizonyos, hogy a hidrogén két ilyen oxigén között foglal helyet. Ez azonban nem szimmetrikus O—H—O kötés, mert az oxigénatomok a szerkezetben nem egyenértékűek. Az



506. ábra.
Diaszpor. Az atomok illeszkedése
(100) sík szerinti vetületben

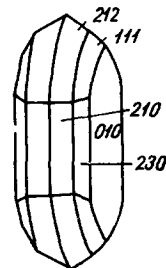
506. ábrán bemutatott (100) sík sz. vetületen látható, hogy a diaszpor szerkezetnek kétféle helyzetű oxigénatomja van: az A-jelű oxigénatomoknak a rajzsík felett két, alatta egy Al-szomszédja van. Ezzel szemben a B-jelű O-atomok mindhárom Al-szomszédja a rajzsík fölé esik. A hidrogént is tartalmazó kötés mindig az A és B helyzetű oxigén között jön létre. Minthogy ezek helyzete nem egyenértékű, érthető, hogy a H-atom sem szimmetrikus A és B között, helyesebben a hidrogén a B

között, helyesebben a hidrogén a B

hez van kötve, tehát a szerkezetben (aszimmetrikus) hidroxilkapcsolat érvényesül. Ugyanezt bizonyítja a diaszpor infravörös abszorpciós szinképe, melynek 3 μ -os sávja szintén csak hidroxilgyököt jelez.

A kristályok termete prizmás vagy az oldallap szerint táblás (507. ábra). Hosszanti (c) irányban gyakori a rostozás, a piramislapok gömbölyödöttek. Legtöbbször csak leveles-vaskos, pikkelyes-héjas halmazok. Hasadása (010) sz. tökéletes. $K = 6,5-7$. $S = 3,4$. Üvegfényű, a hasadás lapja gyöngyházfényű. Áttetsző, többnyire színtelen vagy halvány ibolyás, esetleg zöldesszürke, sárga v. rózsaszínű. A színezettebb kristály pleokroós. Opt. pozitív. Erősen kettőtörő: $n_a = 1,702$, $n_\beta = 1,722$, $n_\gamma = 1,750$. (Nagy keménysége, fajsúlya és nagy fénytörése rácsának tömör illeszkedéséből és az oktaéderláncok szoros hidroxilkapcsolatából ered.) Hevítve vékony pikkelyekre hullik szét. Izzítva vizét elveszti, de nem olvad meg.

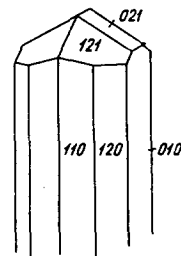
Képz. A diaszpor mikroszkopikus méretű kristályokban a bauxit elegyrésze. Főként tektonikus mozgásban résztvevett vagy enyhébb metamorf átalakulást szenvedett bauxittelepek jellemző allitos ásványa. A Vác melletti Nézsza és a Bihar-hegységi (Románia) Remeti (Remec) környéki bauxitnak fő elegyrésze. Keletkezik metamorfózissal kristályos palákban és agyagos kontakt kőzetekben, valamint



507. ábra.
Diaszpor

korund átalakulása révén is. Számos lelőhelye közül említhető Banska Štiavnica (Selmecebánya), ahol a *dillnit* nevű finomszemcsés alumoszilikát (zunyit-tartalmú) kőzetben kontakt hatásra centiméteres, szép kristályok képződtek. Többek között a görög szigetek smirgeljében, az Ural-hegység smirgeltartalmú kloritpaláiban is megtalálható.

Goethit, túvasérc (bársonyvasérc), α -FeO(OH). Összetételében kevés Mn helyettesíthet. SiO₂-tartalom is gyakran kimutatható. A H₂O mennyisége 10,1%. — *Krist.* Rombos dipiramisos. Rácsszerkezete a diaszporral egyezik. Infravörös abszorpciós színeként ugyancsak nincs meg a H₂O-nak megfelelő 6 μ -os abszorpciós vonal, hanem itt is, mint a diaszporszerkezetnél, csupán a hidroxilgyök jelenlétére utaló 3 μ -os sáv jelentkezik. A kristályok termete *c*-irányban nyúlt (508. ábra), tús, rostos vagy hajszálszerű. Sugaras halmazokban, vaskos tömegekben gyakran képződik. Hasadása (010) sz. kitűnő. $K = 5 - 5,5$. $S = 4,3$, de a tömeges (szennyezettebb) változatoké kisebb. Fénye némelykor fémes, a rostos halmazok selymes fényűek, a szemcsés-tömött tömegek fénytelenek. Színe sárga és barna közt változó. Vékony szilánokban barnássárgán áttetsző. Karca sárga. Opt. negatív. $n_{\alpha Li} = 2,21$, $n_{\beta Li} = n_{\gamma Li} = 2,35$, $b = n_{\alpha}$. Tengelydiszperziója igen erős.



508. ábra. Goethit

Ércm. színe és reflexióképessége kb. a szfaleritével egyezik. Bireflexiója gyenge, anizotrópiája élénk. Tömeges belső reflexe világosbarna, vörösbarna. — Lángban csak a szilánkok éle olvad meg; izzítás után mágnesezhető. Zárt üvegcsőben hevítve vizet veszít és megvörösödik. Savak oldják.

Képz. A goethit jellemző képződménye a felszíni mállási folyamatoknak. Legtöbbször a másik vas-oxid-hidroxiddal, a lepidokrokittal vegyesen, limonitos tömeget alkot (l. később). A kristályos túvasérc prizmás-tús termettel leginkább sugaras csoportosulású és félig fémes külsejű. Egyik változata a sárgásbarna, gumós-gömbös bársonyvasérc, melynek felszíne bársonyosan fénytelen. Igen elterjedt ásvány. Rudabányán és a Szlovák Érchegységben pl. Železníken (Vas-hegy-Rákos), Nižná Slaná (Alsósajón) híres szép kialakulása van. Az angliai Cornwall bányáiból több cm-es kristályok kerültek elő. A túvasérc finomszemcsés, mikroszkópos eloszlásban a laterites bauxitkőzeteknek is fontos elegyrésze.

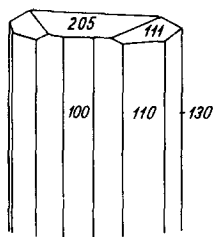
Montroseit, (V,Fe)O(OH). Rombos holoéderes. Izomorf a goethittel (vanádiumgoethit). A coloradoi (USA) Montrose-ről írták le, ahol egyéb másodlagos vanádiumásványokhoz társul.

Groutit, α -MnO(OH). Kevés Fe-at tartalmazhat. Rombos dipiramisos. Kristályai lemezszerűek, (001) sz. táblások. Hasadás (010) sz. tökéletes. $K \sim 4$. $S = 4,4$. Félig fémes, fekete (hasonlít a manganit-hoz), pora sötét barnászörös. Rendkívül erősen pleokroós. *Ércm.* Reflexiója gyenge közepes, a szín a magnetitéhez áll közel. Bireflexiója erős, ugyanígy feltűnően nagy az anizotrópiája,

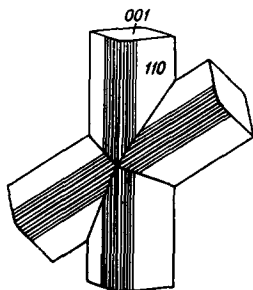
de nem tarka. Belső reflexe telt barnásvörös. — Valószínűleg aszcendens termék. Mindössze két lelőhelye ismeretes: Sagamore (Cuyuna Range, Minnesota, USA) és Hammereisenbach (Schwarzwald, Németorsz.).

Manganit, γ -MnO(OH). Monoklin prizmás, álrombos, $\beta \neq 90^\circ$. Rácsa megfelel a diaszpor-típusnak, de benne a kationok helyzete kissé eltér az AlO(OH)-étől és nagy hasonlóságot árul el a rutiléval.

Krist. Fennőtt kristályok oszlopos termettel, hosszanti irányban sűrű rostozással (509. ábra). A (001) gyakori tetőzőforma, ennek felszíne is erősen rostozott, s emiatt kissé görbült. Iker (011) sz. gyakori (510. ábra). Sugaras-rudas halmazokban, néha szemcsés, cseppkő-szerű kialakulásban is képződik. Hasadása (010) sz. kitűnő. $K = 4$. $S = 4,3$. Félíg fémes fényű, színe barnásfekete. Karca sötétbarna. Ha belsőleg pirolúztá alakult át, akkor fémes fényű, színe acélszürke és karca fekete. Nem teljesen opak. Opt. pozitív. Fénytö-



509. ábra.
Manganit



510. ábra.
Manganit iker

rése: $n_{a(Li)} = 2,25$ (a), $n_{\beta(Li)} = 2,25$ (b), $n_{\gamma(Li)} = 2,53$ (c).

Ércm. reflexiója gyenge, színe barnás árnyalatú világosszürke; gyenge pleokroizmus, élénk anizotrop színhatás és vérvörös belső reflex jellemzi. — Vize 200° -on felül távozik el, Bunsen-lángban nem olvad, cc. HCl klórfejlődéssel oldja. *Képz.* A manganit kis hőmérsékleten, főképp üledékes ásványtársulásban keletkezik. Karbonátos eredetű Mn-érctelepeken a pirolúztos és rodokroztos öv közé manganit települ. Különben tömeges ércanyagként ritkán találják. Érctelepek oxidációs övében szép fennőtt kristályos csoportok képződhetnek. Közethasadékok vizes oldataiból és forrásüledékként is keletkezik. Eredeti formájában ritkán marad meg, részlegesen vagy teljesen pirolúztá változik át. Legszebb kristálycsoportok Ilfeldről, a Harz-hegységéből (Németorsz.) ismertek. Maşca (Macskamező, Erdély, Románia) oxidációs ásványai közt, továbbá Nižná Slaná (Alsó Sajó, Szlovák Érchg.) limonitos üregeiben is találják. A dunántúli Úrkúton a Mn-karbonátos—oxidos öv gyakori ásványa, Eplény érceiből fennőtt kristályok ismeretesek. — Metamorfózis alkalmával hausmannitá és braunitá alakul át.

Lepidokrokit, *rubincsillám*, γ -FeO(OH). Rombos dipiramisos. Rácsszerkezetét az 511. ábra szemlélteti. A vasionok 6-os koordinációval, kissé torzult oxigénoktaéderek középpontjában vannak. Minthogy az oktaéderek kapcsolódása kettős rétegben történik, a kationok is két síkban rendeződnek. Az oktaéderek 4 csúcsán oxigén, a fennmaradó 2 csúcsán OH-gyökök helyezkednek el. A hidroxilgyökök a kettős réteg legkülső helyzetét foglalják el, és a másik réteg szélső

helyzetű csúcsaihoz kapcsolódnak. A rajzon kettős vonalak jelzik az OH-kötéseket.

Kristályosan jóval ritkább a goethitnél. A (010) sz. vékony, bizonytalan elhatárolású táblák, pikkelyek gyakoriak. A táblácskák rendszerint sugarasan, félgömbszerűen csoportosulnak. Hasadása (010) sz. kitűnő. $K = 5$, $S = 4,09$. Gyémántfényű, vékony szilánkokban rubinvörösén áttetsző. Opt. negatív, kettőtörése sokkal erősebb a goethiténél: $n_\alpha = 1,94$, $n_\beta = 2,20$, $n_\gamma = 2,51$ (Li-fényben). Erősen pleokroós.

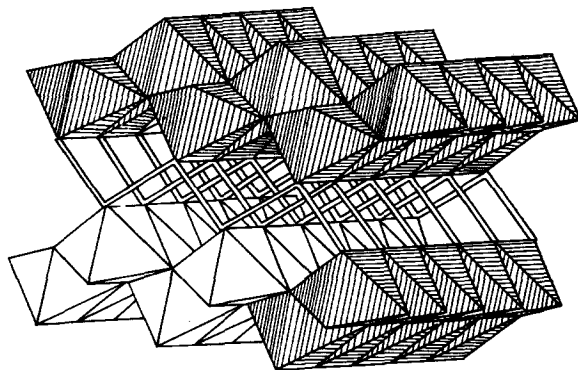
Ércm. Reflexiók sajátosságai kissé ingadozók, de intenzitásuk és színük hasonlít a hematitéhoz. Bireflexiója erősebb, mint a goethité, és ugyancsak erősen anizotrop. Belső reflexe vörösbarna.

Képz. Másodlagos oxidációs termék. Ritkább, illetőleg kisebb mennyiségben keletkezik, mint a goethit. A csehszlovákiai Betliaron (Betléren) és Nadabulán (Sajóházán, Szlovák Érchg.) szép rubinvörös pikkelyek limoniton. — Finom szemcsékben a limonit elegyrésze.

Limonit, barnavaskő, $2 \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$. A limonit néven összefoglalt ásványok-ról a vizsgálatok kimutatták, hogy bármely változat lényegében két, szerkezeti-ileg jól definiált összetevőből: goethitből ($\alpha\text{-FeOOH}$) és lepidokrokitból ($\gamma\text{-FeOOH}$), esetleg még hematitből áll. Közülük általában a goethit van túlsúlyban, a lepidokrokit szerepe alárendelt. Ez összetevők képletén felüli vízfelesleg adszorpciós víz. A két vas-oxid-hidroxiid röntgenfelvétellel egymástól jól megkülönböztethető, ha azonban izomorf Al-ásványok (diaszpor, böhmít) is vannak jelen, az elválasztás már nehezebb feladat. Minthogy az ásványok színe a szerkezettel összefüggő sajátosság, a vas-oxid-hidroxiid színe is szerkezete szerint változik: a goethit pora sárga, a lepidokrokité pedig barna színű. Az ásványi együttes arányáról ezen az alapon is tájékozódni lehet.

A limonit eredetileg gél alakban keletkezik, de vízvesztés folytán részben vagy egészen átkristályosodik. Tulajdonságai a víztartalom szerint változók. Sok idegen anyag a géles lecsapódáskor kerül bele. Főképpen P-, Mn-, Al-, Ni-tartalma említhető. Kohósításkor a foszfortartalom révén Thomas-salak képződik, mely műtrágyaként értékesíthető.

Leggyakoribb fajták: a barnavasérc, barna, földes tömeg; keletkezik pl. sziderit (FeCO_3) átalakulásából az oxidációs övben: Rudabánya (Borsod megye),



511. ábra. Lepidokrokit szerkezete
(F. J. Ewing szerint)

Ghelar (Gyalár, Ruzska-hav., Románia) Eisenerz (Stájerorsz., Ausztria). Hasonló, de lazább a *gyepvasérc*, mely mocsaras, lefolyástalan területen mint vas-humát-dikarbonát válik le. Sekély tengerekben, parti övezetekben sörétszerű gömböcskék tömege, az *oolit* (ikrakő) képződik, mely Nyugat-Európában (Elszász, Luxemburg) a júraüledékekben kiterjedt vasérctelepekként halmozódott fel. A limonit fekete, gömbös megjelenése a *barna vaskobak* („Glaskopf”), szép kialakulásáról híres Železnik (Vashegy-Rákos, Csehszlovákia). Ennek karca barnássárga, okkersárga. (A hematit hasonló kialakulású Glaskopf-jának karca vörös!)

További változatok: az okkersárga színű *xantosziderit* vagy sárgavaskő; a fekete vasszurokérc vagy *sztilpnosziderit*. A *ciprusi umbra* is vasokker, melyhez kevés kvasav elegyedik. A *babérc* mészkövekben babszem alakú gumós halmaz. Limonitos anyag színezi a bauxitok nagy részét, valamint a sárga-, barna talajokat is. A limonit egyike a legfontosabb vasérceknek. Könnyen kohósítható; 27—28% Fe-tartalom esetén már feldolgozásra alkalmas.

Böhmít, γ -AlO(OH). Rombos dipiramisos. Rácsa a lepidokrokittal egyezik. Mikroszkopikus lemezes, lencsés kristályai hintett vagy gömböcskés halmazokban csoportosulnak. Túlnyomórészt csak röntgenográfiai úton mutatható ki. Hasadás (010) sz. $S = 3,05$. Optikai sajátságai nem eléggé ismertek. Közepes törésmutatója (1,64) a hidrargillit és diaszpor közé illeszkedik be. Opt. tengelysík (001), $b = n_{\gamma}$. Opt. negatív. — Könnyebben tárható fel a vele azonos összetételű diaszpornál.

Képz. Bauxitelegyrész és a legelterjedtebb, leglényegesebb *allitásvány*. Elsősorban a karsztbauxitok Al-tartalmának hordozója. Iszkaszentgyörgy, Gánt, Halimba, Nyirád. A Földközi-tenger környéki (franciaországi, olaszországi, jugoszláviai, görögországi) karsztbauxitoknak is leglényegesebb elegyrésze.

Alumogél, *sporogelit*, AlO(OH)+aq. Lényegében alumínium-hidroxid gél. Ha tiszta, akkor fehér vagy gyengén színezett alaktalan tömeg; mikroszkópban izotrop, de nem röntgenamorf. Rendszerint erősen szennyezett. $S = 2,4$. Bauxitkőzetekben jelentős szerepe van.

FÜGGELÉK

NÉHÁNY TÖBB KATIONÚ OXID-HIDROXID

A kristályszerkezet-vizsgálatok előrehaladásával számos több kationnal felépített OH- vagy H₂O-tartalmú ásványt sikerült kristálykémiaiilag meghatározni. Néhány ezek közül:

Quenselit, PbO · MnO(OH). Monoklin prizmás, C_{2h}^s — $P2_1/c$, $a_0 = 9,13$, $b_0 = 5,68$, $c_0 = 5,61$ Å. $\beta \approx 93^\circ$. Apró táblás, csillámszerű kristályok. Szurokfekete. Opak. — Långban (Svédország).

Kalkofanit, ZnMn₃O₇ · 3 H₂O. Triklin. C_1^1 — $P\bar{1}$. Külsőleg ditrigonális szkalenoéderez. Apró kristályai a (0001) bázis és (1011) romboéder kombinációi. Legtöbbször fűrtös-gumós, cseppkőszerű. Fémcs, kékesfekete. — Másodlagosan Fe- és Mn-hidroxidokkal képződik. — Franklin (New Jersey), Leadville (Colorado, USA); Tasmania.

Hidrocalumit, $2 \text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot \text{Al}(\text{OH})_3 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$. Monoklin szfenoidos $C_2^2-P2_1$. Tömeges szemcsés. Üvegfényű, (0001) sz. hasadása gyöngyházfényű. Világoszöld. Erősen piroelektromos. Agyagos kontaktusban találják. Antrim (Írország).

d) csoport.

Uránhidrátok (uranyl-hidroxidok)

Az uránhidrátok részint vegyi, részint szerkezeti sajátágaik alapján három alcsoportba sorolhatók:

70. táblázat

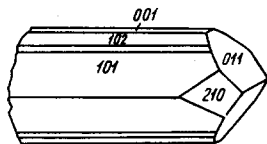
Név	Összetétel	Szimmetria	rácsállandók			Z
			a_0	b_0	c_0	
a) Iantinit	$\text{UO}_2(\text{OH})_2$	rombos	7,08	11,25	20,93	—
Epiiantinit	$\text{UO}_2(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	rombos	7,17	11,46	15,20	8
Masuyit	$\text{UO}_2(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	D_{2h}^4-Pcna	14,09	12,08	14,27	—
Becquerelit	$6 [\text{UO}_2(\text{OH})_2] \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$	D_{2h}^5-Pmma	13,92	12,45	15,09	4
Billietit	$6 [\text{UO}_2(\text{OH})_2] \cdot \text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$	D_{2h}^5-Pmma	13,98	12,08	15,06	4
b) Schoepit	$8 [\text{UO}_2(\text{OH})_2] \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$	rombos dip.	14,43	16,92	14,78	4
Vandendriesscheit	$8 [\text{UO}_2(\text{OH})_2] \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$	rombos	14,12	16,80	14,32	4
Fourmarierit	$8 [\text{UO}_2(\text{OH})_2] \cdot 2 \text{Pb}(\text{OH})_2$	rombos	14,10	16,75	14,55	4
c) Vandenbergit	$[\text{UO}_2(\text{OH})_2] \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$	triklin véglapos, C^1-P1				
Clarkeit	$\text{Na}_2\text{U}_2\text{O}_7$	opt. kéttengelyű				
Curit	$3 \text{PbO} \cdot 8 \text{UO}_3 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$	rombos, $Pna2_1$				

Iantinit, $\text{UO}_2(\text{OH})_2$. Túlnyomóan U^{6+} -ion oxid-hidroxidja. Rombos, de a kristályosztály nem ismeretes. Általában kis, (011) szerint lapított lemezek és a b -irányban nyújtott lécek. Hasadása (001) sz. $K = 2 - 3$. Sötét ibolya vagy ibolyásfekete, kissé fémes; tartós oxidáció után ibolyásbarna, végül sárga színűre változik. Ultraibolya fényben nem fluoreszkál. Fénytörése erős, kéttengelyű. Fénytörése is: $n_x = 1,67$, $n_y = 1,92$, pleokróis. Hevítve sárga uranyl-oxidá alakul. — Másodlagos ásvány. Főként uraninitből képződik. Shinkolobwe (Katanga, Zaire Közt.), Wölsendorf (Bajororsz., Németorsz.), Bigay (Puy-de-Dôme, Franciaorsz.)

Epiiantinit, $\text{UO}_2(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, rombos; közelebbi alaki szimmetriája (sem tércsoportja) nem ismeretes. Sárga, sárgásbarna átalakulási termék, iantinitből keletkezik. Gyakran áttetsző-átlátszó bevonat vagy pseudomorf bekéregzés (neve is ezt fejezi ki). Első lelőhelye Shinkolobwe (Katanga, Kongó Közt.).

Masuyit, $[\text{UO}_2(\text{OH})_2] \cdot \text{H}_2\text{O}$. Összetételére közel ugyanaz, mint az epiantinit. Rombos dipiramisos. Táblás kristályok. Uralkodó formák: (100), (110) és (010). Hasadása a (001) sz. kitűnő, $S = 5,08$. Narancssárga, áttetsző, $n_\alpha = 2,11$, $n_\gamma = 15$. Ultraibolya fényben nem fluoreszkál. — Csakis a katangai (Zaire Közt.) Shinkolobve bányából került eddig elő. Finom kristályok, kristálycsoportok az uraninites érc üregeiben; másodlagos ásvány.

Becquerelit, $6 [\text{UO}_2(\text{OH})_2] \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$. A formula nem egészen biztos, szokás más alakban is írni (pl. $\text{UO}_3 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ vagy $7 \text{UO}_3 \cdot 11 \text{H}_2\text{O}$). Rombos dipiramisos, álhexagonális. (001) sz. táblák, b -tengely szerint nyúlt lécek vagy rövid prizmák (512. ábra), általában a méret 1—2 mm. — Hasadása (001) sz. tökéletes, $K = 2,5$, $S = 5,2$. Gyémántfényű, zsírfénybe hajló. Borostyánkőszárga-barnássárga; finom szemcsés halmazban narancssárga. Áttetsző. Erősen kettőtörő: $n_\gamma = 1,73$, $n_\alpha = 1,805$ és pleokroós. Hevítve a víztartalom csak 500 C° -on felül kezd eltávozni belőle. — Rendszerint uraninittel társul, melyből másodlagosan

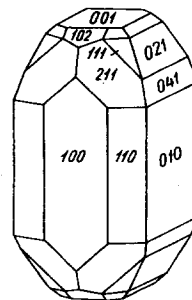


512. ábra. Becquerelit

képződik. Lelelőhelyek Kasolo és Shinkolobve (Katanga, Zaire Közt.), Wölsendorf (Bajorország, Németország), Bigay (Puy-de-Dôme, Franciaország). Szórványosan a Colorado Plato uraninites homokköveiben urán-vanadátokkal, de Arizona és Wyoming (USA) és a kanadai Athabaska-tó körüli bányákban is megtalálták.

Billietit, $6 [\text{UO}_2(\text{OH})_2] \cdot \text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$. Urán- és bárium-hidroxid. Korábbi vizsgálatok alapján formuláját $\text{BaO} \cdot 6 \text{UO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ -nak is írták. Rombos dipiramisos; mm-es kristálykái pseudo-hexagonális, nyújtott prizmák. Termete és szögértékei is a becquerelitéhez állnak közel (homöotípiá). Hasadás (001) sz. Törékeny, $S = 5,3$. Gyémántfényű, sárga—aransárga. Átlátszó, $n_\alpha = 1,75$ — $n_\gamma = 1,88$. Opt. pozitív. Pleokroós (színtelen — telt sárga). Hevítéskor 110 C° -on egytengelyűvé és negatívvá válik. Lehűléskor újra két optikai tengelyűvé lesz. — Ritkább másodlagos ásvány. Uraninit átalakulási terméke. Shinkolobwe (Katanga, Zaire Közt.),

Schoepit, $8 [\text{UO}_2(\text{OH})_2] \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$. Első alkalommal összetételét $\text{UO}_3 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ -nak határozták meg és dimorfnak tartották a becquerelittel. Az alaki sajátosságok jól tanulmányozottak. Rombos dipiramisos. Kristályai oszloposak, rövid-prizmás termetűek (513. ábra), avagy lapos táblák a b -tengely szerint nyújtott termettel. Hasadás (001) sz. $K = 2,5$. $S = 4,8$ — $5,02$. Kénsárga, citromsárga, esetenként gyantabarna. Gyémántfényű. Áttetsző-átlátszó. Kéttengelyű, negatív. $n_\gamma = 1,735$, $n_\alpha = 1,690$. Pleokroós. Ultraibolya fényben halványzöld. — Hevítéskor (a víz fokozatos eltávozásával) a színét változtatja (350 C° -on narancssárga, 500 C° -on barna, 850 C° -on fekete). Eredeti lelelőhelye Kasolo (Katanga, Zaire Közt.), később szá-



513. ábra. Schoepit

mos más uraninites lelőhelyen is előkerült. Shinkolobwe (Katanga, Zaire Közt.); Wölsendorf (Bajororsz., Németorsz.), Haute-Vienne-tart. (Franciaorsz.); a Colorado Plato több feltárásában, Arizonában, Wyomingban (USA).

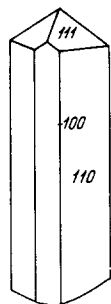
Vandendriesscheit, $8 [\text{UO}_2(\text{OH})_2] \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$. Rombos; közelebbi szimmetria ismeretlen. Rosszul fejlett kristálykák, gyakran szubparallel összenövések; általában (001) sz. táblásak. Hasadás (001) sz. $K \sim 3$. $S = 4,6 - 5,6$. Gyémántfényű, narancssárga, barnássárga. Ultraibolya fényben nem fluoreszkál. Másodlagos ásvány. Első ízben a kanadai Nagymedve-tó környéki uránérctelepen találták. Később Jáchymov (Csehszlov.), Katanga (Zaire Közt.) bányáiból és az USA-ban uraninites pegmatitfeltárásokból is előkerült.

Fourmarierit, $8 [\text{UO}_2(\text{OH})_2] \cdot 2 \text{Pb}(\text{OH})_2$. Az oxidösszetevők súlyszázaléka: PbO 15,31%, UO_3 78,51%, H_2O 6,18%. Rombos; a kristályosztály (és tércsoport) meghatározása még hiányzik. Valószínűleg holoéderes. Apróbb kristályok, kristálycsoportok, melyekre a (001) sz.-i pikkelyes-táblás vagy lapos, nyújtott termet jellemző. Hasadása (001) sz. $K = 3 - 4$, $S = 5,74$. Fénye majdnem gyémántfény; narancsvörös — aransárga. Kristályai átlátszók. Kéttengelyű, negatív, $n_\gamma = 1,904$, $n_\alpha = 1,865$. — Ultraibolya fényben nem fluoreszkál, savakban könnyen oldódik, levegőn hevítve megfeketedik. Másodlagos uránásvány. Pb-tartalma túlnyomóan radiogén ólom. Leginkább tömött kéregekben, szemcsés halmazokban képződik, melyhez a többi urán-hidroxid társul. A viszonylag gyakoribb urán-hidroxidokhoz tartozik. Shinkolobwe (Katanga, Zaire Közt.), Nagymedve-tó (Kanada), Jáchymov (Csehszl.), Wölsendorf (Bajororsz., Németorsz.) szórványosan a délnorvégiai pegmatitokban, az USA arizonai, utahi pegmatitos feltárásaiban is előkerül.

Vandenbrandeit, $[\text{UO}_2(\text{OH})_2] \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$. Triklin véglapos, $C_i - \bar{P}1$. $a_0 = 7,86$, $b_0 = 5,44$, $c_0 = 6,10$ Å. $\alpha \sphericalangle 91^\circ 52'$, $\beta \sphericalangle 102^\circ 00'$, $\gamma \sphericalangle 89^\circ 37'$. $Z = 2$. Rosszul fejlett, apró (0,4—0,5 mm-es) kristályai laposak, táblásak, nyújtott alakok. Nagyrészt szemcsés, tömött halmaz. Hasadás (110) sz. $K = 4$, $S = 5,0 - 5,2$. Sötétzöld, feketészöld gyenge üvegfénnyel. Vékony lemezben áttetsző. Gyakran nem homogén: belsejébe kristályos és folyékony zárványok gazdagon ágyazódnak. Az uraninit és rézásványok oxidációjakor keletkező másodlagos ásvány. Kalongve és Shinkolobwe (Katanga, Zaire Közt.) az eredeti lelőhelye. Később csekély mennyiségben a Colorado Plato (USA) másodlagos uránásványai közt is megjelentek.

Clarkeit, $\text{Na}_2\text{U}_2\text{O}_7$. Szimmetriája nem ismeretes, de optikailag kéttengelyű, és a fénytani sajátosságok rombos rendszerre engednek következtetni. Csak tömött, mikrokristályos halmazokban ismeretes. $K \sim 4 - 4,5$. $S = 6,3 - 6,4$. Sötétbarna—csokoládébarna, viaszfényű. Átvilágítva narancsvörös. Enyhén pleokroós. Opt. negatív. $n_\gamma = 2,108$, $n_\alpha = 1,997$. Savakban könnyen oldódik. — Az uraninit átalakulási terméke. Rendszerint az uraninit utáni zónás pszeudomorfóza belső magját alkotja, vagy közvetlenül az ép uraniniten keletkezik. Kívülről gummit és a többi urán-hidroxid övezi. — Az É-karolinai (USA) Spruce Pein pegmatitjában, és Indiában Rajasthan állam (Rajputana) pegmatitjaiban találták.

Curit, $3\text{PbO} \cdot 8\text{UO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. Formulája valószínűleg nem végleges. Rombos, $a_0 = 12,50$, $b_0 = 13,01$, $c_0 = 8,40$ Å. $Z = 2$. Kristályai prizmásak, tú alakúak, c -tengely szerint nyújtottak (514. ábra). Hasadás (100) sz. $K = 4 - 5$.



514. ábra.
Curit

$S = 7,2 - 7,4$. Gyémántfényű, telt narancspiros; a tömött-vaskos példányok színe a narancssárga és skarlátpiros között változik. Hevítve kristályvizét $350-400$ °C között teljesen elveszti. Híg savakban könnyen oldódik. — Viszonylag bővebben az afrikai katangai terület (Kongó Közt.) bányáiban találják; a többi másodlagos uránásványhoz társul. Nem ritka a kanadai Nagymedve-tó érceiben, megtalálták a franciaországi Puy-de-Dôme uránércfeléireiben, Malgas (Madagaszkár) pegmatitjában is.

Richetit, urán-ólom-hidroxid-változat. Formuláját nem ismerjük. Álhexagonális, fekete, erős fényű pikkelyek. Shinkolobwe (Katanga, Zaire Közt.) ásványtársulásának tagja. — *Uranosferit* [$\text{UO}_2(\text{OH})_2 \cdot \text{BiO}(\text{OH})$], rombos, gömbszerű halmaz. $K \sim 2-3$. $S = 6,36$. Narancssárga. Schneebergen (Szászorsz., Németorsz.) a kobalt-nikkel-bizmutos telérekben ritkaság.

ÖSSZETETT (KOMPLEX) ANIONOS KRISTÁLYSZERKEZETEK

(Szilikát-, foszfát-, szulfát-, karbonát- és nitrátvegyületek áttekintése)

A természetes kristályvegyületek sorában az egy-, illetőleg egyszerű-anionos szerkezetű (szulfid-, oxid-) ásványokon kívül igen jelentős számban ismerünk olyan vegyületeket, amelyekben anionként sajátos atomcsoportok szerepelnek. Ezek kémiai értelemben sók, amelyek oxisavak és fémek (ill. bázisok) reakciójával állnak elő.

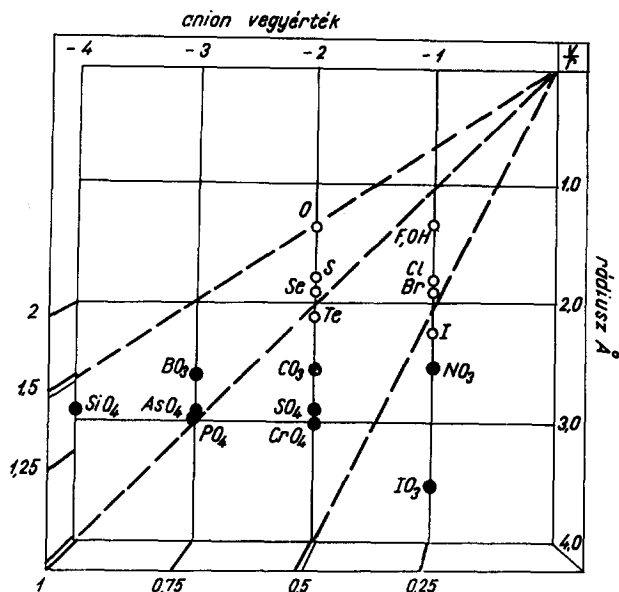
Kristálykémiailag szempontból legjellemzőbb sajátosságuk, hogy rácsukban az anionhelyeket $[\text{NO}_3]^-$, $[\text{CO}_3]^{2-}$, $[\text{SO}_4]^{2-}$ stb. összetett anionok (gyökök) töltik be. A komplex anionokat azok a kis rádiuszú és nagy töltésű ionok tartják össze, melyek a 432. ábrán (544. old.) bemutatott diagram jobb felső mezejében helyezkednek el. Az így létrejövő komplex anionban ez a központi ion erős kötással fűzi magához a környező oxigéneket mint ligandumokat. A kötés természetesen annál erősebb, minél kisebb méretű a központi kation, és minél nagyobb a töltése.

E viszonyokat igen jól jellemzi az elektrovalencia, mely a központi ion töltésének és a koordinálódó anionok számának arányából adódik. Pl. az $[\text{NO}_3]^-$ komplex ion egy N^{5+} - és három O^{2-} -ionból áll, tehát az arány $5:3 = 1,66$. A fontosabb komplex ionok így képezett arányszámát a következő adatsor mutatja be:

$[\text{NO}_3]^-$	$5:3 = 1,66$	$[\text{AsO}_4]^{3-}$	$5:4 = 1,25$
$[\text{SO}_4]^{2-}$	$6:4 = 1,50$	$[\text{PO}_4]^{3-}$	$5:4 = 1,25$
$[\text{CO}_3]^{2-}$	$4:3 = 1,33$	$[\text{BO}_3]^{3-}$	$3:3 = 1,0$
		$[\text{SiO}_4]^{4-}$	$4:4 = 1,0$

Az arányérték túlnyomóan 1-en felüli, illetőleg szélső esetben 1-nek adódik. Ha nagyobb, mint egy, akkor az oxigén vegyértékének több mint a felét a központi kationnal való kapcsolat köti le, ami egyben erős ionpolarizációt is jelent. Más szóval a gyökös alakulásban az oxigén szorosabb kapcsolatban van a központi kationnal, mint a komplexen kívüli más kationnal, ami e sóvegyületek egyéb viselkedésében (pl. oldáskor) is megnyilvánul, éppen az elektrovalencia fokozatainak bemutatott sorrendje szerint. Innen ered, hogy ezek a szorosan tömörült atomcsoportok önálló kristályszerkezeti egységként szerepelnek, és a rácsban — EVANS és ESKOLA megnevezése szerint — *anizodermikus* rácsponteloszlás áll elő. Az arányérték azonban — mint láttuk — egyes komplex ionokban ($[\text{SiO}_4]$, $[\text{BO}_3]$) éppen 1 is lehet, ami viszont átmenetet jelent az egy-

szerű oxidszerkezetekhez (ahol a kationt környező oxigének kötésének elektro-
vegyértéke mindig egy alatt van), s így ezeknek a gyököknek a viselkedése né-
míleg eltér a csoport többi tagjától. A szilikát-, ill. borátionokban az oxigén-
környezet pontosan megegyezik a központi kation vegyértékével, s így a gyök
kevésbé kiegyenlített, az oxigének viszonylag erősebb kapcsolódással kötődnek
a komplexen kívüli (másodrendű) kationokhoz is. Ilyenkor a kétféle kation—
—oxigén kötéstávolság között nincs jelentősebb eltérés: *mezodezmikus* szerkezet
alakul ki. Ebből eredő további sajátosságuk, hogy az SiO_4^- , valamint a BO_3^- gyök-
ök oxigénjeik révén egymáshoz közvetlenül is csatlakoznak, vagyis gyökkap-
csolásos (polimerizált) szerkezetek jönnek létre. Sőt az SiO_4 esetében az összes
oxigének Si—O—Si csatlakozásával egyparaméteres oxidszerkezet (SiO_2) áll
elő, mely már az *izodezmia* feltételeit elégíti ki. (Részletesebben lásd 569. old.)



515. ábra. A természetes vegyületek gyakoribb egyszerű
és összetett anionjainak $\frac{v}{r}$ -diagramja

Az összetett ionokban az oxigénelrendezés módja kétféle: az RO_4 -csoportok-
ban a központi kation körül tetraéderez, míg az RO_3 -típusú anionban síkhárom-
szög, ritkábban — a központi kation némi kiemelkedése folytán — nagyon
tompá trigonális piramis alak jön létre. Az összetett anionok természetesen az
egyszerű anionoktól nemcsak forma, hanem méret tekintetében is különböznek.
A résztvevő oxigének közvetlen érintkezése alapján kiszámítható e gyökök
térigénye is, amit arányba állítva az anionvegyértékkel, szintén egy hányados-
értéket kapunk, melyből további összefüggések olvashatók ki (515. ábra).

Szembetűnő, hogy legnagyobb értékkel az előbb is kiemelt $[\text{SiO}_4]^{4-}$ és $[\text{BO}_3]^{3-}$ komplex ion, legkisebbel viszont az $[\text{NO}_3]^-$ (és $[\text{IO}_3]^-$) ion szerepel. A közbűlső területre esik az összetett anionok túlnyomó része. Mindebből jól visszatükröződnek a rácsenergetikai viszonyok, a szilárdság, illékonyosság, viszonylagos oldhatóság is.

A diagramból az is kitűnik, hogy a gyökök mérete jóval nagyobb az egyszerű anionokénál. Ebből következik, hogy egyazon összetett ion esetében viszonylag szilárdabb szerkezet a neki megfelelőbb, azaz nagyobb rádiuszú kation kapcsolódásával jön létre (pl. BaSO_4 , CePO_4 stb.). Kis ionrádiuszú kationok is társulhatnak ugyan az összetett ion valamelyikével, de ilyen esetben legtöbbször ún. „vizes” sók jönnek létre, és pedig oly módon, hogy a kis kationt elektromosan semleges vízmolekulák veszik körül. Ezzel a hidratált kation térfogata mintegy megnő, s a méretkülönbség kiegyenlítése segíti elő a szilárd fázis létrejöttét. Természetesen az e fajta kapcsolódások ($\text{NiSO}_4 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$; $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$) stabilitása lényegesen kisebb, mint az előbb említett nagy kationú és vízmentes (szulfát-, foszfát-) vegyületeké.

A különböző összetett anionokra jellemző hányadosérték változása nyilvánul meg e kristályvegyületek kötésjellegében is. Az ionos kötés a szilikátoktól (a leggyengébb sav sóitól) kezdődően mindinkább érvényre jut, és az erősebb savak gyökionjaival képezett vegyületek sójellege fokozatosan közeledik, sőt végül egészen hasonlóvá válik a túlnyomóan ionos kötésű haloidsókéhoz.

A vázolt sajátságok a komplex anionos kristályvegyületek tárgyalásának sorrendjét egyértelműen meghatározzák, és pedig a következőképpen:

IV. osztály. Szilikátok

V. osztály. Foszfátok és rokon vegyületek

VI. osztály. Szulfátok és rokon vegyületek

VII. osztály. Borátok, karbonátok, nitrátok

Az egyes osztályokon belül a további csoportosítás itt is bizonyos — részben már eddig is alkalmazott — kristálykémiai elvek szerint történik.

SZILIKÁTOK

A földkéreg felépítésében a szilikátásványoknak uralkodó szerepe van. Közeli becslés szerint a földkéregnek mintegy 75%-át szilikátok alkotják. Jelentőségüket fokozza az ásványfajták nagy száma is, minthogy az ismert ásványoknak kb. 1/3-a a szilikátok osztályából kerül ki.

E vegyületek fontossága ellenére hosszú időn keresztül nagy nehézségek mutatkoztak ezek közelebbi megismerése, főként kémiai sajátágaik értelmezése terén. Számos elmélet alakult ki, melyek pusztán kémiai alapon, a sók és sószerű vegyületek mintájára próbálták a szilikátok felépítését megoldani. Molekuláris felépítést feltételezve, a szilikátokat hipotétikus kovasavak sóinak tekintették, és eszerint osztályozták. Így állították fel az *ortoszilikátok* csoportját, mely a H_4SiO_4 ortokovasav négyvegyértékű $[\text{SiO}_4]^{4-}$ savmaradékának sóit foglalta össze; pl. az olivin $(\text{Fe}, \text{Mg})_2\text{SiO}_4$. Az ortokovasavból egy molekula vízvesztéssel képezett H_2SiO_3 metakovasav sói voltak a *metaszilikátok*, pl. a piroxének, $(\text{Mg}, \text{Fe})\text{SiO}_3$ bronzit. Több orto- vagy metakovasav összekapcsolásával, különböző számú vízmolekula kilépésével nyerték a polikovasavakat, és ebből vezették le a különböző *poliszilikátok*at. Így a tri-ortokovasavból 4 H_2O -molekula kilépésével képezett $3 \text{H}_4\text{SiO}_4 - 4 \text{H}_2\text{O} = \text{H}_4\text{Si}_3\text{O}_8$ hipotétikus kovasav savmaradéka $[\text{Si}_3\text{O}_8]^{4-}$. E sav sóiként tekintették pl. a földpátokat, KAlSi_3O_8 ortoklász. A további csoportosítás ismét vegytani szempontok alapján történt: normális, savanyú és bázisos szilikátokat különböztettek meg aszerint, hogy a sav minden hidrogénjét kation kötötte-e le, pl. Be_2SiO_4 fenakit, avagy a kation(-ok) mellett még hidrogén is szerepelt-e a vegyületben, tehát savanyú sónak volt tekinthető, pl. a H_2CuSiO_4 diopáz. Végül bázisos volt a szilikát, ha a kationok összvegyértékének lekötésében a szilikátgyökön kívül a bázisokra jellemző OH-gyök is szerepelt, pl. $\text{Zn}_2\text{SiO}_3(\text{OH})_2$ hemimorfít.

A szilikátok ilyenfajta értelmezése és csoportosítása ma már a múlté. A röntgenanalitikai vizsgálatok legtöbb esetben egészen apró részletekig kiderítették a szilikátásványok kristálykémiai viszonyait. Világossá vált, hogy bár összetett anionos szerkezetek, de — miként az előző átekintés is utalt rá — a sók, illetőleg sójellegű vegyületek között egészen szélső helyet töltenek be.

A szilikátok felépítésének váza általában SiO_4 -tetraéderek hálózatából áll. Szerkezeti alapként tehát a komplex ionnak tekinthető $[\text{SiO}_4]^{4-}$ csoport szolgál, melynek Si^{4+} központi kationja felerészben kovalens, felerészben ionos kap-

csolódással köti magához az oxigéneket, s ez a viszonylag erősebb kötés különbözik a komplex anionos csoportok negatív vegyértékét lekötő (másodrendű) fématomok kapcsolódásától. A rácsépítményben azonban nem mindig lehet az SiO_4 -tetraédereket szerkezetileg is különálló atomcsoportokként (gyökökként) megkülönböztetni, mert ezek csak kémiailag különíthetők el, egyébként beilleszkednek az oxigénhálózat közelítőleg egyenletes eloszlású rendszerébe.

A már említett kis elektrovalenciájú komplex ionokra ($[\text{SiO}_4]^{4-}$) jellemző, hogy közöttük gyökkapcsolás jön, ill. jöhet létre. Ez a szilikátszerkezetek felépítésének jellegzetes sajátága, és egyben lehetővé teszi az ásványosztály természetes rendszerbefoglalását. Az Si : O arány növekedése szerint a szilikátokat a következő 5 alosztályra tagolhatjuk:

1. Nezo- vagy szigetszilikátok. Az építményben „elszigetelt”, önálló $[\text{SiO}_4]^{4-}$ -tetraéderek vannak, amelyek egymással nem kapcsolódnak, hanem csak a rácsban szereplő más fématomok közvetítésével. E szerkezetek kémiailag leginkább megegyeznek az egyszerű gyökionos sóvegyületekkel, azaz „valódi” ortoszilikátoknak is nevezhetők. Példa: cirkon, $\text{Zr}[\text{SiO}_4]$.

2. Szoro- vagy csoportszilikátok, amelyekben az SiO_4 -tetraéder közvetlen gyökkapcsolással 2-, 3-, 4- vagy 6-os csoportokká fűződik. E szerint a következő szerkezeti gyökök alakulnak ki:

a) $[\text{Si}_2\text{O}_7]^{6-}$, tehát két SiO_4 -tetraéder egy oxigénjén át kapcsolódik. Ez a típus a természetben a ritkább szerkezetek közé tartozik. Példa: thortveitit $\text{Sc}_2[\text{Si}_2\text{O}_7]$.

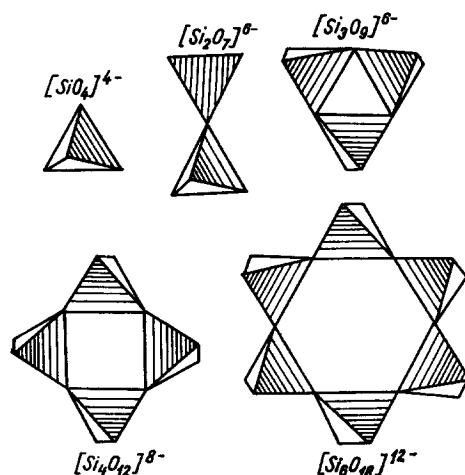
b) $[\text{Si}_3\text{O}_9]^{6-}$, hármasszögletű gyökkapcsolással kialakuló, gyűrűjellegű csoport. Példa: benitoit $\text{BaTi}[\text{Si}_3\text{O}_9]$.

c) $[\text{Si}_4\text{O}_{12}]^{8-}$. A kapcsolt 4-es gyökcsoporthoz négyzetes szimmetriájú gyűrű alakja és 8 vegyértéke van. Nem gyakori szerkezet. Példa: $\text{Na}_2\text{FeTi}[\text{Si}_4\text{O}_{12}]$ nep-tunit.

d) $[\text{Si}_6\text{O}_{18}]^{12-}$. A 6-os gyökkapcsolódással hexagonális szimmetriájú, szintén gyűrű alakú csoport jön létre. Ennek 12 vegyértéke vár lekötésre. Példa: berill $\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$.

A felsorolt SiO_4 -polimerizációk tagjait az 516. ábra mutatja be.

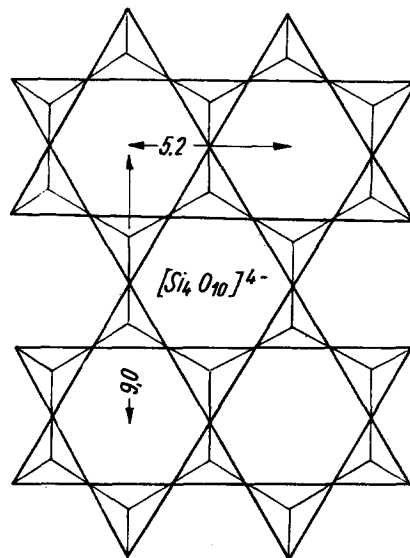
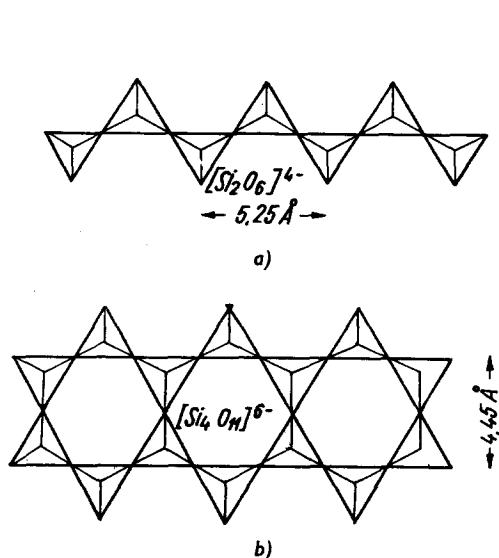
3. Az ino- vagy lánc- és szalagszilikátok szerkezetében az SiO_4 -tetraéderek egyirányú foly-



516. ábra. A nezo- és szoroszilikátok alapépítménye

tonos kapcsolódással elvileg végtelen láncra fűződnek. Az ilyen kristályok nyúltak, oszloposak, a hosszirány szerint jól hasadnak (517/a—b ábra).

Kétféle lánc kapcsolódás lehetséges: a) egyszerű lánc, melyben a gyökalakulás $[\text{Si}_2\text{O}_6]^{4-}$. Pl. diopszid $\text{CaMg}[\text{Si}_2\text{O}_6]$. Két egyszerű lánc csatlakozásából áll elő a kettős lánc vagy szalag, melyben a kapcsolt gyök ily módon alakul: $[\text{Si}_4\text{O}_{11}]^{6-}$. Ide főleg az amfibolfélék tartoznak, pl. a tremolit $\text{Ca}_2\text{Mg}_5[(\text{Si}_4\text{O}_{11})_2(\text{OH})_2]$.



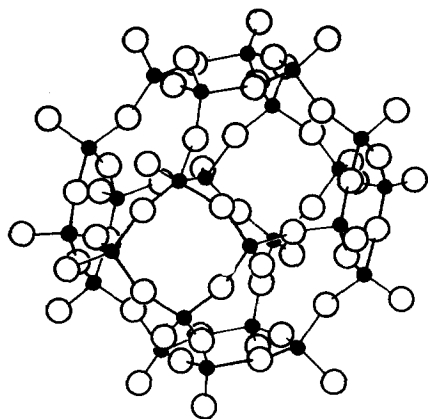
4. Fillo- vagy réteg- (lemezes) szilikátok. A kettős láncban megvalósult csatlakozás szerint az SiO_4 -tetraéderek kétirányban kapcsolódnak, és végtelen lemez hálózat jön létre, melynek formulája $[\text{Si}_4\text{O}_{10}]^{4-}$. A három atomsíkból álló „réteg” szimmetriája hatszöges, így a kristályok is álhatszöges (monoklin) rendszerűek (518. ábra). A rétegenség kitűnő hasadást és translációt eredményez. Példa: talk $\text{Mg}_3[\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2]$.

5. Tekto- vagy állványszilikátok. Az SiO_4 -tetraéderek a tér mindhárom irányában végtelen hálózattá (állványszettá) kapcsolódnak (519. ábra). Elvi megvalósulásban minden oxigén közös a szomszéd tetraéderrel, tehát a gyök $(\text{SiO}_2)^0$ -nak adódik (kvarc rács). A valódi tektozilátokban azonban a Si-ot hozzá közelálló méretű, kisebb töltésű ion, az Al^{3+} helyettesítheti, s így a rácssemlegesítéshez másodrendű kation belépése szükséges. Tehát általánosan az alapkötéleket így jelölhetjük $[\text{Al}_x\text{Si}_{n-x}\text{O}_{2n}]^{x-}$. Pl. albit $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$.

Röviden: a szilikátok rendszerében a természetes képződés rendjét jól követhetjük a vegyületek Si : O arányának változásával. Ez az arányérték, amit

szilifikációs foknak mondunk, a rendszerben folyamatosan 1:4-től 1:2-ig növekszik, mint azt a 71. táblázat feltünteti.

Az elsődleges (magma) szilikátásványok a bemutatott rend szerint, tehát a szilifikáció fokozódásának megfelelően kristályosodnak. Először a nezo-, majd a szoro-, ino- és filloszilikátok képződnek, végül a tektoszilikátok alakulnak ki. A sor a legegyszerűbb „tektoszilikát”-tal, az ebben a vonatkozásban ide is besorolható kvarccal zárul.



519. ábra. A tektoszilikát-építmény egyik példája

A szilikátszerkezetek nagyobb részének egyik alapvető sajátysága, hogy a tetraédes koordinációban levő Si^{4+} -t bizonyos mértékig Al^{3+} helyettesítheti. Így rácsgeometriai értelemben $[\text{AlO}_4]$ -csoportok állnak elő, ahol a központi kation kisebb vegyértékű lévén, a rácsban negatív töltéstöbblet támad, amit további kation belépése egyenlít ki. Az Al^{3+} ionrádiusza 0,51 Å, ami némileg nagyobb a Si^{4+} -énál (0,42 Å), tehát az

AlO_4 -poliéderben az oxigénatomok kissé tágasabban illeszkednek, mint az SiO_4 -csoportban. A két atomcsoport méretbeli eltérése miatt az Al → Si-helyettesítés csak bizonyos határig terjedhet. A helyettesítésnek nem is kell egész számúnak lennie, csupán az szükséges, hogy a rács stabilitása érdekében a vegyértékek kiegyenlítése megtörténjék.

71. táblázat

Szilifikációs fok és a szilikátszerkezetek

Si : O	Típus	Szilikát-atomkötések és vegyérték	Példa
1 : 4	Nezoszilikát	$[\text{SiO}_4]^{4-}$ egyes tetraéder	olivin $(\text{Mg}, \text{Fe})_2[\text{SiO}_4]$
1 : 3,5	Szoroszilikát	$[\text{Si}_2\text{O}_7]^{6-}$ kettős tetraéder	thortveitit $\text{Sc}_2[\text{Si}_2\text{O}_7]$
1 : 3	Szoroszilikát	$[\text{Si}_3\text{O}_9]^{6-}$ hármas gyűrű	benitoit $\text{BaTi}[\text{Si}_3\text{O}_9]$
1 : 3	Szoroszilikát	$[\text{Si}_4\text{O}_{12}]^{8-}$ négyes gyűrű	neptunit $\text{Na}_2\text{FeTi}[\text{Si}_4\text{O}_{12}]$
1 : 3	Szoroszilikát	$[\text{Si}_6\text{O}_{18}]^{12-}$ hatos gyűrű	berill $\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$
1 : 3	Inoszilikát	$[\text{Si}_2\text{O}_6]^{4-}$ egyszerű lánc	diopszid $\text{CaMg}[\text{Si}_2\text{O}_6]$
1 : 2,75	Inoszilikát	$[\text{Si}_4\text{O}_{11}]^{6-}$ kettős lánc	tremolit $\text{Ca}_2\text{Mg}_5[(\text{Si}_4\text{O}_{11})_2 \cdot (\text{OH})_2]$
1 : 2,5	Filloszilikát	$[\text{Si}_4\text{O}_{10}]^{4-}$ réteg (lemez)	talk $\text{Mg}_3[\text{Si}_4\text{O}_{10} \cdot (\text{OH})_2]$
1 : 2	Tektoszilikát	$[(\text{Al}_x\text{Si}_{n-x})\text{O}_{2n}]^{x-}$ (állvány) $[\text{Si}_n\text{O}_{2n}]^0$	ortoklász $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ kvarc (SiO_2)

Az Al^{3+} tehát a szilikátszerkezetekben *kettős szerepet* tölt be: részint mint tetraéderez környezetű központi kation a Si^{4+} -ot helyettesítheti, részint mint másodrendű fémion, egyéb kationokkal együtt a rács semlegesítésében vesz részt, és ilyenkor pl. a Mg^{2+} -hoz hasonlóan 6-os oxigén- vagy (OH)-környezete van. E kettős szerep onnan ered, hogy az Al/O rádiuszhányados $\sim 0,4$, vagyis koordinációs határérték, s így körülötte mindkét (4-es, 6-os) oxigénkörnyezet létrejöhet. Az Al környezetének alakulására jellemző, hogy olyan alkáli- vagy alkáliföldfém kationokkal kiegyenlített szerkezetekben, amelyek váza SiO_4 - és AlO_4 -tetraéderekből áll (pl. földpát), mállás alkalmával történő kilúgozás során az AlO_4 -csoportok is elbomlanak, és az új (kaolinit) rácsépítményben az Al^{3+} -ionoknak már 6-os a koordinációja. Viszont Al-ban gazdag, 6-os koordinációjú rendszerekből nagyobb (1100° -on felüli) hőmérsékletre történő hevítés alkalmával AlO_4 -csoportok keletkeznek, pl. a kaolinit ilyen feltételek között szillimantitá, illetőleg mullittá alakul, vagyis olyan szilikáttá, mely újra AlO_4 -csoportokat tartalmaz. A rács ilyen értelmű átépülésének mozzanatát a felvett hevítési görbe kifejezett exoterm (hőtermelő) hatásként rögzíti.

A szilikátszerkezeteknek is fontos jellemzője a koordinációs szám. Több kationnak kétféle, sőt háromféle koordinációja is lehet. Az izomorf helyettesítés elsősorban a koordinációs képességtől függ (l. 72. táblázat).

72. táblázat

Koord. szám	Ion-rádiusz, Å	Koord. szám	Ion-rádiusz, Å	Koord. szám	Ion-rádiusz, Å
B^{3+} 3	0,23	Al^{3+} 4, (5), 6	0,51	Li^+ 6	0,68
Be^{2+} 4	0,35	Fe^{3+} 4, 6	0,64	Na^+ 6, 8	0,97
Si^{4+} 4	0,42	Ti^{4+} 6	0,68	Ca^{2+} 6, 7, 8	0,99
Zn^{2+} 4	0,74	Zr^{4+} 6, 8	0,79	K^+ 6, 10	1,33
		Mg^{2+} 6, 8	0,66	Ba^{2+} 10, 12	1,34
		Fe^{2+} 6, 8	0,74		
		Mn^{2+} 6, 8	0,80		

Várhatóan az ionrádiusz növekedésével a koordináció is nő. Izomorf helyettesítéskor az O-atomok (beleértve a vele közel egyező méretű F-t és OH-t is) száma állandó. Egymást helyettesítheti a Si és Al mint a gyökjellegű csoportok mag- (elsőrendű) kationja; a másodrendűek közül leggyakrabban: Al, Mg, Fe, továbbá Na és Ca. Az ionméretből eredően a Ti és Zr soha sincs négyes környezetben. Ezek csakis másodrendű kationként szerepelnek, így a régen feltételezett titanát-, cirkonátvegyületek valójában kettős oxidok. A jelek szerint azonban nagy hőmérsékleten képződött piroxéneknél a Ti^{4+} -ion korlátozott mértékben a Si^{4+} -iont helyettesítheti. Ugyanígy némely vasban dús szilikátban a Fe^{3+} is szerepelhet elsőrendű kationként, de csak az Al^{3+} helyett (cronstedtit).

Az anionállományról még annyit, hogy vannak teljesen kiegyenlített oxigén-szerkezetek, más esetben az O mellett (vagy helyett) (OH)- és F⁻-ion is szerepelhet, de ez utóbbiak túlnyomóan nem 4-es, hanem hatos (oktaédes) koordinációban. Vannak szilikátok, melyekben a másodrendű kationok beépülése folytán a rács kiegyenlítése túlkompensálódik, s így a fölös pozitív vegyértékeket további (inaktív) anion egyenlíti ki. E pótanion szerepét legtöbbször a (OH)⁻, ritkábban a F⁻, Cl⁻, esetleg CO₃²⁻-tölti be. Végül itt említhető meg, hogy a tágasabb térkitöltésű, illetőleg hézagokat, csatornákat tartalmazó tektoszilikátok egy csoportjában molekuláris H₂O is beilleszkedik a rácsba. E vízmolekulák laza kapcsolódására jellemző, hogy hevítéssel kiűzhetők anélkül, hogy a szerkezetben változás történék.

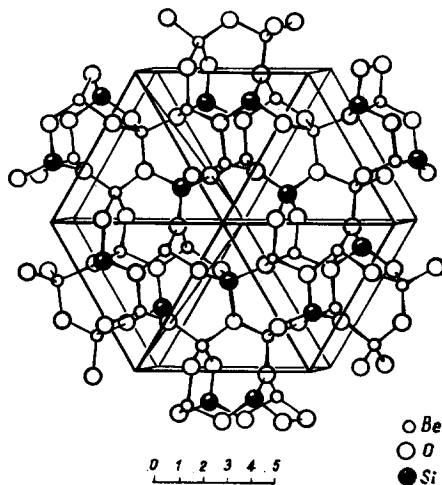
A. ALOSZTÁLY

NEZO- (SZIGET-) SZILIKÁTOK

a) csoport.

Fenakit-szerkezetek

A Be_2SiO_4 fenakit típusú szerkezetben az oxigénatomok hexagonális leg-tömöttebb illeszkedésben vannak. A közöttük levő üres helyeknek csak a tetra-édes pozíciói vannak betöltve (az oktaédes helyek üresen maradnak). A szerkezet tehát BeO_4 - és SiO_4 -tetraéderekből épül fel. Minthogy a Be^{2+} szerepe hasonló a szilíciuméhoz, a szerkezet éppúgy tekinthető azonos koordinációjú (monomikt) kettős oxidnak, mint ortoszilikátnak. Rácsa (520. ábra) hasonlít a kvarcéhoz, a fő különbség csak az, hogy az oxigénatomok 3 tetraéderhez (2 Be- és 1 Si-hoz) tartoznak egyszerre. Így válik a kétféle kationnal felépített rács semlegessé. A szimmetria a kvarcéhoz hasonlóan trigonális, de itt csak romboédes. Az ide tartozó természetes vegyületeket a 73. táblázat mutatja be.



520. ábra. Fenakit-szerkezet

73. táblázat

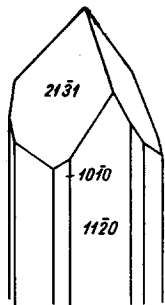
Név	Összetétel	Tércepoport	Rácsállandók		O p t i k a		
			a_r	α_r	ω	ε	$\varepsilon - \omega$
Fenakit	Be_2SiO_4	$C_{3i}^2 - R\bar{3}$	7,68	$108^\circ 01'$	1,654	1,760	+0,016
Willemit	$\alpha\text{-Zn}_2\text{SiO}_4$	$C_{3i}^2 - R\bar{3}$	8,69	$107^\circ 43'$	1,691	1,719	+0,028
Troostit	$(\text{Zn}, \text{Mn})_2\text{SiO}_4$	$C_{3i}^2 - R\bar{3}$	8,81	$108^\circ 00'$	1,714	1,732	+0,018
Eukriptit	$\alpha\text{-LiAlSiO}_4$	$C_{3i}^2 - R\bar{3}$	8,37	$107^\circ 52'$	1,572	1,587	+0,015

Fenakit, $\text{Be}_2[\text{SiO}_4]$. BeO-tartalma: 45,5%. Csekély mennyiségben Mg-, Ca-, Al-ot tartalmazhat. *Krist.* Trigonális romboédes. Kristályai formákban gazdagok. Gyakoriak a harmadrendű romboéderek. Termet különböző, egyszer len-

cseszerű, máskor nyúlt prizmás. Hasadása (1120) sz. tökéletlen. $K = 7,5-8$. $S = 2,97$. Üvegfényű, szintelen, sárga vagy rózsás, átlátszó-áttetsző. Szerkezetéből eredően a kvarchoz igen hasonló, s vele összetéveszthető (phenax = csaló). Igen ellenálló, lángban nem olvad, savak nem oldják.

Képz. Pegmatitos-pneumatolitos ásványtársulásban keletkezik. Főképpen gránitpegmatitokban más Be-ásványokkal (berillel, krizoberillel), mikroklin, topáz, kvarc kíséretében találják. Az Ural-hegységi Takovaja-folyó, az Ilmen-hegységi Miassz (SZU), Kragerö (Norvégia) és Minas Gerais (Brazília) a neves lelőhelyei.

Willemit, $\alpha\text{-Zn}_2[\text{SiO}_4]$. Prizmás termetű kristályai formákban gazdagok (521. ábra). Rendszerint vaskos-szemcsés, néha rostos. Hasad (0001) sz. eléggé jól, (1120) sz. kevésbé. $K = 5,5$. $S = 3,9-4,2$. Zsíros üvegfényű, színe különféle: szintelen, szürke, zöldes, rózsás, leggyakrabban sárgás vagy húspiros. Átlátszó-áttetsző, néha opak. Ultraibolya fényben fluoreszkál. Lángban fényesen izzik és lassan fehér zománcá olvad. Sósav, kénsav kovakocsonya-képződéssel oldja.



521. ábra.
Willemit

Metaszomatikus Zn-érctelepeken, de főleg kontakt kialakulásban otthonos. Említhető a németországi Aachen, Broken Hill Zambiában (É.-Rhodézia), különösen pedig a New Jersey állambeli (USA) Franklin, ahol gnejsz—mészke kontaktusán kialakult telepnek egyik főásványa cinkit és cinkspinell társaságában.

Troostit, $(\text{Zn},\text{Mn})_2[\text{SiO}_4]$. A willemit-szerkezetbe izomorf módon Mn épülhet be, az így keletkező elegykristály rózsás vagy húspiros. Franklin (New Jersey, USA).

Eukriptit, $\alpha\text{-LiAl}[\text{SiO}_4]$. Trigonális romboéderes. Rácstípusa egyezik (izotíp) a fenakittal. Kevés K-ot tartalmazhat. — Kristályai rendszerint albitba ágyazottak. Hasadás (0001) sz. $S = 2,67$. Szintelen v. fehér. Fénytörése kisebb, mint a fenakité, de pozitív kettőtörése (l. 73. táblázat) közel azonos azzal. — Spodumentartalmú pegmatitokban átalakulási (?) termék. A kísérletek szerint csak 970° alatt stabilis, e hőhatár felett ($\beta\text{-LiAl}[\text{SiO}_4]$) tektoszilikát-szerkezete van; ez a módosulat ásványként nem ismeretes.

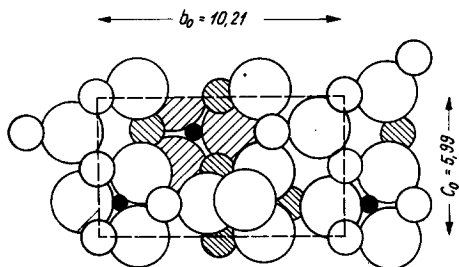
b) csoport.

Olivin-szerkezetek

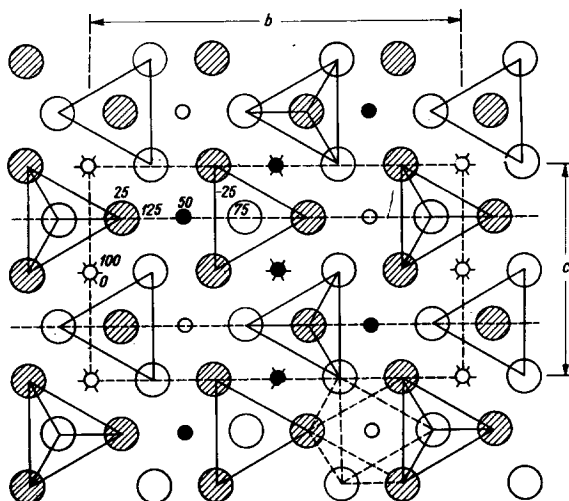
Az olivin-szerkezet felépítését a sorozat egyik tagján, a forsteriten (Mg_2SiO_4) ismertetjük. A szerkezet SiO_4 -tetraéderekből és MgO_6 -oktaéderekből épül fel. E két poliéder olyképpen kapcsolódik, hogy az oxigénatomok mindegyike 1 SiO_4 -hez és 3 MgO_6 -oktaéderhez tartozik egyidejűleg. Az építményben az oxigénatomok legtömörebb illeszkedésben vannak, és a közöttük levő tetra-

édes kationhelyeknek csak a fele van betöltve (Si^{4+} -nal). Az oktaédes helyeket a nagyobb méretű kétértékű fémek: Mg, Fe, Mn, Ca, (Zn,Pb) foglalhatják el (522—523. ábra). E szerkezetnek megfelelően a szimmetria álhatszöges-rombos. $Z = 4$.

Az olivin típusú ásványok két, illetőleg három rokonsági sorba foglalhatók össze. Az első csoportot a szűkebb értelemben vett olivin (Mg-Fe)-sor alkotja, a második rokonsági körben az R^{2+} kationhelyeken a Ca, Mg, Mn, (Zn, Pb) fémek osztoznak. Végül az olivin típusú szerkezetekhez csatlakozik a kondroit is, azzal a megkülönböztetéssel, hogy itt (OH)-cso-



522. ábra. Olivin-szerkezet; az atomok illeszkedése. Vetület az (100) síkra. Nagy körök = oxigén, közepes körök = magnézium, kis fekete körök = szilícium



523. ábra. Az olivin-szerkezet vázlatosan. Az SiO_4 -tetraéderek (a vetületben háromszögek) csúcsa váltakozva fel- és lefelé irányul. Kis körök: Mg-atomok (fekete: $\frac{1}{2}$ mélységben). Egy 6-os (oktaédes) koordináció rajza jobbra alul

portok is résztvesznek a rács felépítésében. (Megemlíthető, hogy a *krizoberill*, Al_2BeO_4 -szerkezet rácsrendje is teljesen megegyezik az olivinével. A különbség annyi, hogy a 4-es koordinációjú helyen Be^{2+} van, míg a 6-os helyet Al^{3+} tölti be.)

α) OLIVIN-SOR

A Mg és Fe^{2+} kristálykémiai egyenértékűsége folytán az $\text{Mg}_2\text{SiO}_4 = \text{forsterit}$ és $\text{Fe}_2\text{SiO}_4 = \text{fajalit}$ korlátlanul elegyedhet. Az elegyedés aránya szerint különböző ásványnevek használatosak. A rácsállandóértékek a vastartalommal arányosan növekszenek:

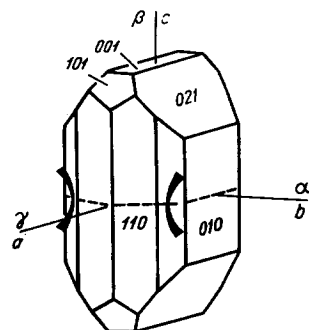
74. táblázat

N é v	Összetétel	Elegyarány	Tércsop.	Rácsállandók, Å		
				a_0	b_0	c_0
Forsterit	$Mg_2[SiO_4]$	$Fo_{100}Fa_0$	} $D_{2h}^{16} - Pmcn$	5,99	4,77	10,26
Olivin	$(Mg,Fe)_2[SiO_4]$	$Fo_{80}Fa_{20}$		↓	↓	↓
Hialosziderit	$(Mg,Fe)_2[SiO_4]$	$Fo_{60}Fa_{40}$		↓	↓	↓
Hortonolit	$(Fe,Mg)_2[SiO_4]$	$Fo_{40}Fa_{60}$		↓	↓	↓
Vashortonolit	$(Fe,Mg)_2[SiO_4]$	$Fo_{20}Fa_{80}$		↓	↓	↓
Fayalit	$Fe_2[SiO_4]$	Fo_0Fa_{100}		↓	↓	↓
				6,11	4,80	10,59

Olivin, $(Mg,Fe)_2[SiO_4]$. *Krist.* Rombos dipiramisos. Kristályain általában kevés forma alakul ki. Fennőve kevésbé jól fejlett, zömök-oszlopos kristályai vannak (524. ábra). A kőzetek bennőtt elegyrészei izometrikus szemcsék vagy kissé nyúlt kristályok. Iker főleg a mikroszkópos kristályok közt észlelhető. Ikertörvény: leginkább a (011) sz. érintkezési és áthatolási ikrek. Hasadás

(010) sz. elég jó, (100) sz. tökéletlen. $K = 6,5-7$. Üvegfényű, átlátszó-áttetsző. Zöld, olajzöld-palackzöld, ritkán barnás vagy szürkés. Belsejé némelykor zónás, ami a hőmérséklet lépcsőzetes csökkenéséről tanúskodik; ilyenkor a belső mag mindig forsteritben gazdagabb. (A forsterit kristályosodása nagyobb hőmérsékleten kezdődik, mint a fayalité.) A fénytörés erős és a kettőtörés is jelentős. Optikai jellege a vastartalomtól függően változik: a forsterit pozitív, 12% FeO-tartalmon felül a jelleg negatívra vált át.

Az optikai állandókat és a sűrűséget, valamint ezeknek az elegyarány szerinti változását az 525. ábra foglalja össze.

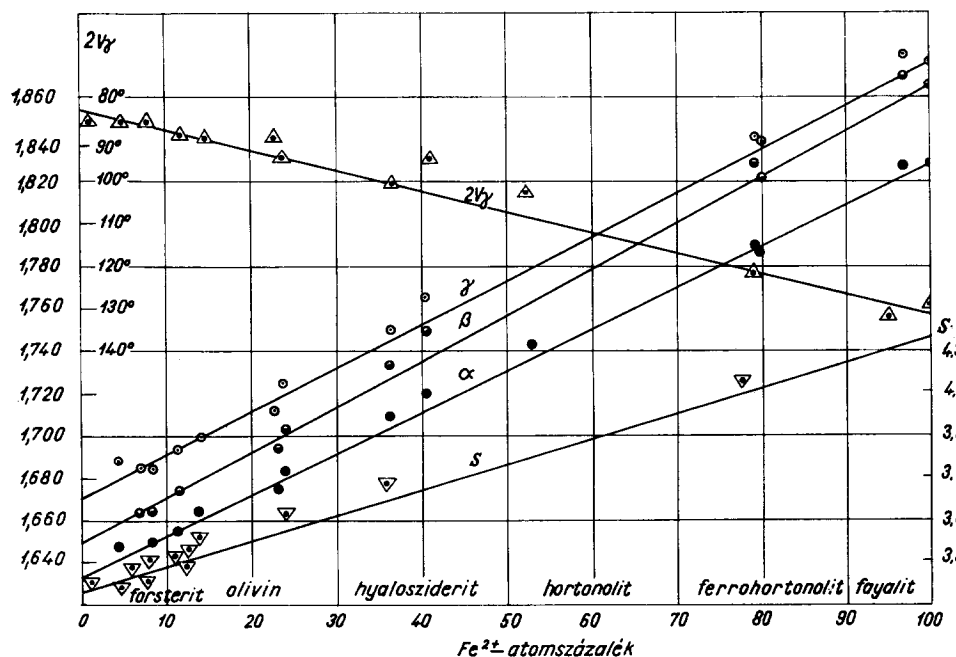


524. ábra. Olivin

Egyéb viselkedése is a Fe-tartalomtól függ. *Bunsen*-lángban csak a vasban gazdagabb változatok olvadnak meg. A forsterit olv. p.-ja 1890° , a fayalité 1205° . Sósavban oldódik; ha vasban dúsabb, könnyebben oldható.

Képz. Az olivin fontos kőzetalkotó ásvány. Bázisos magmás kőzetek, így a gabbró, melafir, diabáz, bazalt lényeges és jellemző elegyrésze. Néha önállóan is kőzetalkotó (dunit). Bazaltos kőzetekben egymagában vagy bronzittal társultan diónyi—ökölnyi gumókat alkot. Említhetők a Balaton-felvidéki, nógrádi bazaltok, a szarvaskői (Bükk-hegység) gabbró és wehrlit, a mecseki trachidolerit. Külföldi nagyszámú lelőhely közül: Forstberg (Eifel-hegység, Németorsz.), a Vezúv (Olaszorsz.) lávája, melynek üregeiben klinohumittal nő össze. Az olivin a meteoritekben is, éspedig a mezoszideritben (pallasit), továbbá a kőmeteoritekben lényeges elegyrész.

Metamorfózis hatására, ha földpáttal együtt van, az olivin amfibollá alakul, más esetben piroxénné vagy talkká. Egyszerű átalakuláskor magnetit és hematit kiválásával egyidejűen magnézium-hidroszilikát (antigorit, krizotil) lesz belőle. E folyamat a kristály repedései mentén indul meg, behálózza a kristály



525. ábra. A forsterit—fayalit-sor optikai állandóinak és sűrűségének változása az összetétellel

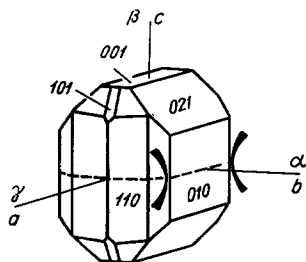
belsejét, végül a kristály teljesen szálás-lemezes szerpentinné változik. Más esetben tömött anyag marad vissza, mely főleg bowlingitból (= saponitból) és xilotilból áll. Ha az olivin izomorf módon Ni-t tartalmaz, belőle Ni—Mg-hidroszilikát, *garnierit* keletkezik.

Az olivin szép zöld, átlátszó, drágakőnek is alkalmas változatát *krizotil* néven különböztetik meg. *Iddingsit* az olivin vasdús bomlásterméke.

Forsterit, $Mg_2[SiO_4]$. Önálló, jól fejlett kristályokban ritka. Színtelen, szemcsés halmazban világosszürke vagy gyengén zöld. Élénk üvegfényű, (010) sz. hasadása igen jó. — Optikai állandóit a 525. ábra tartalmazza. — Kontaktpneumatolitos övekben a Ca- és Mg-szilikátos paragenézis tagja. Apró kristályai a Monte Somma (Vezúv, Olaszorsz.) bombáiban is megtalálhatók.

Fayalit, $Fe_2[SiO_4]$ A „tisztá” vasszilikát FeO-tartalma eléri a 76%-ot. Elegytagként 1—2% MgO-ot és kevés MnO-ot tartalmazhat. Önálló kristályok-

ban ritka, ilyenkor az olivinhez hasonlít (526. ábra), rövid prizmás, esetleg táblás. Barnássárga—feketészöld. Fénye a gyémántéhoz áll közel. — Lángban fekete, mágneses üveggé olvad. Kohósalakokban gyakran keletkeznek.



526. ábra. Fayalit

Eredetileg Fayal-szigetén (Azori-szig., Portugália), a partok vulkáni közettömbjeiben zárványként észlelték. — A Lipari-szigeteken, a Yellowstone-parkban (Wyoming, USA) és mást is obszidián üregeiben található.

Hialosziderit, hortonolit, vas-hortonolit egyes peridotitfélék uralkodó kőzetalkotó ásványa. E dunitfélék legtöbbször kromit és Pt-tartalmúak is (pl. Bush-föld, Dél-afrikai Unió).

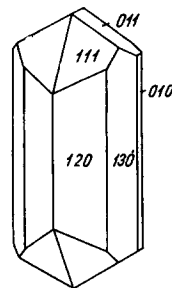
β) TEFROIT-SOR

Az olivin-típusú szerkezetek második csoportjában változatos kationhelyettesítések vannak, és az izomorf elegyedés csak a Mn^{2+} - és Fe^{2+} -kationú tagok közt folyamatos.

75. táblázat

Név	Összetétel	Tércsoport	Rácsállandók			Fénytörésmutatók		
			a_0	b_0	c_0	n_α	n_β	n_γ
Knebelit	$(Mn,Fe)_2[SiO_4]$	$D_{2h}^{16} - Pmcn$	6,10	4,83	10,55	1,77	1,81	1,85
Tefroit	$Mn_2[SiO_4]$		6,22	4,86	10,62	1,78	1,80	1,82
Monticellit	$CaMg[SiO_4]$		6,37	4,82	11,08	1,64	1,65	1,66
Glaukochroit	$CaMn[SiO_4]$		6,49	4,91	11,12	1,69	1,72	1,73
Larsenit	$PbZn[SiO_4]$	$D_{2h}^7 - Pnam$	—	—	—	1,92	1,95	1,96

Knebelit, $(Mn,Fe)_2[SiO_4]$; összetételében átmenetekkel (*vasknebelit*) a fayalithoz. Kristályai a c -tengely szerint kissé nyúlt prizmák (527. ábra). Szürke, barna, sötétzöld, fekete. Hasadás (010) sz. közepes. $K = 6,5$. $S = 3,96-4,25$. Az optikai tengelyszög ($2V$) mindig kisebb, illetőleg nem éri el a tefroitét: $44-61^\circ$. Opt. tengelysík (001). — Elsősorban vas—mangán-érctelepeken és ezekkel szingenetikus szkarnkőzetekben képződik. Bővebben megtalálható a tefroitral együtt a Mn-ban gazdag szedimentekből metamorfizálódott palás kőzetek elegyrészeként. Maşca (Macs-kamező, Preluka-hg., Románia) kristályos paláiban, a svédországi Långban és a japáni Kaso-mine szkarnkőzetei-

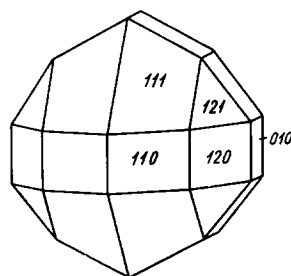


527. ábra. Knebelit

ben. Cornwall-on (Anglia) rodonittal; Franklin (New Jersey, USA) érceiben Mn-ásványokkal társul.

Tefroit, $Mn_2[SiO_4]$. A kristályalak és fizikai sajátságok közeliek vagy egyezők a knebelitével. Sötét olajzöld, kékeszöld, szürke. $K = 6$. $S = 3,78—4,1$. Hasadás (010) sz. közepes. Feltűnően pleokroos, ez vékonycsiszolatban is jól észlelhető. A $2V$ mindig nagyobb ($60^\circ—70^\circ$), mint a knebelité. — Képződése azonos a knebelitével (l. ott).

Monticellit, $CaMg[SiO_4]$. Rombos dipiramisos, olivinrács. Kristályai többnyire egyszerű kombinációk, zömök dipiramisos termettel (528. ábra). Iker (031) sz. $K = 5,5$, $S = 3,1$. Hasadás (010) sz. jó. Üvegfényű, szintelen, szürke. — Sósavban oldódik. — *Képz.* Kontakt övekben gyakori. Gránit és dolomit érintkezésekor, de gabbró és mészkő kontaktusán is megjelenik. A Vezúv bombáiban (Olaszország) is megtalálható.



528. ábra. Monticellit

Glaukochroit, $CaMn[SiO_4]$ és **Iarsenit** $PbZn[SiO_4]$. Rombos, olivinszerkezetű ásványok, az izomorf $(Fe, Mn, Zn, Mg)_2SiO_4$ elegyösszetételű *roepperittel* együtt kontakt-metaszomatikus társulásban otthonosak. Főként Franklin (New Jersey, USA) lelőhelyről ismeretesek.

γ) HUMIT-SOR

Az olivin-típusba sorolható humitsor kiváló példája a szerkezeti morfológiának. A sort az jellemzi, hogy a rács MgO_6 -os koordinációi mellé $Mg(OH)_6$ -os csoportok is csatlakoznak. Lényegileg az $Mg(OH,F)_2$, vagyis a brucitréteg beépüléséről van szó. Az olivinráciban is, és a brucitban is az anionok hexagonális legtömöttebb illeszkedésben vannak, így az MgO_6 és $Mg(OH,F)_6$ -csoportok térigénye közel azonos: az (100) síkkal párhuzamosan brucitrétegek közbehelyezkedésével $x[Mg_2SiO_4] \cdot y[Mg(OH,F)_2]$ összetételű ásványok keletkeznek. Más szóval a morfológia sor tagjai a brucittartalomban különböznek egymástól: 1, 2, 3 vagy 4 olivin- (forsterit-) molekulára esik egy brucitmolekula. Ha az olivinszám páratlan, akkor rombos, ha páros, úgy monoklin a kristály szimmetriája (l. 76. tábl.).

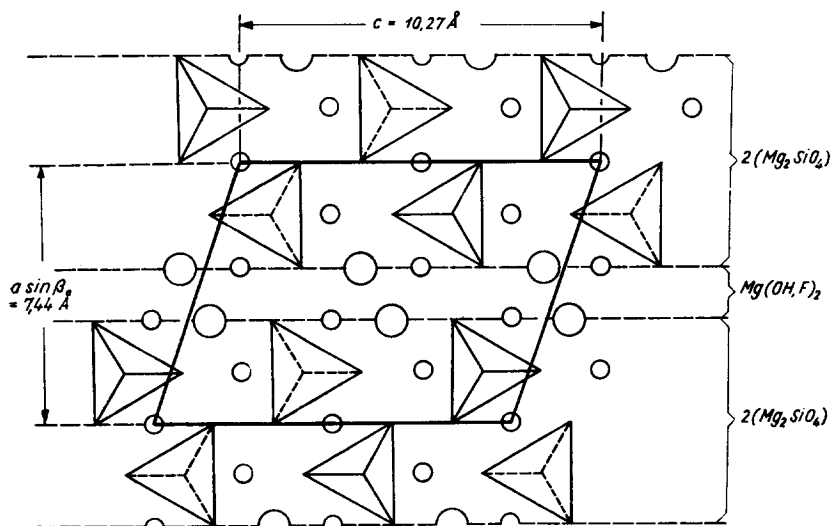
76. táblázat

Név	Összetétel	Tércepoort	Fénytörésmutatók		
			n_α	n_β	n_γ
Norbergit	$Mg_2[SiO_4] \cdot Mg[(OH,F)_2]$	$D_{2h}^{16} - Pmcn$	1,563	1,567	1,590
Kondroit	$2 Mg_2[SiO_4] \cdot Mg[(OH,F)_2]$	$C_{2h}^5 - P2_1/c$	1,592	1,602	1,621
Humit	$3 Mg_2[SiO_4] \cdot Mg[(OH,F)_2]$	$D_{2h}^{16} - Pmcn$	1,607	1,619	1,639
Klinohumit	$4 Mg_2[SiO_4] \cdot Mg[(OH,F)_2]$	$C_{2h}^5 - P2_1/c$	1,629	1,641	1,662

Az olivinsorból természetszerűen a forsterit áll legközelebb e csoporthoz, különösen pedig a legkevesebb (OH)-t tartalmazó klinohumithoz. E szoros rokonság a forsterit és klinohumit között párhuzamos összenövésben is megnyilvánul. Egyébként a kationhelyeken más fématomok: Fe, Al, Mn, Na is szerepelhetnek, a klinohumitban ezenkívül még Pb és Zn is helyettesíthet. Valamennyi ásványban — miként jeleztük is — a (OH) helyét részben F is betöltheti. A brucittartalom a törésmutatókban is kifejezésre jut (kevesebb OH beépülésével a fénytörés erősödik).

Norbergit, $\text{Mg}_2[\text{SiO}_4] \cdot \text{Mg}[(\text{OH},\text{F})_2]$. Rombos dipiramisos. $a_0 = 8,74$, $b_0 = 4,71$, $c_0 = 10,22 \text{ \AA}$. $Z = 4$. Apró, leginkább torzult kristályok. Hasadása nem ismeretes. Üvegfényű, sárga, halványsárga, színtelen. $K = 6,5$. $S = 3,17$. — Kontaktpneumatolitos ásvány, Norberg (Svédország), Pargas (Finnország).

Kondrodit, $2 \text{Mg}_2[\text{SiO}_4] \cdot \text{Mg}[(\text{OH},\text{F})_2]$. Monoklin prizmás. $a_0 = 7,89$, $b_0 = 4,74$, $c_0 = 10,27 \text{ \AA}$. $\beta \sphericalangle = 109^\circ 02'$. $Z = 2$. (529. ábra.) Formákban gazdag pszeudorombos kristályok, gömbölyödött szemek, szemcsés halmazok. Gyantafényű, sárga, sárgászörös, áttetsző. Pleokroos. Hasadása a brucitréteg síkjai, (100) sz. elég jó. $K = 6,5$. $S = 3,22$. Savak elbontják, lángban nem olvad. A morfortrop sor leggyakoribb tagja. — Kontaktpneumatolitos képződésben a szkarnszilikátokkal, főként grosszulárral, wollastonittal, monticellittel, forsterittel társul. Pargas (Finnország); Norberg (Svédország), Dél-Ural (SZU), Korea; Tilley Foster (New York, USA). — A vezüvi (Olaszország) bombákban is megtalálható.



529. ábra. Kondrodit-szerkezet a (010) sz. vetületi ábrázolásban: az Mg_2SiO_4 - és $\text{Mg}(\text{OH},\text{F})_2$ -kötelékek egymásutánjának bemutatása

Humit, $3 \text{Mg}_2[\text{SiO}_4] \cdot \text{Mg}[(\text{OH}, \text{F})_2]$, rombos dipiramisos, $a_0 = 20,90$, $b_0 = 4,75$, $c_0 = 10,25$ Å. $Z = 4$. Kristályai aprók, sokszor torzultak, dipiramisosak (530. ábra) vagy b -tengely szerint nyílt termetűek. $K = 6$, $S = 3,2-3,3$. Hasadás (100) sz. kivehető. — Viasz—üvegfényű; sárga—barnássárga. Vékonycsiszolatban szintelen, enyhén sárgásbarna, gyengén pleokroós. Lángban nem olvad, savak megtámadják. — Társaival együtt a kontaktneumatolitos szkarnásványok közé tartozik. Lelőhelyek is u.azok. A vezúvi (Olaszorsz.) bombák üregeiben szintén megtalálták.

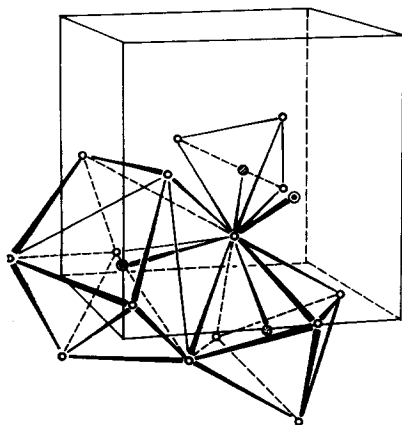
Klinohumit, $4 \text{Mg}_2[\text{SiO}_4] \cdot \text{Mg}[(\text{OH}, \text{F})_2]$. Monoklin prizmás, $a_0 = 13,7$, $b_0 = 4,75$, $c_0 = 10,29$ Å. $\beta \sphericalangle 100^\circ 50'$. $Z = 2$. Kristályai formákban gazdagok, kis gömbölyödött szemcsék, szemcsés halmazok. Hasadás (100) sz. kivehető. $K = 6$. $S = 3,35$. Erős üvegfényű, sárga—barna. Pleokroós. — Szintén a kontakt mészkövekben, dolomitban, továbbá a vezúvi (Olaszorsz.) bombák üregeiben találják.

Még ugyancsak az olivinrács rokonsági körébe tartozik a Ca-szilikátok néhány tagja. **Larnit**, $\beta\text{-Ca}_2[\text{SiO}_4]$, monoklin prizmás, $C_{2h}^5 - P2_1/n$; $a_0 = 5,48$, $b_0 = 6,76$, $c_0 = 9,28$ Å, $\beta \sphericalangle 94^\circ 33'$. $Z = 4$. Kristályai eddig csak az É-írországi (U. K.) Scawt Hill-ről (Antrim County) ismeretesek. Csak $675-1400$ C° között stabilis, közönséges hőmérsékleten metastabilis. A cementiparban — hidraulikus sajátságai révén — fontos szerepe van.

Bredigit, $\gamma'\text{-Ca}_2[\text{SiO}_4]$. Rombos dipiramisos, $D_{2h}^{12} - Pmnn$. $a_0 = 10,93$, $b_0 = 6,75$, $c_0 = 18,41$ Å. $Z = 16$. Rombos szimmetriája valószínűleg a larnit-szerkezet belső (100) v. (001) sz.-i ikresedésével jön létre. Lelőhelye is a larnitnál említett Scawt Hill. Vaskohók salakjában is képződik.

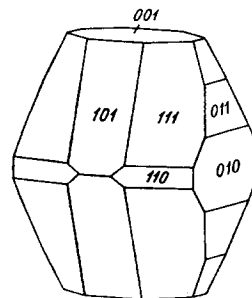
c) csoport. Gránátok

Az izomorf helyettesítés különböző változatai révén kialakuló gránátcsoporthoz azonos rácsépítménye van,



mely az összetettebb neozsilikát-szerkezetek közé tartozik. A rácsot elvileg SiO_4 -tetraéderek, R^{3+}O_6 -oktaéderek és kockaszerű, kettős diszfenoid alakú R^{2+}O_8 -poliéderek építik fel (531. ábra). A koordinációs poliéderek egy-egy oxigén révén, vagyis csúcson át kapcsolódnak. A szimmetria szabályos holoéderes: $O_h^{10} - Ia3d$.

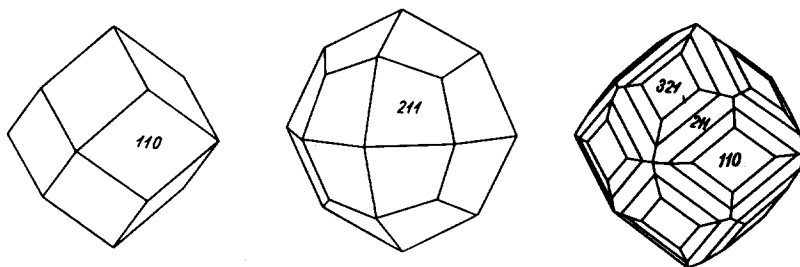
531. ábra. Koordinációs poliéderek kapcsolódása a grosszularban



530. ábra. Humit

Az általános képlet $R_3^{2+}R_2^{3+}(SiO_4)_3$, melyben $R^{2+} = Ca, Mg, Fe^{2+}, Mn^{2+}$; $R^{3+} = Al, Fe^{3+}, Cr^{3+}, (Ti)$. $Z = 8$.

A leggyakoribb kristályforma az (110) „granatoéder”, ezenkívül a (211) és (321) a gyakoribb alak (532. ábra). A kristályok néha héjas alkotásúak, az



532. ábra. Gránát

(110) lapjai rostozottak, gyakori a vicinális lapsorok megjelenése, mely egyes leőhelyekre nagyon jellemző. Hasadás (110) sz. tökéletlen, $K = 6,5-7,5$. A sőrűség az izomorf helyettesítés szerint változik (77. táblázat), ugyanígy a szín, fénytörés és átlátszóság is. Általában erős üvegfényűek vagy zsírfeűek. Vegyileg tiszta típus (minal) nagyon ritka, legtöbbször izomorf elegykristályok, azonban az összes tagok között az elegyedés nem korlátlan. Az elegyedési lehetőségek, illetőleg szorosabb rokonság alapján W. WINCHELL ajánlatára két sort szokás felállítani. (A sor gyűjtőnevét a tagok kezdőszótagjaiból vagy -betűiből állították össze.)

77. táblázat

Tagok	Összetétel	Rács- állandók, a_0	S	Fény- törés n
Piralspit-sor	pirop $Mg_3Al_2[Si_3O_{12}]$	11,53	3,51	1,80
	almandin $Fe_3Al_2[Si_3O_{12}]$	11,52	4,32	1,77
	spessartin $Mn_3Al_2[Si_3O_{12}]$	11,61	4,18	1,81
Ugrandit-sor	uvarovit $Ca_3Cr_2[Si_3O_{12}]$	11,97	3,78	1,87
	grosszulár $Ca_3Al_2[Si_3O_{12}]$	11,85	3,53	1,75
	andradit $Ca_3Fe_2[Si_3O_{12}]$	12,04	3,83	1,89

Egy-egy soron belül a gránátok rendszerint jól elegyednek egymással (a piralspit-tagok közt van némi korlátozás). A Ca-gránátok és a piropsor között azonban már nincs folytonos elegyedés a Ca-nak jelentékenyen nagyobb ion-rádusza miatt. Ez egyébként jól kifejezésre jut az ugrandit-sor nagyobb rác-állandóiban (a_0) is. A két sor egyéb tulajdonságok tekintetében is különbözik. Bár valamennyien szabályosak, optikailag teljes izotrópiája csak a piralspit-

sornak van, míg a Ca-gránátok körében gyakran találkozunk gyenge anizotrópiával. A szín általában barna, vörös vagy sárga, az elegyedés mértéke szerinti árnyalással, leggyakoribb a vörösbarna színeződés. Átlátszók, áttetszők, de az opak viselkedés is előfordul.

Pirop, $Mg_3Al_2[Si_3O_{12}]$. Magnéziumgránát. Összetételében mindig van Fe^{2+} és Mn^{2+} is. Színe vérvörös. Szép átlátszó változata féldrágakő („cseh gránát”). Rendesen gömbölyödött, érdes felületű kristályai vannak. Kizárólag olivinközetekben és a belőlük keletkezett szerpentinben található, vagy e közetek elpusztulása után a törmelékes üledékbe kerül. Bilina (Érchg., Csehszlovákia); a délafrikai Kimberley csillámperidotitjában gyémánttal együtt (kaprubin). Bővebb Fe-tartalmú elegykristály a *rhodolit*, melyet Arizona és Utah (USA) mosóiból nyernek (arizonarubin). A szerpentesedett olivinközetek bennőtt gránát szemcséi körül jellegzetes, szürkésbarna rostos öv alakul ki, melyet *kelijítnek* mondunk.

Almandin, $Fe_3Al_2[Si_3O_{12}]$. Vasgránát. Összetétele a Fe^{2+} mellett Mg-ot és Mn^{2+} -t is tartalmaz, ellenben az Al-ot csak kevés Fe^{3+} helyettesítheti. A legközségesebb gránát. Színe barnászvörös, lilászvörös, néha feketésbarna, áttetsző vagy opak. Nemes változata rubinvörös, és „keleti gránát” néven drágakő. Szépen fejlett kristályain főleg a (211) uralkodik, az (110) alárendeltebb. Főképp kristályos palákban, így csillámpalákban, talk-, kloritpalákban, gnejszben képződik, az eklogitnak lényeges elegyrésze. Említhető: Sopron környéke, Magas Tátra (Csehszl., Lengyelorsz.), Szebeni havasok (Románia), Zillertal (Tirol, Ausztria) az Alpokban. Agyagos közetekben áttört andezitfélék járulékos ásványa: Csódihegy, Csikóvár, Szentendre (Dunazug-hegység), Szokolya a Börzsönyben; Karancs Nógrádban.

Spessartin, $Mn_3Al_2[Si_3O_{12}]$. Mangángránát. A Mn mellett Fe^{2+} -at is tartalmaz. Színe jácintpiros, ibolyás vagy vörösbarna, néha sárga. Kristályán leginkább csak a (211) jelenik meg. Gránitban, pegmatitban, ritkán más magmás közetekben is keletkezik. Csillámpalákban egyéb Mn-szilikátok társaságában elegyrészként szerepel vagy önállóan kisebb-nagyobb spessartinszirtet alkot. Ismertebb lelőhelyek: Mașca (Macskamező, Preluka-hg., Románia), ahol palás közetekben más Mn-szilikátokkal együtt a pirolúzitos vaskalapérc elsődleges ásványa. Spessart-hg. (Bajororsz., Németorsz.) gránitjában, a Harz-hegységi (Németorsz.) Ilfelden porfiritben. Elba szigetén (Olaszorsz.) gránitpegmatitban; Miassz (Ural, SZU), Malgas (Madagaszkár).

Grosszular, $Ca_3Al_2[Si_3O_{12}]$. Mészgránát. Izomorf helyettesítésként csak az Al^{3+} -t pótolja kevés Fe^{3+} és Cr^{3+} . Színezését is e két kationtól nyeri. Színe sárgásfehér, sárga, egreszöld, jácintpiros (*hessonit*), gyantabarna, nagy ritkán smaragdzöld. Átlátszó—áttetsző.

A kontaktneumatolitos mészsilikátszkarn jellemző ásványa. A bánági kontaktvidéken (Románia) granodiorit és júramészkkő érintkezésén kialakult szkarn ásványtársulásában jelentékeny részt vesz: Oravița (Oravica), Ciclova

(Csiklova), Dognacea (Dognácska), Sasca montană (Szászskabánya). Hasonlóan kontakt ásvány Hodrusbányán (Selmeci-hg., Csehszl.). Egyéb neves lelőhelyek pl. a Mte Monzoni (Dél-Tirol, Olaszorsz.), Zermatt (Svájc), Ala (Trento-tart., Olaszorsz.).

Andradit, $\text{Ca}_3\text{Fe}_2[\text{Si}_3\text{O}_{12}]$. Rácsában a Fe^{3+} -at az Al bármily mértékben helyettesítheti, tehát a grosszulár összetételéhez minden átmeneti fokozat létrejöhet. A Ca helyén néha kevés Mg-ot is tartalmazhat. Helyenként jó kristályos, máskor szemcsés, vastos. Fénytörése a legerősebb a gránátváltozatok között: élénk zsírfényű—gyantafényű. Többnyire barna, gyakran fekete, a vasban szegényebb fajták sárgák, zöldek vagy szürkészöldek. Bizonyos fajtáknak külön neveket adtak.

Kétféle keletkezésmódja van: 1. Kontakt mészkövekben, különösen a kontakt pneumatolitos vasoxidtelepek kísérő mészsilikátjai között, grosszulár, epidot, termolit stb. társaságában. Bánsági (Románia) kontakt vidék: Ocna de Fer (Vaskő), Oravița (Oravica), Dognacea (Dognácska); Schwarzenberg (Szászország, Németorsz.); *aplom* (Al-andradit): Elba-sziget, (Olaszorsz.), Arendal (Norvégia). — 2. Kristályos palában, főleg serpentinben és kloritpalában. Dobšiná (Szlovák Érc.hg.), Zillertal (Tirol, Ausztria); Ala (Trento-tart., Olaszorsz.): sárgászöld színű *topazolit*. Nyizsnye Tagil (Ural, SZU): smaragdzöld *demantoid*. Tromsø (Norvégia): gyantaszínű *kolofoinit*.

Az andradittal rokon izomorf változatok még: *melanit* $\text{Ca}_3(\text{Fe},\text{Ti})_2[\text{Si}_3\text{O}_{12}]$, bársonyfekete, fénytörése $n \sim 2,0$. Nefelin- és leucittartalmú alkálidőzetekben. Albano-hegy, Bracciano-tó környékén Róma mellett. Ti-ban dúsabb változat a *schorlomit* (titángránát), vele rokon az *ivaarit*, mindkettő főleg eolitiszenitek járulékos elegyrésze.

Uvarovit, $\text{Ca}_3\text{Cr}_2[\text{Si}_3\text{O}_{12}]$. Krómgránát, Cr_2O_3 -tartalma 30,6%. Összetételében a Cr-ot részben Al helyettesítheti. Élénk fényű, smaragdzöld. Kromitérc hasadékaiban, üregeiben fennőtt kristálycsoportok, bekéregzések: É-Uralban (SZU) Biszerty. Szkarnjellegű kőzetekben: Outukumpu (Finnorsz.). Finomszemcsés—vastos halmazok: Bush-föld (Transvaal, Dél-afrikai Unió) kromitjában.

d) csoport.

Cirkon-szerkezetek

A cirkon-szerkezet egyike a jellegzetesebb nezoszilikátrácsoknak. Az álszabályos-tetragonális rács tércentrált cellájában az R^{4+} -kation és SiO_4 -tetraéderek elrendezését az 533. ábra szemlélteti. Eszerint függőleges irányban 0—1/2 és 1/4—3/4 cellaéltávolságra felváltva következnek egymás után a kation- és anionhelyek. A rács jellegzetessége, hogy az SiO_4 -tetraéderekhez tartozó oxigénatomok valamivel közelebb vannak egymáshoz, mint a szomszédos tetraéder oxigénatomjaihoz, tehát a komplex ion kifejezettebben („szigetszerűen”) elkülönül. A Zr-atomokat 8 oxigén környezi sajátos koordinációs poliéder (kettős

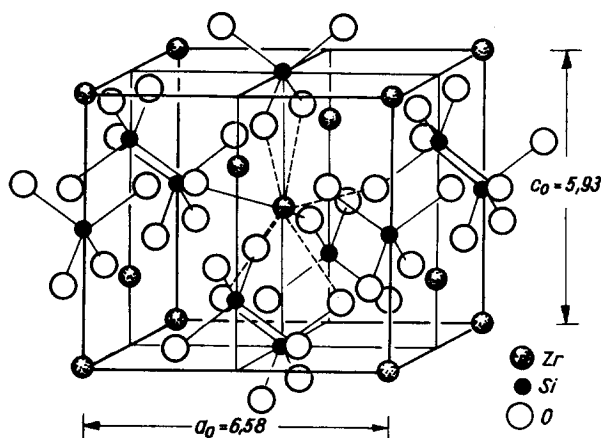
diszfenoid) alakjában. A rácstípus nem tartozik az elterjedtebb szilikátszerkezetek közé. Egyéb összetett-anionos vegyületek körében azonban vannak vele azonos (xenotim YPO_4) vagy hozzá nagyon közel rokon (scheelit CaWO_4) rácseleépítések.

78. táblázat

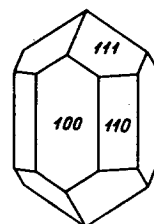
Név	Összetétel	Tércepoport	Rácsállandó			Z
			a_0	b_0	c_0	
Cirkon	$\text{Zr}[\text{SiO}_4]$	$D_{4h}^{19}-I4_1/amd$	6,59	—	5,94	4
Tórit	$\text{Th}[\text{SiO}_4]$	$D_{4h}^{19}-I4_1/amd$	7,03	—	6,25	4
Uranotórit	$(\text{Th},\text{U})[\text{SiO}_4]$	$D_{4h}^{19}-I4_1/amd$	7,12	—	6,32	4
Coffinit	$\text{U}[(\text{Si},\text{H}_4)\text{O}_4]$	$D_{4h}^{19}-I4_1/amd$	6,94	—	6,31	4
Huttonit	$\text{Th}[\text{SiO}_4]$	$C_{2h}^5-P2_1/n$	6,80	6,96	6,54	4

Cirkon, $\text{Zr}[\text{SiO}_4]$. Tetragonális holoéderes. Legtöbbször „rejtőző” elemként Hf-ot tartalmaz, ugyanúgy izomorf módon Th is beépül rácsába.

Krist. Kristályai (534. ábra) leginkább zömök vagy kissé nyúlt oszlopos természetűek, szögértékre nagyon közel állnak a rutiléhoz (ezért korábban,



533. ábra. Cirkon-szerkezet

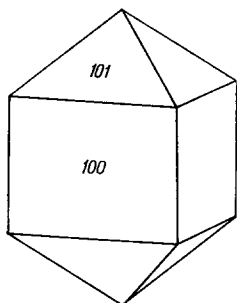


534. ábra. Cirkon

izomorf rokonságot feltételezve, a rutilsorba tartozónak vélték). Hasadás (110) sz. rossz. $K = 7,5$. $S = 4,7$. Sárgásbarna, ritkán színtelen vagy vörös. Gyémántfényű, opt. pozitív, $\omega = 1,934$, $\epsilon = 1,977$. Th-tartalmából eredően radioaktív, s ezért gyakran a kristály belseje metamikt állapotúvá változik (*mala-kon*), ami kisebb kettőtörésben, sőt teljes izotropizálódásban és egyidejűleg a fajsúly csökkenésében is megnyilvánul. A biotitban, cordieritben, amfibolban levő cirkonkristályok körül kialakult pleokroós udvar is radioaktív bomlásból származik. Az átlátszó jácintpiros változat, a *hiacint* drágakőnek alkalmas. Lángban nem olvad, savakban oldhatatlan.

Képz. A cirkon egyike a legelterjedtebb mellékes elegyrészeknek gránitokban és mélységi magmás alkáliliközetekben, ahol mikroszkopikus kristálya a korai kiválási termékekhez tartozik. Nagyobb kristályokként főleg pegmatitos alkáliszienitekben: Ditró (Erdély, Románia); Kola-félsziget (SZU). Gránitpegmatitból, gabbropegmatitból szintén dm-es kristályok kerülnek elő. Kiömlési közetek közül trachitfélékben s ezek tufáiban gyakori ásvány. Pl. a nagytétényi (tufából átalakult) bentonit bőven tartalmaz finomszemű cirkonanyagot. — Ellenálló viselkedése folytán főrmelékes közetekben, torlatokban, homokokban, homokkövekben állandó elegyrész.

Tórit, $\text{Th}[\text{SiO}_4]$. Összetételében U-, ritkaföldfém-, Pb-, Zr-, Fe-, Ca-helyettesítés lehetséges. Gyakran metamikté válik, ami több-kevesebb vízfelvétellel jár, és oxidáció következtében benne a Fe^{2+} és az U^{4+} — legalább részlegesen — Fe^{3+} -má és U^{6+} -tá változik. — Kémiai átalakulás termékeként tekinthető az azonos szerkezetű és $\text{Th}(\text{Si}_2\text{H}_4)\text{O}_4$ összetételű *torogummit*, mely akként áll elő, hogy benne az SiO_4 -csoportokat fokozatosan $(\text{OH})_4$ váltja fel; a folyamat $\text{Th}[(\text{SiO}_4)_{1-x}(\text{OH})_{4-x}]$ sémával érzékeltethető (l. coffinit).



535. ábra. Tórit

Krist. Tetragonális holoéderes. Kristálya emlékeztet a cirkonra, legtöbbször egyszerű kombináció (535. ábra): zömök prizma, néha csak dipiramis. A cirkonnal orientált összenövést is észleltek. Hasadás (100) sz. jó, de metamiktre változott kristályon nem észlelhető. $K = 4,5$. $S = 6,7$ (átalakult állapotban 4,1-re csökkenhet). Kihevítéssel a sűrűség ismét növelhető. Üvegfényű, gyantafényű. Barnássárga, narancssárga (*orangit*), de leginkább barnásfekete, zöldesfekete, fekete. A sötét fajták izotropok, a törésmutató $n = 1,85$, de a hidratáció fokozatai szerint lecsökken 1,70-ig. Kihevítéssel a törésmutató növekszik, és kettőtörés is előidézhető. Ultraibolya-fényben nem lumineszkál. Radioaktív, főképpen a sötét változatai.

Képz., lelőhely. Pegmatitásvány, leginkább alkálipegmatitok tartalmazzák cirkon, titanit, monacit, xenotim, allanit és különböző Nb—Ta-ásványok társágában. Ilyen Dél-Norvégia gránit—nefelinszenit-pegmatitja a Langesund-fjordban, továbbá Arendal-, Kragerö- és Hitterö-sziget környéke. A SZU-ban Batumi (Kis-Kaukázus), Malgas (Madagaszkár), Ceylon, Új-Zéland. Az USA-ban Pike's Peak és Gunnison (Colorado); Dear Creek, (Idaho) említhető a lelőhelyek közül. — Ritkábban hidrotermásan fluorit—apatitos telérekben is megjelenik. — A főrmelékes üledékbe is belekerül; főként az ún. „fekete homok”-ok tartalmazzák.

Uranotórit, $(\text{Th}, \text{U})[\text{SiO}_4]$. Tetragonális holoéderes. Elkülönítése a tórittől nem egészen indokolt. Sajátságai és képződési körülményei közel azonosak, ill. megegyeznek a tóritével. — További izomorf helyettesítésű változatok: *amerlit* (P-, Al-, Fe-, Ca-tart.), *kalcitotórit* (Ca-, Na-, Al-tart.), *freyalit* (alkáliák, Fe, Al, Ce, ritkaföldfémek), *eukrazit* (Na, Fe, Ce, Y, La, Ca, Mn), *ferrotórit* ($\text{Fe}_2\text{O}_3 = 13\%$), *enalit* (Ce, Nd, Sn, Al, Ti), *paratórit* (Fe, Ti).

Coffinit, $U[(Si_3H_4)O_4]$. A négyértékű urán szilikátja, mely változó mennyiségű $(OH)_4$ -et tartalmaz, éspedig az SiO_4 helyén. Összetétele így is írható: $U[(SiO_4)_{1-x}(OH)_{4-x}]$. A vízmentes $USiO_4$ nem ismeretes. *Krist.* Főként csak igen finom szemcséjű halmazok, hintett szemcsék. — $S = 5,1-5,2$. Fekete, tompa fényű. Opak, de vékony szilánkja sötétbarnán áttetsző és izotrop. $n \sim 1,83$ — $1,85$. *Ércm.* szürkésfekete, igen finom szemű halmaz, reflexiója gyenge, izotrop. — Másodlagosan képződik más uránászványokból (főként uraninitből). A Colorado-plató (USA) urán—vanádium-tartalmú mezozoós üledékeiben a mélyebb szintek ásványtársulásához tartozik. A jelek szerint a Mecsek-hegységi permi homokkő urán—vanádium-paragenezisében is előfordul.

Huttonit, $Th[SiO_4]$. Monoklin prizmás. A tórit heteromorf párja. Míg a tórit cirkonrácsú, ennek szerkezete a monacitéval egyezik. Kristályosan csak lapoktól kevéssé határolt, inkább gömbölyödött, laza szemekben ismeretes. Hasadás (001) sz. kivehető. $S = 7,1$. Gyémántfényű, színtelen v. krémfehér. $n_\alpha = 1,89$, $n_\beta = 1,900$, $n_\gamma = 1,92$. Kéttengelyű, pozitív, ultraibolya-fényben fluoreszkál. Bizonyos, hogy U-ot is tartalmaz, gyakran metamikt. — Elsődleges képződésű ásvány. Új-Zélandon homokos üledékből, számos helyen tengerparti homokból került elő.

Eulitit, $Bi_4[SiO_4]_5$. Szabályos hexakisztetraédes. $T_d^6-I\bar{4}3d$, $a_0 = 10,29$ Å. $Z = 4$. Apró fennőtt kristályain a tetraédes termet uralkodik; leginkább a (211) triakisztetraéder. Hasadása nincsen. $K = 4,5$. $S = 6,1$. Barna, vörösbarna, gyanta-gyémántfényű. Hasonlít a szfalerithez. Optikailag sokszor anomális. Lángban könnyen megolvad. — Másodlagosan Bi-ércek átalakulásakor keletkezik. Dognacea (Dognácska, Bánsági kontaktvidék, Románia), Schneeberg, Johanngeorgenstadt (Érchg., Szászország).

e) csoport.

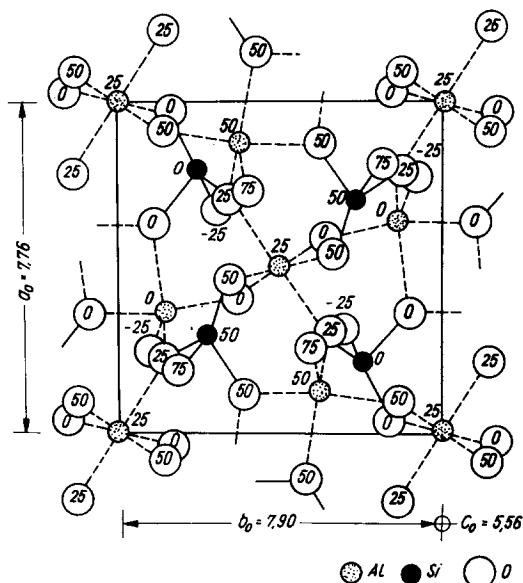
Andalúzit, disztén, staurolit, topáz

E rokonsági körön belül különválaszthatók az Al_2SiO_5 összetételű szerkezetek és az (OH^-) , (F^-) -aniont is tartalmazó kristályvegyületek.

Az Al_2SiO_5 vegyület trimorf, így háromféle alakban ismeretes: andalúzit, disztén és szillimanit. Utóbbinak azonban határozottan egydimenziós (láncszerű) felépítése van, s így nem ide, hanem az inoszilikátok körébe kell sorolnunk.

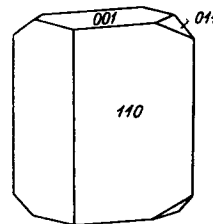
Andalúzit, Al_2SiO_5 vagy $Al_2[O \cdot SiO_4]$. Rombos dipiramisos. Szerkezetében az Al-ionok kétféle koordinációban szerepelnek (536. ábra). Az egyik környezet közel egyenlő távolságban elhelyezkedő 5 oxigénből áll, míg az Al-ionok másik részét oktaédes környezetben 6 oxigén övezi. Az SiO_4 -tetraéderek éppúgy, mint az AlO_6 -oktaéderek kissé torzultak. E háromféle koordináció csak a csúcsokon át kapcsolódik. Az AlO_6 -csoportok ellenben egymás közt közös élek men-

tén csatlakozva, a c -tengely irányában végtelen láncot formálnak, és az AlO_5 -ös koordináció kettésével élen át társulva, Al_4O_8 -csoportokat alkot. Az SiO_4 -tetraéderek egymással nem kapcsolódnak közvetlenül. A szerkezet 6-os környezetű Al-ionját kisebb mértékben ($\sim 10\%$ -ig) Fe^{3+} , vagy Mn^{3+} , esetleg Ti helyettesítheti.



536. ábra. Az andalúzit-szerkezet (001)-sík szerinti vetületi képe

Kristályait rendszerint a legegyszerűbb (110) és (001) indexű formák határolják (537. ábra). Az (110) prizma hajlásszöge majdnem derékszög ($89^\circ 12'$), s így a kristályoknak egészen tetragonális külseje van. Színe gyöngyszürke, húspiros, rózsaszín, ibolya, olajzöld. Üvegfényű, átlátszó, ha mállottabb, átlátszatlan vagy opak.



537. ábra. Andalúzit

Pleokroós. Szerkezeti és optikai állandóit a 79. táblázat tartalmazza. $K = 7,5$. $S = 3,1$. Változatai: *chiastolit*, mely szabályosan rendezett, fekete (szenes) zárványosságától kapta nevét. A *viridin* Mn-tartalmú, zöld színű mangánandalúzit.

Képz., lelőhely. Agyagos kőzetek kontakt átalakulása során keletkezik, főképpen a magmás kőzethez közeli (belső) kontakt udvarban. Hazánkban a Velencei-hegység gránit kontakt-palaköpenye és a dunabogdányi (Dunazug-hg.) Csódihegy andezitjétől andalúzit csomóspalára változott (oligocén) agyagkőzet említhető. Metamorf keletkezése van számos csillámpalában és gnejszben, utóbbiak pegmatitos üregeiben nagyobb kristályok is kialakulnak. Európában a tiroli Alpok (Ausztria), a Pirenneusok, Andalúzia (Spanyolorsz.), az Uralban Murzinka (SZU) említhető.

Disztén vagy **cianit**, $\text{Al}_2[\text{SiO}_5]$. Triklin véglapos. Szerkezete (539. ábra) az andalúzitétől főleg abban különbözik, hogy valamennyi Al-ionnak AlO_6 -ös környezete van. Az O-ionok szabályos tömör illeszkedés szerint rendezettek, közöttük a tetraéderez pozíciókat Si tölti be. Az AlO_6 -oktaéderek éllel kapcsolódnak és az (100) ráccsík szerint oktaéderréteget alkotnak. E rétege-

ket a szigetszerű SiO_4 -csoportok kötik össze úgy, hogy a réteghatáron levő O-nek 1 Si-szomszédja van a saját rétegében és 2 Al a szomszéd rétegben. Vagyis a rétegek viszonylag kevés kötéssel kapcsolódnak egybe: innen ered a disztén (100) sz. jó hasadása és a karckeményiség irányok szerinti változása. A rácsban az Al^{3+} -ot kevés Fe^{3+} pótolhatja. A disztén aránylag tömöttebb térkitöltésű szerkezet, s ez a fizikai állandókban (kisebb rácsméret, nagyobb sűrűség, nagyobb fénytörés) is megnyilvánul. (l. 79. tábl.)

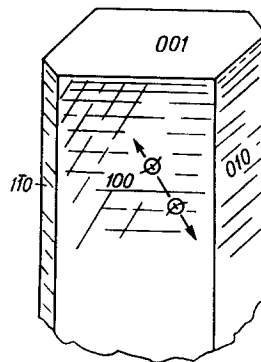
79. táblázat

Név	Tércsoport	Rácsméret			S	Fénytörés			Z
		a_0	b_0	c_0		n_α	n_β	n_γ	
Andalúzit	$D_{2h}^{19} - Pnmm$	7,76	7,90	5,56	3,1	1,629	1,633	1,639	4
Disztén	$C_2^1 - P\bar{1}$	7,10	7,74	5,57	3,6	1,717	1,721	1,728	4

Kristályai a jellemzett szerkezetből eredően a c -tengely szerint megnyúlt és az (100) sz. táblás termetűek, a felület haránt irányban rostozott (538. ábra). Az (100) lap egyben translációs és gyakori ikerösszenövési sík is. Nagyon ritkán még két másik ikertörvény is érvényesül. $K =$ az (100) lapon a c -tengellyel párhuzamosan 5,5, rá merőlegesen 6,5, a (010) lapon c -irányban 6, rá merőlegesen 7. Gyöngyházfényű-üvegfényű, égkék vagy szürkésfehér, ritkán sárga, rózsás, barna. Színeződése gyakran foltos. A teltebb színű kristály pleokroós.

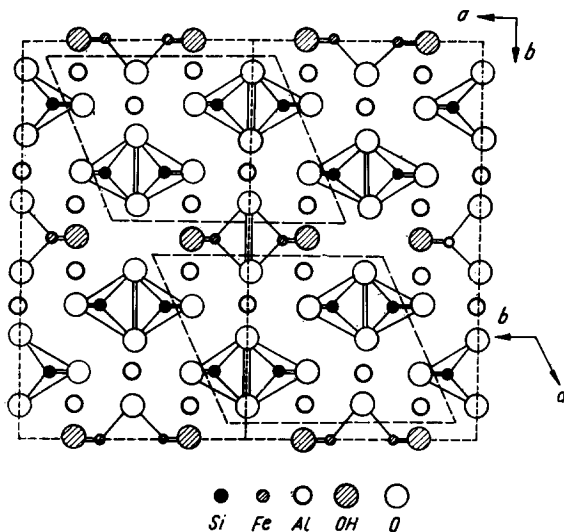
Képz., lelőhely. Metamorf kőzetek elegyrése. Tömörebb kristályszerkezetéből következik, hogy képződése a nagy nyomású regionális metamorfózissal — pelites üledékekből — keletkezett kőzetekhez kapcsolódik. A metamorf övekben mindig a staurolit után, de a szillimanitos kifejlődés előtt képződik. A staurolittal együtt az epidot—amfibolit-fáciesre, staurolit nélkül az amfibolitfáciesre jellemző. Gnejszben járulékos szerepe van. A Déli-Kárpátokban (Románia): Szebeni-, Fogarasi-havasok csillámpaláiban, a salzburgi, tiroli Alpokban (Ausztria), a Monte Campione (Bergamói Alpok, Olaszország) paragonitpalájában dm-es kristályok, a svédországi Horrsjöberg-en több méter vastag monomineralikus telep. — Mállással kiszabadult kristályai helyenként bőséggel található a törmelékes kőzetekben: pl. Boriszov az Uralban (SZU), számos braziliai torlattelepen. — Tengerparti és folyami homokokban (így a Duna homokjában is) gyakori elegyrész. — Sugaras-rostos kuszáltszálás változata *rhaticit* nevet kapott.

Szép kék nemes fajtáit megcsiszolva ékköül használják.



538. ábra. Disztén

Staurolit, $2 \text{Al}_2[\text{SiO}_5] \cdot \text{Fe}(\text{OH})_2$. Képlete (összevontan) így is írható: $\text{Al}_4\text{Fe}^{2+}[\text{O} \cdot \text{OH} \text{SiO}_4]_2$. Álrombos dipiramisos. Szerkezete olyan viszonyban van a diszténével,

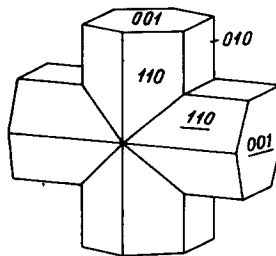


539. ábra. Staurolit-szerkezet. Belül a szaggatott vonallal határolt rész diszténcelláknak felel meg. A külső határvonal a nagyobb staurolitcellát jelöli.

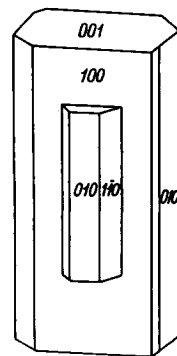
mint pl. a humitcsoporté az olivinnel. A rácsban szigetszerű SiO_4 -tetraéderek és élükön kapcsolódó AlO_6 -oktaéderek vannak. Az oxigénionok itt is szabályos tömör illeszkedés szerint rendezettek. A szerkezet a diszténéből úgy vezethető le, hogy a disztén (100) sz.-i rétegsíkjai közé (OH)-ion-síkok iktatódnak, az így keletkező tetraéderek középpontjait Fe^{2+} tölti be. Ezek a (OH)-tartalmú síkok a staurolitban a *b*-tengelyre merőleges helyzetűek (539. ábra). Tércs. $D_{2h}^{17}-C_{2mm}$. $a_0 = 7,83$, $b_0 = 16,62$, $c_0 = 5,65$. $Z = 4$. Az újabb vizsgálatok (NÁRAY-SZABÓ és SASVÁRI, 1958) szerint a szimmetria álrombos-monoklin C_{2h}^3-C2/m , és a helyes formula: $4 \text{Al}_2[\text{SiO}_5] \cdot 2 \text{FeO} \cdot \text{AlOOH}$; $Z = 2$.

A *kristályok* termete nyúlt oszlopos, gyakori formák az (110), (010) és (001). Több ikertörvénye van: (032) sz. átnövésével kereszt alakú (540. ábra), (232) sz. ugyancsak penetrációs összenövésével ferde (András-) kereszt alakú ikreket alkot. Hasadása az említett (OH)-síkok behelyezkedése következtében (010) sz. jó. $K = 7,15$ $S = 3,70$. Üvegfényű, áttetsző, néha opak. Színe vörösbarna, feketésbarna. Pleokroós, $n_a = 1,744$, $n_b = 1,750$, $n_c = 1,756$. Kénsav lassan oldja. Minthogy a (010) síkján azonos rácsrend van, mint a disztén (100) rácssíkján, a két ásvány eszerint orientáltan összenő (541. ábra).

Képz. Agyagos üledékek metamorfózisakor keletkeznek, és



540. ábra. Staurolit-iker (032) sz.



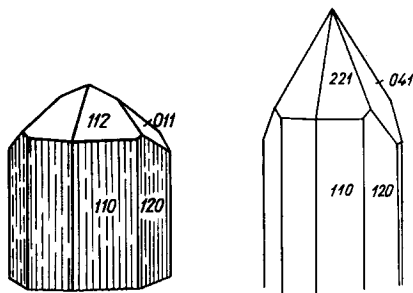
541. ábra. Disztén. és staurolit orientált összenövése

típusosan a közepes fokozatú regionális metamorfózis terméke. Leggyakoribb a fillitfélékben, valamint csillámpalában, és egyes gnejszekben is otthonos. A csillámpalákban almandingránát, disztén, kvarc, esetleg turmalin kíséri. A Kárpát-övezetben a Krassó-Szörényi hegység és a Szebeni-havasok (Románia) gnejsz- és csillámpalái tartalmazzák. Az Alpokban számos lelőhelye közül említhető St. Radegund (Graz mellett, Stájerorsz., Ausztria), Vipiteno (Sterzing, Tirol), és Monte Campione (Bergamói Alpok, Olaszorsz.), itt típusos fehér paragonitpalában szép disztén—staurolit-összenövés ismeretes. Nevesek Svédország és a Bretagne (Franciaorsz.) staurolitos palái. Ellenálló viselkedése folytán törmelékes kőzeteken, homokokban — diszténnel együtt — gyakori elegyrész. Nemes, átlátszó változatban ékkőnek alkalmas. — A *lusakit* Co-tartalmú staurolitváltozat.

A rokonsági körbe tartozó ritkább ásványok még: *zaffirin*, $Mg_2Al_4[O_6 \cdot SiO_4]$, monoklin, $a_0 = 9,72$, $b_0 = 14,58$, $c_0 = 10,07$ Å. $\beta < 100^\circ 13'$. A Mg-mellett több-kevesebb Fe-at tartalmaz. Kék v. zöld, erős fényű, pleokroós. Al-ban gazdag, regionális és kontakt metamorf kőzetekben spinell, cordierit, korund, biotit, szillimanit, kornerupin társaságában lelhető. — *Kornerupin* (prizmatin), $(Mg, Fe, Al)_4(Al, B)_6[(O, OH)_{5-6} \cdot (SiO_4)_4]$, rombos holoéderes, legtöbbször zaffirinnal együtt képződik. *Sursassit*, $(Mn, Fe)_3Al_2(SiO_4)_3 \cdot 2 H_2O$ monoklin, kevésbé ismert, ritkább ásvány, sajátosságai az epidotéhoz hasonlóak.

Topáz, $Al_2[(OH, F)_2SiO_4]$. Vegyileg eléggé tiszta, változás csak a F:OH arányban tapasztalható. Rombos dipiramisos. Szerkezetében az O^{2-} és (F^-, OH^-) -anionok tömör illeszkedésben vannak. A tetraéderes pozícióban Si-, az oktaéderesben Al-atomok helyezkednek el. Az SiO_4 -csoportok egymással nem kapcsolódnak, az $[AlO_4(OH, F)_2]$ -oktaéderek viszont minden csúcspontjukon összefüggnek egymással, a négy oxigénes csúcsonk egy-egy SiO_4 -tetraéderrel is. Így minden O-atom egy Si-hoz és két Al-hoz kapcsolódik, míg a F- vagy (OH^-) -anionok két Al között „hidállásban” vannak. Térccs. $D_{2h}^{16} - Pbnm$. $a_0 = 4,65$, $b_0 = 8,80$, $c_0 = 8,40$. $Z = 4$.

Kristályai zömök prizmásak, formákban gazdagok, hosszanti (c) irányban erős rostozással (542—543. ábra). Legtöbbször fennőtt egyes kristályok vagy csoportos drúzák. Lencsés—pátos tömegeket, szirteket is alkot. Hasadása a (001) sz. elhelyezkedő (OH^-) -rétegek miatt tökéletes. A tömör illeszkedés és magas vegyértékű kationokkal létrehozott nagy kötőerők folytán keménysége nagy: $K = 8$. $S = 3,5$. Erős üvegfénye van, mely a F mellett beépülő (OH^-) gyarapodásával fokozódik. $n_\alpha = 1,629$, $n_\beta = 1,631$, $n_\gamma = 1,638$. Átlátszó, átetsző. Víziszta, de leggyakrabban sárga, ritkán kék, ibolya vagy pirosas. Nemes változatai csiszolva igen szép ékkövek. Lángban nem olvad.



542.—543. ábra. Topáz

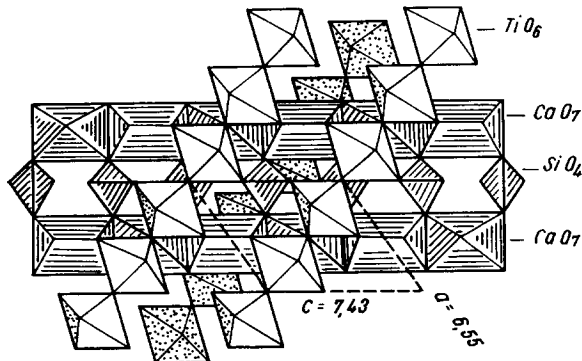
Képz. Pegmatitos-pneumatolitos eredetű ásvány. Főképpen savanyú (gránitoid) magmával kapcsolatos pneumatolitos ónkőtelepek jellemző kísérőásványa. Greizenesedett gránitban a földpát helyén képződik. Európában az Érc-hegység (Csehszl., Németorsz.) ónkőtelepeit kíséri. Kiemelhető pl. a Schneckenstein-i (Érchg., Németorsz.) topázszirt. Elba-sziget (Olaszorsz.); Finbo (Svédorsz.); Modum (Norvégia); az Ilmen-hegység (Ural, SZU) számos pontja; Ceylon; Nigéria és Brazília; Délnyugat-Afrika Namíbia, Malgas-on (Madagaszkár) és az USA-ban Utah, Colorado, Maine államok területén ugyancsak gazdag topázlelőhelyek vannak.

Piknit: tömött, szálás-rudas változat; *pirofizálit:* földpátszerű, vaskos topáz, hevítéskor felhabzik.

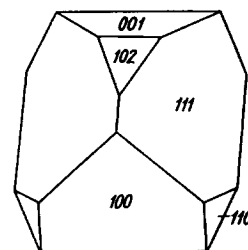
f) csoport.

Titanit és egyéb neozsilikátok

Titanit, $\text{CaTi}[\text{SiO}_6]$, azaz $\text{CaTi}[\text{O} \cdot \text{SiO}_4]$. Összetételében a Ti-t részben Sn, Nb és Ta helyettesítheti, a Ca helyén pedig kevés Na szerepelhet. Monoklin prizmás. Szerkezete önálló SiO_4 -tetraéderekből, TiO_6 -oktaéderekből, valamint sajátos CaO_7 koordinációs poliéderekből fűződik össze. A 7-es környezetű Ca-poliéderek a *c*-tengely irányában nyúlt, prizmaszerű sorozatot alkotnak, ezeket kapcsolják egybe az SiO_4 -tetraéderek. A TiO_6 -oktaéderek csúcsokon át össze-



544. ábra. Titanit-szerkezet a koordinációs poliéderek szerinti ábrázolásban



545. ábra. Titanit

fűzve ugyancsak poliédersorokat alkotnak, melyben az oxigének részint az SiO_4 -tetraéderekkel, részint a Ca-poliéder csúcsával közösek (544. ábra). Tércs. $C_{2h}^6 - C2/c$. $a_0 = 6,56$, $b_0 = 8,72$, $c_0 = 7,44$, $\beta \simeq 119^\circ 43'$. $Z = 4$.

A kristályok termete a keletkezés körülményei szerint változik. Alkáliszieniteken nyúlt oszlopos, gránitokban és sieniteken kissé táblás, levélborítékra emlékeztető alakja van (545. ábra). E bennött kristályokon kívül az alpesi

kristályospala-hasadékok falán keletkezett kristályok vékony táblások, lapos prizmásak, a széleken ékszerű elvégződéssel (*szfén*). Ikerösszenövés az (100) sz. leggyakoribb, elvétve (221) sz. lemezes iker is képződik. Hasadás (110) sz. $K = 5-5,5$, $S = 3,5$. Fénye a Ti-tartalomtól eredően élénk: gyanta-, sőt gyémántfény. Sárga, barna, sárgászöld; áttetsző, átlátszó. Pleokroos, kettőtörése igen erős, $n_\alpha = 1,900$, $n_\beta = 1,907$, $n_\gamma = 2,034$. Lángban színét változtatja, kifakul, majd sárga-barna üveggé olvad. HCl oldja.

Változatai: a *grothit* Fe-tartalmú, színe sötétbarna; az *yttrotitanit* (keilhaut) kb. 12% (Y,Ce)₂O₃-ot tartalmaz, ugyanakkor Al- és Fe-tartalma is van; a *greenovit* vörös színű, Mn-tartalmú titanit.

Képz. Magmás kőzetek gyakori járulékos ásványa. Főképp mélységi, amfiboltartalmú kőzetekben, így amfibolgránitban, dioritban, szienitben, különösen pedig eleolitszienitben pl. Ditrón Erdélyben (Románia), Kola-félszigeten (SZU) otthonos. Fennőtt kristálya (*szfén*) az alpesi csillámpala, kloritpala kőzetek hasadékeinak falán sajátos ásványtársulásban szerepel. A „leukoxén” pizkosfehér színű, szemcsés vagy finom szálal titanithalmaz, mely a Ti-ásványokat, így a diabázban az ilmenitlemezeket, másutt rutilkristályokat átalakulási kéregként övezi.

A titanittal rokon *epistolit*, (Na₂,Ca)(Nb,Ti,Mg,Fe,Mn) · [(OH) · SiO₄] monoklin prizmás. *Murmanit*, (Na₂,Ca)Ti[(OH) · SiO₄] monoklin. *Lomonoszovit*, (Na₂,Ca)Ti[(O,OH)(Si,P)O₄], monoklin, foszfátanionnal vegyesen felépített szerkezet, a murmanittal izomorf. *Fersmanit*, Na₄Ca₄Ti[(O,OH,F)₃ · SiO₄]₃, monoklin. A Kola-félszigeti (SZU) nátronkőzetek ásványtársulásának tagjai.

Ugyancsak a titanit-szerkezethez némileg közelálló, ritkább neozsilikátok:

Wöhlerit, NaCa₂Zr[F(SiO₄)₂], monoklin. $C_{2v}^2 - P2_1/m$. $a_0 = 10,82$, $b_0 = 10,28$, $c_0 = 7,27$ Å. $\beta \simeq 108^\circ 57'$, $Z = 4$. $K = 5,5-6$. $S = 3,44$. Sárgásbarna, barna, szürke, erős fénytöréssel ($n_\beta = 1,716$). Alkálipegmatitok ásványtársulásának tagja.

Lávenit, (Na,Ca,Mn)₃Zr[F(SiO₄)₂], monoklin. $a_0 = 10,95$, $b_0 = 10,01$, $c_0 = 7,19$ Å. $\beta \simeq 110^\circ 18'$. Cellaszáma szintén 4. Színtelen, sárga, barna, néha fekete. $K = 6$. $S = 3,5$. Erős a fénytörése és kettőtörése is. Szienitpegmatitok ásványa.

Hellandit, (Ca,Y,Er,Mn)_{<3}(Al,Fe)[H₂O · (SiO₄)₂], monoklin prizmás. Üvegfényű; barna—barnászörös. $K = 4-4,5$, $S = 3,7$. Pegmatitásvány.

Hjortdahlit, guarinit, NaCa₂Zr[F(SiO₄)₂], triklin, sárga-sárgásbarna, $K = 5,5$. $S = 3,3$. Alkálipegmatitokban, elvétve vulkáni kőzetüregekben is megjelenik,

Rosenbuschit, (Na,Ca)₃(Fe,Ti,Zr)[F(SiO₄)₂], triklin. Az előbbiekhöz hasonló, szienitpegmatitban a ritkább ásványok közé tartozik.

Kisebb neozsilikátcsoport a *rinkit* és rokonsága. A rácsméret, főként a b_0 -érték arra utal, hogy szerkezetük az epidotfélélékhez áll közel.

Rinkit, (Na₂,Ca,Ce)₂(Ti,Ce)[F(SiO₄)₂], monoklin-álrombos. $a_0 = 18,50$, $b_0 = 5,68$, $c_0 = 7,47$ Å. $\beta \simeq 91^\circ 13'$. $Z = 4$. Üvegfényű, sárga, sárgásbarna, $K = 5$. $S = 3,46$. Szienitpegmatitok ásványa.

Johnstrupit, $(Ca,Na)_3(Ti,Ce)[F(SiO_4)_2]$. Monoklin-ábrmbos, $\beta \angle = 93^\circ 04'$. Barnászöld, zöld, élénk üvegfényű kristályai alkáligránit-, alkálszienit-pegmatitban lelhetők.

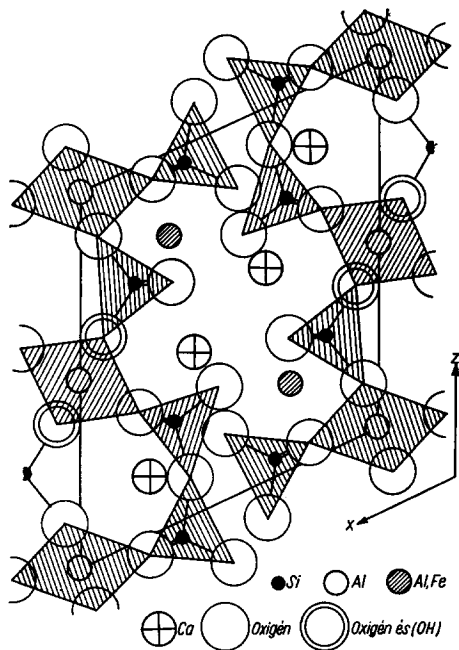
Mosandrit, $(Ca,Na,Y)_{2-3}(Ti,Zr,Ce)[(H_2O,F)(SiO_4)_2]$. Monoklin-ábrmbos. $a_0 = 18,41$, $b_0 = 5,64$, $c_0 = 7,43$ Å, $\beta \angle \sim 43^\circ$. Vörös, vörösesbarna, közepesen erős fénytörésű, ($n_\beta = 1,649$), viszonylag gyakori pegmatitásvány.

Lamprofillit, $Na_2Sr_2Ti_3[(O,OH,F)(SiO_4)_2]_2$. Rombos. $a_0 = 19,09$, $b_0 = 5,36$, $c_0 = 7,06$ Å. Kevés Ba-ot és Mn-t is tartalmazhat. Kristályai c -tengely szerint nyúlt oszlopok, néha dm-nyi méretűek. Kisebb rudas formák csillag, illetőleg küllő alakban csoportosulnak. Hasadása (100) sz. tökéletes. $K = 2-3$, $S = 3,45$. Aranysárga, sárgásbarna, barna. $n_\beta = 1,754$. Nefelinszienitben járulékos elegyrész, de főképpen alkálipegmatitok ásványtársulásához tartozik.

g) csoport.

Átmeneti (kevert) szerkezetek: epidot, zoizit, vezuvián

Epidot-félék. Általában ezzel a képlettel jellemezhetők: $R_2^{2+}R_3^{3+}[(SiO_4)_3(OH)]$, ahol $R^{2+} = Ca, Mn$, ritkaföldfémek (Ce,La); $R^{3+} = Al, Fe$ (Ti).



546. ábra. Epidot-szerkezet vázlatosan a (010) síkra vetítve

A kristályrács a vegyes (kevert) felépítésű szilikátszerkezetek példája. Miként az 546. ábra szemlélteti, a rács egyes SiO₄- és kettős Si₂O₇-csoportokat tartalmaz. Ezeket a csoportokat Al- és (Al,Fe-), valamint Ca-atomok kapcsolják egybe különféle koordinációk szerint. A Ca-atomoknak torzult poliéderben 8-as környezete van. Az R³⁺-pozíciók többféle módon szerepelnek, az Al-atomot oktaéderesen 6 oxigén vagy 5 oxigén és egy OH veszi körül, ugyanígy az (Al-, Fe-)-atomnak is oktaéderes környezete van. Az Al-nak van egy másik fajtája, mely egyrészt a Si-ot helyettesíti 1:3-arányban, másrészt tetraéderes koordinációban AlO₄-, illetőleg [AlO₃(OH)]-csoportokat alkot. E négyes koordinációjú csoportok, beleértve a (részben helyettesített) SiO₄-tetraédert is, összetett lánc-, illetőleg szalagszerű szerkezeti vázat létesítenek, melynek hossziránya a kristálytani β -tengellyel párhuzamos

(vagyis a bemutatott szerkezeti kép síkjára merőleges). A szalagszerkezeti jelleg és a kristályoknak egyirányban nyúlt termete miatt egyes rendszerezők szerint az inoszilikátok közé való besorolásuk is jogosult.

A szerkezet alapján két rokonsági sor tartozik össze. Az egyiket a valódi epidotfélék alkotják monoklin szimmetriával, a másik sor az (100) sík sz.-i „belső ikeralkotás” révén, vagyis a hosszanti láncváznak tükörsík szerinti ismétlődésével jön létre, s így rombos szimmetria áll elő.

Régebben a felosztás alapjául a Fe-tartalmat választották: az epidotfélékhez számított a vasat tartalmazó (monoklin) és a zoizithoz a vasmentes (rombos) fázis. Ez az elkülönítés már a szerkezetvizsgálatok előtt sem volt helyénvaló, mert kitűnt, hogy monoklin (vagyis epidotféle) is lehet vasmentes. Így kapta ez a változat a klinozoit nevet.

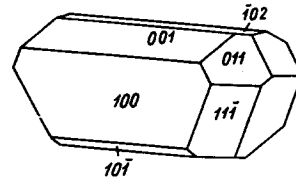
EPIDOT-SOR

80. táblázat

Név	Összetétel	Fénytörés				S
		$\beta \times$	α	β	γ	
Klinozoit	$\text{Ca}_2\text{Al}_3[\text{O} \cdot \text{OH} \cdot \text{SiO}_4 \cdot \text{Si}_2\text{O}_7]$	115°00'	1,71	1,72	1,73	3,25
Epidot	$\text{Ca}_2(\text{Al}, \text{Fe})\text{Al}_2[\text{O} \cdot \text{OH} \cdot \text{SiO}_4 \cdot \text{Si}_2\text{O}_7]$	115°24'	1,75	1,78	1,79	3,42
Piemontit	$\text{Ca}_2(\text{Mn}^{3+}, \text{Fe}^{3+})\text{Al}_2 \cdot [\text{O} \cdot \text{OH} \cdot \text{SiO}_4 \cdot \text{Si}_2\text{O}_7]$	115°42'	1,79	1,80	1,82	4,45
Ortit	$(\text{Ca}, \text{Ce}, \text{La})_2(\text{Al}, \text{Fe}, \text{Be}, \text{Mg}, \text{Mn})_3 \cdot [\text{O} \cdot \text{OH} \cdot \text{SiO}_4 \cdot \text{Si}_2\text{O}_7]$	115°01'	$\begin{cases} 1,70 \\ 1,78 \end{cases}$	$\begin{cases} 1,71 \\ 1,81 \end{cases}$	$\begin{cases} 1,72 \\ 1,82 \end{cases}$	$\begin{cases} 3,8 \\ 4,20 \end{cases}$
Cerit	$(\text{Ca}, \text{Fe}^2)\text{Ce}_3\text{H}[(\text{OH})_2 \cdot \text{SiO}_4 \cdot \text{Si}_2\text{O}_7]$	109°10'	1,80	1,81	1,82	4,9

Epidot, piztácit. Kémiai képlete (l. 80. táblázat) a vegyes felépítést, az egyes és kettős szilikátcsoportokat is feltünteti. Az epidotfélékre általában a vastartalom jellemző, de kevés Mg, és néha Ti is kimutatható a vegyületben. Térccs. $C_{2h}^2 - P2_1/m$. $a_0 = 8,98$, $b_0 = 5,64$, $c_0 = 10,22$ Å. A klinozoit rácsállandói: $a_0 = 8,94$, $b_0 = 5,61$, $c_0 = 10,23$ Å. — $Z = 2$.

Krist. Monoklin prizmás. A kristályok mindig a b -tengely szerint nyúlt, oszlopos természetűek, gyakran hengeres, rudas formák. Legtöbbször lapokban igen gazdagok, különösen a b -tengely zónája, melyre görbült felületű vicinális lapcsoport és vonalazottság jellemző (547. ábra). Ikerkristály (100) sz. gyakori. Sugaras nyalábokban, szemcsés-tömött halmazokban is (piztácit) képződik, sőt monomineralikusan kőzetalkotó is lehet. Hasadása (001) sz. igen jó. $K = 6$ (klinozoit $K = 6,5$), $S = 1$. táblázat. Üvegfényű—gyantafényű. Sárgászöld, barnászöld, zöldesfekete. Többnyire félig áttetsző. Opt. negatív, $b = \beta$. A klinozoit színtelen, sárga, szürke, zöld, mindig enyhébben színezett és nem pleokroós. Ezzel szemben az epidot pleokrizmusa (sárga—zöld—barna színárnyalatokban) jól észlelhető. Egyes sötétzöld színezésű kristályokban a b -irány abszorpciója igen erős, majdnem teljes. Ez a sajátság a Fe-tartalom függvénye, így a fénytani állandók is a Fe-helyettesítés szerint változnak. Szerkezeti okokból azonban a Fe: Al arány nem lehet több, mint



547. ábra. Epidot

1 : 2. Ez egyben azt is jelenti, hogy a láncvázhhoz tartozó (tetraéderesen koordinált) Al-atomot a Fe sohasem helyettesítheti. — Vizét csak tartós izzítással veszti el, porát HCl nem támadja meg.

Képz., lelőhely. Az epidot elsősorban metamorf keletkezésű ásvány. A regionális metamorfózis feltételei közt könnyen létrejön, és a zöldpalafácies közetekben az albit—aktinolit—epidot—klorit társulás tagja; az epidot—amfibolit-fáciesben és egyes gnejszfélékben is otthonos.

Gyakori és jellemző termékként keletkezik karbonátközetek magmás kontaktusán a többi jellegzetes mészsilikát-szkarnásvány (gránát, vezuvián, tremolit, wollastonit stb.) társaságában: Bánsági kontaktvidék (Románia) bányahelyei; a Bihar-hegységben (Románia) Băița (Rézbánya); Hodrus (Szlovákiában). — Hidrotermásan más Ca-Al-szilikátokból (földpátból, amfibolból, szkapolitból) is képződik. Ez esetben bázisos magmás, főleg kristályos palaközetek hasadécai, üregei falán fennőtt, legtöbbször nagyon szép kristálycsoportok keletkeznek. Számos lelőhely közül a híres Untersulzbachtal (Salzburg) és Zillertal (Tirol, Ausztria) említhető, valamint a déli Uralban Zlatouszt, melynek egyik sötét színű epidotján (*bucklandit*) az ortozóna lapjai hiányoznak.

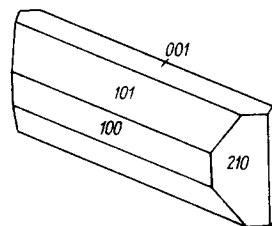
Egyéb változatok: *hancockit*, a Ca helyén kevés Pb-ot, Sr-ot tartalmaz; *tawmawit* = krómepidot.

Piemontit, miként formulája jelzi, a III-értékű fémek helyén főként Mn^{3+} -t tartalmaz, valamint több-kevesebb Fe^{3+} -kationt is. Monoklin prizmás. $a_0 = 8,05$, $b_0 = 5,70$, $c_0 = 9,41$ Å. $Z = 2$. — Külalaki sajátosságai nagyon hasonlóak az epidotéhoz. $K = 6$. $S = 1$. táblázat. Hasadás (001) sz. igen jó. Vörös, barnás-vörös, feketésbarna. Vékonycsiszolatban ibolyásrózsaszín. Erősen kettőtörő és pleokroós. HCl-ban nem oldódik. — Kisebb fokú metamorfózissal létrejött palás közetekben otthonos. Eredeti lelőhelyén, a Piemonti Alpokban (Olaszország) szericitpalában található. — Jellegzetes elegyrésze az egyiptomi „porfido rosso antico” telérközetnek. — Mn-érctelepek kíséretében is megjelenik.

Ortit, *allanit*, „ceriumepidot”. Az epidotohoz való rokonságát csak az utóbbi időben sikerült (l. 80. táblázat) tisztázni. Tércs. $C_{2h}^2 - P2_1/m$. $a_0 = 8,98$, $b_0 = 5,75$, $c_0 = 10,23$ Å. $Z = 2$. Összetételében a felsorolt elemeken kívül legtöbbször Th-ot is tartalmaz. — *Krist.* Monoklin prizmás. Vastag táblás, rudas kristályok, beágyazott elszórt szemek, szemcsés halmazok. Barna, barnásfekete, szurokfényű, kissé fémes. Pleokroós. Hasadás (001) sz. tökéletlen. $K = 6-6,5$. $S = 4,2$, de radioaktív hatásra izotropizálódik, és sűrűsége lecsökkenhet 2,5-re. — Gyakran mint belső magot, a közönséges epidot burokként övezi, ez esetben az epidot is metamiktté változik. HCl-ban kovacocsonya képződése közben oldódik. — *Képz.* Mint akcesszorikus ásvány számos gránitnak, granodioritnak, monzonitnak és sienitnek lehet elegyrésze, de bőségesen képződhet mészsilikátos szkarnban és pegmatitokban is. A Skandináv-félsziget déli részén, főleg a norvégiai pegmatitokban, más Ce-La-ásványokkal együtt gyakori.

Cerit, monoklin prizmás, de szerkezeti szimmetriája eltér az epidotótól $C_{2h}^6 - I2/n$. $a_0 = 17,81$, $b_0 = 10,85$, $c_0 = 14,10$ Å, $K = 5,5$. S: l. 80. táblázat. Zsírfehér, barna, vörös, néha szürke—szürkésfehér. Ritkább cériumásvány, legtöbbször La-t, Dy-ot és radioaktív elemet is tartalmaz. — A kontaktpneumatolitos ásványtársulás tagja.

Zoizit, $Ca_2Al_3[O \cdot OH \cdot SiO_4 \cdot Si_2O_7]$. Képlete a klnozoizitéval egyező. Összetételében a Fe-tartalom egészen csekély. Egyéb kationokból csak színképelemzéssel kimutatható mennyiségeket tartalmaz. Rombos dipiramisos. A cella az epidotótól lényegileg az a_0 megkettőzésében különbözik: $a_0 = 16,19$, $b_0 = 5,45$, $c_0 = 10,13$ Å. (Az epidotban a klintengely irányában $a_0 = 8,96$ Å, és a $\beta \simeq 115^\circ 24'$. Ebből $2a \cdot \cos \beta = 16,20$, vagyis derékszögű koordinátán pontosan a zoizit a_0 értéke adódik.) Így Z is kétszeres: 4. A klnozoizit belső ikeralkotással előállt heteromorf párja, vele külsőleg is orientált összenövésék jönnek létre. A kristályok termete — ugyancsak az ortotengely szerint — nyúlt, oszlopos (548. ábra). Szabad kristályokban, illetőleg fennőtt kifejlődésben ritka, sokkal inkább bennőtt sugaras, rudas csoportok, szemcsés halmazok. Külsőleg ikerkristály nem ismeretes. Hasadása (100) sz. tökéletes, (001) sz. kevésbé. $K = 6$. $S = 3,15 - 3,36$. Üvegfehér, nem átlátszó. Szürke, sárgászöld, világosbarna, zöld. Mn-t is tartalmazó változata a *thulit*, rózsaszínű, néha ibolyáspiros, kifejezett pleokroizmussal. A Fe-tartalommal az optikai sajátságok érzékenyen változnak: $n_\alpha = 1,685 - 1,705$, $n_\beta = 1,688 - 1,710$, $n_\gamma = 1,697 - 1,725$. Az optikai tengelysík helyzete is változik a Fe gyarapodásával. Így kétféle zoizit különböztethető meg: az optikai tengelysík (010) vagy (100) helyzetű lehet. De a jelleg mindig pozitív, és a $2V\gamma$ $0^\circ - 60^\circ$ között változik. — Tartós izzítással fehér, habos olvadék képződik. Savak nem támadják meg.

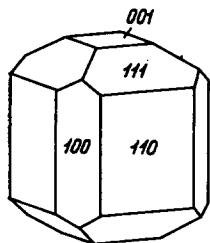


548. ábra. Zoizit

Képz. Jellegzetesen metamorf képződésű ásvány. A regionális metamorfózis közepes fokozataiban otthonos, különösen pedig a mész-szilikátos kőzetekben, granulitokban. De bázisos magmás kőzetek átalakulásából előállt amfibolpalákban, amfibolitokban ugyancsak képződik. Az Alpok számos lelőhelye közül Vize (Pfitsch, Zillertali Alpok) és Vipiteno (Sterzing, Ötztali Alpok, Olaszorsz.), ill. Prägraten (Magas Tauern, Ausztria), Svájcban különösen Zermatt (Wallis-kanton) említhető. Közismert a bajorországi Fichtel-hegység, az USA-ban Tennessee állam területén Ducktown. A Mn-tartalmú thulit főként Norvégiából és a piemonti Traversella környékéről (Olaszorsz.) ismeretes. — A zoizit kontaktmészkövek szkarnos ásványtársulásában is megtalálható. — A gabbró- és dioritkőzetek *saussuritesedése*kor a Ca-földpátoknak albittá változása kapcsán finomszemcsés halmazként zoizit keletkezik.

Ardennit, $Mn_4MnAl_5[(OH)_2(V,As)O_4(SiO_4)_5] \cdot 2H_2O$. Rombos holoéderes, $D_{2h}^{18} - Pnmm$. Rácsszimmetria azonos a zoizittal. Sárgásbarna, világossárga, erős üveg-, illetőleg gyémántfényű. Metamorf kőzetek elegyrésze. Ritka.

Vezuvián, idokráisz, $\text{Ca}_{10}(\text{Mg,Fe})_2\text{Al}_4[(\text{OH,F})_4 \cdot (\text{SiO}_4)_5 \cdot (\text{Si}_2\text{O}_7)_2]$. *Krist.* Ditetragonális dipiramisos. Szerkezete a gránátokéval rokon. A fő különbség az, hogy brucitszerű $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -, $\text{Mg}(\text{OH})_2$ -csoportok is beilleszkednek a rácsba, és az SiO_4 -tetraédereken kívül Si_2O_7 -es csoportok is szerepelnek a felépítésben, tehát a kevert szerkezetű (hetero-) szilikátok típusához tartozik. Tércs. D_{4h}^2 — $P4/nnc$. Elemi cellájában a c_0 közelítően megegyezik a gránátcellaéllal: $c_0 = 11,85$, az a_0 -periódus már jobban eltér attól: $a_0 = 15,66$. $Z = 4$. Külsőleg



549. ábra. Vezuvián

színében, fényében is nagyon hasonlít a Ca-gránáthoz, grosszulárhoz. Termete zömök prizmás vagy piramisos. A csak (100)- és (111)-ből álló kombinációknak granatéderszerű megjelenése van. Gyakran gránáttal össze is nő. Tömeges, szemcsés, rostos halmazok is képződnek. Hasadása (110) sz. kivehető. $K = 6,5$. $S = 3,4$. Üveg—gyantafényű, sárga, sárgászöld, zöldesbarna, rendszerint gyantaszzerűen áttetsző. Optikailag negatív. $\epsilon = 1,738$, $\omega = 1,740$. Egyes változatok optikailag pozitívok és két-optikai tengelyű variétés is ismeretes. Szerkezetében a Ca helyén Na, K, Mn, míg a Mg helyén Al, Fe és Ti is szerepelhet. De lehet Be-, B- és F-tartalma is. Lángban felhabzás közben megolvad, kiizzítva HCl oldja.

Képz. Jellegetesen kontaktneumatolitos ásvány. A mészkőkontaktuson kialakult népes Ca-szilikátokból álló ásványtársulás típusos tagja. Ocna de Fer (Vaskő), Dogaña (Dognácska, Románia) ill. Moravița (Moravica, Jugoszlávia) a bánási kontaktvidéken, Băița (Rézbánya, Bihar-hg., Románia). Hasonló eredete van a vezúvi (Olaszorsz.) bombák üregeiben levő kristályoknak. Másfajta képződés termékeként kristályospala-közetek repedéseiben, üregeiben is megtalálható. Így az Alpok számos pontján, vagy Kelet-Szibériában (SZU) a Viljui-folyó mentén (*wiluit*). Minthogy alakra és különböző kationhelyettesítéssel sokféle változata van, számos elnevezése ismeretes. Ezek közül a *ciprin* réz-oxidral színezett, kékeszöld színű változat, a *kolofozit* finomszemcsés, gránáttal egyes tömeg.

Zunyt, $\text{Al}_{12}[\text{AlO}_4(\text{OH,F})_{18} \cdot (\text{Cl} \cdot \text{Si}_5\text{O}_{16})]$. Szabályos hexakisztetraédres, T_d^2 — $F43m$, $a_0 = 14,01 \text{ \AA}$. $Z = 4$. Üvegfényű ($n = 1,589$ — $1,599$), áttetsző, szintelen, fehér, izotróp. $K = 7$. $S = 2,9$. Metamorf és kontakt képződésekben ritkaság. Zuny (Új-Mexikó, USA); Postmasburg (Dél-afrikai Unió).

h) csoport

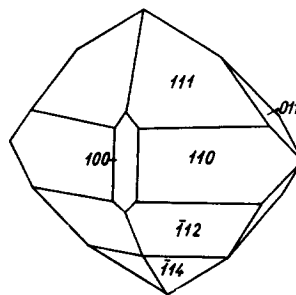
Boro-nezoszilikátok

α) DATOLIT ÉS ROKONSÁGA

81. táblázat

Név	Összetétel	Tércsoport	a_0	b_0	c_0	$\beta \angle$	Z
Datolit	$\text{CaB}[\text{OH} \cdot \text{SiO}_4]$	$C_{2h}^5 - P2_1/a$	9,66	7,64	4,83	$90^\circ 09'$	4
Homilit	$\text{Ca}_2\text{Fe}^{2+}\text{B}_2[\text{O} \cdot \text{SiO}_4]_2$	$C_{2h}^5 - P2_1/a$	9,67	7,57	4,74	$90^\circ 22'$	4
Gadolinit	$\text{Y}_2\text{FeB}_2[\text{O} \cdot \text{SiO}_4]_2$	$C_{2h}^5 - P2_1/a$	9,89	7,55	4,66	$90^\circ 33,5'$	2

Datolit, $\text{CaB}[\text{OH} \cdot \text{SiO}_4]$. Monoklin prizmás. Szerkezetében az SiO_4 és $\text{B}(\text{O} \cdot \text{OH})_4$ -tetraéderek váltakozó kapcsolódásával réteges jelleg alakul ki. Az (100) síkkal párhuzamos rétegeket 8-as (6 oxigén + 2 OH) koordinációjú Ca-atomok kapcsolják egybe. Kevés Al-ot és Fe-at tartalmazhat. *Krist.* Fennőtt kristályai formákban gazdagok. Termete izometrikus (550. ábra) vagy (100) sz. táblás. Tömött-szemcsés halmazok, kriptokristályos kérgék is gyakoriak. Hasadás nincs. $K = 5,5$. $S = 2,95$. Üvegfényű, szintelen, átlátszó. $n_\alpha = 1,626$, $n_\beta = 1,654$, $n_\gamma = 1,670$. Opt. negatív. — Hevítéskor felfúvódik, üvegszerű olvadék képződik; a lángot sárgászöldre színezi. — *Képz.* Bázi-sos magmás kőzetek repedéseiben, üregeiben utólagos keletkezésű ásvány; zeolitok, prehnit, kalcit, néha danburit kíséri, esetleg axinit is. Kontakt szkarnban, ércelérek mellékkőzetében is megjelenik.



550. ábra. Datolit

Homilit, $\text{Ca}_2\text{Fe}^{2+}\text{B}_2[\text{O} \cdot \text{SiO}_4]_2$. Monoklin prizmás, áltetragonális. Fénytörése erős, színe barna, barnásfekete. Alkálimagmás kőzetekben járulékos elegyrész. Ritka.

Gadolinit, $\text{Y}_2\text{Fe}^{2+}\text{B}_2[\text{O} \cdot \text{SiO}_4]_2$. Monoklin prizmás. Szerkezete megegyezik a datolitéval, a rácsállandók is kevésbé térnek el (l. 81. táblázat). Rácsa az Y mellett ritkaföldfémeket (Ce, La, Nd, Er, Yb) is tartalmaz, valamint Th-ot is.

Krist. Jó kristályokban ritka, alakja némileg a datolitéhoz hasonlít. Főként vaskos-leveles. Fekete, zöldesfekete, fénytelen. $K = 6,5$. $S =$ (az izotropizálódással változik) $4 - 4,7$. Optikailag pozitív, $n_\gamma = 1,785$, $n_\beta = 1,780$, $n_\alpha = 1,772$. A metamikt állapottal a törésmutató csökken. Radioaktív. HCl kocsonyásodással oldja. — Pegmatitásvány. Gránitpegmatitban egyéb ritkaföldtartalmú ásványok kísérik. Dél-Norvégiában Urstad-szig. és Hitterö (Iveland). Svédországban Ytterby, Brodbo, Finbo. Az USA-ban Llano (Texas) pegmatitjában 30—40 kg-os durva kristályok.

β) DUMORTIERIT-FÉLÉK

Dumortierit	(Al,Fe) ₇ [O ₃ ·BO ₃ (SiO ₄) ₃]	rombos
Grandidierit	(Mg,Fe) ₃ Al ₃ [O·BO ₄ ·SiO ₄]	rombos
Garrelsit	(Ba,Ca) ₂ [(BOOH) ₃ ·SiO ₄]	monoklin

Dumortierit, kristályosan ritka, rostos, sugaras, inkább tömött halmaz. $K = 7$. Selymes, üvegfényű; színe többféle: ultramarin- vagy kobaltkék, szürke, téglavörös, vérvörös. $n_\alpha = 1,678$, $n_\beta = 1,686$, $n_\gamma = 1,689$. Erősen pleokroós. Pegmatitásvány, de pneumatolitos ásványtársulásban is megjelenik. Törmelék-üledékbe is belekerül. Díszítőkö, féldrágakő. Izzáskor mullit keletkezik belőle, ezért közönségesebb tömeges előfordulásait kerámiai célra használják fel.

Grandidierit, közelebbi szerkezetvizsgálata még hiányzik. Erős fényű, zöld, kékeszöld színű ritkább pegmatitásvány.

i) csoport.

Urán-nezoszilikátok

Uranotil, uranofán, $\text{Ca}[(\text{UO}_2)_2(\text{SiO}_3\text{OH})]_2 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$. Összetétele másképpen is kifejezhető. Ezért korábbi közleményekben egyrészt — a szálas külalak alapján — lánoszilikátnak feltételezték Si_2O_6 -csoportokkal, mások pedig kettős tetraéderű szoroszilikátnak minősítették Si_2O_7 -csoporttal. Legvalószínűbb, hogy nezoszilikát, melyben az SiO_4 -tetraéder egyik csúcsát OH-ion foglalja el. — A vegyület dimorf, a másik módosulat a *β-uranotil* (*β*-uranofán).

Krist. Monoklin, a külalakon az osztályszimmetria nem állapítható meg. Rácsszimmetriája monoklin szfenoidos: $C_2^2-P2_1$. $a_0 = 15,97$, $b_0 = 7,07$, $c_0 = 6,68 \text{ \AA}$, $\beta \simeq 97^\circ 15'$. $Z = 2$. A kristályok finom tűk, keskeny hajszerű szálak, gyengén fejlett felületekkel. Tömeges, mikrokristályos, rostos halmazokban is megjelenik. Hosszirány a *b*-tengely, ezzel párhuzamosan jó hasadása van, valószínűleg (100) sz. Törékeny, $K \sim 2,5$, $S = 3,7 - 3,9$. Üvegfényű, a hasadás felülete gyöngyházfényű, a tömött-szemcsés változat fénytelen vagy viaszzerű. Citromsárga, mézsárga, sárgászöld. Opt. negatív, erősen kettőtörő; $n_\alpha = 1,64$, $n_\beta = 1,66$, $n_\gamma = 1,67$, pleokroós. Ultraibolya fényben halványzölden fluoreszkál (de a tömött változatok nem fluoreszkálnak). HCl-ban oldódik és pelyhes csapadék képződik. *Képz., lelőhely.* Felszínközelen oxidációs szintekben, főként uraninitből képződik. Nem ritkán pseudomorfóza uraninit után. Egyike a leggyakoribb másodlagos U-ásványoknak. Lelőhelyeinek száma meglehetősen nagy. Említhető Wölsendorf (Bajororsz.). Jachymov (Csehszl.), Schneeberg. Johanngeorgenstadt (Érc-hg., Szászorsz., Németorsz.). Afrikában Kasolo (Katanga, Zaire Közt.), Urugur (Tanganyika, Tanzánia), Kanadában a Nagymedve-tó, Athabasca-tó környéke, USA-ban Utah állam több pontján (Grey Dawn, Henry Mountains, Happy Jack), továbbá Új-Mexikó, Wyoming és Arizona államok feltárásaiban.

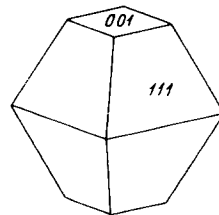
β -Uranofán (β -uranotil), $\text{Ca}[(\text{UO}_2)_2(\text{SiO}_3\text{OH})_2] \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$, monoklin prizmás. $C_{2h}^5 - P2_1/c$. — $a_0 = 6,64$, $b_0 = 15,55$, $c_0 = 2 \cdot 7,005 \text{ \AA}$, $\beta \simeq 91^\circ$. $Z = 4$. — *Krist.* Bársonyos vagy érdes felületű gömbsugaras és legyezőszerű halmazok, mm-es tűszerű kristályok. Tömött-rostos képződmények. A c -tengely a kristályok hossziránya. Iker (100) sz. Hasadás (110) sz. tökéletes $K = 2,5$ — 3 . $S = 3,9$. Sárgászöld, zöldessárga, üvegfényű, a vastos halmazok selymesek. Ultraibolya fényben zöld színnel fluoreszkál. *Képz.* Másodlagos ásvány, ugyanazon ásványtársulásban és lelőhelyeken, mint dimorf társa, az uranofán (uranotil).

Sklodowskit, $\text{Mg}[(\text{UO}_2)_2(\text{SiO}_3\text{OH})_2] \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$. Valószínűleg rombos. Szerkezete még nem ismeretes. Nagyon ritkán nagyobb, tűszerű kristály, leginkább finom szálak, szferolitos összeilleszkedéssel vagy tömött szemcsés halmaz. Hasadás hosszirányban, valószínűleg (100) szerint igen jó. $S = 3,77$. Halvány citromsárga, a rostos felület selyemfényű. Savakban oldódik, ultraibolya fényben nem fluoreszkál. — *Képz.* Másodlagos ásvány. Kovasavas deszcendens oldatok hatására főként uraninitből vagy korábban keletkezett egyéb másodlagos uránásványból képződhet. Eredetileg a katangai (Zaire Közt.) bányákban ismerték fel. Típusos kísérők: kasolit, soddyit, uranofán, curit, torbernit, pl. Kasolo (Katanga, Zaire Közt.). Az USA-ban is több lelőhelye ismeretes: Grants (Új-Mexikó), Fruita és Honeycomb Hills (Utah), New Haven (Wyoming).

Kuprosklodowskit, $\text{Cu}[(\text{UO}_2)_2(\text{SiO}_3\text{OH})_2] \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$. Szimmetriája még nem ismert. Valószínűleg izotíp az uranofánnal, s így rombos vagy monoklin. Vékony kéreg és filmszerű bevonat, sugaras-rostos struktúrával. Máskor finom szálú apró kristályok, gömbsugarasan rendezettek. A hosszanti irányban (100) sz. hasad, $S \sim 3,5$. Fűzöld, gyengén sárgászöld, pleokroós. Ultraibolya fényben nem fluoreszkál, másodlagos ásvány. A katangai (Zaire Közt.) Kalongwe-n ismerték fel. Számos uránércfejtőhelyről előkerült. Jachymov (Csehszl.), kanadai bányák, utahi fejtőhelyek (USA) említhetők.

Soddyit, $[(\text{UO}_2)_2\text{SiO}_4] \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$, rombos dipiramisos. $D_{2h}^{24} - Fddd$. $a_0 = 8,32$, $b_0 = 11,21$, $c_0 = 18,71 \text{ \AA}$. $Z = 3$. Különálló kristályok dipiramisos termettel (551. ábra), de földes, tömött, vékony ereket kitöltő haránt rostozott halmazban gyakoribb. Hasadás (001) sz. tökéletes, (111) sz. jó. $K = 3,5$. $S = 4,7$. Opak kristálya kanárisárga — fakósárga, ha átlátszó: borostyánkőssárga. Élénk üvegfényű, a zavaros halmazok fénytelenek, földesek. $n_\alpha = 1,715$, $n_\beta = 1,685$, $n_\gamma = 1,650$. Pleokroós. HCl-ban oldódik és kovagél képződik. Ultraibolya fényben narancssárgán fluoreszkál.

Képz. Másodlagos ásvány. Eredetileg a katangai (Kongó Közt.) Kasoloról írták le, ahol curittal vegyesen tömött kéreg, rostos érkitöltés formájában került elő. Később számos U-lelőhelyről ismertté vált. Orange-folyótól (Dél-afrikai Unió) délre a Norrabee-pegmatitban pseudomorfóza uraninit után. Honeycomb Hills (Utah), Steel City (Arizona), Jack Pile (Új-Mexikó) és Lucky Mc Mine (Wyoming, USA).



551. ábra. Soddyit

Kasolit, $\text{Pb}[\text{UO}_2 \cdot \text{SiO}_4] \cdot \text{H}_2\text{O}$. Összetételében kevés Ba- és Cu is helyettesíthet. Monoklin prizmás, $C_{2h}^5-P2_1/a$. — $a_0 = 13,31$, $b_0 = 7,02$, $c_0 = 6,72$ Å. $\beta \sphericalangle 104^\circ 42'$. $Z = 4$. — *Krist.* A kristályok néhány mm-nél ritkán nagyobbak, a b -tengely szerint megnyúlt prizmásak, néha lécesek-táblásak. Máskor tömött-szemcsés vagy gumyszerű kéreg. Hasadás (001) sz. igen jó, $K = 4,5$, $S = 5,96$. Fénytörése gyémántszerűen erős; okkersárga—barnássárga, ritkábban zöldes-vagy narancssárga. Nagyon gyengén pleokroós. $n_\gamma = 1,880$, $n_\beta = 1,877$, $n_\alpha = 1,935$. Opt. pozitív. Savak oldják, kovagél keletkezik, megömlesztve sötét, üveges tömeggé merevedik. Ultraibolya fényben nem fluoreszkál.

Képz. Eredetileg a katangai (Zaire Közt.) Kasolo-bánya oxidációs övéből került elő. Másodlagos ásvány. A bajorországi (Németorsz.) Wölsendorf-on, a franciaországi Puy-de-Dôme feltárásaiban, a kanadai U-érctelepeken és más lelőhelyeken is megtalálható.

B. ALOSZTÁLY

SZORO- (CSOPORT-) SZILIKÁTOK

A szoroszilikátok a kapcsolt SiO_4 -tetraéderek száma, illetőleg a kapcsolódás jellege szerint két főcsoportra tagolhatók. Az első főcsoportot a neoszilikátokhoz még közelebb álló Si_2O_7 -tel felépített szerkezetek, míg a második (népesebb) együttest a gyűrű alakú egységeket tartalmazó, $[\text{Si}_n\text{O}_{3n}]$ általános képlettel jellemezhető ún. *gyűrűs* szilikátok alkotják.

I. FŐCSOPORT

SZOROSZILIKÁTOK Si_2O_7 KETTŐS TETRAÉDER-CSOPORTTAL

82. táblázat

Név	Összetétel	Krist. osztály
<i>α) Thortveitit-sor</i>		
Thortveitit	$\text{Sc}_2[\text{Si}_2\text{O}_7]$	monoklin prizm.
Thalenit	$\text{Y}_2[\text{Si}_2\text{O}_7]$	monoklin
Rankinit	$\text{Ca}_3[\text{Si}_2\text{O}_7]$	monoklin prizm.
Bariszilit	$\text{Pb}_3[\text{Si}_2\text{O}_7]$	trigonális romboéderez
<i>β) Melilit-sor</i>		
Gehlenit	$\text{Ca}_2\text{Al}[(\text{Si},\text{Al})_2\text{O}_7]$	} tetragonális szkalenoéderez
Melilit	$(\text{Ca},\text{Na})_2(\text{Al},\text{Mg})[(\text{Si},\text{Al})_2\text{O}_7]$	
Åkermanit	$\text{Ca}_2\text{Mg}[\text{Si}_2\text{O}_7]$	
Hardystonit	$\text{Ca}_2\text{Zn}[\text{Si}_2\text{O}_7]$	
Melinofán	$(\text{Ca},\text{Na})_2(\text{Be},\text{Al})[\text{Si}_2\text{O}_6\text{F}]$	tetragonális
Barilit	$\text{BaBe}_2[\text{Si}_2\text{O}_7]$	rombos
<i>γ) Asztrofillit—nasonit-sor</i>		
Asztrofillit	$(\text{K}_2\text{Na}_2\text{Ca})(\text{Fe}^{2+},\text{Mn})_4(\text{Ti},\text{Zr})[(\text{OH}\cdot\text{Si}_2\text{O}_7)_2]$	triklin
Harstigit	$(\text{Ca},\text{Mn},\text{Mg})_8\text{Al}_2[(\text{OH})_4(\text{Si}_2\text{O}_7)_3]$	rombos
Cuspidin	$\text{Ca}_4[(\text{F},\text{OH})_2\cdot\text{Si}_2\text{O}_7]$	monoklin prizm.
Tilleyit	$\text{Ca}_5[(\text{CO}_3)_2\cdot\text{Si}_2\text{O}_7]$	monoklin prizm.
Nasonit	$\text{Pb}_6\text{Ca}_4[\text{Cl}_2(\text{Si}_2\text{O}_7)_3]$	hexagonális
Ganomalit	$\text{Pb}_6\text{Ca}_4[(\text{OH})_2\cdot(\text{Si}_2\text{O}_7)_3]$	hexagonális
<i>δ) Hemimorfít-sor</i>		
Hemimorfít	$\text{Zn}_4[(\text{OH})_2\text{Si}_2\text{O}_7]\cdot\text{H}_2\text{O}$	rombos hemim.
Klinoedrit	$\text{Ca}_2\text{Zn}_2[(\text{OH})_2\text{Si}_2\text{O}_7]\cdot\text{H}_2\text{O}$	monoklin dómás
<i>ε) Lievrit—lawsonit-sor</i>		
Lievrit	$\text{CaFe}_2^+\text{Fe}^{3+}[\text{OH}\cdot\text{O}\cdot\text{Si}_2\text{O}_7]$	rombos dipiram.
Lawsonit	$\text{CaAl}_2[(\text{OH})_2\text{Si}_2\text{O}_7]\cdot\text{H}_2\text{O}$	rombos diszfenoidos

α) THORTVEITIT-SOR

Thortveitit, $\text{Sc}_2[\text{Si}_2\text{O}_7]$. Összetételében a Sc-ot részben Y és Er helyettesítheti. Monoklin prizmás, C_{2h}^3-C2/m . $a_0 = 6,57$, $b_0 = 8,60$, $c_0 = 4,75$ Å, $\beta \approx 103^\circ 08'$. $Z = 2$. Szerkezetében az Si_2O_7 - csoportokat ScO_6 -oktaéderek kapcsolják össze, melyek egymással három él mentén csatlakoznak. — *Krist.* Több cm-es kristályok, c -tengely szerint nyúlt oszlopos termettel. $K = 6-7$, $S = 3,6$. Szín: szürkészöld—barnásfekete. Fénytörése nagy: $n_\gamma = 1,805$, $n_\beta = 1,790$, $n_\alpha = 1,753$. Opt. negatív, tengelysík párhuzamos (010)-l-al. Mai ismereteink szerint a Sc-ban leggazdagabb ásvány (Sc-tartalma 33%). *Képz.* Típusosan pegmatitásvány. Dél-norvégiai pegmatitokban gyakori.

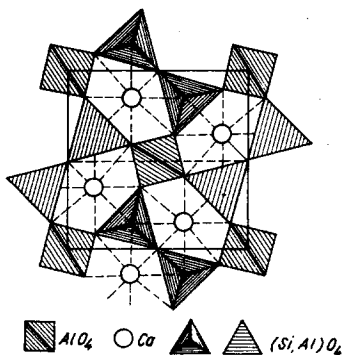
Thalenit, $\text{Y}_2[\text{Si}_2\text{O}_7]$. Izomorf a thortveitittel. Az Y-tartalom túlsúlyával Sc-ot is tartalmaz. Üvegfényű, vörös—barnászvörös. $K = 6,5$. $S = 4,4$. Képződése ua., mint a thortveitité, de sokkal ritkább.

Rankinit $\text{Ca}_3[\text{Si}_2\text{O}_7]$. Monoklin prizmás, $C_{2h}^2-P2_1/a$. $a_0 = 10,55$, $b_0 = 8,88$, $c_0 = 7,85$ Å. $\beta \approx 120^\circ 6'$. $Z = 4$. — Színtelen vagy fehér kristályos-szemcsés halmazok. $K = 5,5$, $S = 2,86$. Fénytörés, kettőtörés közepes, opt. pozitív. — A kontaktpneumatolitos szkarparagenezis tagja.

Bariszilit $\text{Pb}_3[\text{Si}_2\text{O}_7]$, trigonális romboéderez. Szerkezete még nem ismert. Fehér, $K = 3$. $S = 6,7$. Fénytörése igen erős: $\omega = 2,03$, $\varepsilon = 2,01$. — Gyertyalángban megolvad; kontaktmetaszomatikus társulásban találják; ritkaság.

β) MELILIT-SOR

A szorosabb értelemben vett melilitfélék két szélső tag: a $\text{Ca}_2\text{Al}[(\text{Si},\text{Al})_2\text{O}_7]$ *gehlenit* és a $\text{Ca}_2\text{Mg}[\text{Si}_2\text{O}_7]$ *åkermanit* elegyedésével, ill. a rács bizonyos helyettesítéseivel jönnek létre. A szerkezet képét az 552. ábra szemlélteti. A rács lényegében tetraéderek hálózata. E tetraéderek kétfélék: a cellasarkokon és lapközépen (a rajzban élen álló) egyes tetraédereket látunk, belsejükben Mg-, vagy Al- (az izotíp változatban Zn-) kationnal: ezeknek mind a négy csúcsa ugyancsak tetraéderekkel csatlakozik. A másik egység kettesével kapcsolt, a rajz szerint csúccsal lefelé vagy felfelé álló Si_2O_7 - vagy SiAlO_7 -csoport, melyben csak 3 oxigén közös a szomszéd tetraéderrel, a 4.-ik szabadon marad, ill. ahhoz a másodrendű kation (Ca) kapcsolódik. Tehát a tetraédes hálózat fölös töltésének kiegyenlítése Ca- (részben Na-) ionnal történik, mely 8-as koordinációval épül be a szerkezet hézagaiba. A tetraéderhálózat (001) szerinti egymásra sorakozásából sajátos réteges építmény áll elő. A szerkezetet ezért korábban a filloszilikátokhoz soroltuk be.



552. ábra.
Melilit-szerkezet vetülete
a (001) síkra

Az izomorf sor szélső tagjainak elegyedésére az jellemző, hogy mind a 8-as, mind a 4-es koordinációban további kation-helyettesítések lehetségesek:

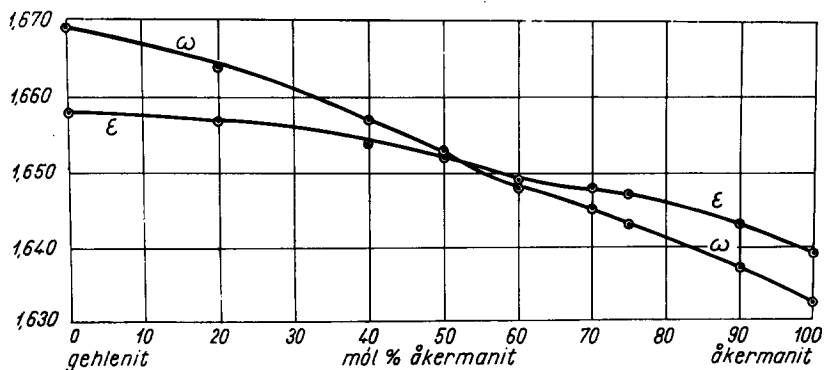
83. táblázat

Név	Összetétel	Tércsop.	Rácsállandó		Z	Fénytörés		Opt. jelleg
			a_o	c_o		ω	ε	
Gehlenit	$\text{Ca}_2\text{Al}[(\text{Si},\text{Al})_2\text{O}_7]$	$D_{2d}^3\text{-}\overline{P42}1m$	7,71	5,11	2	1,669	1,658	—
Melilit	$(\text{Ca},\text{Na},\text{K})_2(\text{Mg},\text{Fe}^{2+},\text{Fe}^{3+},\text{Al})[(\text{Si},\text{Al})_2\text{O}_7]$	$D_{2d}^3\text{-}\overline{P42}1m$	7,74	5,02	2	1,661	1,650	—
Åkermanit	$\text{Ca}_2\text{Mg}[\text{Si}_2\text{O}_7]$	$D_{2d}^3\text{-}\overline{P42}1m$	7,84	5,01	2	1,632	1,640	+

A természetben a közbülső elegyalak, a melilit a legelterjedtebb ásvány, a gehlenit ritkább, az åkermanit csak egyes paragenézisekben jelenik meg. Különben az Al—Fe—Mg-tartalmú változatok a műtermékekben, klinkerben, kohósalakban gyakran képződnek.

Gehlenit, $\text{Ca}_2\text{Al}[(\text{Si},\text{Al})_2\text{O}_7]$. Tetragonális szkalenoédes. Kristályai zömök prizmák, a kubooktaéderre emlékeztető formák vagy táblák. Rendesen bennőtt, kristályos, szemcsés laza halmazok. Hasadás (001) sz. jó, (110) sz. kevésbé jó. Iker (100) sz. $K = 5,5\text{—}6$. $S = 3,04$. Gyantafényű, színtelen, szürke, szürkészöld, barna. Olv. p. $1590\text{ }^\circ\text{C}$. Kongruensen olvad. HCl-ban kocsonyásan oldódik. — Mesterségesen viszonylag könnyen előállítható, főképpen a Na-gehlenit ($\text{NaCaAlSi}_2\text{O}_7$). Másik gyakori szintetizált fázis a vasgehlenit ($\text{Ca}_2\text{Fe}^{3+}\text{AlSiO}_7$), melynek olvadáspontja $1285\text{ }^\circ\text{C}$. — Természetes képződéssel főképp mészkő-kontaktusok ásványtársulásaiban vagy agyagos mészkövek nagyobb hőmérsékletű termális metamorfózisakor keletkezik. Oravián vezuviánnal a Bánsági kontaktvidéken (Románia), Mte Monzoni (Val di Fassa = Fassatal, Tirol, Olaszorsz.), Valardena (Mexikó). — Kohósalakban gyakori termék.

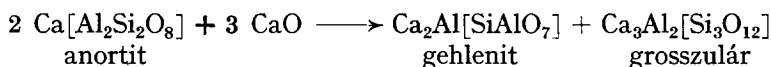
Melilit, $(\text{Ca},\text{Na},\text{K})_2(\text{Mg},\text{Fe}^{2+},\text{Fe}^{3+},\text{Al})[(\text{Si},\text{Al})_2\text{O}_7]$. A gehlenit és åkermanit elegykristálya alkálitartalommal. Tetragonális szkalenoédes. *Krist.* Formákban szegény, igénytelen négyzetes kristályok. Hasadás (001) sz. jó, (110) sz. kevésbé jó. $K = 5\text{—}6$. $S = 2,95\text{—}3,05$. Üveg-gyantafényű. Mézsárga, barna, zöldesbarna. Vékonycsiszolatban színtelen. Belseje zavaros, emiatt javarészt áttetsző. Vastagabb metszete pleokroós lehet. Az elegyösszetétel — folyamatos elegyedéssel — széles határok közt változhat, és változnak az optikai állandók is, mint azt az 553. ábra diagramja mutatja. Látható, hogy egyrészt az åkermanittartalom növekedésével a törésmutatók csökkennek, másrészt a Ge 45% — $Åk$ 55% táján a két görbe keresztezi egymást: ettől jobbra pozitív, balra negatív jellegű az ásvány. A negatív gehlenit erősebben kettőtörő, mint a pozitív åkermanitos kristály, viszont a jelzett elegyaránynál a kettőtörés megszűnik ($\omega = \varepsilon \cong 1,650$), a kristály *izotrop*pá válik. — Olv. pontja a gehlenité ($1590\text{ }^\circ\text{C}$) és åkermanité ($1454\text{ }^\circ\text{C}$) közé esik, nagyobb Fe-, főként Na-, K-tartalom esetén azonban az olv. p. jelentősen ($\sim 1100\text{—}1200\text{ }^\circ\text{C}$) lecsökken. Híg sósav hidegen is elkocsonyásítja.



553. ábra. A melilit fénytani állandóinak változása

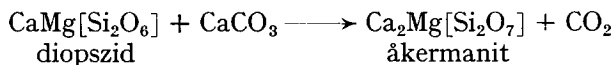
Képz., lelőhely. 1. A melilit a kontaktmészkövekben termális metamorfózis hatására kialakult ásványtársulásnak jellemző ásványa. Mte Monzoni (Val di Fassa; Tirol, Olaszorsz.), Kaiserstuhl-hegys., Baden (Württemberg, Németorsz.).

2. Gyakori mint reakciótermék bázisos magma és karbonátkőzet egymásrahatásakor: szép fennőtt kristályok a Vezuv bombáiban, neves lelőhely Scawt Hill (Antrim County, É-Irország, U. K.), ahol a mészkővel érintkező dolerit anortitjából keletkezett (grosszulárral együtt):



Hasonló Iron Hill (Colorado, USA). — 3. Bázisos, Ca-ban gazdag és alkáliákban szegény kőzetek gyakori elegyrésze, legtöbbször földpáthelyettesítő szerepe van: melilitbazaltban, melilitleucitban, tefritben, nefelinitben. Az olasz félsziget vulkanitjaiban a Capo di Bove, a Monte Cimino, a Lago di Bracciano környéki kőzetekben; a Mariánské Lázně (Csehszl.) melletti bazaltban, az Eifel-hegys. (Németorsz.) bazaltos láváiban.

Az åkermanit a természetben nem gyakori ásvány. A vizsgálatok szerint esetenként fontos „jelző”-ásvány szerepe van pl. a metamorf szanidinitfázisban. Kovasavas (tűzköves) dolomitkőzetek metamorfózisának előrehaladásakor diopszidból keletkezhet:



Kohósalakokban különösen a ferriåkermanit $\text{Ca}_2\text{Fe}^{3+}[\text{AlSiO}_7]$ elegyváltozat gyakran és tömegesen képződik.

Hardystonit, $\text{Ca}_2\text{Zn}[\text{Si}_2\text{O}_7]$. Tetragonális szkalenoéderez. D_{3d}^2 — $P4_2/m$. $a_0 = 7,85$, $c_0 = 5,00$ Å. $Z = 2$. Szerkezete gehlenitrács: „cinkmelilit”. Durvább szemcsés tömegek metamorf mészkőben. Hasadás (001) sz. $K = 3-4$. $S = 3,4$. Színtelen, fehér. Fénytörése: $\omega = 1,672$, $\epsilon = 1,661$, a gehlenit-szerkezetnek megfelelően opt. negatív. — Franklin (New Jersey, USA).

Melinofán, $(\text{Ca}, \text{Na})_2(\text{Be}, \text{Al})[\text{Si}_2\text{O}_6\text{F}]$. Tetragonális, tércsopt. még bizonytalan (S_4^1 — $P4$ vagy D_{2d}^2 — $P42_1m$). $a_0 = 10,60$, $c_0 = 9,90$ Å. $Z = 8$. — Más felállításban: $a'_0 = \frac{1}{2} a_0 \sqrt{2} = 7,49$, $c'_0 = \frac{1}{2} c_0 = 4,95$ Å és $Z = 2$. Utóbbi esetben a melilitrokonság (izotípiá) kerül előtérbe. Kristályain alak alig határozható meg. $K = 5$ — $5,5$. $S = 3,0$. Sárga, sárgászörös. Erősen kettőtörő, opt. negatív. — Alkáliegmatitok ásványtársulásának ritkább tagja. — Társa a *leukofán*, $(\text{Ca}, \text{Na})_2\text{Be}[\text{Si}_2\text{O}_6(\text{OH}, \text{F})]$, rombos diszfenoidos, mely az alig eltérő összetétel ellenére szintelen vagy halványan színezett (innen az elnevezés „fehérnek látszó”).

γ) ASZTROFILLIT—NASONIT-SOR

Változatos kationrészvétellel felépített, Si_2O_7 -csoportot tartalmazó szorozsilikátok. A szerkezet, illetőleg tércsoport még számos esetben ismeretlen.

Asztrofillit, $(\text{K}_2, \text{Na}_2, \text{Ca})(\text{Fe}^{2+}, \text{Mn})_4(\text{Ti}, \text{Zr})[\text{OH} \cdot \text{Si}_2\text{O}_7]_2$, pszeudomonoklin-triklin. $a_0 = 11,72$, $b_0 = 5,41$, $c_0 = 21,14$ Å, $\beta \sphericalangle 94^\circ$. Összetételében a Fe : Mn arány nagyon változó; tartalmazhat Ba-ot, Mg-ot, Al-ot és Nb-ot is. *Krist.* Jó kristály ritka, inkább csak lemezes vagy a b -tengely sz. hosszúra nyúlt, tűs alak; csillag alakú halmazok gyakoriak. $K = 3$ — $3,5$. $S = 3,30$. Hasadás (100) sz. tökéletes. Bronzbarna, aransárga, üvegfényű, hasadási lapon gyöngyházfényű, $n_\gamma = 1,733$, $n_\beta = 1,703$, $n_\alpha = 1,678$. Opt. pozitív. — Lángban fekete mágneses golyóvá olvad, HCl-ban és H_2SO_4 -ban elbomlik. — *Képz.* Alkáli-szienitben akcesszorikus elegyrész cirkonnal, titanittal. Alkáliegmatitokban nagyobb kristályos, lemezes és gömbsugaras halmazok, főként a Langesund-fjord szigetein (Norvégia).

Kupletskit, $(\text{K}_2, \text{Na}_2, \text{Ca})(\text{Mn}, \text{Fe}^{2+})_4(\text{Ti}, \text{Zr})[\text{OH} \cdot \text{Si}_2\text{O}_7]_2$, triklin, lényegileg az asztrofillit Mn-ban gazdagabb elegyváltozata.

Harstigit, $(\text{Ca}, \text{Mn}, \text{Mg})_3\text{Al}_2[(\text{OH})_4 \cdot (\text{Si}_2\text{O}_7)_3]$, rombos, szintelen vagy fehér, üvegfényű. $K = 5,5$, $S = 3,0$. A kontaktpneumatolitos társulás ritkább tagja.

Cuspidin, $\text{Ca}_4[(\text{F}, \text{OH})_2\text{Si}_2\text{O}_7]$. Monoklin prizmás, C_{2h}^2 — $P2_1/a$. — $a_0 = 10,85$, $b_0 = 10,43$, $c_0 = 7,55$ Å. $\beta \sphericalangle 110^\circ 04'$. Szintelen, fehér, világos rózsaszín; egyszerű formák, főként bennőtt kristályok. $K = 5$ — 6 , $S = 2,9$. Ca-dús vulkáni kőzetek és kontakt-szkarn paragenézis ásványa.

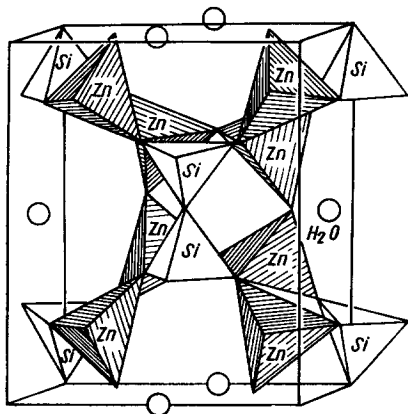
Tilleyit, $\text{Ca}_5[(\text{CO}_3)_2\text{Si}_2\text{O}_7]$, monoklin prizmás, C_{2h}^2 — $P2_1/a$. $a_0 = 15,02$, $b_0 = 10,27$, $c_0 = 7,63$ Å. $\beta \sphericalangle 105^\circ 50'$. $Z = 4$. Összetétele így is írható: $\text{Ca}_3\text{Si}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{CaCO}_3$. Szintelen vagy fehér, erős üvegfénnyel. $K = 3$. $S = 2,84$. Kontaktmetamorf társulás tagja.

Nasonit, $\text{Pb}_6\text{Ca}_4[\text{Cl}_2(\text{Si}_2\text{O}_7)_3]$. Hexagonális, valószínűleg paramorf: C_{6h}^2 — $P6_3/m$. $a_0 = 10,08$, $c_0 = 13,27$ Å. $Z = 2$. Fehér szemcsék, szemcsés halmazok. Fénytörése ólomtartalma folytán nagy, kettőtörése közepes: $\omega = 1,917$, $\varepsilon = 1,927$. $K = 3$. $S = 5,43$. Kontakt- és regionális metamorf környezetben képződik.

Ganomalit, $\text{Pb}_6\text{Ca}_4[(\text{OH})_2 \cdot (\text{Si}_2\text{O}_7)_3]$. A jelek szerint hexagonális, a nasonitnak Cl nélküli, illetőleg OH-tartalmú társa. Színtelen vagy enyhén színezett. $K = 3$, $S = 5,74$. Könnyen (már gyertyalángban is) megolvad. Képződése a nasonitéval egyezik.

δ) HEMIMORFIT-SOR

Hemimorfit, *kalamin*, *kovagálma*, $\text{Zn}_4[(\text{OH})_2\text{Si}_2\text{O}_7] \cdot \text{H}_2\text{O}$. Összetétele súlyszázalékban: ZnO 67,5%, SiO_2 25%, H_2O 7,5%. Rombos hemimorf. Szerkezetében Si_2O_7 -es kettős csoportok és az ezeket összekötő $\text{ZnO}_3(\text{OH})$ -tetraéderek kapcsolódnak össze (554. ábra). Lényegében tehát tisztán tetraédes koordinációból felépített, geometriailag egyparaméteres rácsa van, és az Si_2O_7 -es tetraéderpár csak kémiai van elszigetelt helyzetben. A Zn-tetraéderek a OH-csoportokon át kapcsolódnak egymással, e tetraéder többi csúcspontjaiban pedig az oxigénatomok hármas hídállásban vannak, vagyis 1 Si- és 2 Zn-atomhoz tartoznak egyszerre. A szerkezet H_2O -molekulái pedig mindkét kationtól távol, az állványzat semleges tereit töltik be. A víztartalomnak ez a része 500°-ig melegítéskor egyenletesen eltávozik anélkül, hogy a kristály optikai saját

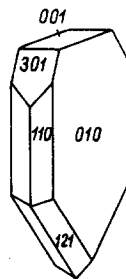


554. ábra. Hemimorfit-szerkezet

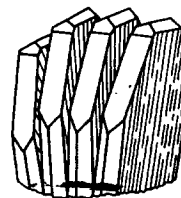
ságai változnának. Nagyobb hőmérsékleten a OH is kilép, s a rács felbomlik. Tércs. C_{2v}^{20} —*Imm*2. $a_c = 10,72$, $b_o = 8,40$, $c_o = 5,12$ Å. $Z = 2$.

Krist. Apró kristályai formákban elég gazdagok, az oldallap szerint kissé táblásak. A fejlettebb kristályokon a hemimorfia jól kifejezésre jut (555. ábra). Legtöbbször csoportosan (556. ábra), fennőtt, tarajos kialakulásban összeálló bekérgezéseket vagy szemcsés-vaskos halmazokat alkot. A (001) sz. gyakori ikerösszenövés látszólag szimmetriacentrumot létesít. Hasadása (110) sz. tökéletes. $K = 5$, $S = 3,3$ — $3,5$. Piroelektromos; üvegfényű, hasadási lapon gyöngyházfényű, színtelen vagy enyhén színezett. $n_\gamma = 1,636$, $n_\beta = 1,617$, $n_\alpha = 1,614$. Opt. pozitív, $2V = 46^\circ$. Lángban nehezen olvad, szénen Zn-verődéket ad, HCl kovakocsonya-képződéssel oldja.

Képz., lelőhely. Cinkérctelepeken szfalerit másodlagos átalakulási terméke, legtöbbször smithsonittal, ce-



555. ábra. Hemimorfit



556. ábra. Hemimorfit kristálycsoport

russzittal, limonittal és más oxidációs zónabeli ásvánnyal együtt képződik. Nagyobb felszaporodásban fontos cinkérc. Régebben a Zn-fém kinyerése csakis a másodlagos „gálmákból” történt. — Lelőhelyek száma igen nagy. A Kárpát-övezetben leggazdagabb lelőhelye Băița (Rézbánya, Bihar-hg., Románia) volt, említhető Dognața (Dognácska) és Oravița (Oravica) a bánági (Románia) kontaktvidéken, Jelšava (Jolsva, Szlovák Érchg.). Jelentős Tarnowskie Góry (Tarnowitz) és Olkusz (Lengyelország), Bleiberg (Karintia, Ausztria), a SZU-ban K-Transzbajkália számos feltárásában jelentős kristályos tömegek. Közép-Kazahsztánban ugyancsak több gazdag lelőhely ismeretes.

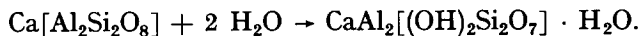
Klinoedrit, $\text{Ca}_2\text{Zn}_2[(\text{OH})_2\text{Si}_2\text{O}_7] \cdot \text{H}_2\text{O}$, monoklin dómás. Az eltérő szimmetria ellenére a rácsállandók a hemimorfithoz hasonló szerkezet mellett tanúszkodnak: $a_0 = 5,43$, $b_0 = 15,94$, $c_0 = 5,24 \text{ \AA}$, $\beta \simeq 103^\circ 56'$. $Z = 2$. Apró kristályok változatos termettel. Hasadás (010) sz. tökéletes. $K = 5,5$, $S = 3,33$. Üvegfényű, fehér, halványibolya. Piroelektromos. Lángban felleveledzik. Sósav kocsonyásan oldja. — Kontaktmetaszomatikus—metamorf telepeken másodlagos ásvány. Franklin (New Jersey, USA).

e) LIEVRIT-SOR

Lievrít, *ilvait*, $\text{CaFe}_2^+\text{Fe}^{3+}[\text{OH} \cdot \text{O} \cdot \text{Si}_2\text{O}_7]$. Vegyi összetételében a Fe-at több-kevesebb Mn helyettesítheti. Rombos dipiramisos, D_{2h}^{16} — $Pcmm$, $a_0 = 8,84$, $b_0 = 5,87$, $c_0 = 13,10 \text{ \AA}$. $Z = 4$. Rácsa némileg rokon az epidittal, de a felépítése ennél egyszerűbb. *Krist.* Nagyrészt prizmás termetű kristályok, hosszirányban rostozással. Leginkább szabálytalan szemek, szemcsés halmazok. Hasadás (010) sz. igen jó, a másik két rombos véglap szerint kevésbé. $K = 5,5$ — 6 . $S = 3,8$ — $4,1$. Üvegfényű, kissé fémes. Barnásfekete, vasfekete. Nagyoobrészt opak, de vékonycsiszolatban barnán áttetsző lehet. Fénytörése erős ($\sim 1,9$). *Ércm.* Tompa szürkésfehér, kissé rózsás. Közepes reflexióképesség mellett a pleokroizmusa erős, de kevésbé élénk színű. Anizotrópiája erős, a szín narancsvörös. Belső reflexe vörösbarna. — Lángban mágneses gömbbé olvad, HCl-ban kovakocsonya-képződéssel oldódik. — *Képz.* Kontaktpneumatolitos vasérc-telepet kísérő szkarnparagenezis tagja, andradit, hedenbergit a leggyakoribb kísérői. Eredeti lelőhelye Elba (Olaszorsz.). Szép kristályok a bánági (Románia) kontakttársulásban és a Közép-Uralban (SZU) a Turinszk környéki hedenbergit-szkarnban.

Lawsonit, $\text{CaAl}_2[(\text{OH})_2\text{Si}_2\text{O}_7] \cdot \text{H}_2\text{O}$. Rombos diszfenoidos, D_2^5 — $C222_1$. $a_0 = 8,90$, $b_0 = 5,76$, $c_0 = 13,33 \text{ \AA}$. $Z = 4$. Szerkezetileg rokon a lievríttel, amit a közeli rácsállandók is jeleznek. — *Krist.* A (010) szerint kissé táblás v. zömök prizmás kristályok. Leginkább szemcsés. Hasadás (100) és (010) sz. tökéletes, (101)sz. kevésbé. $K = 6$. $S = 3,05$. Színtelen, fehér, kékeszürke, kékeszöld. $n_\alpha = 1,665$, $n_\beta = 1,674$, $n_\gamma = 1,685$, tengelysík (010); $2 V_\gamma = 76^\circ$ — 87° . Tengelydiszperzió $r > v$ nagyon erős. — *Képz.* A kisebb hőmérsékletű metamorf ásványtársulás tagja. Viszonylag ritka ásvány, de egyes epizónás kőzetek-

ben gyakran megtalálható, a glaukofánpalának pedig állandó elegyrésze. Keletkezik gabbrók és doleritek saussuritesedésekor a plagioklászok anortitkomponenséből:



A palás kőzetekben leginkább pumpellyit és epidot kíséri.

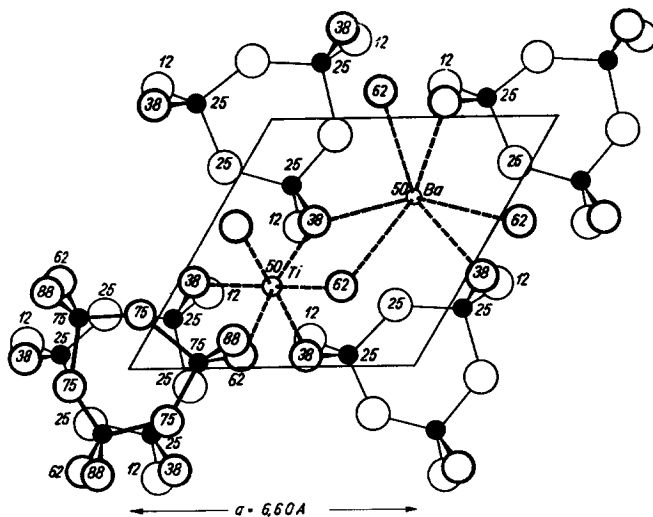
2. FŐCSOPORT

GYŰRŰS SZOROSZILIKÁTOK („CIKLOSZILIKÁTOK”)

a) Szoroszilikátok Si_3O_9 -es gyűrű alakú csoportokkal

Benitoit	$\text{BaTi}[\text{Si}_3\text{O}_9]$	ditrigonális dipiramisos
Wadeit	$\text{K}_2\text{Zr}[\text{Si}_3\text{O}_9]$	hexagonális dipiramisos
Katapleit	$\text{Na}_2\text{Zr}[\text{Si}_3\text{O}_9] \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$	dihexagon. dipiram.
Eudialit	$(\text{Na}, \text{Ca}, \text{Fe})_6\text{Zr}[(\text{OH}, \text{Cl})(\text{Si}_3\text{O}_9)_2]$	ditrig. szkalenoéderez
Cappelenit	$(\text{Ba}, \text{Ca}, \text{Ce}, \text{Na})_3(\text{Y}, \text{La})_6[(\text{BO}_3)_6 \cdot \text{Si}_3\text{O}_9]$	hexagonális
Tritomit	$\text{Ca}_3(\text{La}, \text{Ce})_3\text{Zr}_3[\text{F}_6(\text{BO}_3)_3(\text{Si}_3\text{O}_9)_2]$	hexagonális

Benitoit, $\text{BaTi}[\text{Si}_3\text{O}_9]$, ditrigonális dipiramisos. Gyűrű alakú $[\text{Si}_3\text{O}_9]$ tetraédercsoportokból felépített szerkezetét az 557. ábra szemlélteti. A Ti oktaéderez és a Ba szintén hatos, de trigonális prizmás koordináció szerint helyezkedik be az oxigénatomok közé. Téracs. $D_{3h}^2 - C6c2$. $Z = 2$. $a_0 = 6,60$, $c_0 = 9,73$ Å.



557. ábra. Benitoit-szerkezet (001) szerinti vetülete

$K = 6,5$, $S = 3,7$. Kékes színű, áttetsző kristályai zömök dipiramisos termékek. $\omega = 1,757$, $\varepsilon = 1,804$. A californiai (USA) San Benito folyó mellett bázisos pegmatitból került elő.

Wadeit, $\text{K}_2\text{Zr}[\text{Si}_3\text{O}_9]$. Hexagonális paramorf. $C_{6h}^2-P6_3/m$. $a_0 = 6,88$, $c_0 = 10,16$ Å. $Z = 2$. Rácса azonos a benitoitéval. Színtelen v. fehér. Járulékos ásvány alkálimagmás kőzetben.

Katapleit, $\text{Na}_2\text{Zr}[\text{Si}_3\text{O}_9] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Hexagonális holoéderes. $D_{6h}^4-P6_3/mmc$. — $a_0 = 7,40$, $c_0 = 10,07$ Å. $Z = 2$. — Közönséges hőmérsékleten a szimmetria gyengén monoklinra torzul, csak 139° felett teljesen hexagonális. Kristályai egyszerű oszlopok, sárgák, barnásak, néha kékre színezettek. $K = 6$, $S = 2,8$. Rendkívül erősen kettőtörő: $\varepsilon = 1,627$, $\omega = 1,591$. — Alkálipegmatitok ásványtársulásának ritkább tagja.

Eudialit, $(\text{Na}, \text{Ca}, \text{Fe})_6\text{Zr}[(\text{OH}, \text{Cl})(\text{Si}_3\text{O}_9)_2]$, ditrigonális szkalenoéderes, $D_{3d}^5-R\bar{3}m$. $a_0 = 14,34$, $c_0 = 30,21$ Å. Szerkezete egyezik a katapleitével, a rácsállandók ennek többszöröse (a_0 kétszeres, c_0 háromszoros), így Z is nagy: 12. *Krist.* Vastag táblás, lemezes, ritkábban prizmás kristályok; uralkodó forma a (0001) bázis, az (10 $\bar{1}$ 1) és (10 $\bar{1}$ 3) romboéderek. Szabálytalan szemcsék, ritkábban tömött halmazok. Hasadás (0001) sz. alig észlelhető, $K = 5,5$, $S = 2,8-2,9$. Rózsaszín, málnavörös, vörösbarna, sárgásbarna. Üvegfényű. Gyengén kettőtörő, pleokroós. Könnyen megolvad, savak oldják.

Képz. Alkálimagmás intruzív kőzetekben (főleg eleolitszienitekben), még inkább ezek pegmatitjaiban otthonos. Egyes kőzetfajtákban mennyisége alapján kőzetalkotó elegyrésznek számít, s cirkóniumkinyerésre alkalmas nyersanyag lehet. — Változata az *eukolit*, mely bővebben tartalmaz Nb-ot, a *mesodialit* a kettő közötti elegyalak.

Cappelenit, $(\text{Ba}, \text{Ca}, \text{Ce}, \text{Na})_3(\text{Y}, \text{La})_6[(\text{BO}_3)_6 \cdot \text{Si}_3\text{O}_9]$, hexagonális. Szerkezete közelebről nem ismeretes. Zöldesbarna, erősebb fénytörésű ásvány; szienitpegmatitokban lelhető.

Tritomit, $\text{Ca}_3(\text{La}, \text{Ce})_3\text{Zr}_3[\text{F}_6(\text{BO}_3)_3(\text{Si}_3\text{O}_9)_2]$, hexagonális, a cappelenittel azonos képződésű és külsejű, Zr-ban gazdag ásvány, Th-ot is tartalmaz. Radioaktív, metamikt-izotrop.

b) Szoroszilikátok Si_4O_{12} -es gyűrűszerű csoporttal

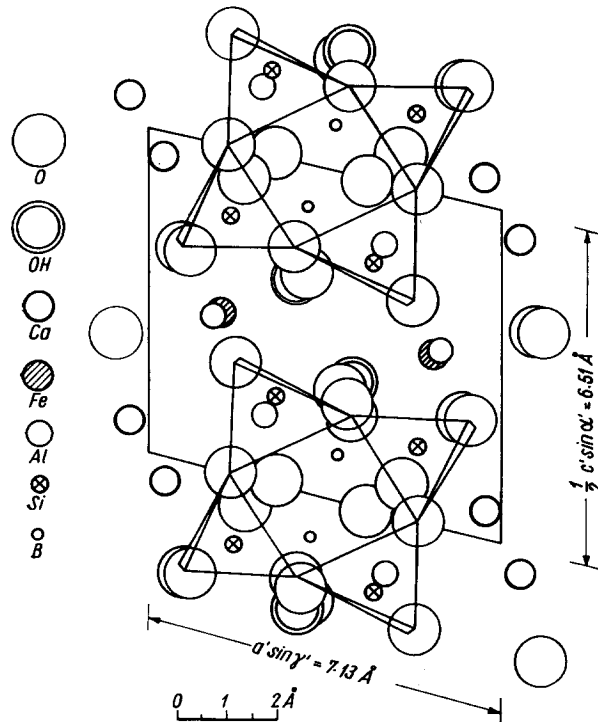
Az $[\text{Si}_4\text{O}_{12}]^{8-}$ gyűrűkből felépített szilikátszerkezetek a természetben csekély számban vannak képviselve. Közülük részletesebben csak az axinit szerkezete ismeretes.

Neptunit	$\text{Na}_2\text{FeTi}[\text{Si}_4\text{O}_{12}]$	monoklin prizmás
Kainosit	$\text{Ca}_2(\text{Ce}, \text{Y})_2[\text{CO}_3 \cdot \text{Si}_4\text{O}_{12}] \cdot 1 - 2\text{H}_2\text{O}$	rombos holoéderes
Axinit	$\text{Ca}_2(\text{Fe}^{2+}, \text{Mn})\text{Al}_2[\text{OH} \cdot \text{BO}_3 \cdot \text{Si}_4\text{O}_{12}]$	triklin véglapos

Neptunit, $\text{Na}_2\text{Fe}^{2+}\text{Ti}[\text{Si}_4\text{O}_{12}]$. Monoklin holoéderes, $a_0 = 16,57$, $b_0 = 12,66$, $c_0 = 10,06$ Å. $\beta \angle 115^\circ 38'$. $Z = 8$. Összetételében gyakori a Mn-tartalom is. A c -tengely szerint nyúlt prizmás kristályok erős üvegfénnyel. $K = 5-6$, $S = 3,2$. Színe fekete, barnásfekete, a széleken vörösen áttetsző. $n_\gamma = 1,736$, $n_\beta = 1,700$, $n_\alpha = 1,690$. Savakban oldható. — Gabbropegmatitok és alkálipegmatitok — Grönland (Dánia), Kola félsziget (SZU) — ásványai közt ritkaság. A benitoittal több cm-es szép kristályok: San Benito folyó (Calif., USA).

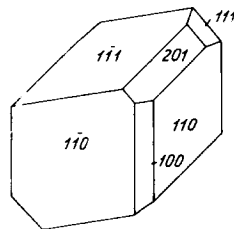
Kainosit, $\text{Ca}_2(\text{Ce}, \text{Y})_2[\text{CO}_3 \cdot \text{Si}_4\text{O}_{12}] \cdot 1-2 \text{H}_2\text{O}$, rombos, sárgásbarna, barna kristályok. $K = 5,5$, $S = 3,5$. Legtöbbször radioaktív. Alkálipegmatitokban ritkaság.

Axinit, $\text{Ca}_2(\text{Fe}^{2+}, \text{Mn})\text{Al}_2[(\text{OH})\text{BO}_3 \cdot \text{Si}_4\text{O}_{12}]$. Kémiai összetételében a Fe:Mn aránya változó, s a Mg is helyettesíthet. Triklin véglapos, $C_2^1 - P\bar{1}$, $a_0 = 7,13$, $b_0 = 9,16$, $c_0 = 8,96$ Å, $\alpha \angle 88^\circ 04'$, $\beta \angle 81^\circ 36'$, $\gamma \angle 77^\circ 42'$. $Z = 2$. Szerkezetében az Si_4O_{12} -gyűrűket és BO_3 -csoportokat a Fe^{2+} -, Al- és Ca-ionok fűzik össze. A négyes gyűrűk közelítően a (010)-lal párhuzamosak (558. ábra). Az Al kétféle környezetben szerepel: Al_2O_{10} -poliéderben és $\text{AlO}_3(\text{OH})$ -tetraéderekben. A Ca 10-es koordinációja szabálytalan poliéder.



558. ábra. Az axinit-szerkezet vázlatja a b -tengelyre merőleges síkra vetítve

Krist. Szépen fejlett cm-es kristályok (559. ábra), természetük lapos, a végeken ékszerűen kiélesedők, a lapfelületek rostozottak. Legtöbbször fennőtt kristálycsoportok szabálytalan elrendezésben, iker nem ismeretes. Vaskos-lemezes halmazai vékony érkitöltések, vékony lemezei ívesen görbültek. Hasadás (100) sz. jó. $K = 6,5-7$, $S = 3,25-3,36$. Jellegzetesen üvegfényű, ibolyásbarna, sárga. Vastagabb lemeze enyhén pleokroós, $n_\alpha = 1,674$, $n_\beta = 1,681$, $n_\gamma = 1,684$. $2 V_\alpha = 69^\circ-80^\circ$. A tengelydiszperzió feltűnően erős. — Lángban megolvad, az olvadék HCl-ban oldódik. — Mn-tartalomban gazdagabb változata a *tinzenit*.



559. ábra. Axinit

Képz. Kontaktpneumatolitos képződésekben — különösen ha bórtartalom jutott a karbonátos mellékközetbe — a turmalinhoz hasonlóan gyakori ásvány. — Kristályospala-közetek hasadékaiban, gnejszekben, amfibolpalákban, sőt grauwacke-félékben is megtalálható. Az ismert lelőhelyek száma nagy. Említhető Poloma (Veszverés) és Rožňava (Rozsnyó) Csehszlovákiában, Zlatoust és Szverdlovsk környéke az Ural (SZU) északi vonulatában, a tiroli Alpok, a svájci és a francia Alpok, különösen Bourg d'Oisans vidéke (Dauphiné).

c) Szoroszilikátok Si_6O_{18} -as gyűrűkkel

α) sor

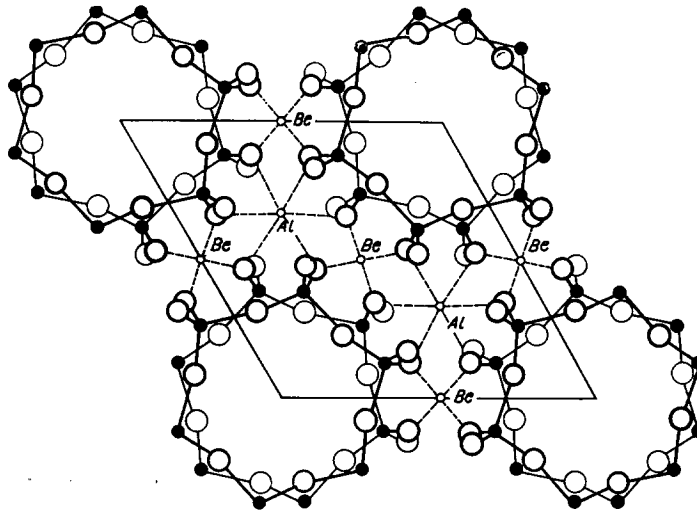
Berill	$\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$	dihexagonális dipiramisos
Cordierit	$\alpha\text{-Mg}_2\text{Al}_3[\text{AlSi}_5\text{O}_{18}]$	rombos dipiramisos
Indialit	$\gamma\text{-Mg}_2\text{Al}_3[\text{AlSi}_5\text{O}_{18}]$	hexagonális
Milarit	$\text{KCa}_2\text{AlBe}_2[\text{Si}_{12}\text{O}_{30}] \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$	hexagonális holoéderez

β) sor

Turmalin	$\text{Na}(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+}, \text{Mn}, \text{Li}, \text{Al})_3\text{Al}_6[(\text{OH})_4(\text{BO}_3)_3 \cdot \text{Si}_6\text{O}_{18}]$	ditrigonális piramisos
Dioptáz	$\text{Cu}_6[\text{Si}_6\text{O}_{18}] \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$	trigonális romboéderez

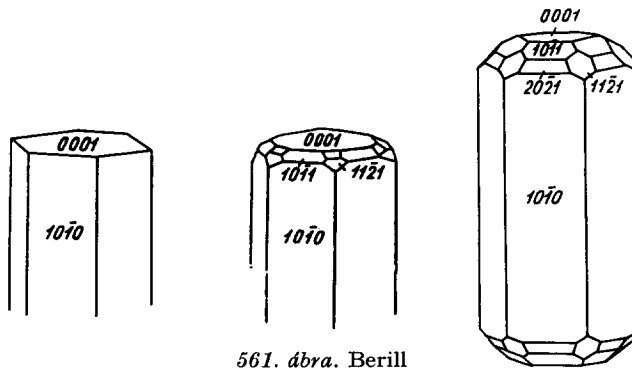
Berill, $\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$. Összetétele: BeO 14,1%, Al_2O_3 19,0%, SiO_2 66,9%. Hexagonális holoéderez. Szerkezetét az 560. ábra mutatja be. Az $[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$ -as izolált gyűrűk között a Be-nak 4-es (tetraéderez) és az Al-nak 6-os (oktaéderez) környezete van. A gyűrűs csoportok egymás fölötti elhelyezkedése folytán a kristályrácsban függőleges üres csatornák futnak, melyekben néha alkálifémek is helyet kapnak. Innen ered az elemzésekben szereplő $\leq 7\%$ -nyi Na_2O -, K_2O -, Li_2O -, ritkábban Rb_2O - és Cs_2O -tartalom. Hasonlóképpen víz, illetőleg OH és F is ugyanide behelyezkedik. Tércs. $D_{6h}^2 - P6/mcc$. $Z = 2$. $a_o = 9,23$, $c_o = 9,19 \text{ \AA}$.

Krist. Kristályai néha tekintélyes nagyságúak. A fennőtt kristályok nyúlt prizmásak és hosszant rostozottak. A hatszöges prizmát legtöbbször csak a bázis zárja le, az esetleges dipiramisok csak keskeny, alárendelt lapokkal vannak



560. ábra. Berill-szerkezet (0001) szerinti vetületben

képviselve (561. ábra). Ritkábban táblás termet is kialakul. Durvakristályos halmazokban, szemcsés tömegekben is találják. Minthogy szerkezete lényegében a kis kationú Be- és Si-tetraéderek állványzatából áll, melyben az ugyancsak kisméretű Al^{3+} a harmadik kation: a keménység a nyílt szerkezet ellenére is nagy: $K = 7,5-8$, viszont ugyanezen okból sűrűsége csak 2,66—2,83. Hasadása (0001) sz. elég jó. A kristályok belsejében néha szabad szemmel is látható csatornák, sőt folyadékzárványok (libellák) vannak. Üvegfényű; színe zöld,



561. ábra. Berill

tengerzöld, sárgás, néha kék, söt rózsaszínű. Átlátszó. Fénytörése nem nagy, kettőtörése gyenge: $\omega = 1,576$, $\epsilon = 1,568$. A színesebbek pleokroóksak. Lángban nem változik; de ha alkáliákban gazdagabb, erős hevítésre megolvad. Savak nem oldják.

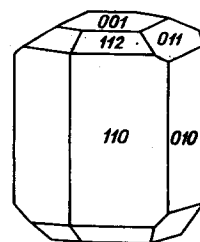
Nemes változatai a legértékesebb drágakövek közé tartoznak, különösen a szép élénkzöld *smaragd* (színét 0,2% Cr_2O_3 okozza); a tengerzöld (kékeszöld) *akvamarin*, a sárga—aransárga *aranyberill* vagy *heliodor*.

Képz. A berill jellegzetes ásvány gránitok hasadékaiban, drúzás üregeiben. Legfőbb képződése azonban a gránitpegmatitban van, ahol lepidolit, topáz, spodumen, kolumbit, samarskit, turmalin, ambligonit, mikrolit a leggyakoribb társai. Egyes pegmatitokból több tonnás kristályok (Dél-Norvégia, Brazília) is előkerültek. Na-tartalmú berillt az albitosodott gránitpegmatitokban találunk. Pneumatolitosan elbontott — greizenesedett — gránitokban is otthonos. — Nagyritkán megjelenik nefelinszienitekben, továbbá márványban és csillámpalában is. A nemes smaragd leginkább a metamorf paragenezisben gyakori. Pl. Habachtal (Salzburg, Ausztria), Takovaja folyó mentén Ural-hegység, Nyeracsinszk Transzbajkáliában (SZU). De a legszebb smaragd manapság Muzoról Columbiából kerül ki, ahol bitumenes mészkőben kalciterek tartalmazzák: a közeli pegmatittevékenységgel összefüggésben, metaszomatikus eredettel. Hasonló szép nemes kövek újabb lelőhelye Dél-Rhodéziában Sand-Wana, ahol prekambriumi kristályos kőzeteket gránitpegmatitok harár tolnak. A közönséges fajták nagyszámú lelőhelye közül a norvégiai, svédországi, finnországi pegmatitfeltárásokat, a Mont Blanc, Puy-de-Dôme területét Franciaországban; Black Hillst D-Dakotában, Haddamot Conneticutban (USA) említjük.

Alk. A berill értékes ásványi nyersanyag. Az ékkőkeresleten túl a mai fémkohászatnak nagy szüksége van a Be-fémre, melynek 9,01-es atomsúlya kereken az Al-énak (26,98) egyharmada. Az Al- és Mg-mal ötvözve a repülőgépiparban nélkülözhetetlen. Más fémekkel is számos speciális ötvözetét készílik. — A Be-fém kinyerése főként berillből történik.

Cordierit, $\alpha\text{-Mg}_2\text{Al}_3[\text{AlSi}_5\text{O}_{18}]$. Rombos holoéderes. A vegyület dimorf, a γ -módosulat hexagonális. Szerkezete berillrács, azzal a különbséggel, hogy itt a Mg van 6-os koordinációban, és a szerkezet tetraéderes helyein Si és Al osztozik úgy, hogy a hatos „gyűrű” egyik SiO_4 -e helyét is AlO_4 -tetraéder foglalja el. A Mg helyén kevés Fe is szerepelhet, és a c -tengellyel párhuzamosan futó csatornáknak — miként a berillben is — kevés alkáliion és H_2O -molekula foglalhat helyet. Tércs. D_{2h}^{20} — $Cccm$. $Z = 4$. $a_0 = 17,13$, $b_0 = 9,80$, $c_0 = 9,35$ Å.

Krist. Kristályain az (110) prizma és (010) véglap egyenlő kifejlődésekor az alakzat egészen hexagonális külsőt ölt (562. ábra). Tetőzölapja legtöbbször a (001), de a dipiramis vagy (0 $\bar{1}$ l)-lapok is egészen keskenyek, s így szintén a berill-formakombinációkhoz hasonlít. Ikerkristályt — mint



562. ábra. Cordierit

általában az álhatszöges rombos kristályok — az (110) sz. alkot. Kristályai rosszul fejlettek, c szerint rostozottak. Szemcsés-vaskos kifejlődés is gyakori. Hasadása (010) sz. rossz. $K = 7-7,5$, S (a berillénél is kisebb) = 2,6. Üveg-fényű, törési felülete zsírfehérű. Színe különféle árnyalatú kék, néha sárgás vagy zöldes. Fénytörése a kvarcéhoz áll közel: $n_\alpha = 1,552$, $n_\beta = 1,571$, $n_\gamma = 1,578$. Opt. tengelysík (100), jelleg \pm ; $2V_\alpha = 65^\circ-104^\circ$. Vastagabb lemezeinek erős a pleokroizmusa (*dichroit*), de ez vékonycsiszolatban már alig észrevehető. Savak nehezen hatnak rá. Optikailag (és szerkezetileg) az egyik legjobban tanulmányozott kőzetalkotó ásvány. Az optikai állandók változása a szerkezeti helyettesítés és keletkezési körülmények függvénye. Mesterségesen a rombos és a hexagonális fázis is előállítható. 1465 C° -on inkongruensen olvad: mullit és szilikátolvadék keletkezik.

Képz. Elsősorban metamorf eredetű ásvány. Képződése többféle: 1. Termális metamorfózis során agyagos kőzetek kontakt átkristályosodásakor agyagásványokból vagy kloritfélékből cordierit és piroxén keletkezik. A cordierit azután meg is marad, még a piroxén-szaruszirt-fáciesben is. — Gyalui-havasok (Románia) és Harz-hegység (Németország). Al-ban gazdag xenolitokban, pl. a skóciai (Anglia) Mull-sziget kőzetében korunddal, szillimanittal, spinellel és anortittal társul. 2. Regionális metamorfózis során főként a gneiszfélékben, csillámpalákban lényeges elegyrész. Leggyakoribb társa szillimanit, gránát. Bodenmais (Bajorország, Németország); Ötztal Tiroiban (Ausztria); Granulit hegys. (Szászország, Németország); Orijarvi (Finnország); Falun (Svédország) — Sajátos cordierit-antofillit-gedrites palák: Lizard-fok (Cornwall, Anglia); Kongsberg—Bamle-formáció (Norvégia). 3. Magmás kőzetekben, egyes nóritokban, gránitokban járulékosan: Dartmoor-hg. (Devon, Anglia), és Al-ban gazdag pegmatitban nemritkán nagy kristályok képződhetnek. Vulkáni kőzetekben beolvasztott agyagpalákból: a celldömölki Sághegy lefejtett bazaltjában, elvéve a Dunazug-hegység andezitjeiben is (pl. Pilismarót).

Kevésbé stabilis ásvány, felszínközélemben vagy hidrotermás hatásra könnyen átalakul, pikkelyes-leveles halmazzá változik, mely csillámfélékből, kloritból áll.

Indialit, $\gamma\text{-Mg}_2\text{Al}_3[\text{AlSi}_5\text{O}_{18}]$, hexagonális. A cordierit nagy hőmérsékletű párja. $a_0 = 9,81$, $c_0 = 9,35$ Å. $Z = 2$. Első lelőhelye Bokaro, India, ahol megolvadt szedimentekben, Japánban Kasyo-to andezitjében, Skóciában Soay-lelőhelyen felhevített arkózán találták. Szintetikusán a Mg- és a Fe-tartalmú fázis is (vasindialit) előállítható.

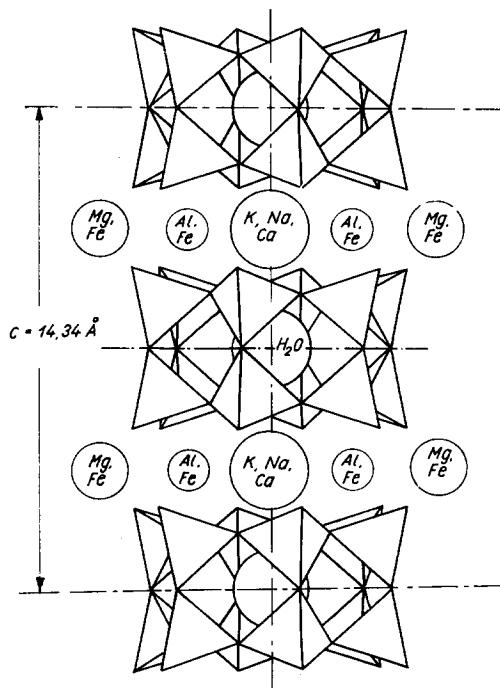
Milarit, $\text{KCa}_2\text{AlBe}_2[\text{Si}_{12}\text{O}_{30}] \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$ hexagonális holoéderes.

Osumilit, $(\text{K}, \text{Na}, \text{Ca})(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_2(\text{Al}, \text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+})_3 \cdot [(\text{Si}, \text{Al})_{12}\text{O}_{30}] \cdot \text{H}_2\text{O}$
hexagonális holoéderes.

A két ásvány felépítésében kettős hattagú gyűrű, $\text{Si}_{12}\text{O}_{30}$ vesz részt. A 12 tetraéderből álló gyűrűcsoportokat kationok, és pedig az Al, illetőleg Fe^{3+} tetraéderes, a Mg, Fe^{2+} oktaéderes koordinációban egységes hálózattá kap-

csolják össze. A Ca-, Na-, K-atomoknak a koordinációja 12-es, a vízmolekula a kettős gyűrű belsejében helyezkedik el (563. ábra). Térccs. D_{6h}^2-P6/mcc . $a_0 = 10,45$ (milarit), $10,17$ (osumilit), $c_0 = 13,88$ és $14,34$ Å. $Z = 2$. A kettős gyűrűs szerkezet felismerése óta számos „cordierit-ről” kiderült, hogy valójában osumilit. — *Milarit* színtelen vagy világoszöld. $K = 5-6$, $S = 2,6$. Üvegfényű, fénytörése, kettőtörése gyenge. Pegmatitokban más Be-ásványokkal került elő. Ritkaság.

Az *osumilit* sajátosságai a *cordierit*éhez állnak közel, de kettőtörése lényegesen gyengébb és egy optikai tengelyű, pleokroizmusa: $\omega =$ színes (kék, kékeszürke), $\epsilon =$ színtelen. Japánban a Kyushu-szigeti Sakurazima vulkán riodácitjának üregeiben tridimittel és kvarccal, később vulkáni bombákban másutt is megtalálták. Lehetséges, hogy a magmás eredetű „cordierit”-ek javarészt téves meghatározások, vagyis osumilitek.



563. ábra. Milarit-szerkezet (0110) sz. vetülete

Turmalin, $\text{Na}(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Mn}, \text{Li}, \text{Al})_3 \text{Al}_6[(\text{OH})_4(\text{BO}_3)_3 \text{Si}_6 \text{O}_{18}]$. A formula az izomorf helyettesítésben résztvevő fontosabb kationokat tartalmazza. Ditrigonális piramisos. Szerkezetét az 564. ábra mutatja. Eszerint a szerkezet gyűrű alakú $\text{Si}_6 \text{O}_{18}$ -as csoportokból és BO_3 -as síkháromszögekből épül fel. Ezeket kapcsolják össze a Mg-, Al- és Na-kationok. A Mg-nak és Al-nak a koordinációja 6-os; a Mg körül két, az Al-oktaéder-csúcsok körül egy helyet OH tölt be. A Na-ot különleges $3 \text{O} + 3 \text{O} + 1 \text{OH}$ -ból álló környezet övezi. Az SiO_4 -tetraéderek helyzete eltér a berillgyűrűben levőktől abban, hogy csúccsal a (0001) felé irányulnak, s ezért a vízszintes főszimmetriasík elmarad: hemimorfia áll elő. Térccs. C_{2v}^5-R3m . $a_0 = 15,84-16,03$, $c_0 = 7,10-7,15$ Å, (a rácsállandók az elegyviszonyok szerint változnak), $Z = 3$.

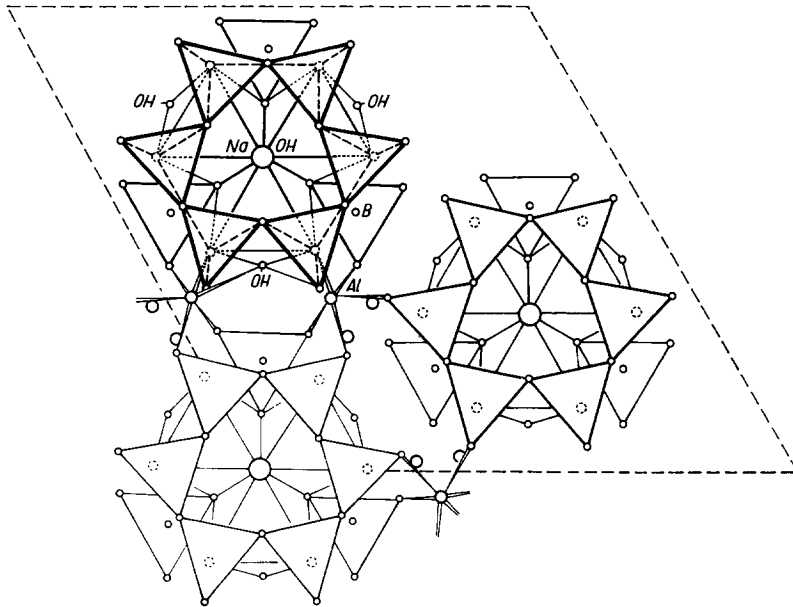
A bonyolultabb szerkezetek természetéből eredően a turmalinban is a fématomhelyek izomorf helyettesítésének számos változata alakul ki. Ez a változékonyság nem ritkán még egy kristályon belül is érvényesül. Összetételében a képletben jelzett helyettesítéseken túl még K, továbbá Cr és Ti is beépülhet a

rácsba kisebb mennyiségben. Az uralkodó, illetőleg jellemző kationtartalom alapján általában 3 főbb turmalinfajtát különböztetünk meg:

a) alkáli- (Na, Li) turmalin = *elbait*, $\text{Na}(\text{Li}, \text{Al})_3\text{Al}_6 \cdot [(\text{OH})_4(\text{BO}_3)_3\text{Si}_6\text{O}_{18}]$, $a_0 = 15,84$, $c_0 = 7,10$ Å. — $S = 3,10$;

b) magnéziumtartalmú turmalin = *drávit*, $\text{NaMg}_3\text{Al}_6 \cdot [(\text{OH})_4(\text{BO}_3)_3\text{Si}_6\text{O}_{18}]$, $a_0 = 15,94$, $c_0 = 7,22$ Å. — $S = 3,15$.

c) vasturmalin = *sörl*, $\text{NaFe}_3\text{Al}_6 [(\text{OH})_4(\text{BO}_3)_3\text{Si}_6\text{O}_{18}]$, $a_0 = 16,03$, $c_0 = 7,22$ Å; — $S = 3,25$.

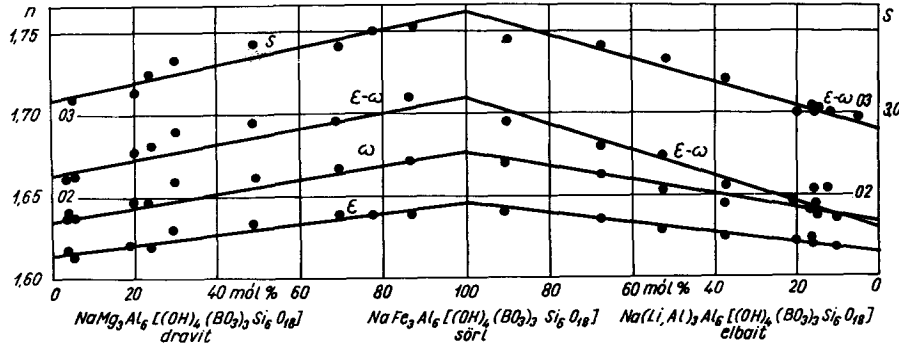


564. ábra. Turmalin-szerkezet a c -tengely irányából nézve. A hatos gyűrűk SiO_4 -tetraéderei csúccsal lefelé fordulnak. A gyűrűkhöz alulról három $\text{MgO}_4(\text{OH})_2$ -oktaéder csatlakozik, melyeknek egymással közös éleik vannak. E csatlakozó élek külső oxigénjei pedig a planáris BO_3 -csoportot kötik magukhoz. Az együttesen kívül foglal helyet az Al, mely $\text{AlO}_3(\text{OH})$ -környezettel fűzi össze a gyűrűs komplexeket. Az Al-atomok helikotrigir szerint sorakoznak, ugyanúgy a gyűrűs képletek is egymáshoz képest csavarvonalban rendezettek (amit a vonalak erőssége is érzékeltet). A nagy Na (ill. Ca) a gyűrűk belsejében $3\text{O} + 3\text{O} + 1(\text{OH})$ környezetben van

Szokás még *alkálimentes* (Ca-Mg)-változatot is megkülönböztetni: *uvit*, $\text{CaMg}_3(\text{Al}_5\text{Mg}) [(\text{OH})_4(\text{BO}_3)_3\text{Si}_6\text{O}_{18}]$. A felsorolt szélső fajták („minál”-ok) s az izomorf elegyedés folytán létrejött átmeneti tagok optikai állandóinak és sűrűségértékének változásait az 565. ábra mutatja be: a törésmutatók, a két-tőtörés és a sűrűségérték is a középhelyen álló sörlnél tetőzik.

Krist. A kristályok nyúltak, oszloposak, hosszanti irányban erősen rostozottak, vicinális lapsorakozás folytán néha görbült (hengeres) felületűek (566.

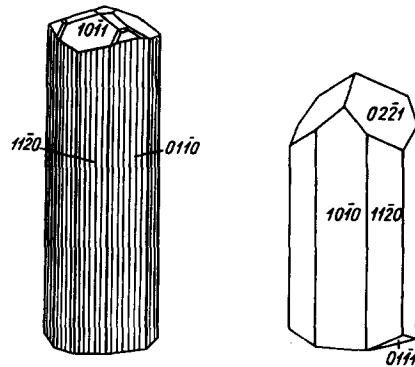
ábra). A két pólus tetőzőformáin a hemimorf jelleg jól kifejezésre jut, bár azonos indexű alsó és felső protopiramisok megjelenése esetén a kristályok romboéderez szimmetriát utánozhatnak (567. ábra). Egyes kristályok, sugaras-



565. ábra. A turmalin-sor néhány állandójának változása az elegyedési arány szerint

-rostos csoportok, szálas-tűs halmazok, vastkosabb tömegek egyaránt kialakulhatnak. Hasadása rossz, $K = 7-7,5$. Üvegfényű. Az alkálituralmin (elbait) világos, áttetsző változatai közül az akroit színtelen vagy enyhén zöld, a rubellit piros, az indigolit kék színű. A Mg-tartalmú dravit-félék barnásak, zöldesbarnák, barnásfeketék. A vasturalmin (sörl) egészen fekete. Összetétele, illetőleg színeződése zónásan változhat. Ugyanazon kristályoszlop két vége eltérő színű lehet: egyik vége vörös, másik egészen fekete (mórfej), sőt hasonló módon háromféle színezés is előállhat. Pleokroizmusa, különösen a sötétebbre színezett fajtáké, rendkívül erős, az abszorpcióban mindig $\omega > \epsilon$. Tehát erős színezés esetén az ordinárius sugár teljesen elnyelődik, s így a kristályok prizmatizálásban polarizáló készülék gyanánt is használhatók („turmalinfogó”). Hemimorfijából eredően erősen piroelektromos. Lángban csak a Mg-turalmin olvasható meg. Savakban nem oldhatók.

Képz. A turmalin főképp gránitokban, valamint ennek pegmatitos-pneumatolitos szakaszaiban otthonos. Továbbá típusos kontakt ásvány, a benyomuló gránit szegélyzónájában (endogén kontakt folyamattal) a biotit és földpát helyén, valamint a mellékközetben exogén termékként is keletkezik. De kristályos palákban, gneiszben, granulitban, sőt agyagpalákban, fillitben is

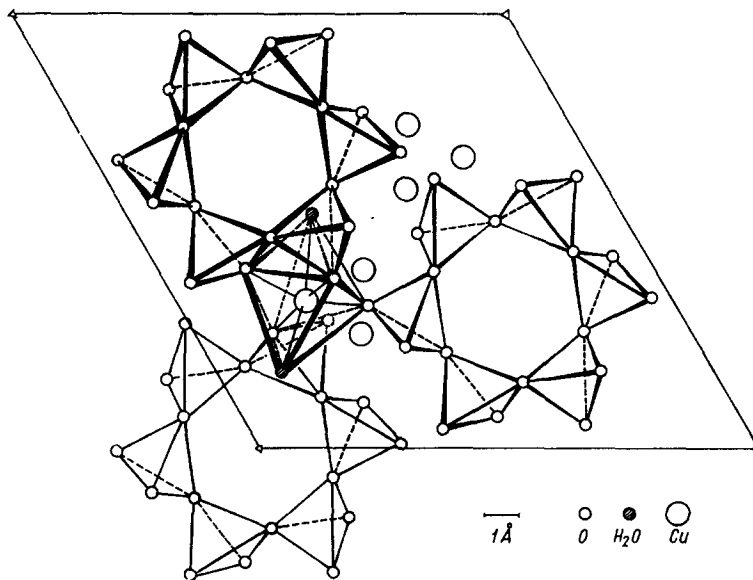


566.—567. ábra. Turmalin

képződik. Keménysége és vegyi stabilitása folytán homokokban, homokkövekben, torlatokban stb. egyaránt állandó elegyrész.

A lelőhelyek száma rendkívül nagy. Említhető: Velencei-hegység (Fejér m.) gránitjának szegélyén és a palás mellékkőzetben kisebb-nagyobb csoportokban. Deciméteres sörkristályok pegmatitban: Párván (Erdélyi Magyar Autonóm Terület) és Maścán (Macskamezőn) a Preluka-hegységben (Románia). Szlovák Érc-hegység számos helyén különböző genezisű előfordulás ismeretes. Az Érc-hegység pneumatolitos ónkőtelepeiben: Eibenstock, Geyer (Németország). Híresek az urali Sajtanka, Murzinka, Suzsakovo, Szarapulka és Linovka lelőhelyek, de a skandináv pegmatitokban éppúgy, mint Ceylonban és Brazília hasonló képződményeiben közönséges ásvány. A dél-angliai turmalinkőzetnek *luxullianit* a neve. — Nemes fajtái drágakőnek alkalmasak:

Dioptáz, $\text{Cu}_6[\text{Si}_6\text{O}_{18}] \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$. — Az összetevők aránya súlyszázalékban: CuO 50,5%, SiO_2 38,1%, H_2O 11,4%. Szerkezetében (568. ábra) a víztartalom az Si_6O_{18} -as gyűrűk között a Cu hatos környezetének tagja. Trigonális rombo-



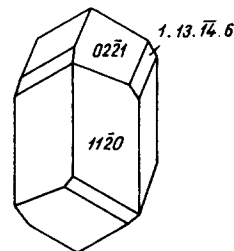
568. ábra. Dioptáz-szerkezet

édes, $C_{3i}^2 - \bar{R}3$. — $a_0 = 14,61$, $c_0 = 7,80$ Å, $Z = 3$. — *Krist.* Kristályai gyakran szépen fejlettek, nyúltabb vagy zömökebb termetű hexagonális (másodrendű) prizmák, a tetőzölapok másod- és harmadrendű romboéderek (569. ábra). Gyakori a szemcsés-vaskos halmaz, kéregszerű bevonat. Hasadás (1011) sz. tökéletes, $K = 5$, rideg ásvány. $S = 3,28 - 3,35$. Üvegfényű, át-

tetsző, smaragdzöld, élénkzöld. Gyengén pleokroós. $\omega = 1,644$, $\varepsilon = 1,697$. Lángban megfeketedik, de nem olvad meg. Sósavban kocsonyásodva oldódik.

Képz. Más rézászványok és oxidációs termékek (malachit, azurit, wulfenit, hemimorfít) társaságában másodlagosan keletkezik. Băița (Rézbánya, Bihar-hg. Románia), SZU-ban Altin-Tyube, Közép-Kazahsztán, nagy és szép kristályok. Afrikában: Otavi (Dél-afrikai Unió); a Niari folyó mentén (Kongói Közt.); Katanga (Zaire Közt.), Dél-Amerikában Copiapo bánya (Chile). — Viszonylag ritka ásvány.

Krizokolla, $\text{CuSiO}_3 \cdot n \text{H}_2\text{O}$. A dioptáz kriptokristályos változatának tekinthető. Tömött, vastos, cseppkőszerű bevonatok, bekérgeződések. Színe különféle árnyalatú zöld vagy kék, esetleg barna. Keménysége, sűrűsége kisebb a dioptázénál. — Rézérczek felszínközeli átalakulása során, egyéb másodlagos oxidációs ásványok társaságában lehet. Spania Dolina (Úrvölgy) és Lubjetová (Libetbánya, Csehszlovákia) ismert lelőhelye. Sokkal gyakoribb a kristályosodott dioptáznál.



569. ábra. Dioptáz

FÜGGELÉK

A rácsszerkezet részletesebb ismeretének hiányában az alábbi szoroszilikát- (részben gyűrűs) szerkezeteket kell még az alosztályba sorolni.

Dalyit, $\text{K}_2\text{Zr}[\text{Si}_6\text{O}_{15}]$. Triklin véglapos. $K = 7,5$. $S = 2,8$. Színtelen bennőtt kristályok, $n_\alpha = 1,575$, $n_\gamma = 1,601$. Opt. negatív. Alkáligránitokban ritkább járulékos ásvány.

Elpidit, $\text{Na}_2\text{Zr}[\text{Si}_6\text{O}_{15}] \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$, rombos-álhexagonális. Legtöbbször sárgára, vörösre színezett üvegfényű kristályok. $K = 7$. $S = 2,54$. Alkálipegmatitos paragenézisben ritkaság.

Bavenit, $\text{Ca}_4\text{AlBe}_3\text{H}[\text{Si}_9\text{O}_{27}] \cdot \text{H}_2\text{O}$. Rombos, valószínűleg hemimorf. — Színtelen, fehér, üvegfényű. Gyengén kettőtörő. $K = 5,5$. $S = 2,73$. Elsősorban pegmatitos paragenézisben, de hidrotermásan is képződhet.

További, még tisztázatlan kristályvegyületek:

Leukoszfenit, $\text{Ba}(\text{Na},\text{Ca})_4\text{Ti}_3[\text{BO}_3 \cdot \text{Si}_8\text{O}_{24}]$, monoklin, *didimolit*, $(\text{Ca},\text{Mg},\text{Fe})\text{Al}_2[\text{Si}_3\text{O}_{10}]$, monoklin, *stokesit* $\text{CaSn}[\text{Si}_3\text{O}_9] \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$, rombos dipiramisos, *searleait*, $\text{NaB}(\text{Si}_2\text{O}_6) \cdot \text{H}_2\text{O}$, monoklin szfenoidos.

C. ALOSZTÁLY

INO- (LÁNC-) SZILIKÁTOK

Az SiO_4 -tetraéderek egyirányú végtelen láncokká kapcsolódásával egydimenziós atomkötelékből álló váz alakul ki. A hosszanti láncoktetelések oldalirányban egymással fématomokon keresztül csatlakoznak, s ezek kiegyenlítik a láncváz negatív vegyértékeit. Az oldalakon, vagyis a láncok között levő kationok maguk is egydimenziós kötélekben sorakoznak, tehát hozzájárulnak az építmény egyirányú, nyújtott jellegéhez, ami a kristályokon az oszlopos, tűs, szálás kifejlődésben külsőleg is megnyilvánul.

E rácsépítmény elsősorban a $\infty [\text{Si}_2\text{O}_6]$ egyes láncú *piroxéne*kben, valamint a $\infty [\text{Si}_4\text{O}_{11}]$ kettős vagy szalagláncú *amfibolfélék* szerkezetében valósul meg. E rokonsági körön kívül áll az inoszilikátoknak még egy csoportja, melybe a *wollastonit*—*piroxmangit*-sor, valamint az AlO_4 - és SiO_4 -tetraéderek vegyes láncolódású szerkezete, a *szillimanit* tartozik.

I. FŐCSOPORT

PIROXÉNEK ÉS AMFIBOLOK

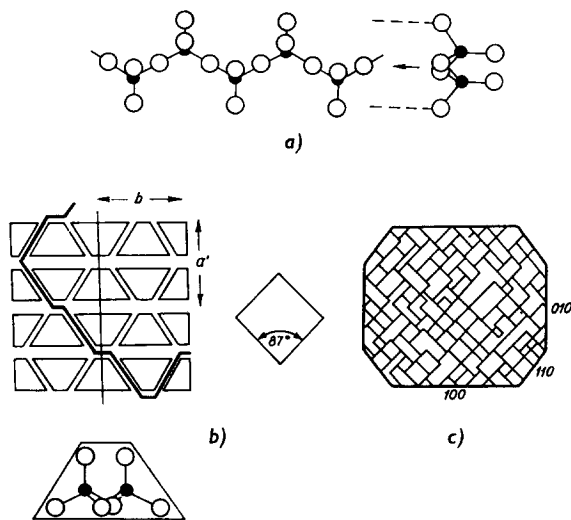
E két fontos kőzetalkotó ásványcsoportot fizikai és kristálytani sajátságok tekintetében számos rokonsági vonás fűzi össze. Régies felfogás szerint a piroxéneket az $\text{R}_2^{2+}(\text{SiO}_3)_2$ általános képlet alapján ún. metaszilikátoknak tekintették, s minthogy közelítőleg minden piroxénfajtának meg lehet találni az amfibolok között a megfelelőjét, utóbbiakat a piroxének polimorf módosulatának tartották. A szerkezetek megismerése után a párhuzam megmaradt, csak a kémiai és fizikai sajátságok kaptak más értelmezést. A rokonság s egyben a különbözőség oka az egyes és kettős láncokból való felépítettségben rejlik. Rokon vonás, hogy mindkét csoport alacsony szimmetriával, rombos vagy monoklin rendszerben kristályosodik, a kötőerők összehatása is közel azonos, tehát közös a keménységérték: 5—6. Egyező sajátság, hogy a nyúlt, oszlopos kristályokon az (110) forma uralkodik, mely szerint igen jó hasadás nyilvánul meg. Azok a tagok, melyeknek közepes méretű kationjai (Mg, Fe) vannak, rombosak, míg a nagyobb rádiuszú Ca-ot, Na-ot is tartalmazók szimmetriája egyöntetűen monoklinra csökken. Ezzel szemben különbség az, hogy a kettős láncú építményben a OH-ion is szerepet kap, továbbá e szerkezet tágasabb—lazább illeszkedésű, így az amfibolok fajsúlya, fénytörése kisebb a piroxénéké-nél, és a szalagváz harántrajzából eredően az (110) hasadási prizma lapjai is más szöget zárnak be, mint a piroxénéknél (l. alább). Innen van a piroxéneknek pszeudotetragonális, míg az amfiboloknak álhatszögös jellege. Az elsődleges kialakulás feltételeiben is különbségek vannak: a piroxének általában a vízgőzben szegényebb, bázisosabb magmából nagyobb hőmérsékleten keletkeznek,

míg az amfibolok a magmás kőzetekben aránylag ritkábbak, s akkor is illő alkatrészekben dúsabb és savanyúbb magmákból válnak ki, továbbá metamorf kőzetekben, kristályos palákban is otthonosak.

a) csoport

Piroxének

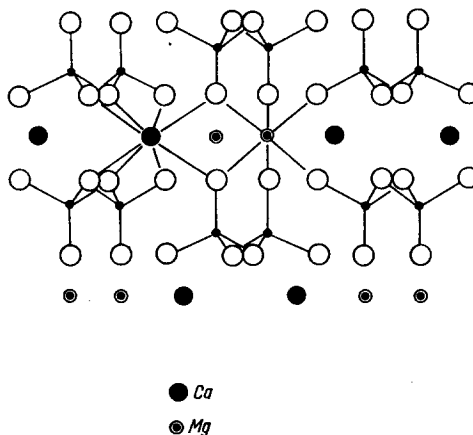
A piroxének általános képlete $R_2^{2+}Si_2O_6$, melyben a R_2^{2+} helyét Mg_2 , Fe_2^{2+} , $Mg-Fe^{2+}$, $Mg-Ca$, $Ca-Fe^{2+}$, $Ca-Mn^{2+}$, $Li-Al$, $Na-Al$, $Na-Fe^{3+}$ töltheti be; kisebb mennyiségben szerepelhet a Ti is, és az augitfélékben a Si helyét korlátolt mértékben Al is betöltheti. A szimmetria rombos vagy monoklin. A rombos szerkezet a monoklin rács (100) sík szerinti belső ikresedésével áll elő. A rácsszerkezetben az $[Si_2O_6]^{4-}$ -láncoknak c -tengely szerinti egymás mellé sorakozását az 570. ábra mutatja be.



570. ábra. Piroxén-szerkezet: a — tetraéderlánc hosszanti és haránt nézetben; b — a láncok egymás mellé illeszkedése a c -tengely felől nézve; a hasadás nyomát az erősebb zegzugos vonal jelzi; c — a piroxének (110) szerinti hasadási vonalai keresztmetszetben

Két szomszédos tetraédercsúccsal szembenéző lánc között fut végig az oktaéderes koordinációjú Mg -atomok sora (pl. az enzstatitban), szintén láncszerű kapcsolódással. Kiszámítható, hogy az $[SiO_4]$ - és $[MgO_6]$ -láncok ilyen egyöntetű egymásbafűződése után alapkötelőként a rácsnak még két negatív töltésfeleslege van, amit további kationnak kell kiegyenlíteni. Ez a kation a tetraéderlappal (az 570/b. ábrán a trapéz alaplappal) szembenéző láncok közötti csatornaszerű térben helyezkedik el, és szerepe szerint inaktív kationnak minősül.

Koordinációja is 8-as, tehát, eltér a szorosabb lánccsatlakozásban szereplő Mg-étől (570/d ábra). Ez utóbbi kation lehet szintén Mg, illetve azonos a 6-os koordinációjú lánccban szereplővel, legtöbbször azonban valamely más, ion-rádiuszban is eltérő fématom.



570/d ábra. A piroxénláncok között elhelyezkedő kationok: a kisebb fekete körök 6-os (oktaéderez) környezetű fématomok, a nagyobb fekete körök 8-as környezetű inaktív fématomok

A piroxénsorozat fontosabb tagjait a 85. táblázat foglalja össze.

α) Rombos sor

85. táblázat

Név	Összetétel	Térce csoport	a_0	b_0	c_0	Z	FeO %
Ensztatit	$Mg_2[Si_2O_6]$	$D_{2h}^{16}-Pbca$	18,22	8,81	5,21	8	< 5%
Bronzit	$(Mg,Fe)_2[Si_2O_6]$	$D_{2h}^{16}-Pbca$	18,20	8,86	5,20	8	< 12,5%
Hipersztén	$(Fe,Mg)_2[Si_2O_6]$	$D_{2h}^{16}-Pbca$	18,24	8,88	5,21	8	> 12,5%

β) Monoklin sor 1/a Klinoensztatit-félék

Név	Összetétel	Térce sop.	a_0	b_0	c_0	$\beta \angle$	Z
Klinoensztatit	$Mg_2[Si_2O_6]$	} $C_{2h}^6-C 2/c$	9,62	8,83	5,19	$108^\circ 21 \frac{1}{2}'$	4
Klinohipersztén	$(Mg,Fe)_2[Si_2O_6]$		—	—	—	—	—
Klino-ferroszilit	$Fe_2[Si_2O_6]$		—	—	—	—	—
Pigeonit	$(Mg,Fe,Ca)_2[Si_2O_6]$		9,71	8,96	5,25	$108^\circ 33'$	4

(85. táblázat folytatása)

1/b Diopszid-félék

Név	Összetétel	Tércsop.	a_0	b_0	c_0	$\beta \angle$	Z
Diopszid	$\text{CaMg}[\text{Si}_2\text{O}_6]$	} $C_{2h}^6 - C 2/c$	9,73	8,91	5,25	105°50'	4
Hedenbergit	$\text{CaFe}[\text{Si}_2\text{O}_6]$		9,85	9,02	5,26	104°20'	4
Johannsenit	$\text{CaMn}[\text{Si}_2\text{O}_6]$		9,83	9,04	5,27	105°	4
Spodumen	$\text{LiAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$		9,52	8,32	5,25	110°28'	4
Jadeit	$\text{NaAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$		9,50	8,61	5,24	107°26'	4
Egirin	$\text{NaFe}^{3+}[\text{Si}_2\text{O}_6]$		9,65	8,79	5,29	107°24'	4

2. Augit-félék

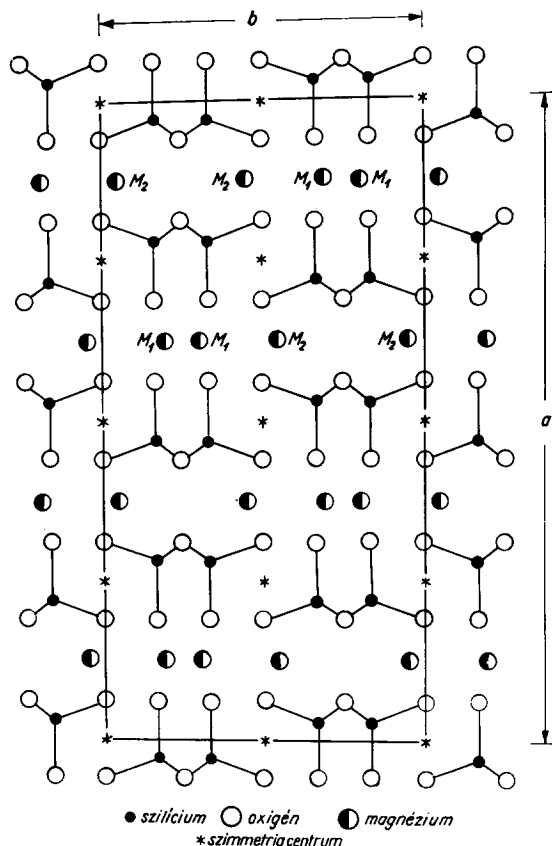
Név	Összetétel	Tércsop.	$\beta \angle$
Fassait	$\text{Ca}_8\text{Mg}_6(\text{Fe}^{3+}, \text{Ti})\text{Al}[\text{Si}_{14}\text{Al}_2\text{O}_{48}]$	$C_{2h}^6 - C 2/c$	—
Diállág	$\text{Ca}_7\text{Fe}^{2+}\text{Mg}_6\text{Fe}^{3+}\text{Al}[\text{Si}_{14}\text{Al}_2\text{O}_{48}]$		—
Augit	$(\text{Ca}, \text{Na})_7\text{Fe}^{2+}\text{Mg}_6(\text{Al}, \text{Fe}^{3+}, \text{Ti})_2[\text{Si}_{14}\text{Al}_2\text{O}_{48}]$		105°50'

 α) ROMBOS PIROXÉNEK (ENSZTENIT-SOR)

Ensztatit, bronzit, hipersztén. Izomorf elegysor, mely lényegileg a MgSiO_3 és FeSiO_3 tagokból áll elő. Bár az elegyedés elvileg folyamatos, 60%-on felül Fe-at tartalmazó elegykristály nagyon ritka és kőzetelegyrészként is alig szerepel.

Ensztatit, $\text{Mg}_2[\text{Si}_2\text{O}_6]$. Rombos holoéderes. A „tiszta” MgSiO_3 vegyületet *proto-ensztatit* névvel különböztetik el, s ennek a szerkezete alacsonyabb hőmérsékleten instabilis, mert benne minden szilikátlánc kristálykémiailag egyenértékű, és a láncok közötti M_1 és M_2 pozíciókat egyaránt Mg-ionok foglalják el (571. ábra). Az M_1 -jelű rácspontokban szabályos oktaéderes a koordináció, az M_2 -jelűek környezete — az egyenlőtlen Mg—O-távolságok miatt — torzult oktaéder. A rácsstabilitást kevés vastartalom (vagy monoklin átrendeződés = klineoztatit) állítja helyre. *Krist.* Ritka a jól fejlett kristály, termete a c -tengely szerint nyúlt oszlopos. Leginkább bennőtt kőzetalkotó elegyrész; monoklin piroxénekkal szabályszerű összenövés gyakorta megfigyelhető. Hasadás (110) sz. igen jó, (100) sz. elválás tapasztalható, mely egyben translációs sík is, $t = [001]$, $K = 5-6$, $S = 3,2$. Színtelen, szürke, sárga, barnásszürke. A gyengén színezett változat nem pleokroós; üvegfényű. Az optikai állandók és más fizikai sajátságok is az összetétel szerint változnak. $n_\alpha = 1,650-1,662$, $n_\beta = 1,653-1,671$, $n_\gamma = 1,658-1,680$. Optikailag pozitív, $2V_\gamma = 50^\circ-90^\circ$. — HCl részben elbontja.

Bronzit, $(\text{Mg,Fe})_2[\text{Si}_2\text{O}_6]$, rombos holoéderes. Önálló kristályokban ritka. Bronzbarna, sárgásszürke, áttetsző. Enyhén pleokroós. Sajátos fémes csillogása van, ami az (100) sík szerint elhelyezkedő, szételegyedéssel keletkezett finom titánvas és vasdús monoklin piroxén lemezektől ered. Az (100) szerinti könnyű

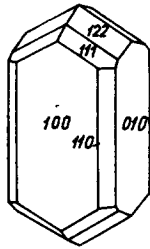


571. ábra. Az ensztatit („proto-ensztatit”) szerkezete a (001) síkra vetítve

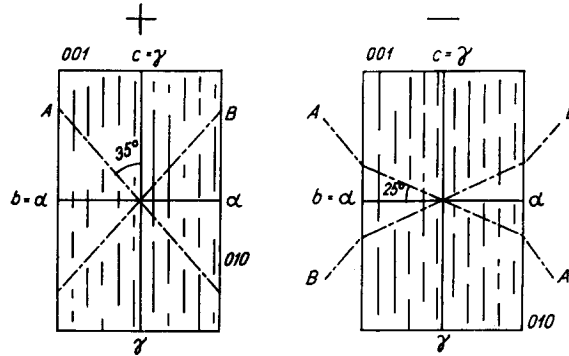
transzláció következtében a kristályok gyakran görbültek, hullámosak. $K = 5-6$, $S = 3,3$. Savak nem vagy csak gyengén oldják. Vízfelvétellel szteatittá, „csillanópáttá” („*Schillerspat*”), szerpentin-pszeudomorfózává (*bastit*) változik.

Hipersztén, $(\text{Fe,Mg})_2[\text{Si}_2\text{O}_6]$ rombos holoéderes. A leggyakoribb és fennőtt kristályosan is leginkább ismert „orto”-piroxén. (572. ábra.) A kristálykémiai értelmezés szerint a $\text{Mg}_2[\text{Si}_2\text{O}_6]$ ensztatit és az $\text{Fe}_2[\text{Si}_2\text{O}_6]$ orto-ferroszilít elegykristálya. Azonban a természetes vegyületek vasas elegytágját sokkal helyesebb $(\text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+}, \text{Mn})\text{SiO}_3$ alakban írni, mert a ferrikation és a Mn-ion is állandó össze-

tevő. A hipersztén FeO-tartalma 13%-on felül van, ezért színe mindig sötétebb, legtöbbször egészen fekete. Ikerkristályt (011) sz. alkot. (110) sz. hasadása mellett az (100) sz. elválása igen feltűnő. $K = 5-6$. $S = 3,5$. Üvegfényű, az (100) felület zárványosság miatt fémesen csillog; áttetsző, csaknem opak. Pleokroizmus a Fe-tartalommal fokozódik. Az optikai állandók szintén a Fe-tartalom szerint változnak. $n_x = 1,69-1,72$, $n_y = 1,702-1,723$, az optikai tengelysík (100); minthogy a tengelyszög $\sim 14\%$ FeSiO₃-tartalomnál már 90°-ra nyílik, ennél több vastartalom esetén a jelleg *negatívba* vált át (573. ábra). Lángban a vasban gazdagabb tagok fekete zománccá olvadnak. HCl kissé oldja.



572. ábra.
Hipersztén



573. ábra. Rombos piroxén metszete az (100) optikai tengelysíkkal párhuzamosan; balról enstatit, jobbról hipersztén ($\sim 60\%$ FeSiO₃)

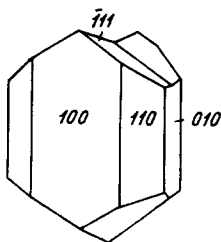
Egyes vasdús hiperszténfélék FeO-tartalma súlyszázalékban a 35–40% között mozog, e fajtákra a *ferro-hipersztén* elnevezés használatos. Vasban még gazdagabb rhombos piroxén az *eulit*, melynek (Fe,Mn)O-tartalma meghaladja a 40%-ot, de csak különleges (charnockit, eulizit) kőzetekben otthonos. Végül a vasban legtelítettebb az *orto-ferroszilit*, melynek együttes vas-oxid-tartalma meghaladhatja az 50%-ot is, de csakis termális metamorfózissal képződött vasdús kőzetek elegyrészeként ismeretes. A tiszta Fe₂[Si₂O₆] a természetben eddig nem volt észlelhető; mesterségesen előállítható.

A sorozat tagjai elsősorban ultrabázisos, bázisos magmás kőzetek elegyrészeként ismeretesek. Piroxenit, gabbró, nórit, melafir, diabáz kőzetekben rendszerint olivin, diopszidos augitok, spinellek társulnak velük, továbbá andezitkőzeteknek is lényeges elegyrészei. Az enstatit—bronzit-félék inkább mélyégi magma termékei, és meteoritokban is gyakori elegyrészek. A hiperszténféléknek mélyégi és kiömlési kőzetekben egyaránt fontos szerepük van. Említhetők a Bükk-hegységi bázisos kőzetek, Szarvaskő környékén az Újhatárvölgyben levő hiperszténgabbrók, valamint a Vasbányahegy (bronzittartalmú) ultrabázitja. Továbbá: a Kárpát-övezet belső vulkánkoszorújának hiperszténandezit-tömegei a Börzsönyben, Cserhátban, Mátrában.

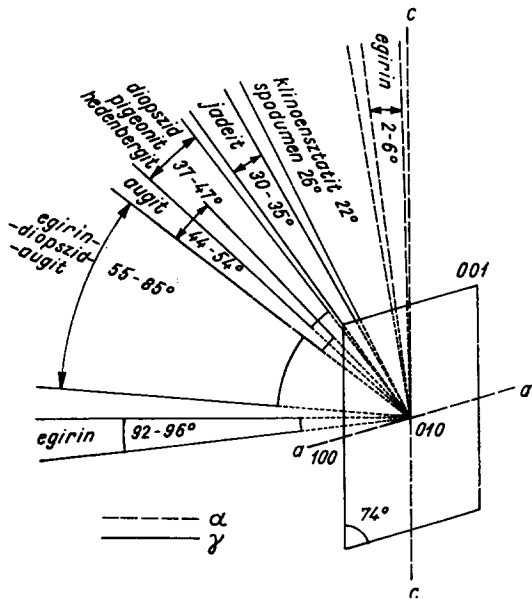
β) MONOKLIN PIROXÉNEK

Kristálykémiai csoportosításuk megkönnyíti áttekintésüket. A közölt 85. táblázatból (696. old.) a kationhelyettesítésekkel járó szerkezeti állandók változása is jól tükröződik.

A kristályok termete általában zömökebb prizmás, csak egyes tagok nyújtottabbak, tűsek. Az ikeralkotás általános sajátosság. Többféle ikertörvény érvényesül: (100) sz. érintkezéssel és lemezes ikrek (574. ábra); (001) sz. lemezes összetett iker, mely gyakran álhasadást idéz elő; az (101) sz.-i keresztülhótt ikernek



574. ábra. Augitiker (100) szerint



575. ábra. A monoklin piroxének kioltási szöge $\gamma^{\wedge}c$, $\alpha^{\wedge}c$

kereszt alakja van, végül a $(\bar{1}22)$ sz.-i félpenetrációs (ferde kereszt alakú) iker tartozik a gyakoribbak közé. Hasadás (110) sz. igen jó, (001) sz. és (100) sz. elválás tapasztalható. $K = 5-6$. $S = 3,2-3,6$ között változik a vegyi összetétel szerint. A fénytani állandók is a kémizmussal változnak. Az optikai tengelysík részben merőleges a (010)-ra, részben párhuzamos az oldallappal. A kioltási szögéből következtetni lehet a vegyi összetételre (575. ábra). A pleokroizmus igen gyenge, kivétel a Ti-tartalmú augit, mely jól kivehetően pleokroos. — Lángban megolvashatók, savakban egyes vegyi változatok kissé oldódnak.

Klinoensztatit, $Mg_2[Si_2O_6]$ és **klinohipersztén**, $(Mg,Fe)_2[Si_2O_6]$. A belső szerkezeti ikresedés elmaradásával eredeti monoklin piroxén módosulat jön létre. Fennőtt kristályként nem ismeretes, mint kőzetelegrész táblás vagy léc

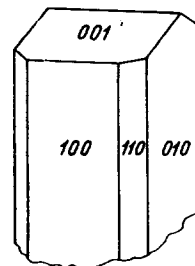
alakú. Jellemző rá az (100) szerinti vékony, poliszintetikus ikerlemezeség, mely mikroszkópban nagyon hasonlít a plagioklász-ikerlemezszerre. Hasadás (110) sz. igen jó, $K = 6$. $S = 3,2$. Színtelen, a klinohipersztén barna és enyhén pleokroós. $n_\alpha = 1,651$, $n_\beta = 1,654$, $n_\gamma = 1,660$ (klimoensztatit). Kettőtörése gyenge. Oldallapon mért kioltása jellemző érték (l. 575. ábra); a vastartalmúaké kissé nagyobb.

Képz. A klimoensztatit szilikátmeteoritok gyakori elegyrésze, ismeretes még a tanganyikai (Tanzánia) kimberlitkőzetből. A klinohipersztén egyes bázisos magmás kőzetekben, diabázfélékben található. A vastartalomban gazdag klinoferroszilit ritka ásvány; egyes obszidián-litofizákban (Izland; Yellowstone Park, USA; Kenya) finom, túszerű halmazokként észlelték.

Pigeonit $(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+}, \text{Ca})_2[\text{Si}_2\text{O}_6]$. Monoklin prizmás. Összetételében a Ca-tartalom változó, de átlagosan a $(\text{Mg}, \text{Fe}) : \text{Ca}$ arány $\sim 7 : 1$. Úgy tekinthető, mint Ca-tartalmú klimoensztatit, illetőleg átmenet a klimoensztatit és diopszid — hedenbergit között. *Krist.* Alakilag a diopszidhoz áll közel. Fennőtt kristályban ritka, inkább oszlopos-léces hosszszemetű kőzetelegyrész. Hasadása (110) sz. jó, (100), (010) és (001) sz. gyenge elválás tapasztalható. Iker (100) és (001) sz. egyszerű összenövés vagy poliszintetikus lemezes iker. Üvegfényű, barna, zöldesbarna, fekete. A színezettebb kristály pleokroós: (halvány barnászöld — halvány rózsaszín — füstbarna). Fénytörés: $n_\alpha = 1,682$ — $1,722$, $n_\beta = 1,684$ — $1,722$, $n_\gamma = 1,705$ — $1,751$. Az optikai tengelysík helyzete a CaO-tartalomtól függ: 7,5% alatt merőleges (010)-ra, ennél gazdagabb Ca-tartalom esetén párhuzamos a (010) oldallappal. — Sósavban nem oldódik.

Képz. A gyorsan megszilárduló lávakőzetek elegyrésze, az andezitekben és dacitokban a legelterjedtebb. Esetenként fennőtt, ill. szabad kristályokban is képződhet. E kőzetek alapanyaga szemcsésen vagy mikrofenokristályként bőven tartalmazza. Bazaltban kevésbé otthonos. A mélységi kőzetek közül a tholeitos típusokban pl. Bushföld (Dél-afrikai Unió), a grönlandi (Dánia) Skaergaard bázisos kőzetében. — Metamorf kőzetekben a pigeonit ismeretlen.

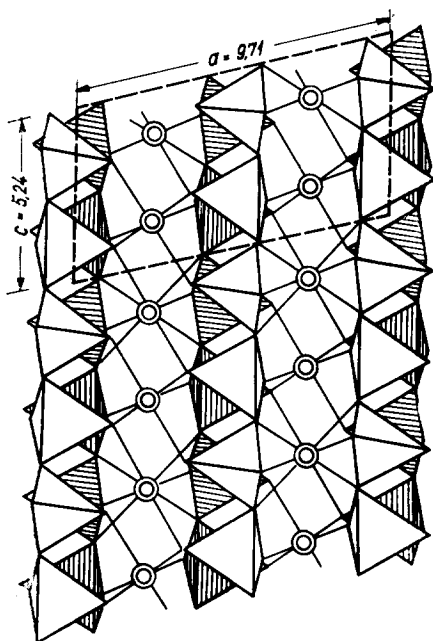
Diopszid, $\text{CaMg}[\text{Si}_2\text{O}_6]$, monoklin prizmás. Összetételében Fe^{2+} , Mn^{2+} , esetenként Al, Fe^{3+} , sőt néhány %-ban Cr^{3+} is helyettesíthet. *Krist.* Jól fejlett kristályai nyúltak, oszloposak (576. ábra). Uralkodó formák (100) és (010). Gömb-sugaras rendezettségű rudas-szálás halmazok, tömött-szemcsés tömegek gyakoriak. Ikerkristály (100) sz. és (101) sz. Hasadási szöge 87° , $K = 6$. $S = 3,2$ — $3,4$. Üvegfényű, áttetsző — átlátszó. $n_\alpha = 1,664$, $n_\beta = 1,672$, $n_\gamma = 1,695$. Opt. pozitív, tengelysík (010). Oldallapon mért kioltásszöge a Fe- (hedenbergit-) tartalomtól függően 37° -tól 47° -ig növekszik. Pleokroizmusa nincsen, illetőleg még a színesebb fajtáknál is nagyon gyenge. Egyes szín- és alakbeli változatoknak korábban különböző (*malakolit*, *kokkolit*, *canaanit*) elnevezést adtak. Kevés Mn színezi az ibolyáskék *violánt*, vanádiumtartalmú a



576. ábra. Diopszid

smaragdzöld *lawrowit*. A *salit* és *ferrosalit* pedig a hedenbergithez közelítő izomorf fokozatok.

Képz. A diopszid típusos ásványa a kontaktneumatolitos szkarnkőzeteknek, pl. a Bánsági kontaktvidéken Dognața (Dognácska), Ocna de Fer (Vaskő) vagy Băița (Rézbánya, Bihar-hegys., Románia). Ca-ban gazdag üledékekből termális



577. ábra. Diopszid-szerkezet vázlatosan a *b*-tengely felől nézve. A vonalkázott tetraéderek $\frac{b}{2}$ mélységben vannak; kettős körök: 6-os és 8-as környezetű fématomok

$= 1,726$, $n_\beta = 1,730$, $n_\gamma = 1,751$. Gyengén pleokroós. A diopszidnál is említett átmeneti tagok elegyaránya: *salit* ≈ 2 mól diopszid + 1 mól hedenbergit, *ferrosalit* ≈ 1 mól diopszid + 2 mól hedenbergit. A *schefferit* olyan Mn-tartalmú változat, melyben a diopszid és hedenbergit egyenlő arányban elegyednek, de a mangán a Ca helyét tölti be. A *jeffersonit* Zn-tartalmú schefferitváltozat.

Képz. Tipikusan kontaktneumatolitos ásvány, a magnetitet kísérő szkarnparagenezis tagja. Nagy, szép kristálycsoportok a bánsági (Románia) Dognața (Dognácska) kontakt mészkövében, hasonlóak Tunaberg (Svédország) magnetittelepének szilikátkíséretében. — De vasban gazdag üledékekből metamorfózissal képződött kőzetek („szalagos vaskövek”) elegyrésze is. Egyes magmás kőzetekben, alkáligránitban, shonkinitben is megtalálható.

hatásra keletkezett metamorf kőzeteknek is jellemző elegyrésze. Regionális metamorfózissal képződött Mg-Ca-tartalmú kristályos palákban, s ezek hasadékaik falán ugyancsak gyakori ásvány: híresek az alpesi Zillertal (Tirol, Ausztria), Vizzate (Pfitsch, Zillertali Alpok), Piemont (Olaszország) lelőhelyei. Az urali Zlatoust, a finnországi Pargas, az ékkőül is alkalmas malgasi (madagaszkári) kristályok hasonló képződésűek. — Magmás mélységi (szienit, diorit) és telérkőzetekben, lamprofirokban (minetteben, kerzantitban) leginkább az augithoz és egrinhez közelebb álló elegyfokozatok szerepelnek mint kőzetalkotó ásványok. — Szilikátmeteoritban is megtalálható.

Hedenbergit, $\text{CaFe}[\text{Si}_2\text{O}_6]$. A képletnek megfelelő tiszta molekula igen ritka, több-kevesebb Mg-ot tartalmaz. Monoklin prizmás. Uralkodóan gömbsugaras, durva rudas halmazok. $K = 6$. $S = 3,50-3,56$. Üvegfényű, szürkészöld, de a növekvő Fe-tartalommal a szín sötétzöldre, majd zöldesfeketere változik. Utóbbi törésmutatói: $n_a =$

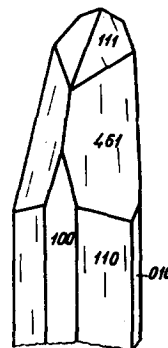
Johannsenit, $\text{CaMn}[\text{Si}_2\text{O}_6]$. Szerkezetileg a Mn^{2+} a diopszid ($\text{Mg}, \text{Fe}^{2+}$)-ionja helyére épül be, ennek következtében a cellaméreték (l. 85. tábl.) nagyobbak a diopszid—hedenbergiténél. — Üvegfényű, szegfűbarna, szürke, zöld. $K = 6$. $S = 3,4—3,5$. Opt. tengelysík (010). Kioltási szög (oldallapon) $46^\circ—48^\circ$. Törésmutatói a diopszid és hedenbergit közé illeszkednek be. — Sósavban tartós forralással elbomlik.

Képz. Metaszomatizált mészkövekben bustamittal, rodonittal társulva az ólom-, cink-, rézmetaszomatózist kíséri. Megtalálták riolitok vékony kalcitos-kvarcos ereiben is. Felszínközelségben viszonylag hamar elbomlik: xonotlit $[\text{Ca}_6\text{Si}_6\text{O}_{17}(\text{OH})_2]$ és rodonit (MnSiO_3) keletkezik belőle.

Spodumen, (*trifan*), $\text{LiAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$. Vegyileg eléggé különálló monoklin alkáli-piroxén: elegyedése nem ismeretes. Néhány Na- és esetenként csekély Ca-, Mg-tartalom kimutatható benne. Li_2O -tartalma 8,1%. Kristályai néha óriásiak, több métereseek. Alakra táblásak, zömök oszloposak. Számos lelőhelyen durván pátos tömegei kitermelésre alkalmasak. $K = 6,5$. $S = 3,03—3,22$. Üvegfényű, hasadási lapon gyöngyházfényű. Általában szürke, hamuszürke, de a faközöld, halványsárga szín sem ritka. Opt. tengelysík párhuzamos (010)-lal, kioltás $\gamma^{\wedge}c = 22^\circ—26^\circ$. — Ibolyaszínű nemes változata a *kunzit*, Cr-tartalmú smaragd-zöld spodumen a *hiddeni*, mindkettő drágakőnek alkalmas. E színes változatok pleokroóssak. — Savakban nem oldódik. — *Képz.* Jellegetes pegmatitásvány, gránitpegmatitokban más Li-, valamint Be-tartalmú ásványok társaságában keletkezik. Különösen az USA California, Connecticut, Maine állambeli feltárásai, valamint a Dél-Dakota-i Black Hills pegmatitja — melyben a 15—20 m-es spodumenkristály sem ritka — érdemel említést.

Jadeit, $\text{NaAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$. Jó kristályokban nem ismeretes, mindig vaskos, finom szálas mikrokristályokak tömött, nemezszerűen kuszált halmazza. $K = 6,5—7$. $S = 3,4$. Selymes üvegfényű, gyöngyházfényű, színe különféle árnyalatú zöld, néha majdnem fehér. Jól fényezhető, igen szívós. Értékes dísz tárgyak, szobrok készülnek belőle. (Közhasználatban más hasonló külsejű és viselkedésű ásványi anyagot, így főleg a nefrit nevű amfibolfajtát is helytelenül jadekőnek mondják.) Lángban könnyen megolvad (a nefrit nem). Kristályos palában, erős metamorfózison átment alkáli magmás kőzetekből (eleolitszienitből, fonolitból) keletkezik. Burma, Kína (Tibet), Turkesztán.

Egirin, $\text{NaFe}^{3+}[\text{Si}_2\text{O}_6]$. Kristálykémiailag már az augit rokonsági körébe tartozó monoklin alkáli- (nátron-) piroxén. Jellemző termeti sajátosságait az 578. ábra szemlélteti. Szerkezetileg a Fe^{3+} a piroxének 6-os környezetű (Mg) kationhelyét tölti be, a semlegesítés pedig a Ca-atomok helyére került Na-kationnal történik. Az egirin mind a diopszidsor, mind az augitok felé elegytagokkal kapcsolódik. A *diopszidos augit* viszonylag kevés Fe^{3+} -at, de Na-ot is tar-



578. ábra. Egirin

talmazó monoklin piroxén. Az *egirinaugit* pedig egyike a legtöbb fémiont tartalmazó monoklin piroxéneknek: $(\text{Na}, \text{Ca})(\text{Fe}^{3+}, \text{Fe}^{2+}, \text{Mg}, \text{Al})[\text{Si}_2\text{O}_6]$.

$K = 6$, $S = 3,55\text{—}3,60$. Sötétzöld, zöldesfekete, erős üvegfénye van. A törésmutató viszonylag széles határok közt változik: $n_\alpha = 1,750\text{—}1,776$, $n_\beta = 1,780\text{—}1,820$, $n_\gamma = 1,800\text{—}1,836$. $n_\gamma - n_\alpha = 0,040\text{—}0,060$. Pleokroós, optikai jellege a többi monoklin piroxéntől eltérően negatív, kioltása $\alpha^{\wedge}c = 2^\circ\text{—}6^\circ$. Az *egirinaugit* opt. jellege (az összetételtől függően) változó. — A barnásfekete, zömökebb termetű, de a végeken kiékelődő változatát *akmit*-nak mondjuk.

Képz. A leglényegesebb alkálipiroxén. Na-ban gazdag eruptív kőzetekben, alkáligránitban, eleolitszienitben, ijolitban, a kiömlések közül alkálitrachitban, fonolitban jellegzetes színes elegyrész. Említhető az erdélyi Ditró (Magyar Aut. Ter.) eleolitszienitje, a Kola-félszigeti (SZU) alkálikőzetek. A hazai vulkanitok közül a mecseki (kövestetői) fonolit lényeges elegyrésze.

Fassait, $\text{Ca}_8\text{Mg}_{6,5}(\text{Fe}^{3+}, \text{Ti})_{0,5}\text{Al}[\text{Al}_{1,5}\text{Si}_{14,5}\text{O}_{48}]$. A formulából látható, hogy elegyátmenet a (diopszidszerű) zöldaugit és a szorosabb értelemben vett augit-félék között. A vegyületben résztvevő elemek arányának megközelítéséhez 8-szoros piroxénmolekulát kell felvennünk. Kristályai nyúltak, oszloposak, legjobban a diopszidéhoz hasonlóak. $K = 6$, $S = 2,96\text{—}3,34$. Erős üvegfényű, hagymazöld, sötétzöld. $n_\alpha = 1,676\text{—}1,712$, $n_\beta = 1,683\text{—}1,719$, $n_\gamma = 1,702\text{—}1,736$. Kioltási szöge $41^\circ\text{—}47^\circ$. Gyengén pleokroós, HCl-ban nem oldható.

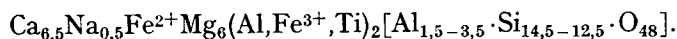
Képz. Típusos kontakt ásvány. Első lelőhelye a Dél-tiroli Dolomitokban Val di Fassa (Fassatal, Olaszorsz.), ahol augitszienit és triász mészkő kontaktusán vaskos tömegek képződtek. Másutt a karbonátkőzet magmás érintkezésénél kialakult más szilikátparagenezis tagja. — A bányai érces kontaktusban Čiclova (Csiklova), Ocna de Fer (Vaskő, Románia) említhető. Csehszlovákiában Hodrusbányán több m-nyi tömeges betelepülés. — A vezúvi (Olaszorsz.) bombákban is eléggé gyakori.

Omfacit, külsőre a fassaithoz hasonlít, átmeneti tag a diopszid és jadeit között. Többnyire szálas-szemcsés tömeg, fűzöld—hagymazöld, gyengén pleokroós. Kioltása $\gamma^{\wedge}c = 36^\circ\text{—}48^\circ\text{c}$. — Az eklogit és rokon metamorf kőzetek lényeges elegyrésze.

Diallag, $\text{Ca}_7\text{Fe}^{2+}\text{Mg}_{6,5}\text{Fe}_{0,5}^{3+}\text{Al}[\text{Al}_{1,5}\text{Si}_{14,5}\text{O}_{48}]$. Ugyancsak átmeneti tag a diopszid és a közönséges augit között. Minthogy jelentős „sesquioxid”, azaz Al_2O_3 - és Fe_2O_3 -tartalma van, korábbi csoportosítás szerint szokás volt már az „igazi” augitok közé sorolni. — Fennőtt kristályokban ritkább, kifejlődése inkább bennőtt, vaskos, táblás; legfőképpen pedig kőzetalkotó elegyrészként szerepel. Jellemző sajátága az (100) sz. feltűnő jó elválása, ami szételegyedéssel keletkezett finom bronzit + ilmenit hártályak ismétlődő behelyezkedéséből ered. Színe bronzbarna, barnászöld, feketésbarna. Fénye gyöngyház- és bronzfény közötti, félig fémesen csillogó. Gyengén pleokroós. $n_\alpha = 1,679$, $n_\beta = 1,681$, $n_\gamma = 1,703$. Szélein kissé áttetsző. Lángban megolvad, HCl nem oldja.

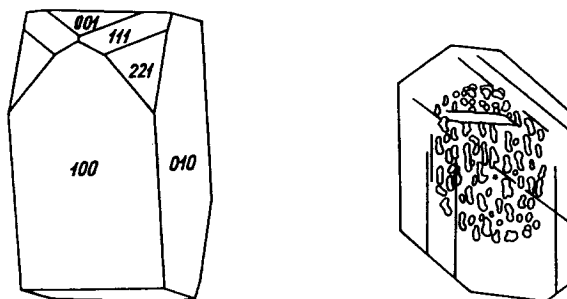
Fontos kőzetalkotó ásvány. Mélységi bázisos kőzetek: gabbrók, piroxenitiek, peridotitfélék lényeges elegyrésze. Pl. a Bükk hegységi Szarvaskő wehrlitjében (diállágperidotit), az aldunai Vaskapu gabbrójában (Jugoszlávia, Románia).

Augit és bazaltos augit. A monoklin piroxének legközönségesebb, egyben legfontosabb tagja. Összetételében a diopszidmolekula az uralkodó, de a Ca-on és Mg-on kívül a Na, Fe^{2+} , Fe^{3+} , Al, Ti is lényeges szerephez jut, továbbá az Al a Si-ot már nagyobb mértékben helyettesíti, mint a fassait vagy diállág szerkezetében, amit természetesen megfelelő vegyértékkiegyenlítés kísér. Ezt fejezi ki a formulája:



Az Al_2O_3 -tartalom 4—9%, a Fe_2O_3 3,1—3,5% közötti, vagyis a „sesquioxid” mennyisége átlagosan 10% körüli.

A kristálytermet leginkább zömök oszlopos (574. és 579. ábra), de a keletkezési hőmérséklet és társzkationok szereplése szerint a termeti kifejlődés némileg változik. Hasadás (110) sz. többé-kevésbé jó, a hasadási alak hajlásszöge



579. ábra. Augitkristályok

$87^\circ 11'$, az (100) és (010) sz. elválás tapasztalható. Az ismertetett törvények szerint gyakori az ikerkristály. $K = 6$, $S = 3,23-3,52$. Színe a Fe-tartalomtól függően sötétzöld, barnászöld, zöldesfekete. Vékonycsiszolatban halványzöld, barna vagy színtelen. Fénytörése: $n_\alpha = 1,671-1,735$, $n_\beta = 1,672-1,741$, $n_\gamma = 1,703-1,761$. $n_\gamma - n_\alpha = 0,018-0,033$. Opt. pozitív, kioltási szögét l. 575. ábrán. Pleokroizmus csak a nagyobb Ti-tartalmúaknál szembeutó. — Savak nehezen oldják, lángban fekete, gyengén mágneses golyóvá olvad.

Titánaugit, $\text{Ca}_7\text{Na}_{0,5}\text{Mg}_6\text{Fe}_{1,5}^{2+}\text{TiFe}^{3+}[\text{Al}_{2,5}\text{Si}_{13,5}\text{O}_{48}]$, fekete, legtöbbször szurok-fekete, vékonycsiszolatban ibolyásbarna, pleokroós és homokóraszerű mezőkre tagolódik.

Bazaltos augit (oktobolit), barnásfekete, bársonyfekete, vékonycsiszolatban halványbarna.

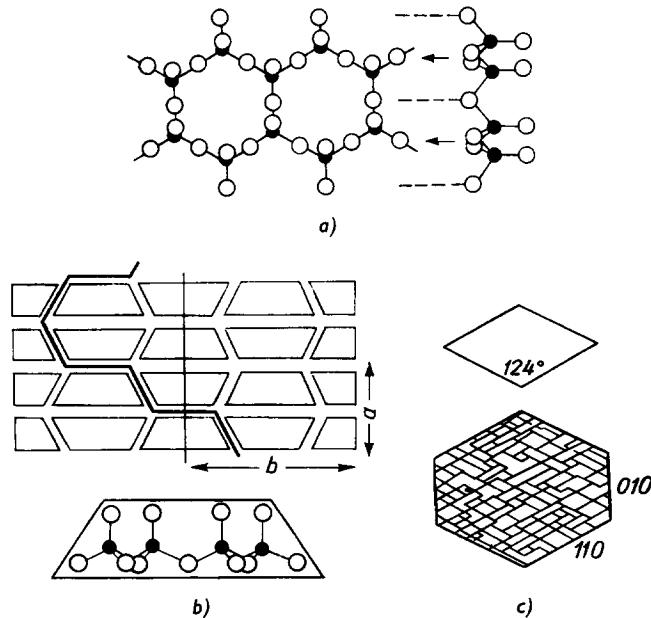
Képz. Az ultrabázisos és bázisos magmás kőzeteknek, piroxeniteknek, diabázznak, melafirnak, bazaltféléknek lényeges elegyrésze. A belső kárpáti vulkánoszorú kőzettömegeinek jó része piroxén- (augit-) andezit. Járulékosan majdnem minden magmás kőzetben képződhet. Kontakt szkarnban is megtaláljuk, szilikátmeteoritokban szintén elegyrész. A bazaltos augit a fiatal bázisos vulkanitoknak (bazalt, tefrit, limburgit stb.) és tufáiknak fontos színes elegyrésze. A Balaton-felvidéki, nógrádi bazaltok, a mecseki trachidolerit, az erdélyi Rimetea (Torockó) és Persányi hegység (Románia) augitpörfirjai, melafirjai is bazaltos augitot tartalmaznak.

b) csoport.

Amfibolok

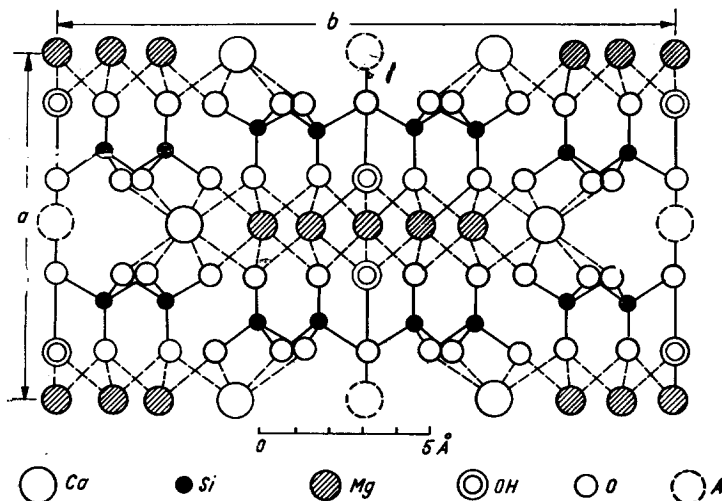
Az amfibolcsoportba tartozó szilikátok szerkezete kettős szilikátláncokból, valamint ezeket összekapcsoló oktaéderez kötélekekből áll. E szerkezeti elemek összefűződése egészen hasonló a piroxénkéhez, innen ered a két ásványcsoport már korán felismert közeli rokonsága. A szerkezet felépítésének lényegét az 580. ábra mutatja be.

Mint a felépítés módjából látszik, a kettős láncú szerkezetben az (110) hasadási prizma lapjainak hajlásszöge 124° -ra módosul. A *c*-tengely irányában a rác-



580. ábra. Amfibol-szerkezet: *a* — kettős tetraéderlánc hosszanti és harántnézetben; *b* — a kettős láncok szerkezeti összeépülésének vázlatja a 124° -os hasadási szög kialakulásának megjelölésével; *c* — hasadási vonalak az amfibol *c*-tengelyre merőleges metszetén

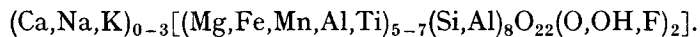
periódus ugyanaz, mint a piroxénszerkezetben, s így a szalagváz $[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_{\infty}^{6-}$ alapkötelékből áll. Lényeges különbség az, hogy e szilikátszalagok összeilleszkedése módot nyújt $(\text{Mg,Fe})(\text{OH})_2$ -csoportok beépülésére. Különben a láncokat



581. ábra. Tremolit-szerkezet képe a c -tengely felől nézve.

Az A atomhelyek a tremolitban nincsenek betöltve, ezeket egy amfibolfajtákban alkáliatomok foglalhatják el

összefűző kationok helyzetkedésében ugyanazok az elvek, illetőleg koordinációk érvényesülnek, mint a piroxéneknél. Így a láncváz, a csúccsal szembenező tetraéderek közötti 6-os, oktaédes koordinációjú kapcsolódással együtt $[(\text{R}_s^{2+}\text{Si}_8\text{O}_{22})(\text{OH})_2]^{4-}$ -kötelékké fűződik. Ennek 4 negatív vegyértékét a lapjukkal szembenező szilikáttetraéderek közötti csatornába behelyezkedő (inaktív) kationok egyenlítik ki. Pl. a tremolit esetében: $\text{Ca}_2[\text{Mg}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2]$. A szerkezetben (581. ábra) számos helyettesítés történhetik. A rácskiegyenlítést figyelembevéve, a következő általános képlet írható fel:



Az amfibolfajták csoportosítását a 86. táblázat mutatja be.

a) Rombos amfibolok

86. táblázat

Név	Összetétel	Tér- cso- port	a_0	b_0	c_0	Z
Antofillit	$\text{MgFe}[(\text{Mg}, \text{Fe})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2]$	} D_{2h}^{16} - <i>Prima</i>	18,56	18,08	5,28	4
Gédrit	$\text{MgFe}[(\text{Mg}, \text{Fe})_5(\text{Al}, \text{Fe})(\text{Si}_6\text{Al}_2\text{O}_{22})(\text{OH}, \text{F})_2]$		—	—	—	—
Holmquistit	$\text{Li}_2[(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_3(\text{Al}, \text{Fe}^{3+})_2(\text{Si}_8\text{O}_{22})(\text{OH}, \text{F})_2]$		18,27	17,69	5,28	4

β) Monoklin amfibolok

Név	Összetétel	Tér- cso- port	a_0	b_0	c_0	β°	Z
-----	------------	----------------------	-------	-------	-------	---------------	---

1. *Cummingtonit-sor*

Kupfferit	$\text{Mg}_2[\text{Mg}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2]$	} C_{2h}^{24} - <i>C2/m</i>	—	—	—	—	—
Cummingtonit	$(\text{Mg}, \text{Fe})_2[(\text{Mg}, \text{Fe})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2]$		9,95	18,26	5,34	109°34'	2
Grünerit	$\text{MgFe}[\text{Fe}, \text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2]$		9,4	17,9	5,27	—	1

2. *Kalcium-amfibolok*

Tremolit	$\text{Ca}_2[\text{Mg}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2]$	} C_{2h}^{24} - <i>C2/m</i>	9,80	17,8	5,27	106°02'	2
Aktinolit	$\text{Ca}_2[(\text{Mg}, \text{Fe})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2]$		9,89	18,14	5,34	105°48'	—
Edenit	$\text{NaCa}_2[\text{Mg}_5\text{Si}_7\text{AlO}_{22}(\text{OH})_2]$		9,94	18,38	5,35	105°45'	1
Ferro-edenit	$\text{NaCa}_2[\text{Fe}_5\text{Si}_7\text{AlO}_{22}(\text{OH})_2]$		—	—	—	—	—
Hastingsit	$\text{NaCa}_2[\text{Mg}_4\text{AlSi}_6\text{Al}_2\text{O}_{22}(\text{OH})_2]$		—	—	—	—	—
Ferro-hastingsit	$\text{NaCa}_2[\text{Fe}_4^{2+}\text{Fe}^{3+}\text{Si}_6\text{Al}_2\text{O}_{22}(\text{OH})_2]$	—	—	—	—	—	

3. *Oxi-amfibolok (bazaltos amfibolok)*

Ferri-tremolit	$\text{Ca}_2[\text{Fe}_3^{2+}\text{Fe}_2^{3+}\text{Si}_8\text{O}_{22}\text{O}_2]$	} C_{2h}^{24} - <i>C2/m</i>	9,88	18,10	5,31	104°45'	1
Ferri-edenit	$\text{NaCa}_2[\text{Fe}_3^{2+}\text{Fe}_2^{3+}\text{Si}_7\text{AlO}_{22}\text{O}_2]$		9,92	18,30	5,33	105°45'	1
Ferri-hastingsit	$\text{NaCa}_2[\text{Fe}_2^{2+}(\text{Al}, \text{Fe})_3\text{Si}_6\text{Al}_2\text{O}_{22}\text{O}_2]$		—	—	—	—	—
Barkevikit	$(\text{Na}, \text{K})\text{Ca}_2[(\text{Fe}^{2+}, \text{Mg}, \text{Fe}^{3+}, \text{Mn})_5 \cdot \text{Si}_7\text{AlO}_{22} \cdot (\text{OH})_2]$		9,9	18,34	5,34	105°45'	1

4. *Alkáli-amfibolok*

Glaukofán	$\text{Na}_2[\text{Mg}_3\text{Al}_2\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2]$	} C_{2h}^{24} - <i>C2/m</i>	9,72	17,98	5,37	104°10'	1
Riebeckit	$\text{Na}_2[\text{Fe}_3^{2+}\text{Fe}_2^{3+}\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2]$		9,90	18,14	5,32	103°30'	1
Arfvedsonit	$\text{Na}_5\text{Ca}[(\text{Fe}^{2+}, \text{Mg}, \text{Ti})_7\text{Fe}^{3+}(\text{Al}, \text{Fe}^{3+}) \cdot \text{Si}_{15}\text{O}_{44}(\text{OH})_4]$		9,89	18,35	5,34	104°16'	1

γ) Triklín amfibol

86. táblázat folytatása

Név	Összetétel	a_0	b_0	c_0	$\alpha \angle$	$\beta \angle$	$\gamma \angle$	Z
Enigmatit	$(\text{Na}, \text{Ca})[(\text{Fe}^{2+}, \text{Ti}, \text{Al}, \text{Fe}^{3+})_5 \cdot \text{Si}_4\text{O}_{11} \cdot \text{O}_3](?)$	18,3	18,3	10,6	$96^\circ 40'$	$96^\circ 35'$	$113^\circ 21'$	6

 α) ROMBOS AMFIBOLOK

Antofillit, $(\text{Mg}, \text{Fe})_7[\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2]$. Rombos dipiramisos. Fejlettebb kristályokban igen ritka, a c -tengelyt lezáró lapok akkor is mindig hiányoznak. Szinte kizárólag durva rudas, szálás-rostos vagy azbesztszerű halmazokban mutatkozik. Kitűnő hasadása és az (100) sz. jó elválása van. $K = 5,5 - 6$, $S = 2,85 - 3,2$. Üvegfényű, szegfűbarna, néha kissé fémes (vö. bronzit). $n_\alpha = 1,63$, $n_\beta = 1,64$, $n_\gamma = 1,66$. Fénytörése a Fe-tartalommal növekszik. Al-tartalmú izomorf társa a *gédrit*. Kristályos palák elegyrésze, leginkább bázisos magmás kőzetek metamorfózisa alkalmával olivinből keletkezik.

Holmquistit, $\text{Li}_2(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_3(\text{Al}, \text{Fe}^{3+})_2[\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH}, \text{F})_2]$. Sokáig monoklin alkáliamfibolnak, „lítiumglaukofán”-nak minősítették. Rombos dipiramisos, $D_{2h}^{12} - Pnma$, $a_0 = 18,27$, $b_0 = 17,69$, $c_0 = 5,28 \text{ \AA}$. $Z = 4$. — Csoportos tűs kristályokban, főként azbeszthez hasonló szövedékben vagy kéveszerű halmazokban képződik. $K = 5 - 6$; $S = 3,1$. Üvegfényű, kék, ibolyáskék, ibolyásfekete. Pleokroós. Ritka amfibolfajta. Li-ban gazdag pegmatittelérben, főleg ennek mellékközettel érintkező övében mutatkozik. Utő-sziget (Svédország); Kola félszigeten (SZU) spodumengazdag pegmatitban; Kelet-Szajan-terület (SZU); South Carolina állam (USA).

 β) MONOKLIN AMFIBOLOK

A kettős lánccú szerkezetek túlnyomó többségét a monoklin amfibolok alkotják. A 86. táblázatba (l. 708. old.) foglalt felsorolás nagyrészt szélső, ún. tiszta tagokra szorítkozik. Az egyes rokonsági sorokon belül éppúgy, mint a sorok között is, további izomorf elegyedések lehetségesek. Külsőleg jellemző a már említett 124° -os prizmás hasadás, az oldallapon a függőleges hasadási irányhoz mért ferde kioltás, mely (kivéve az alkáliamfibolokat) a tompa β -szögben van. Néhány nem színezett fajtától eltekintve a pleokroizmus erős.

1. Cummingtonit-sor

Ca-mentes és háromvegyértékű kationokat sem tartalmazó amfibolok. A *kupfferit*: $\text{Mg}_7[(\text{Si}_4\text{O}_{11})_2(\text{OH})_2]$ olyan szélső elegyösszetevő, melynek csak elméleti jelentősége van.

Cummingtonit, $(\text{Mg,Fe})_7[(\text{Si}_4\text{O}_{11})_2(\text{OH})_2]$. Monoklin prizmás. Összetétele közel ugyanaz, mint a rombos antofillit. Önálló kristályokban ritka, zömök prizmák tetőzölapok nélkül. Leginkább sugaras-rostos vagy lemezes kőzetalkotó elegyrész. Üvegfényű, gyengén barna—barnászöld. $K=5-6$; $S=3,1-3,2$. Sűrűsége és törésmutatója, valamint kettőtörése is a Fe-tartalom függvénye. Optikailag pozitív. $n_a=1,653-1,665$, $n_\beta=1,644-1,675$, $n_\gamma=1,655-1,698$. Kioltása $\gamma^{\wedge}c=15^\circ-21^\circ$. Enyhén pleokroós. — HCl-ban nem oldódik.

Metamorf kőzetek, amfibolitok elegyrésze; Krivoj Rog (SZU) metamorf vasérctelepében a cummingtonit-pala főásványa.

Grünerit, $\text{MgFe}_6[(\text{Si}_4\text{O}_{11})_2(\text{OH})_2]$. Rendszerint kevés Mn-t is tartalmaz. Selymes fényű, teltebb barna, fénytörése és kettőtörése is nagyobb a cummingtoniténál, de optikailag negatív és jelentősebben pleokroós. — Fe-ban gazdag metamorf kőzetekben találják. Kvarctartalma oxidos vasérctelepekben (Felső-tó, USA) a metamorfózis során vaspát + kvarc reakció terméke, hasonló eredete van a szalagos jaspilitekben is (Svédors.).

Amozit, azbesztszerű cummingtonit; a *dannemorit* mangánban gazdagabb cummingtonit-változat.

2. Kalcium-amfibolok

Fontos kőzetalkotó ásványok. Szerkezetük a tremolitból megfelelő helyettesítésekkel vezethető le. Valamennyi változatra jellemző, hogy inaktív kationként több-kevesebb Ca-ot mindig tartalmaz. Ezért az újabb csoportosítás szerint kalciumamfibol néven foglalhatók össze.

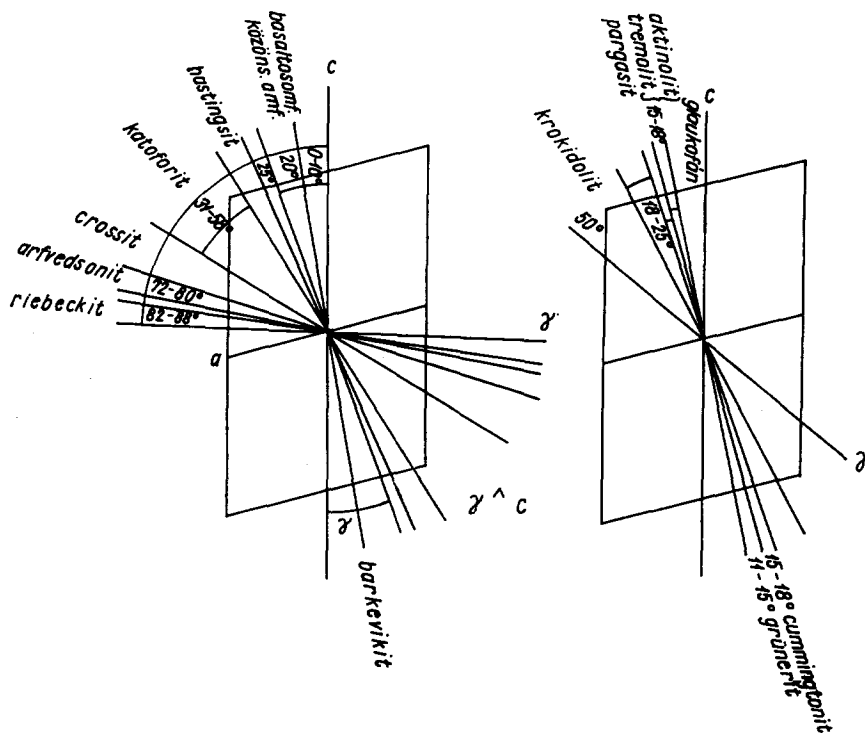
A kioltási szögekről az 582. ábra tájékoztat, a többi optikai adatot és a sűrűségértéket néhány szélső tagra és közönséges amfibolváltozatra vonatkozóan a 87. táblázat tünteti fel.

87. táblázat

N é v	Törésmutatók			$n_\gamma - n_a$	2 V	S
	n_a	n_β	n_γ			
Tremolit	1,599	1,613	1,622	0,026	(−)88°	2,98
Aktinolit	1,618	1,633	1,641	0,023	(−)81°	3,05
Edenit	1,622	1,630	1,645	0,023	(+)60°	3,06
Hastingsit	1,622	1,632	1,641	0,019	(−)nagy	3,15
	1,650	1,665	1,675	0,025	(−)79°	3,18
Közönséges amfibol						
	1,693	1,711	1,713	0,020	(−)43°	3,42

Tremolit, *grammatit*, $\text{Ca}_2\text{Mg}_5[(\text{Si}_4\text{O}_{11})_2(\text{OH})_2]$. Monoklin prizmás. Összetételében az izomorf helyettesítésű Mn és Al mennyisége jelentéktelen, a Fe-tartalom fokozódása átvezet az aktinolitösszetételhez. *Krist.* egyszerű alakok,

a c -tengely irányában nyúlt, prizmás, rudas termetű, vonalzószerű kristályok vagy sugaras halmazok, finomszálás szövedékek. Az (110) sz.-i hasadáson kívül néha az (100) és a (010) sz. elválás tapasztalható. $K = 5 - 6$. Fehér, enyhén zöldes; pleokroizmus a színezettebb kristályokon mutatkozik. Kioltási szög: $\gamma \wedge c = 15^\circ - 18^\circ$. Savak nem hatnak rá, lángban csak vékony szálai olvadnak meg.



582. ábra. A monoklin amfibolok kioltási szöge: $\gamma \wedge c$ oldallapon

Képz. Metamorf ásvány. Képződik dolomitok, dolomitos mészkövek termikus hatásra történt átalakulásakor, és megtalálható a karbonátközetek kontakt pneumatolitos szkarnásványai közt. — Szép, több cm-es szintelen kristályok a Prelukahegység (Románia) kristályos dolomitjában, hasonlóképpen a gyergyói (Románia) Szárhegyen és a bászági (Románia) kontakt szkarnban. Az Alpokban Tirol, Salzburg és Karintia (Ausztria) kristályos paláiban. A Ticinói Alpokban (Svájc) Campo Longo és még számos lelőhelye ismeretes.

Aktinolit, *sugárkő*, $\text{Ca}_2(\text{Mg,Fe})_5[(\text{Si}_4\text{O}_{11})_2(\text{OH,F})_2]$. Monoklin prizmás. Összetétele tremolit és ferroaktinolit $\text{Ca}_2\text{Fe}_3^+[(\text{Si}_4\text{O}_{11})_2(\text{OH})_2]$ izomorf elegye. Az elegyben a $\text{Mg}:\text{Fe} = 2:3$ arányig fokozódik, és a Ca mellé kevés Na is társul.

A piroxének között a diopszid—hedenbergit-sor tekinthető analóg összetételűnek. Kristályai hosszú rudas, oszlopos természetűek vagy vékony tűs, zilált-rostos halmazok. Zöld, sötétzöld, a ferroaktinolit feketészöld vagy fekete. Pleokroizmusa erős (α = halványzárka, γ = élénkzöld, kékeszöld).

Képz. Kristályos palák elegyrésze, főként a kisebb fokozatú metamorfózissal keletkezett kőzetekben otthonos. Talkpalában, kloritpalában szép nyúlt, több cm-es kristályok. Típusos ásványa az ún. zöldpalafáciesnek. Az Alpokban, a Fichtel-hegységben (Németország), Skandináviában, az Ural-hegységben számos lelőhelye ismeretes. Bázisos magmás kőzetek piroxénelegyrészeinek szegélye halványzöld amfibollá, helyesebben aktinolitos övvé változik át, amit *uralitosodásnak* mondunk. Az átváltozás a magma saját vízgőzének hatására jön létre a korábban kivált piroxéneken.

Amfibolazbeszt, hajszálfinom, szálas-rostos amfibolféleség. Főként az aktinolitsor tagjaiból kerül ki, de más — leginkább Al-ban szegény — amfibolfélékben is előáll a szerkezeti láncok szerinti szálak elválás. A finom szálak, néha gyapotszerű anyag szőhető-fonható, lemezekbe sajtolható, s így gyakorlatilag számos alkalmazásra talál. Az amfibolazbeszt azonban kevésbé tűzálló, inkább savállósága révén tűnik ki, és szálai is kevésbé hajlékonyak, meglehetősen ridegek, úgyhogy a közönségesen azbesztnek hívott ásványi anyag legtöbbször nem amfibolféle, hanem a krizotil nevű ásvány rostos változata (l. később). *Hegybőr, hegyiparafa, amiant, bisszolit* egyes amfibolazbeszt-félék megjelenési formájára használt elnevezések. **Nefrit** egészen finom- és rövidszálak, de nemeszerűen tömött aktinolit. Halványzöld-szürkészárka, bágyadt fényű, igen szívós, kőzetszerű anyag. A jadeit-piroxénhez hasonló színe és viselkedése van, de lángban egyáltalán nem olvad meg (míg a jadeit könnyen megolvasható). Dísz tárgyak, szobrok stb. készülnek belőle, különösen keleten: Kínában, Közép-Ázsiában kedvelt és keresett díszkő. Kőkorszaki eszközöket Európában is találtak belőle.

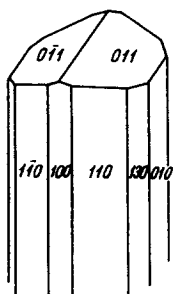
Edenit, $\text{NaCa}_2\text{Mg}_5[\text{Si}_7\text{AlO}_{22}(\text{OH})_2]$ és **hastingsit** $\text{NaCa}_2\text{Mg}_4\text{Al}[\text{Si}_6\text{Al}_2\text{O}_{22}(\text{OH})_2]$. Monoklin prizmás. Al-tartalmú, vasban szegény közönséges amfibol. A két vegyület az Al-helyettesítéssel előálló szélső tagokat mutatja be. A Na állandó alkatrész. A Mg mellett kevés Fe^{2+} mindig jelen van, ezenkívül Mn, néha Ti is, a OH helyén némi F is szerepelhet. Kevésbé színezett, halványzöld, szürkészöld, néha kissé kékes. Zömökebb oszlopok vagy szögletes-szemcsés halmazok. $K = 5 - 6$; $S = 3,02 - 3,45$. Üvegfényű, vékonycsiszolatban színtelen vagy gyengén színezett. $n_\alpha = 1,615 - 1,700$, $n_\beta = 1,618 - 1,714$, $n_\gamma = 1,632 - 1,730$. Kioltási szög $\gamma^{\wedge}c = 14^\circ - 32^\circ$. Különböző árnyalatú halványzöld—zöld. Pleokroos. Üvegfényű, vékonycsiszolatban színtelen vagy gyengén színezett.

Pargasit, $\text{NaCa}_2\text{Mg}_4(\text{Al}, \text{Fe}^{3+})[(\text{Si}_6\text{Al}_2\text{O}_{22})(\text{OH}, \text{F})_2]$. Edenit-változat; élénk színű. Hagymazöld, kékeszöld, világosbarna. Pleokroizmus: α = halványzöld, β = kékeszöld vagy világosbarna. Kioltás: $\gamma^{\wedge}c = 26^\circ$.

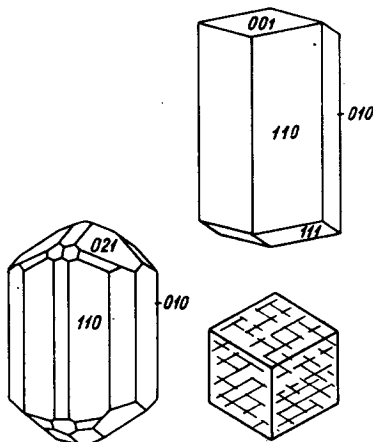
Képz. Metamorf kőzetek elegyrésze. Az amfibolitfácies kőzetváltozataiban az egyik leglényegesebb összetevő. — Kontakt ásvány mészkövekben, kontakt

szkarnban. A magmás kőzetek közül főként a kevésbé savanyú mélységi (diorit, szienit) kőzetekben, de andezitben, sőt a vasban gazdagabb vegyületei bazaltokban is képződhetnek.

Amfibol, „Hornblende” vagy közönséges amfibol. Összetételéhez a következő izomorf összetevőket szokás felvenni: *edenit* $\text{NaCa}_2\text{Mg}_5[\text{Si}_7\text{AlO}_{22}(\text{OH})_2]$ és *ferroedenit*: $\text{NaCa}_2\text{Fe}_5[\text{Si}_7\text{AlO}_{22}(\text{OH})_2]$, valamint a $\text{NaCa}_2\text{Mg}_4\text{Al}[\text{Si}_6\text{Al}_2\text{O}_{22}(\text{OH})_2]$ *hastingsit* és *ferrohastingsit*, $\text{NaCa}_2\text{Fe}_4^2+\text{Fe}^{3+}[\text{Si}_6\text{Al}_2\text{O}_{22}(\text{OH})_2]$. Az így kialakuló (változó arányú) együttesben kevés Ti és F is helyettesíthet. — *Krist.* Az alaki sajátságok a többi Ca-amfiboléval egyezők. A kristályok általában rövid prizmásak, álhatszögesek (583—584. ábra). Ikrek (100) sz. egyes vagy többszörös



583. ábra. Amfibol

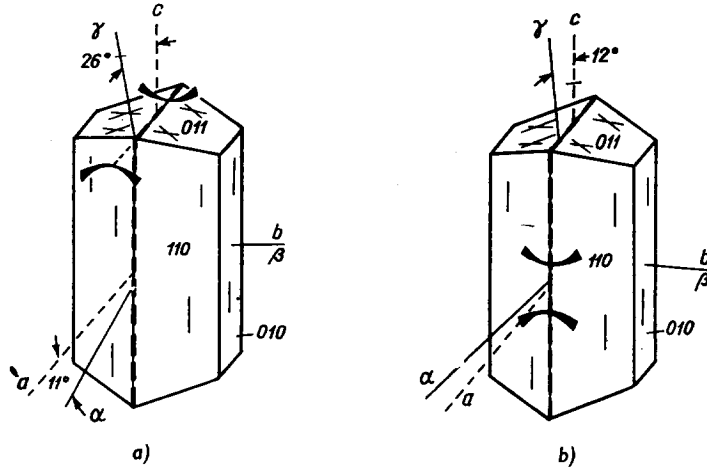


584. ábra. Amfibol

lemezes összenövések. Gyakran augittal vagy diállággal orientált összenövés jön létre. Hasadás (110) sz. igen jó, (100) és (001) sz. kevésbé jó. Üvegfényű, hasadási lap szarufényű. A szín világosabb zöldtől zöldön át sötétbarnáig változhat. A legnagyobb (ferrohastingsit) törésmutatói: $n_\alpha = 1,702$, $n_\beta = 1,729$, $n_\gamma = 1,730$. Kioltsási szöge (a vastartalom növekedésével csökken): $\gamma \wedge c = 26^\circ - 12^\circ$. A főzónajelleg mindig pozitív, de a tengelyszög széles határok ($2V_\alpha = 95^\circ - 12^\circ$) közti változása miatt ingadozik, s a vasban gazdagabb tagok karaktere mindig negatív (585. ábra). Pleokroizmus mindig erős $\alpha =$ halvány-sárga—sárga, $\beta =$ világosbarna—telt olajzöld, $\gamma =$ kékeszöld—sötétzöld. Lángban a sötétebb fajták megolvadnak, és tömény savak is a színesebb tagokat támadják meg.

Képz. A legelterjedtebb amfibol. A magmás kőzetek közül számos savanyú és neutrális magmatitnak: amfibolgránitnak, szienitnek, nefelinszenitnek, dioritnak, porfirnak, porfiritnek az elegyrésze. Vannak bázisos, sőt ultrabázisos plú-

tói kőzetek (pl. olivingabbrók, hornblenditek) amfiboltartalommal. — A kristályos palákban, „hornblende”-palákban, „hornblende”-gnejszben, amfibolitokban lényeges elegyrész. — Kontakt szkarnkőzetekben is megtalálható. — Az uralitosodást mint jellemző átalakulási folyamatot itt is említeni kell.



585. ábra. a — pargazit, b — ferrohastingsit; az optikai tengelyszög és jelleg, ill. a kioltási szög szemléltetésével

3. Bazaltos vagy oxiamfibolok

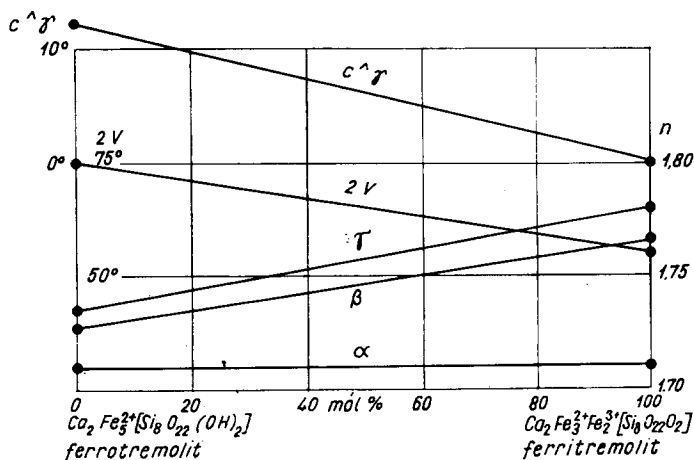
A közönséges amfibolokkal szemben bőségesebb a vastartalmuk, s ez részben Fe^{3+} -má oxidálódott (kísérleti úton a közönséges amfibol ferrovastartalma $750\text{ }^\circ\text{C}$ -on teljesen ferrivé oxidálható). Az oxiamfibolok szélső tagjaiként egyrészt az Al-mentes *ferritremolit* $\text{Ca}_2\text{Fe}_3^{2+}\text{Fe}_3^{3+}[\text{Si}_8\text{O}_{22}\text{O}_2]$, másrészt a *ferrihastingsit* $\text{NaCa}_2\text{Fe}_2^{2+}(\text{Fe}^{3+},\text{Al})_3[\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{22}\text{O}_2]$ jelölhető meg. A természetes oxiamfibolok ennél rendszerint bonyolultabb összetételű elegykristályok, a Fe^{2+} mellett Mg-tartalmuk mindig van, a Ca-tartalom állandó és a Na (K) is többnyire szerepel az összetételben, valamint a Ti-tartalom is gyakori. Az oxidáció mértéke szerint oxigén tölti be a OH helyét.

A kristályok termete a közönséges amfibolokéval egyező, színük azonban barnásfekete-szurokfekete, vékonycsiszolatban barna. A hasadási lapok erősen fénylenek. Fénytörés, kettőtörés lényegesen nagyobb, mint a közönséges amfibolokban. A tengelyszög némileg kisebb, és a ferde kioltás szöge is néhány (2—10) fokra csökken. Az említett értékek változását az egyik vegyületsorban az 586. ábra mutatja be. Pleokroizmusa igen erős: α = sárga, halványbarna, β = barna, γ = sötétbarna.

Az oxiamfibol, összhangban a felszínközelen növekvő oxidációs fokkal, legfőképpen kiömlésbeli, bázisos kőzetekben, Na-ban gazdagabb bazaltokban, ba-

zalttufákban, trachitokban otthonos. Innen ered a másik „bazaltos amfibol” elnevezés. Számos hazai kőzetnek is elegyrésze. Saját alakú, szebb kristályai vannak a Balaton-felvidéki Kapolcs, Balatoncsicsó, valamint a Salgótarján környéki bazalttufákban.

A Ti-ban gazdag oxiamfibolnak *kaersutit* a neve.



586. ábra. A ferro- és ferritremolit fénytani adatai

Barkevikit, $(\text{Na}, \text{K})\text{Ca}_2(\text{Fe}^{2+}, \text{Mg}, \text{Fe}^{3+}, \text{Mn})_5[\text{Si}_7\text{AlO}_{22}(\text{OH})_2]$. Legjobban a bazaltos amfibolokhoz tartoznék, de eléggé állandó egyi sajátságai és szűkebb körű képződésviszonyai is az elkülönítés mellett szólnak. Egyúttal átmenetet jelez a következő nagyobb csoport, az alkáliamfibolok felé. *Kristály*a karcú, léces vagy nyúlt prizma; fennőtt kristályosan alig ismeretes. $K = 5 - 6$; $S = 3,35 - 3,44$. Fekete, bársonyfekete, csiszolatban barna—sötétbarna. Fénytörése: $n_\alpha = 1,69$, $n_\beta = 1,700$, $n_\gamma = 1,707$. Kioltság $11^\circ - 18^\circ$. Sárga—barna színekben erősen pleokroós. — A *katoforit*- és *anoforit*-változatok alkáliákban gazdagabbak és összetételre az arvedsonitot (l. alább) közelítik meg.

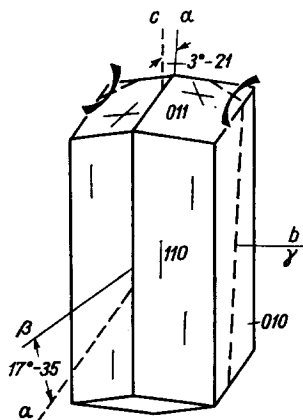
Képz. Csakis alkáli magmás kőzetekben: essexitben, nefelin- és sodalitszenitben, foyaitokban és az ultra-alkáli kőzetekben is, pl. a jacupirangitban kőzet-elegyrész. — Fenokristályosan egyedül a teléres comptonitban (Ontario, Kanada) egirinnel, olivinnal és apatittal találják.

4. Alkáliamfibolok

Egyes amfibolok szerkezetében a Na az uralkodó inaktív kation, mellette esetleg kevés K is szerepelhet. Innen nyerte e csoport az alkáliamfibol elnevezést. Két rokonsági sorozatra (*a*) riebeckit-sor; *b*) glaukofán-sor) különíthetők.

a) *Riebeckit-félék (Mg-ban szegény alkáliamfibolok)*

Riebeckit, $\text{Na}_2\text{Fe}_3^{2+}\text{Fe}_3^{3+}[\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2]$. Vasban gazdag, Mg-mentes monoklin alkáliamfibol. Összetétele némi Mn-t és Ca-ot is tartalmazhat. Fennőtt kristályban ritka, kőzetelegrészként hosszant rostozott, több cm-es kristályok. $K =$



587. ábra. A riebeckit optikai sajátságai

$= 5$; $S = 3,02 - 3,42$. Üvegfényű, fekete-sötétkék. Vékonycsiszolatban is sötétkék—zöld színekben áttetsző. Optikailag negatív, és az opt. tengelysík merőleges a (010) síkra (587. ábra), kioltási szöge: $\alpha \wedge c = 3^\circ - 21^\circ$. Bár az optikai tengelyszög ($2V_a = 40^\circ - 95^\circ$) erősebb szétnyílásával a jelleg átváltozhat, a főzónakarakter negatív marad. Pleokroizmus: $\alpha =$ sötétkék, $\beta =$ kék, $\gamma =$ zöld. Lángban viszonylag könnyen megolvad. — *Képz.* Általában Na-ban gazdag magmás kőzetekben; kvarcszienitben, alkálszienitben, nefelinszienitben, gránitban. A riebeckitgránit számos változata Nigériából vált ismertté. — Kristályos palákban kevésbé gyakori, egyes gneiszfélékben egirinnel társul.

Arfvedsonit, $\text{Na}_5\text{Ca}(\text{Fe}^{2+}, \text{Mg}, \text{Ti})_7\text{Fe}_3^{2+}[(\text{Al}, \text{Fe}^{3+}) \cdot \text{Si}_{15}\text{O}_{44}(\text{OH})_4]$. Nyúlt nagy kristályai kissé táblásak, rendszerint prizmás-leveles halmazok. $K =$

$= 5 - 6$, $S = 3,5$. Üvegfényű. Zöldesfekete, fekete (külsőleg az egirinhez hasonló). Fényabszorpciója nagy; vékonycsiszolatban kéken-zölden áttetsző-átlátszó. Erősen pleokroós. Fénytörése a riebeckiténél is erősebb. Opt. jelleg negatív, tengelysík merőleges (010)-ra, $\alpha \wedge c = 2^\circ - 30^\circ$. Lángban hevítve felduzzadva olvad meg. Savakban nem oldódik. — A riebeckit—arfvedsonit-sor tagjai még: *osannit*, mely kevés Ca mellett K-ot is tartalmaz; *eckermannit* Ca-mentes, de már több benne a Mg és bővebb az Al-tartalma is (részben már oxiamfibol).

Képz. Na-ban gazdag mélységi magmás kőzetekben, s főként annak pegmatitjaiban otthonos. Gyakorta társul egirinnel, sőt orientáltan összenő vele. Egyes szienitekben hastingsitvel nő össze.

b) *Glaukofán-félék (Mg-ban gazdag alkáliamfibolok)*

Glaukofán, $\text{Na}_2\text{Mg}_3\text{Al}_2[\text{Si}_9\text{O}_{22}(\text{OH})_2]$. Összetételében több-kevesebb Fe^{2+} és Fe^{3+} -kation helyettesíthet, kevés Ca-ot is tartalmazhat. Fennőtt kristálya zömök oszlopos amfiboltermet; de leginkább vaskos-rostos, leveles vagy durvaszemcsés. Hasadása kitűnő. Üvegfényű, kissé gyöngyházszerű, áttetsző. Szürke, szürkéskék—kékesfekete. Vékonycsiszolatban levendulakék—kék. Élénken pleokroós, optikailag negatív, tengelysík (010), kioltás $\gamma \wedge c = 4^\circ - 14^\circ$. Lángban viszonylag könnyen olvad, savak kissé oldják. — Ca-tartalma, a riebeckithez közeli átmeneti elegykristály: *crossit*. Rostos-szálas változat és vegyileg ugyanacsak átmenet a riebeckitfélékhez: *krokidolit* = *kékazbeszt*.

Képz. Jellegzetesen metamorf ásvány. A vasban gazdagabb crossittal együtt a glaukofán-fácies ásványa. Egyes amfibolitokban, gneiszban, eklogitban is megtalálható.

γ) TRIKLIN AMFIBOL

Enigmatit, $(\text{Na,Ca})(\text{Fe}^{2+},\text{Ti,Al,Fe}^{3+})_3[\text{Si}_4\text{O}_{11}\cdot\text{O}_3](?)$. Mindig tartalmaz Ti-t, a TiO_2 mennyisége a 8%-ot is eléri. Rácsállandóira jellemző, hogy az a_0 és b_0 gyakorlatilag egyenlő, viszont a c_0 kétszerese a rombos amfibolok megfelelő rácsállandójának (l. 86. táblázat). *Krist.* Tökéletlenül fejlett, prizmás termetű kristályok. Hasadás (110) sz. jó. Barnásfekete, bársonyfekete, hasadási lapon erős üvegfényű. Vékonycsiszolatban barnán áttetsző, erősen pleokroós. Opt. pozitív, $2V_\gamma = 32^\circ$, $\gamma^{\wedge}c = 45^\circ$, $n_\beta = 1,800$. Lángban megolvad, savak megtámadják, nem gyakori ásvány. Egyes eleolitszienitben, szodalitszienitben (D-Grönland, Kola-fsz.) több cm-es nagy kristályok. — *Rhönit* az enigmatittal rokon, kevesebb Fe^{2+} -t és Na-ot, de több Mg-ot és Al-ot tartalmaz. Némely bazaltban (Nógrád m.) elegyrész. Rendszerint amfibolból, biotitból magmás reszorpció útján keletkezik.

2. FÖCSOPORT

EGYÉB INOSZILIKÁT-SZERKEZETEK

A láncszilikátok külön típusát képviselik. Itt is SiO_4 -tetraéderek végtelen láncolódásáról van szó, de a kapcsolódás fokozatosan nagyobb periódusokra tagolódik; alapformulaként az $(\text{SiO}_3)_n$ szolgál. Jellemző továbbá, hogy a láncok hossziránya a kristálytani b -tengellyel párhuzamos.

A tetraéderek kapcsolódásának módját és periódusait az 588. $a-e$ ábra szemlélteti.

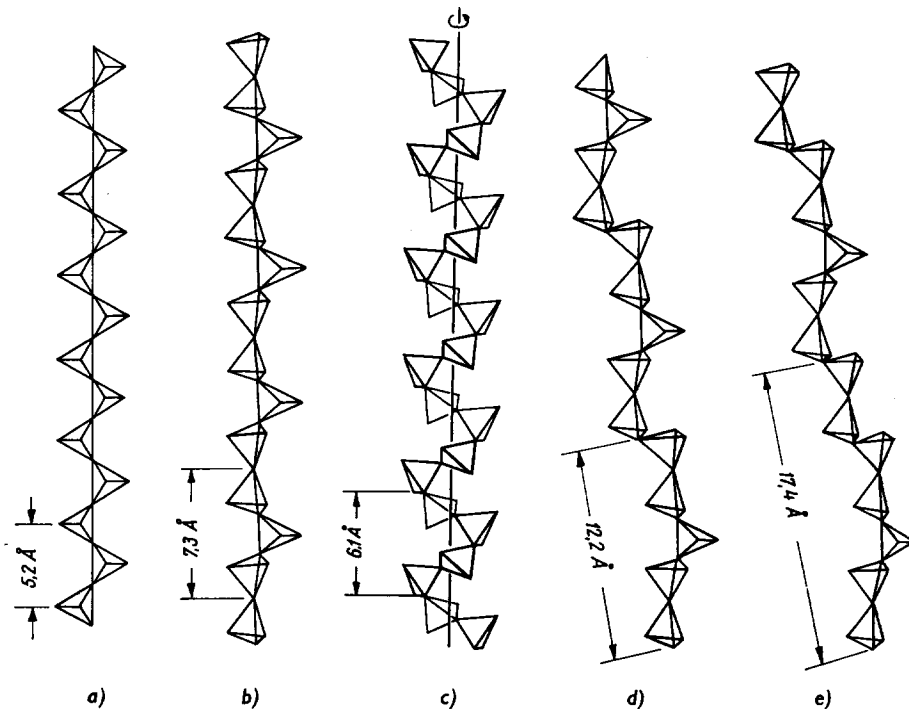
a) Wollastonit—piroxmangit-csoport

α) WOLLASTONIT—PEKTOLIT-SOR

88. táblázat

N é v	Összetétel	Szimmetria	a_0	b_0	c_0	$\alpha \times$	$\beta \times$	$\gamma \times$	Z
Wollastonit	$\alpha\text{-Ca}[\text{SiO}_3]$	} triklin	7,94	7,32	7,07	90°03'	95°17'	102°28'	6
Bustamit	$\text{CaMn}[\text{Si}_2\text{O}_6]$		7,66	7,17	6,88	92°08'	94°54'	101°35'	3
Pektolit	$\text{Ca}_2\text{Na}[\text{Si}_3\text{O}_8\text{OH}]$		7,93	7,09	7,06	90°00'	95°10'	103°00'	2
Xonotlit	$\text{Ca}_6[\text{Si}_6\text{O}_{17}(\text{OH})_2]$	monoklin	8,57	7,35	7,04	—	~90°	—	2

Wollastonit, táblapat, α -CaSiO₃. Összetétele: CaO 48,3%, SiO₂ 51,7%. Gyakran kevés FeO-ot is tartalmazhat. Szerkezetét csak 1959-ben sikerült végleg tisztázni, s ezzel együtt a módosulatok kérdése is megoldást nyert. A CaSiO₃-nak három modifikációja ismeretes: β -wollastonit = *pszeudowollastonit*, ál-



588. ábra. Szilikátlánc-típusok:

a – „Kettős tetraéder”-lánc; a periódus 2 tetraédert tartalmaz (Si₂O₆), ennek rács-állandója 5,2 Å = *piroxén*-lánc; *b* – „Hármas tetraéder”-lánc, a periódus 7,2 Å = *wollastonit*-lánc (Si₃O₉); ennek (az amfibolok mintájára) megkettőzött alakja: a *xonotlit*- (Si₆O₁₇) szalag; *c* – „Négyes tetraéder” spirális lánc, periódus 6,1 Å. Eddig csak foszfátok körében ismert típus; *d* – „Ötös tetraéder”-lánc, a periódus 12,2 Å, *rodonit*-típus (Si₅O₁₅), ennek kettőzött (szalag) alakja az (Si₁₀O₂₈), mely a *babingtonit*-ban és az *inezit*-ben valósul meg; *e* – „Hetes tetraéder”-lánc, periódus 17,4 Å; *piroxmangit*-típus (Si₇O₂₁)

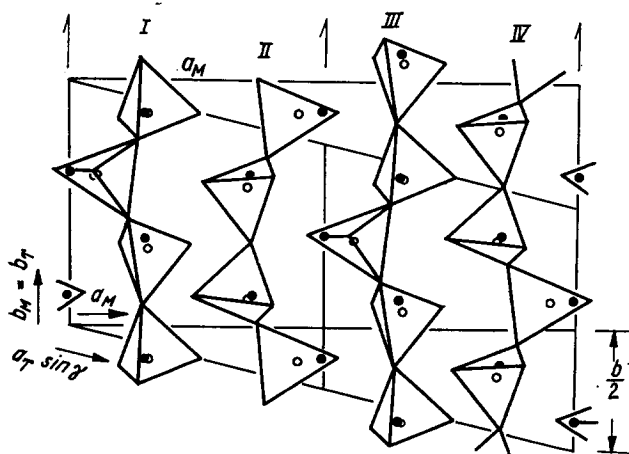
hexagonális-triklin, nagy hőmérsékletű (> 1126 C°) forma; az α -*wollastonit* és a *parawollastonit* vagy α' -CaSiO₃ alacsonyabb (< 1126 C°) hőmérséklet terméke. A szerkezet alapépítménye a piroxénekhez hasonló végtelen SiO₄-tetraéder-láncolat, melyet a Ca-ionok kapcsolnak egybe. A láncok hossziránya a *b*-ten-

89. táblázat

N é v	a_0	b_0	c_0	$\alpha\angle$	$\beta\angle$	$\gamma\angle$	Tércs.	Z
Wollastonit (α)	7,94	7,32	7,07	90°03'	95°17'	102°28'	$\bar{P}1$	6
Parawollastonit (α')	15,42	7,32	7,07	90°	95°24'	90°	$P2_1/a$	12
Pseudo-wollastonit (β)	6,90	11,78	69,65	90°	90°48'	119°18'	$\bar{P}1$ v. $P1$	24

gellyel párhuzamos (589. ábra). A három módosulat rácsparamétereit és tér-csoportját a 89. táblázat foglalja össze.

Fennőtt kristályokban ritkább, jellemző a (001) vagy (100) sz. táblás és a b -tengely irányában nyúlt termet. Rendszerint tömeges, pátos vagy durvaszemcsés halmaz. Ikerösszenövés síkja (100), ikertengely [010]. Hasadás a b -



589. ábra. A parawollastonit- és wollastonit-szerkezet összehasonlítása a c -tengelyre merőleges vetületben. A monoklin cella tengelyeit (M), a triklinét (T) jelzi. Fekete körök a Ca-atomokat jelzik

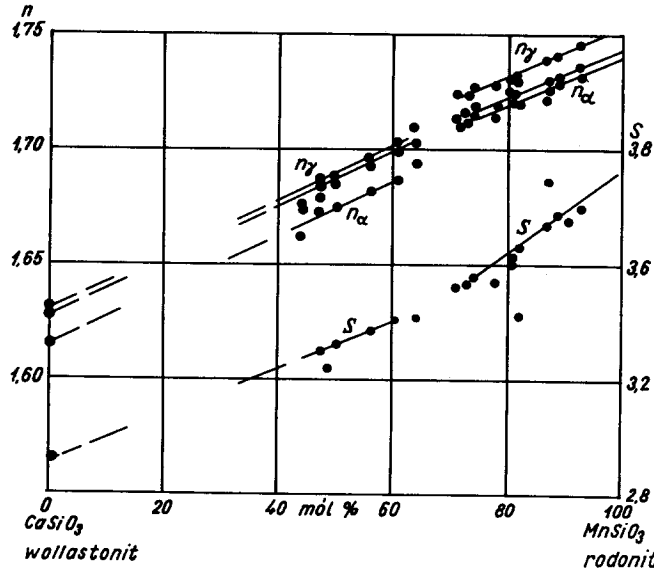
tengely övében három forma szerint: (100) sz. tökéletes, (001) és $(\bar{1}02)$ sz. jó. $K = 4,5-5$. $S = 2,8-3,0$. Hasadási felülete gyöngyház-, másutt üvegfényű, a szálás-rudas felszín selymes. Fehér, világosszürke, halványzöld. $n_\alpha = 1,614$, $n_\beta = 1,623$, $n_\gamma = 1,631$. Opt. negatív. $2V_\alpha = 30^\circ-40^\circ$. Olv. pont 1540 C°, forró HCl-ban kovakocsonya képződésével oldódik.

A pseudowollastonit módosulatot főleg szilikátolvadékokból ismerjük. Aprószemcsés, hatszöges külsejű, optikailag monoklin (!). Opt. pozitív és kettőstörése lényegesen erősebb, mint a másik két módosulaté.

A wollastonitrácsba Mn-kation épülhet be. A 40–60 mól% $MnSiO_3$ (= rodonit) összetevőt tartalmazó elegy, a bustamit $CaMn(SiO_3)_2$ triklin (590. ábra).

Vaskos, tömeges, pátos. $K = 6-6,5$. (*S*: lásd 590. ábra). Halvány rózsaszín—barnásvörös. Hasadása (100) sz. tökéletes.

Képz. A wollastonit jellegzetes tagja a savanyú mélységi kőzetek (gránit, granodiorit) és mészkő—dolomit kontaktusán keletkező mészsilikát-szkarn-együttesnek. Említhető a bánsági (Románia) kontakt területen Čiclova (Csiklova), továbbá Băița (Bihar, Románia), a csehszlovákiai Hodrusbánya. Elba (Olaszorsz.), Pargas (Finnorsz.). Gyakori — hasonló eredettel — a Vezúv bom-



590. ábra. A CaSiO_3 - MnSiO_3 diszkontinuális elegy sor fénytörési és sűrűségi adatainak változása

báinak mészsilikátos ásványtársulásában is. — A bustamit főleg Mn-érctelepek kísérőásványai közt és szkarnosodott mangántartalmú kőzetekben otthonos. Neves lelőhelye Långban (Svédorsz.) és Franklin (New Jersey, USA).

Pektolit, $\text{Ca}_2\text{Na}[\text{Si}_3\text{O}_8(\text{OH})]$; triklin. Szerkezete a 3-as tetraéderű (wollastonit-típusú) szilikátláncolatból épül fel (lásd 588. ábra). A Ca-ot a rácsban Mn^{2+} helyettesítheti, átmeneti elegytag a *schizolit* $(\text{Ca}, \text{Mn})_2\text{Na}[\text{Si}_3\text{O}_8(\text{OH})]$, triklin véglapos, $a_0 = 8,11$, $b_0 = 7,25$, $c_0 = 7,06$. $\alpha \sphericalangle 90^\circ$, $\beta \sphericalangle 95^\circ 22'$, $\gamma \sphericalangle 101^\circ 06'$. Nagyobb mangántartalommal a Mn-pektolit = *sérandit*, $(\text{Mn}, \text{Ca})_2\text{Na}[\text{Si}_3\text{O}_8 \cdot \text{OH}]$ izomorf elegykristály jön létre. — Tömött-sugaras, legyezőszerű, nagy kristálycsoportok. A rostok hossziránya a *b*-tengely (a szerkezeti láncolódás iránya). $K = 4,5$, $S = 2,9$. A *b*-tengely övében két tökéletes hasadás (100) és (001) sz. Színtelen, fehér, üvegfényű, $n_\beta = 1,605-1,615$. Opt. jelleg pozitív, közepesen ($\sim 0,03$) kettőtörő. Szerkezeti vize 400°C felett távozik el. — Sósavban kokocsonya-képződéssel oldódik.

Képz. Típusosan hidrotermás eredetű ásvány. Bázisos magmás kőzetek (bazalt, dolerit) üregeiben, hasadékaiban zeolitok módjára jelenik meg. Egyes csillámperidotitban alapanyagként is megfigyelték, kontakt szkarnkőzetben sem ritka.

Xonotlit, $\text{Ca}_6[\text{Si}_6\text{O}_{17}(\text{OH})_2]$. Monoklin. Szerkezete úgy viszonylik a wollastonitéhoz, mint az amfibolé a piroxénéhez, vagyis hármas tetraéderű kettős lánc- (= szalag-) szerkezet; ezért a b_0 -periódus azonos a wollastonitéval. — Sugaras-rostos, $K = 6,5$. $S = 2,7$. Üvegfényű, fehér, kékesszürke. $n_\alpha = n_\beta = 1,583$, $n_\gamma = 1,593$. Opt. pozitív. — Sósavban oldódik. — Mészkarbonátos kontaktmetamorf paragenézisben otthonos. Zeolitokhoz is társul.

Kristálykémiailag a wollastonit-rokonsághoz tartozik az *alamosit*, $\text{Pb}(\text{SiO}_3)$, monoklin prizmás, $C_{2h}—P2/c$. $a_0 = 11,28$, $b_0 = 7,03$, $c_0 = 13,06$ Å, $\beta < 120^\circ$, $Z = 12$. Színtelen, fehér, $K = 4,5$. $S = 6,5$. Fénytörése ($n_\beta = 1,961$) és kettőtörése is erős. Pb-érctelepekben ritka (másodlagos) ásvány.

Scawtit, $6\text{Ca}[\text{Si}_3\text{O}_9]_2 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, némileg rokon, de ritka szilikát-karbonát-ásvány. Kontakt eredetű, főként bázisos magmás kőzet kontaktusán találjuk.

β) RODONIT—PIROXMANGIT-SOR

90. táblázat

Név	Összetétel	Szimmetria	a_0	b_0	c_0	$\alpha <$	$\beta <$	$\gamma <$	Z
Rodonit	$\text{Mn}[\text{SiO}_3]$	} triklin	7,79	12,47	6,75	$85^\circ 10'$	$94^\circ 04'$	$111^\circ 29'$	10
Babingtonit	$(\text{Ca}, \text{Fe})[\text{SiO}_3]$		7,56	12,45	6,74	$86^\circ 12'$	$93^\circ 56'$	$112^\circ 22'$	10
Piroxmangit	$(\text{Mn}, \text{Fe})[\text{SiO}_3]$		7,56	17,45	6,67	$82^\circ 48'$	$94^\circ 20'$	$113^\circ 17'$	15

Rodonit, $\text{Mn}[\text{SiO}_3]$. Összetétele sohasem tiszta Mn-szilikát, mindig tartalmaz Fe- és Ca-kationt is: $(\text{Mn}, \text{Fe}, \text{Ca})[\text{SiO}_3]$. Triklin véglapos, $C_1—P\bar{1}$. Láncszerkezetére 5-ös tetraédes periódus jellemző (l. 558. ábra). Formulája ennek megfelelően: $(\text{Mn}, \text{Fe}, \text{Ca})_5[\text{Si}_5\text{O}_{15}]$ -nek is írható. Kockás vagy táblás termetű kristályok, lapokban eléggé gazdag kombinációk, de az élek elmosódnak, a lapok gömbölyödtek. Gyakrabban tömött vaskos-pátos vagy szemcsés halmaz. Hasadás (110) és ($\bar{1}\bar{1}0$) sz. tökéletes, (001) sz. jó. Ikerösszenövés ritka (010) sz. $K = 5,5—6,5$, $S = 3,5—3,7$. Hasadási lapja gyöngyház-, másutt üvegfényű. Rózsaszín, húspiros, barnászörös. Vékonycsiszolatban színtelen vagy enyhén rózsaszín. Ez esetben enyhén pleokroós. A törésmutatókról a 590. ábra tájékoztat. Opt. pozitív, $2V_\gamma = 63^\circ—76^\circ$. — A rodonit, babingtonit és bustamit között az elegyedési lehetőség diszkontinuális, erről is az 590. ábra tájékoztat. A magyarázatot a szilikátlánc típusváltásában kereshetjük. — A rácspan említett kationok mellett még Zn is szerepelhet (*fwlerit*-elegyváltozat). — Lángban megfeketedik s lassan megolvad. Porát HCl részben feloldja.

Képz. Számos magánérctelepben megtalálható. Üledékekből származó metamorf kőzetekben rétegeket, lencsákat, néha tömeges betelepüléseket alkot. A

csehszlovákiai Čučma (Csucsom), az erdélyi Mașca (Macskamező, Románia) kristályos paláiban más Mn-szilikátokhoz társul. Tömeges előfordulása Postmasburg (Dél-afrikai Unió), Långban (Svédorsz.). — Kontaktmetamorf képződésű Cornwallban (Anglia), ahol bustamittal, tefroitral társul. Hidrotermás érc-telegek telérkitöltő ásványa rodokrozittal: Capnic-on (Kapnik, Gutin-hegys., Románia), Gelnicán (Gölnicbánya, Szlovák Érchg.). — Tömött, szép kifejlődésben (Szverdlovszk, Ural-hegys., SZU) diszítókő, tetszetős dísz tárgyak, burkolatok készülnek belőle. Felszínközélen oxidálódik, és mangán-oxidok-hidroxidok képződnek belőle.

Babingtonit, $(\text{Ca}, \text{Fe}^{2+})[\text{SiO}_3]$. Rácsába több-kevesebb Fe^{3+} -ion is beépülhet. Triklin véglapos. — Üvegfényű, zöld—barnásfekete. $K = 5,5-6$. $S = 3,4$. $n_\beta = 1,726$. Ércjelérek kísérőásványa.

Piroxangit, $(\text{Mn}, \text{Fe})[\text{SiO}_3]$. Triklin véglapos. Összetételében Ca és Mg is kimutatható. Kezdetben Mn-tartalmú piroxénfélének vélték (innen a neve). Szerkezetileg a 7-tetraédes periódusú láncszerkezet $(\text{Si}_7\text{O}_{21})$ képviselője (l. 588. ábra). Nyúlt, rosszul fejlett kristályok. Legtöbbször tömött szemcsés. Hasadás (110) és $(\bar{1}10)$ sz. igen jó, (010) és (001) sz. kevésbé jó. $K = 5,5-6$. $S = 3,6-3,8$. Erős fényű ($n_\beta = 1,73-1,75$). Sárgásbarna, rózsaszín, a felszínét rendszerint sötétbarna—fekete oxidációs termék vonja be. Vékonycsiszolatban színtelen-halványibolya. Opt. pozitív. — HCl nem oldja.

Képz. Metamorf és metasomatikus közetek ásványa. Spessartingránát, tefroit, hausmannit, alabandin, rodokrozit a leggyakoribb társai. Említhetők Mașca (Macskamező) Mn-szilikátos metamorf palái; ismertebb lelőhelyek: Simsiö (Finnorsz.); Glen Beag (Skócia, U. K.); Iva (South Carolina, USA); Honshu (Japán).

Inesit, $\text{Ca}_2\text{Mn}_7[\text{Si}_{10}\text{O}_{28}(\text{OH})_2] \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$. Triklin véglapos. Szerkezete még nem egészen tisztázott, de a jelek szerint 5-tetraédes (rodonit-típusú) kettőslánc-kapcsolódású rácsa van. — *Krist.* Egyszerű léces, prizmás (100) és (010) formákkal határolt kristályok. Többnyire rostos-szálas halmazok, gömbsugaras illeszkedésű kristálycsoportok. Hasadás (010) és (100) sz. jó. $K = 6$. $S = 3,03$. Üvegfényű, halvány rózsaszín, ibolyás húspiros. Levegőn kifakul. Opt. negatív. $n_\alpha = 1,609$, $n_\beta = 1,636$, $n_\gamma = 1,644$. $2V_\alpha \sim 60^\circ$. Opt. tengelysík közel merőleges a (010) lapra. Hevítve megbarnul. Savakban oldható. — *Képz.* Leggyakoribb vulkáni hidrotermás ércjelérek kíséretében, de metamorf környezetben és kontakt szilikátokkal is megjelenik. — Gyöngyösoroszi a Mátrában, Baia Mare (Nagybánya, Gutin-hegység, Románia), Banska Štiavnica (Selmecbánya, Selmeci-hg., Csehszlovákia). Nagy, 10 cm-es kristályok Pajsbergen (Svédorsz.).

A rokonság körébe tartozó ritkább vegyületek:

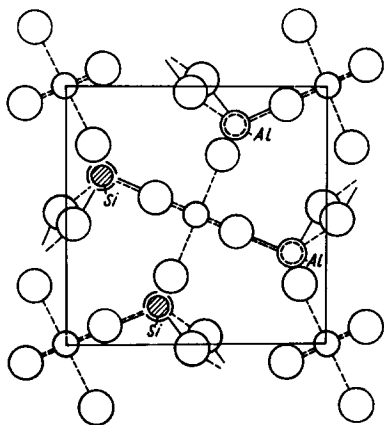
Bertrandit, $\text{Be}_4[\text{SiO}_4 \cdot \text{SiO}_2(\text{OH})_2]$, rombos, vegyes szilikátstruktúrájú, külsőleg hemimorf kristályok. Színtelen, enyhén színes. $K = 7$. $S = 2,6$; $n_\beta = 1,603$. Opt. negatív. — Pegmatitos-pneumatolitos ásványtársulás tagja.

Karfolit, $\text{MnAl}_2[\text{Si}_2\text{O}_6(\text{OH})_4]$, rombos holoéderes

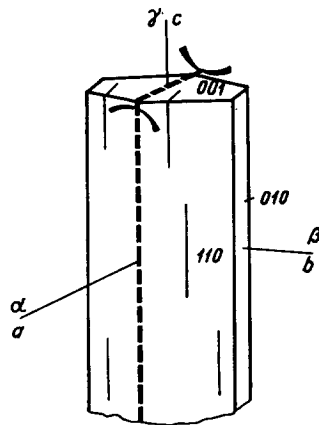
Taramellit, $\text{BaFe}^{3+}[\text{Si}_2\text{O}_6(\text{OH})]$, rombos.

b) Szillimanit—mullit-csoport

Szillimanit, Al_2SiO_5 vagy $(\text{Al}_2[\text{O} \cdot \text{SiO}_4])$. Álnégyzetes-rombos. Összetételében 2—3% Fe_2O_3 -tartalom gyakori. D_{2h}^6 — $Pbnm$. $a_0 = 7,44$, $b_0 = 7,60$, $c_0 = 5,75$ Å. $Z = 4$. Az Al_2SiO_5 vegyületnek három módosulata van: andalúzit, disztén és szillimanit. Első kettő a neozsilikátok körébe tartozik (l. 659. old.), a szillimanit sajátos láncszerkezetű (591. ábra). A rács vázát a c -tengellyel pár-



591. ábra. Szillimanit-szerkezet, (001) sz. vetület. Középen és 4 cellaél mentén az oktaédres láncok; közöttük az $(\text{Si,Al})\text{O}_4$ -tetraéderek helyezkednek



592. ábra. Szillimanit kristálya a törésmutató-irányok és opt. tengelysík bejelölésével

huzamos AlO_6 -oktaéder-láncok alkotják, s ezeket fűzi össze a velük párhuzamosan kapcsolódó SiO_4 - és AlO_4 -tetraéderek kettős lánc. *Krist.* A kristályok termete a szerkezetnek megfelelően karcsú, nyúlt (592. ábra), a prizmalapok rostozottak. Többnyire szálas-rostos, nemezszerű halmaz. Hasadás (010) sz. jó. $K = 6,5$ — $7,5$. $S = 3,2$. Üvegfényű, a friss felületen erősebb csillanással. Színtelen, sárga, hajbarna, szürke, faközöld. Vékonycsiszolatban néha gyengén pleokroós. $n_\alpha = 1,654$, $n_\beta = 1,658$, $n_\gamma = 1,673$. Opt. pozitív. — Finomszálas-rostos változata a *fibrolit*. — Savakban nem oldódik.

Képz. Nagyobb hőmérsékleten kialakult metamorf kőzetek ásványa. Agyagos kőzetek erősebb termális metamorfózisakor szillimanit-cordierit-gneisz, biotit-szillimanit-szaruszirt jön létre. Általában a pelites kőzetek regionális metamorfózisánál a nagyfokú átalakulás övét jelzi. Helyenként lapos-lencsés betelepülés gneiszekben, granulitokban; a csuszamlási felületeket borítja be. Ugyane kőzeteket átszelő pegmatitokban, kvarctelésekben is megtalálható. Kontaktmetamorf agyagkőzetekben, homokkövekben is képződik. Vulkanai kőzetek (pl. mátrai andezit, dunántúli bazaltok) agyagzárványában is meg-

található. — Tömeges előfordulásban értékes nyersanyag: nagyüzemi üvegolvasztó kádák belső bélése készül belőle. — Nyugat-Európában (Francia- és Spanyolországban) szillimanitból előállított prehisztórikus eszközöket, kőbaltákat találtak.

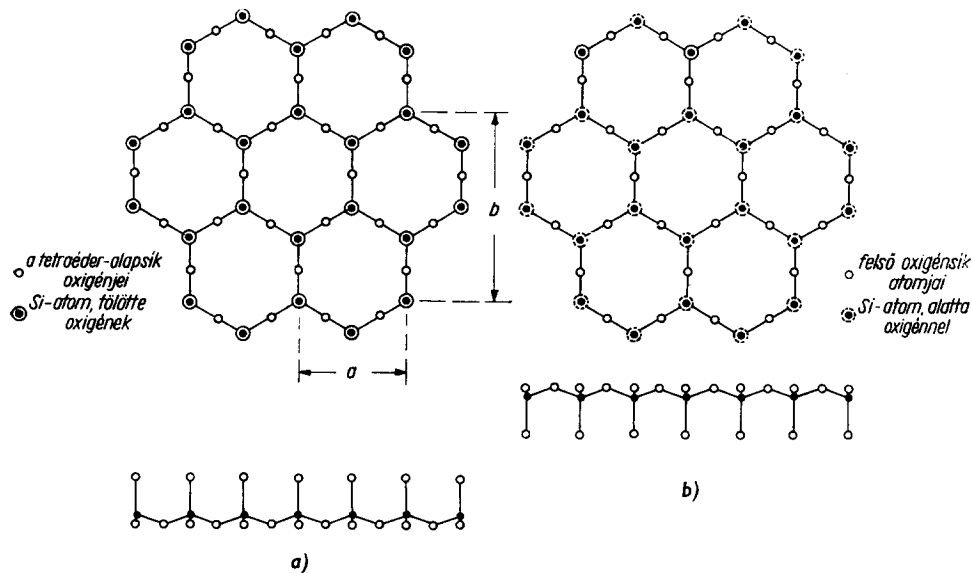
Mullit, $\text{Al}_8^{[6]}\text{Al}_8^{[4]}[(\text{Al}_2^{[4]}\text{Si}_6)\text{O}_{36}]$. Rombos dipiramisos, áltetragonális. $a_0 = 7,50$, $b_0 = 7,65$, $c_0 = 5,75$ Å. Az összetétel a fenti alakban kissé bonyolultnak látszik. Egyszerűen így is írható: $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$. Szillimanit-szerkezet.

A szillimanit a három $\text{Al}_2\text{SiO}_5 = (\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2)$ vegyület közül a legstabilisabb módosulat. Hevítve az andalúzit és disztén 1300° -on, a szillimanit 1550° -on inkongruensen olvad: mindhárom ásványból amorf SiO_2 -olvadék és kristályos *mullit* keletkezik, de a két oxidösszetevő egyenlő aránya az új kristályos fázisban $3\text{Al}_2\text{O}_3 : 2\text{SiO}_2$ -re tolódik el. A mullit rácsa tehát annyiban különbözik a szillimanitétól, hogy az SiO_4 -tetraéderek egy része kicserélődött AlO_4 -tetraéderrel, s e kétféle rácselem eloszlása a mullitban statisztikus. — A mullit eredetileg a skóciai Mull szigetéről vált ismertté: bázisos vulkanit és agyagkőzet kontaktusán keletkezett. Szálas kristályok, apró tűk. $K = 6-7$. $S = 2,7$. Színtelen, fehér, üvegfényű. $n_\beta = 1,644$, opt. pozitív. Gyengébben kettőtörő a szillimanitnál. — Gyakorlati jelentősége nagy: minden agyagos, illetőleg Al-ban gazdag szilikátrendszerből 1000° -on felüli hőmérsékleten (1 atm-án) mullit keletkezik. Finom- és durvakerámiai termékek (porcelán, samott stb.) szilárdságát, tűzállóságát a kiégetéskor végbemenő mullitosodás biztosítja. Tartós és nagyobb (1800° feletti) hőszinten korund (és olvadék) keletkezik belőle. (L. még 756. old.)

D. ALOSZTÁLY

FILLO- (RÉTEG-) SZILIKÁTOK

A rétegszerkezetű szilikátok felépítésére az SiO_4 -tetraéderek kétdimenziós kapcsolódása jellemző. E réteges felépítés azonban önmagában kiegyenlítettlen, s a fölös töltés lekötésére kationoknak, illetőleg ezeken keresztül további rétegeknek kell kapcsolódnok. Ily módon többféle, egyszerűbb és bonyolultabb felépítésű szilikátrács jön létre, melyeknek több közös tulajdonsága van: a rétegség síkjával párhuzamosan kitűnően vagy jól hasadnak, e sík egyúttal translációs lap, és megjelenésük külsőleg is túlyomóan lemezes-táblás. A könnyű hasadás és transláció miatt keménységük a többi szilikátokétól eltérően csekély. A kétdimenziós tetraéderhálózat alaprajza következtében uralkodó többségük álhatszöges-monoklin: ide tartoznak a csillámok és rokon rétegzésű szerkezetek. Kisebb létszámú az a csoport, melyben a rétegség kialakulása más elvek szerint valósul meg. Ezek a szerkezetek többi sajátosságukban is lényegesen különböznek. Ilyen alapon a filloszilikátok két főcsoportra oszthatók: *I.* Csillámok és rokon rácsú szilikátok. *II.* Egyéb rétegrácsok.



593. ábra. A csillámszerkezetek alapépítménye.

A két — egymásra illeszkedő — tetraédes hálózat felül- és oldalnézetben:
a — alsó tetraédes hálózat; *b* — felső tetraédes hálózat

I. FŐCSOPORT

CSILLÁMOK ÉS ROKON RÁCSÉPÍTMÉNYŰ ÁSVÁNYOK

E szerkezetekben az SiO_4 -tetraéderek 3 közös oxigénatom révén kapcsolódnak egymással, s így elvileg végtelen, kétdimenziós hálózat jön létre, melyben a tetraéderek egyik lapjukkal mint alaplappal egy síkban helyezkednek el (593/a—b ábra). Ezzel a tetraéderek szabad csúcsában levő oxigénatomnak egy töltése lekötetlenül marad, vagyis az egymás fölötti O—Si—O hármasszögletből álló rétegnek Si-atomonként egy szabad vegyértéke van. Az elemi periódus alakképlete: $[\text{Si}_4\text{O}_{10}]^{4-}$. E rácsépítmények közös sajátossága, hogy a tetraéderhálózathoz $\text{Mg}_3(\text{O},\text{OH})_6$ oktaédesen koordinált „brucit” vagy $\text{Al}_2(\text{O},\text{OH})_6$ gibbsit- („hidrargillit”-) réteg kapcsolódik. A kialakuló rétegösszlet (komplexum) tagjainak száma attól függ, hogy mikor következik be a vegyérték-kiegyenlítés. Néhány filloszilikátban már két réteg elegendő, más esetben hármasszögletben, sőt a kloritokban négy réteg egymásutánjával jön létre a kiegyenlítés. További sajátosság, hogy a Si-tetraéderek középpontjának egy részét Al töltheti be, s az így előálló vegyértékhiányt a rétegösszletek közé helyezkedő kis vegyértékű (inaktív) kation egyenlíti ki. Az összetételt és a típusok egymástól eltérő sajátosságait a rétegek említett kapcsolódásának, illetőleg a rétegösszlet kialakulásának módozatai szabják meg. Mindezek alapján e rétegszerkezeteket a következőképpen csoportosíthatjuk: hármasszögletű és négyes, ill. kettős rétegösszletből felépített csillámokra és csillámszerű ásványokra. Külön alcsoportba soroljuk az agyagásványokat (melyek közt kettős és hármasszögletű, sőt láncszerkezetű szilikátstruktúrák is vannak).

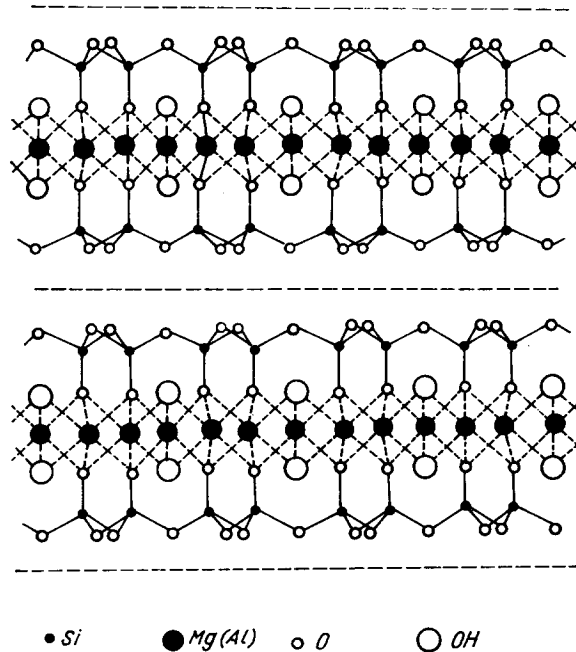
I. ALCSOPORT

HÁRMAS RÉTEGÖSSZLETŰ CSILLÁMOK
ÉS CSILLÁMSZERŰ ÁSVÁNYOK

A hármasszögletűből álló szerkezet felépítése az 594. ábrán bemutatott két hálózat egymáshelyezkedéséből jön létre. A tetraédercsúcsokkal szembenéző két réteg közé oktaédes koordinációban Mg-kationsík — ún. brucit-kötélék — épül be (594. ábra). A kation környezete: $\text{MgO}_4(\text{OH})_2$ -oktaéder; a (OH)-ok mindkét oldalon a szilikáthálózat hatszögeinek középpontja fölött helyezkednek el. Így a rétegösszlet a következő 7 atomsíkot tartalmazza O—Si—(O,OH)—Mg—(O,OH)—Si—O. A leírt talkszerkezethez teljesen hasonló a pirofillitrács. A különbség az, hogy a középső réteget $\text{AlO}_4(\text{OH})_2$ -oktaéderek alkotják, de a hidrargillit-réteg felépítésének (illetőleg nagyobb kationtöltésének) megfelelően minden 3-ik oktaéder-„mag” üresen marad. A két köztér-típus rövid megjelölésére T. STEVENS ajánlata nyomán a *tri-* és *dioktaédes filloszerkezet* elnevezés honosodott meg, ami azon alapszik, hogy a

brucitos középkoztelék esetén fél elemi cellánként *három*, a hidrargillites közép-rétegben pedig *kettő* a betöltött kationpozíciók száma.

Fontos sajátosság továbbá, hogy a középső kation s annak koordinációja meghatározza (determinálja) a két tetraédes hálózat egymáshelyezkedését. Az



594. ábra. Hármás rétegösszletből álló filloszilikát-szerkezet: a rétegsíkra merőleges vetületi kép

egyik réteg a másikhöz képest a pseudo-hexagonális *a*-tengely irányában $1/3$ -dal eltolódott helyzetet foglal el (597. ábra). E szerkezetek elektrosztatikusan teljesen kiegyenlítették, az egymás felett sorakozó rétegösszleteket igen gyenge adhéziós erők tartják össze, s így a (001) álhatszögös bázislap szerint kitűnő hasadással válnak el, egyben e felületeken a legkisebb behatásra transláció jön létre.

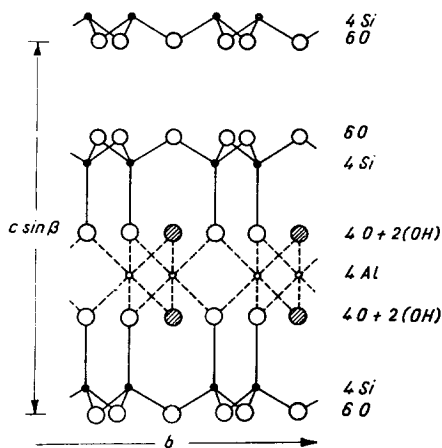
A 91. táblázat a fontosabb 3-as összetű szerkezeteket foglalja össze.

91. táblázat

Sor neve	Összetétel	Térkép.	a_0	b_0	c_0	β°	Z
<i>a) Talk—pirofillit</i>							
Talk	$Mg_3[Si_4O_{10}(OH)_2]$	C_{2A}^6-C2/c	5,28	9,15	18,90	100°15'	4
Pirofillit	$Al_2[Si_4O_{10}(OH)_2]$	C_{2A}^6-C2/c	5,16	8,90	18,64	99°55'	4
<i>b) Csillámok</i>							
α) Muszkovit- (dioktaéderes) szerkezetek							
Muszkovit	$KAl_2[AlSi_3O_{10}(OH,F)_2]$	C_{2A}^6-C2/c	5,19	9,04	20,08	95°30'	4
Paragonit	$NaAl_2[AlSi_3O_{10}(OH,F)_2]$	$C_{2A}^6-C/2c$	5,13	8,89	19,28	95°	4
Glaukonit	$(K,Na,Ca)(Fe^{3+},Fe^{2+},Al,Mg)$ - tartalmú rétegszilikát	C_{2A}^6-C2/c	5,25	9,09	20,07	95°	4
Margarit	$CaAl_2[Al_2Si_2O_{10}(OH)_2]$	C_{2A}^6-C2/c	5,13	8,92	19,50	100°48'	4
Roscoelit	$KV_2[AlSi_3O_{10}(OH)_2]$	C_{2A}^6-C2/c	—	—	—	—	4
<i>b) Biotit- (trioktaéderes) szerkezetek</i>							
Flogopit	$KMg_3[AlSi_3O_{10}(F,OH)_2]$	C_{2A}^6-C2/c	5,33	9,23	20,52	100°12'	4
Biotit	$K(Mg,Fe)_3[AlSi_3O_{10}(OH)_2]$	C_{2A}^6-C2/c	5,31	9,23	20,36	100°	4
Lepidolit	$K(Li,Al)[AlSi_3O_{10}(F,OH)_2]$	C_{2A}^6-C2/c	5,21	8,97	20,16	100°48'	4
Zinnwaldit	$KLiFe^{2+}Al[AlSi_3O_{10}(F,OH)_2]$	C_{2A}^6-C2/c	5,27	9,09	20,14	100°	4
Xantofillit (clintonit)	$Ca(Mg,Al)_{3-2}[Al_2Si_2O_{10}(OH)_2]$	C_{2A}^6-C2/m	5,22	9,04	9,99	100°03'	2

a) Talk—pirofillit

Talk, $Mg_3[Si_4O_{10}(OH)_2]$, trioktaéderes szerkezet. Monoklin prizmás. Leveles, pikkelyes, héjas. Kristályforma alig ismeretes. Egyes lemezeken néha hatszöges, illetőleg rombos keretet lehet felismerni. Leginkább tömött, finom-pikkelyes



595. ábra. Pirofillit-réteg az a -tengely irányából nézve

halmaz. Lágy, a lemezei hajlíthatók, de nem rugalmasak. Tapintata zsíros, ezért *zsirkő*nek is mondják. Ezzel azonos értelemben használták a *szteatit* elnevezést. (Újabban szteatitnak csak a kiizzított talkot nevezik.) $S = 2,58—2,83$. Szintelen, fehér vagy halványzöld, áttetsző. Hasadási lapon gyöngyházfényű. $n_a = 1,539$, $n_b = 1,589$, $n_c = 1,589$. Optikai tengelysík merőleges (010)-ra, $2V_a \sim 10^\circ$, negatív. Tűz- és saválló, izzításkor vizét $960^\circ C$ -nál veszíti el, és üveg-nél keményebb anyaggá (forsteritté) változik. Nagyobb lemezekből álló halmaza *leveles talk*. Finomabb pikkelyes, néha vesés-gumós, tömött formája a már említett *zsirkő*.

Kristályos palák felső övében sokszor kőzetalkotó szerepe van. Al_2O_3 -ban szegény, illetőleg MgO -ban gazdag ásványokat (olivint, ensztatitot, aktinolitot) tartalmazó kőzetekből keletkezik. Felsőcsatár (Kőszegi-hegység), Soproni-hegység, Szlovák Érchegység, Vaskapu környéke (Jugoszl., Románia), Déli-Kárpátok (Románia), Alpok.

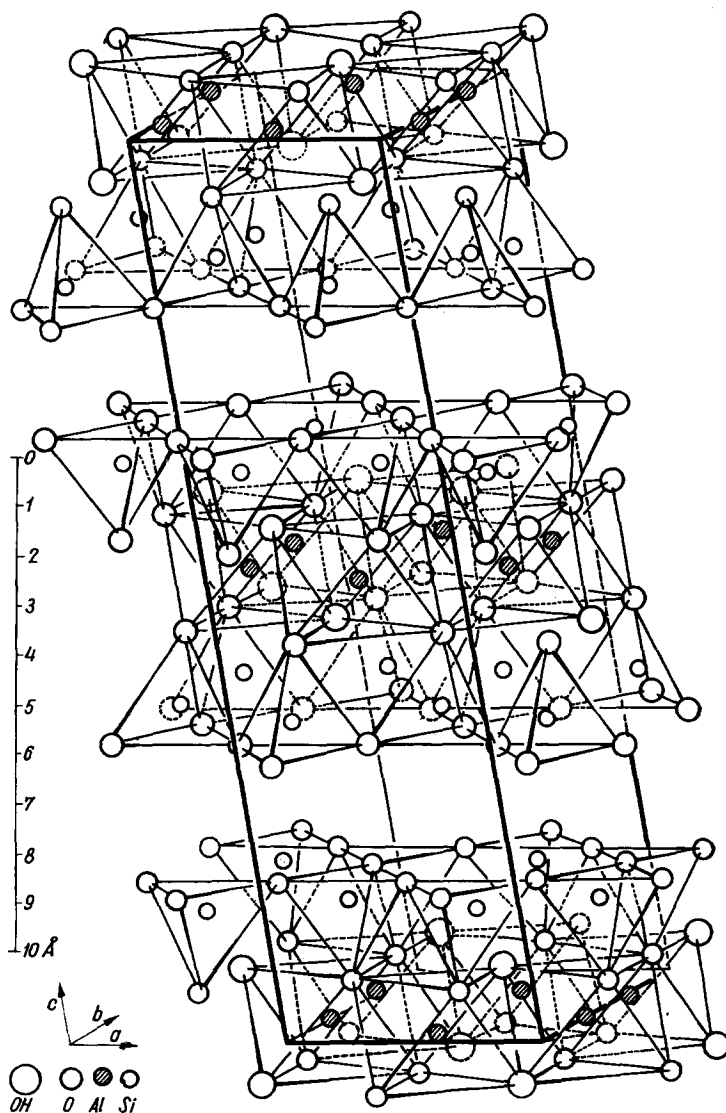
A talknak igen széles körű ipari alkalmazása van: piperecikkekben, gyógyszer- és kozmetikai készítményekben, kerámiában (szigetelő porcelán szerelékekbe), textil- és gumigyártásban, festék- (szabókréta) és szappangyártásban stb.

Egyik változata a *minnesotait* vagy *vastalk*, $(Fe^{2+}, Mg)_3[(Si, Al)_4O_{10}(OH)_2]$.

Pirofillit, $Al_2[(Si_4O_{10}(OH)_2)]$, dioktaéderes. Monoklin prizmás. Szerkezetében a 3-as rétegösszlet ismétlődésével minden harmadik réteg van identikus helyzetben, tehát a cella a c -tengely irányában 3 rétegkomplexumot tartalmaz (595—596. ábra). A (001) sz. lemezes, pikkelyes halmazokban vagy sugaraslegyezőszerű képletekben, máskor tömött, szalonnaszerű tömegekben keletkezik. Kitűnően hasad, lágy, zsíros tapintatú. $S = 2,65—2,90$. Ezüstfehér vagy enyhén színezett. Félig áttetsző, $n_a = 1,552$, $n_c = 1,600$; az opt. tengelysík merőleges (010)-ra, $2V_a \sim 60^\circ$. Nevét onnan kapta, hogy lángban levelesen felduzzad. Kénsav kissé oldja. Tömött változata az *agalmatolit*.

Kovasavban dús Al-tartalmú kőzetekből nagyobb, $300—400^\circ C$ hőmérsékletű környezetben kaolin helyett keletkezik. Idősebb magmás kőzeteket vagy

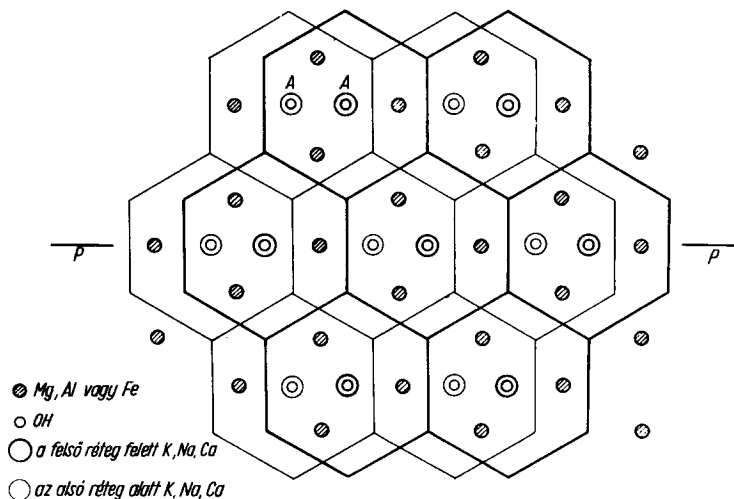
kristályos palákat átjáró riolitok, kvarcerek mentén, avagy dáciton, andeziten áttört riolit érintkezésén, néha hidrotermás érctelésekben is kialakul. Pl. Banska Štiavnica (Selmezbánya, Selmezi-hg., Csehszl.), Săcărâmb (Nagyág, Erdélyi Érchg., Románia), Ural (SZU): Berezovszkij; Új-Fundland, Brit-Columbia (Kanada); É-Carolina (USA).



596. ábra. Pirofillit-szerkezet

b) Csillámok

A „valódi” csillámok 3-as rétegű rácsfelépítése a pirofillit- és talkszerkezetekből vezethető le. Ha a talkrácsban minden negyedik SiO_4 -csoportot AlO_4 helyettesít, vagyis a Si-atomok 1/4-ének helyét a tetraéderes koordinációban Al foglalja el, és az előálló töltéskülönbséget pl. K-ionok egyenlítik ki, akkor a flogopit-csillám szerkezete áll elő. A töltést kiegyenlítő (inaktív) kation a 3-as rétegösszleten kívül, illetőleg két-két rétegösszlet között helyezkedik el (598. ábra).

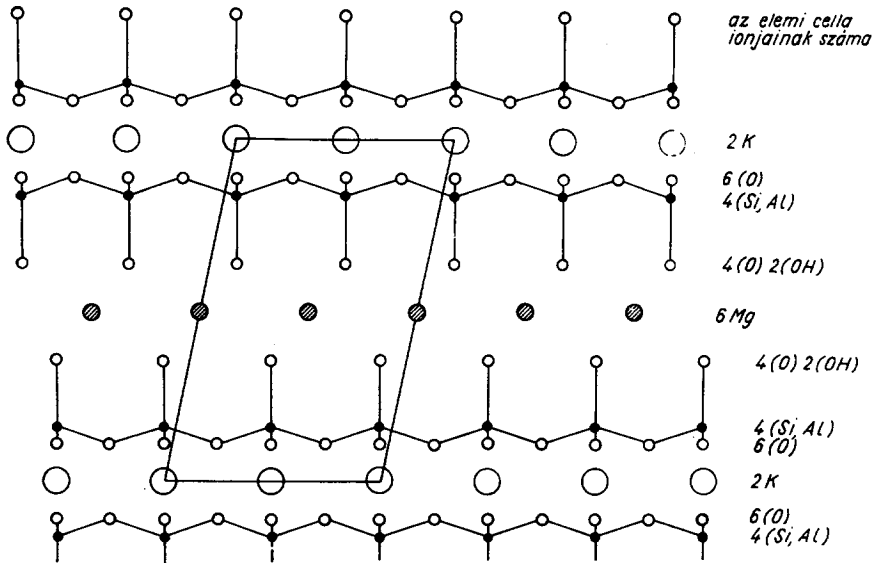


597. ábra. Csillám-szerkezet. A két tetraéderhálózat egymás fölött $a/3$ -dal elcsúsztatott helyzetben.
Vastag vonal: felső Si_2O_5 -réteg; vékony vonal: alsó Si_2O_5 -réteg

A csillámok másik típusa a pirofillit-szerkezetből vezethető le teljesen hasonló módon, ebben az esetben a muszkovit és közvetlen rokonságának szerkezetéhez jutunk. A 3-as rétegkomplexumok közötti ún. interlamináris térbe beépülő inaktív (K-, Na-, vagy Ca-) kationnak 12-es a koordinációja, ami a kétoldali tetraéderhálózat hatszög alaprajzú „bazális” oxigénjeiből alakul ki.

Az interlamináris behelyezkedésű kationt az oxigén hexagonok mindig közép-pontosan koordinálják (598. ábra), oldalirányú (laterális) elmozdulás a szomszéd réteg megfelelő oxigénjeihez képest sincsen. Mégis, a csillámrétegek egymásutánjában sajátos szerkezeti változékonyság valósul meg, amit *csillámpolimorfizmus*nak mondunk. A polimorf variáció úgy jön létre, hogy a bazális hexagon a szomszédjához képest elcsavart (rotációs) helyzetbe kerül, ami 0° és 60° , vagy ennek többszöröse lehet; ez azután kombinálódik a csillámréteg középső (oktaéderes) kötelékében előálló $a/3$ -as eltolódással (l. 597. ábra). Ily módon

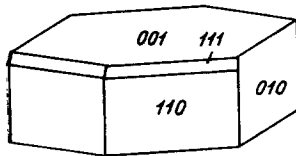
minden második, harmadik, hatodik rétegösszlet kerül szerkezetiileg identikus helyzetbe, ami természetesen megváltoztatja az elemi cella c_0 -periódusát, s kihatással van a kristály egész szimmetriájára és tércsoportjára. Hat különböző változat jöhet létre, melyeket I. V. SMITH és H. S. YODER (1956) tanulmánya nyomán külön jelzéssel szokás szerepeltetni. A gyakoribb polimorf változatokat a 92. táblázat mutatja be.



598. ábra. Csillám-szerkezet az elemi cella bejelölésével. A hármás rétegsíkok között K-ionsor helyezkedik el. Vetületrajz a b -tengely irányából

Természetes képződésben leginkább az $1M$, $2M_1$, $3T$ (és a $2M_2$) variációk jelennek meg. Néhány esetben még mint ritkaságot a $12M$, $18M$ és $8Tc$ (triklin) magas számú polimorf szerkezeteket is észlelték.

A csillámok fontos kőzetalkotó ásványok. Lényeges elegyrészei kristályos paláknak, különféle magmás kőzeteknek, sőt egyes üledékeknek is. Külső alakra rendszerint álhatszögös, monoklin lemezek. A kristályokon a bázist helyettesítő



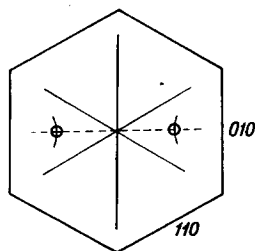
599. ábra. Biotit

(001) végleg uralkodik, a (010) és (110) formák lapjai gyengén vagy nem fejlettek (599. ábra). Hasadásuk a (001) sz. kitűnő, a lemezek hajlíthatók, rugalmasak. Ha e hasadási lapra merőlegesen hegyes tűt helyezünk, s arra gyenge rugalmas ütést mérünk, jellegzetes hatágú csillagszerű ütési idom keletkezik (600–601. ábra). Ennek legerősebb ága a „vezérsugár”, mely

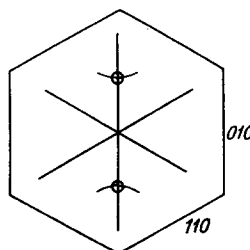
92. táblázat

Polimorf változat jelzése	Szimmetriaosztály	A rétegösszletek száma	Rácsállandók (Å)			β - α	Térceport
			a_0	b_0	c_0		
1 M	monoklin dómás v. prizmás	1	5,3	9,2	10	100°	C_2^3-Cm C_{2h}^3-C2/m
2 M_1	monoklin prizmás	2	5,3	9,2	20	95°	C_{2h}^6-C2/c
2 M_2	monoklin prizmás	2	9,2	5,3	20	98°	C_{2h}^6-C2/c
2 O	rombos hemimorf	2	5,3	9,2	20	90°	$C_{2v}^{12}-Ccm2$
3 T	trigonális trapezoédes	3	5,3	—	30	—	$D_3^4-P3_112$ $D_3^6-P3_212$
6 H	hexagonális trapezoédes	6	5,3	—	60	—	$D_6^2-P6_122$ $D_6^3-P6_522$

mindenkor a (010) szimmetriasíkkal párhuzamos. A csillámok opt. negatívak. Az α hegyesszögfelező csaknem merőleges a (001) lapra, s így a hasadási lemezekben jó tengelykép állítható elő. A tengelysík a csillámok egyik csoportjánál merőleges a (010) lapra, egyben az ütési idom vezérsugarára: ezek az *első fajta* csillámok (pl. muszkovit, paragonit), a *második fajta* csillámokban az optikai tengelysík a szimmetriasíkkal esik egybe (pl. meroxén, flogopit). Ily módon az optikai orientáció a kristályokon könnyűszerrel megállapítható.



600. ábra. Ütési idom és opt. tengelysík az első fajta csillámon



601. ábra. Második fajta csillám. A tengelysík-helyzet és vezérsugár párhuzamos

α) MUSZKOVIT- (DIOKTAÉDERES) SOR

Muszkovit, $\text{KAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2]$. Összetételében kevés Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mg és ritkábban Ca és Ti is kimutatható. A K egy részét Na helyettesíti, a (OH) helyén részben F is szerepelhet. — *Krist.* Monoklin prizmás. Szerkezetileg a $2M_1$ alakban a leggyakoribb. Fennőtt vagy bennőtt kristályai rendszerint csak a (001) sz. táblák—lemezek, ritkán zömök prizmák. Az oldalsó (110) és (010) lapok érdekes, vízszintesen rostozottak. $K = 2,5$, $S = 2,77-2,88$. Rugalmas. Hasadása kitűnő, a hasadási felület gyöngyházfényű. Színtelen, szürke, barnás, halványzöld. Átlátszó—áttetsző. A színezettebb gyengén pleokroós, $n_\alpha = 1,552$, $n_\beta = 1,587$. Az α legfeljebb $1^\circ-3^\circ$ -kal tér el a (001) lapnormálisától, $b = \gamma$, tehát elsőfajta csillám és opt. negatív, $2V_\alpha = 30^\circ-48^\circ$. Hevítve megfehéredik, átlátszatlaná válik, később a szélein megolvad. Savak nem oldják, de tartós behatásra a lemezek közötti, lazábban kötött kationja (K,Na) kioldódhat.

Képz. Közönséges csillám, gyakoriságban csak a biotit múlja felül. Legjobb kifejlődése pegmatitokban van, ahol kvarc, földpát kíséretében, néha asztal-nagyságú táblákban, félig fennőtt vastagabb lemezekben találják. Említhető Maşca (Macskamező, Preluka-hegység), Párva (Radnai-havasok), Lotru-hg. (D-Kárpátok, Románia). Híresek az Ural-hegység, Finnország, Skandinávia, Svájc, India csillámpegmatitjai. Fontos kőzetalkotó ásvány, különösen gránitban, gnejszban, csillámpalában, szaruszirtben, fillitben lényeges elegyrész. — Másodlagosan kerül a homokkövekbe, homokokba, ahol apróbb pikkelyei szinte állandó elegyrészként szerepelnek. Vulkáni kőzetekben nem keletkezik, ellenben utólagos képződéssel metamorf mészkővekben, dolomitokban is megtalálható.

Alk. A muszkovitnak számos ipari alkalmazása van. Kitűnő elektromos szigetelő (1000-szer jobban szigetel a levegőnél), s így az elektromos ipar számos ágában felhasználják. Ezenkívül kohók, kemencék ablaka, szemvédő „üveg”, csillánótapéta stb. készül belőle.

A muszkovit stabilis és ellenálló ásvány; más szilikátok (disztén, andalúzit, földpát, cordierit, gránát stb.) elbomlása során is gyakran keletkezik.

Ilyen muszkovitváltozatnak tekinthető a *sericit*, mely másodlagosan, főleg földpátokból keletkezik, és hintett-pikkelyes, néha vaskos-tömeges csillám-anyag. Elég közel áll a muszkovithoz (pl. a sericitpalákban), azonban rendszerint több SiO_2 -ot, MgO-ot és H_2O -et s kevesebb K_2O -ot tartalmaz, mint a muszkovit, de más sajátságai alapján is részben fengitfélének, még inkább hidromuszkovitnak vagy illitnek minősül.

Ba-muszkovit vagy *öllacherit*, BaO-tartalma eléri a 10%-ot. Szerkezete $1M$ típusnak bizonyult.

Fengit, $\text{K}(\text{Mg},\text{Fe})\text{Al}[(\text{Al},\text{Si})\text{Si}_3\text{O}_{10} \cdot (\text{OH},\text{F})_2]$ olyan muszkovitváltozat, mely az oktaéderes pozíciók fele részében (Mg és Fe)-at tartalmaz, ugyanakkor a tetraéderes kötélekben a Si : Al arány nagyobb, mint 3 : 1. — A fengitfélénél a $3T$ rétegpolimorfia a leggyakoribb, de $2M_1$ és $1M$ is előfordul.

Leukofillit, $\text{K}_2\text{Al}_2\text{Mg}_2[\text{Si}_8\text{O}_{20}(\text{OH})_4]$, sajátos helyettesítésű muszkovitféle, melyben a tetraéderes kötélek nem tartalmaz Al-ot.

Fuchsit és mariposit: mindkettő Cr-tartalmú muszkovit. Különbőség: a mariposit Cr_2O_3 -tartalma 1% alatt marad, s összetétele szerint a krómfengit név illik jobban rá. A fuchsit- vagy krómmuszkovitban a Cr \rightarrow Al-helyettesítés jelentősebb, és a Cr_2O_3 -tartalom a 6 %-ot is eléri. Smáragdzöld, krómzöld. Szerkezete ugyanaz, mint a muszkovité, vagyis cellája 2 M_1 -típus; zöld színekben élénken pleokroós.

Paragonit (*nátriumcsillám*). Szerkezetében a K helyét túlnyomóan Na foglalja el: $\text{NaAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2]$. A kálium helyettesítése a kisebb Na-ionnal a cellaméret-csökkenésben is kifejezésre jut (l. 91. táblázat). Polimorf cellatípusa 2 M_1 , ritkaságként a 3 T cellát is észlelték. Apró pikkelyes, tömött, gyakran talkhoz hasonló halmazokban ismeretes. $K = 2,5$. $S = 2,85$. Gyöngyházfényű, ezüstsürke vagy enyhén színezett.

Képz. Kristályos palák elegyrésze. Egyes aktinolitpaláknak uralkodó ásványa. A tömött, vastos-lemezes paragonitpalákba több cm-es disztén-, staurolitkristályok ágyazódnak. Az Alpok számos helyén, az Ural-hegységben több ismert előfordulása van. — Finomszemű üledékben is megtalálható.

Glaukonit, $(\text{K}, \text{Na}, \text{Ca})_{1,2-2,0}(\text{Fe}^{3+}, \text{Al}, \text{Fe}^{2+}, \text{Mg})_4[\text{Si}_{7-7,6}\text{Al}_{1-0,4}\text{O}_{20}(\text{OH})_4] \cdot n\text{H}_2\text{O}$. A részletes vizsgálatok tisztázták, hogy túlnyomóan dioctaédes és két-komplexes (2 M_1) monoklin cellája van. A helyettesítés azonban elég bonyolult, és jelentős mennyiségű 2-értékű kation van az oktaédes kötelékben is. Innen ered, hogy a trioktaédes csillámfélékre jellemző egyrétegösszetű 1 M és 1 Md (monoklin dezorientált) struktúra is előfordul. Fénytelen, sajátosan zöld, halványzöld. Rendszerint földes, aprószemcsés v. finom pikkelyek halmaza („zöldföld”). $K = 2$. $S = 2,4-2,9$. Vékonycsiszolatban is zöld. $n_\alpha = 1,59$, $n_\beta = n_\gamma = 1,61$. Fénytörése nagyobb, de kettőtörése kisebb a muszkoviténál. Opt. tengelysík (010), vagyis $b = \beta$ (másodfajú csillám). $2V_\alpha = 0-20^\circ$. Enyhén pleokroós, kis gumószerű halmazában a pikkelyek változó helyzetűek, egymás kettőtörését kiegyenlítik, ilyenkor látszólag izotrop. — Sósavban könnyen oldódik.

Képz. Sokáig az volt a vélemény, hogy olyan (fillo-) szilikátásvány, mely kizárólag tengerben, ill. tengeri üledékek diagenézise során keletkezik: gyakran tölti ki Globigerinák héjának üregeit, és agyagok, márgák, homokkövek elegyrésze. Ilyen glaukonitos homokkő pl. a salgótarjáni miocén barnakőszénösszlet fekükköze. Tengeri eredetű az úrkúti (Bakony) finom rétegzésű karbonátos mangánércösszlet ismétlődő zöld glaukonit-szalagja is. — A glaukonit azonban más képződés termékeként is előkerült: így alluviális üledékekből, sőt KUBOVICS I. szerint egyes Mátra-hegységi vulkanitok apró üregeiben zárványként szeladonittal együtt glaukonit is képződik. Esetenként a glaukonitban gazdag, laza kőzet jelentős káliumtartalma folytán műtrágyázásra is alkalmas. Ezenkívül arra is felhasználható, hogy benne a $^{40}\text{K}/^{40}\text{Ar}$ -arányt meghatározva, az üledékes kőzet földtani korára becslést végezzünk.

Seladonit, összetétele közel azonos a glaukonitéval: mindössze a tetraédes kötelék Al-tartalma kevesebb (s ezt az interlamináris kationcsökkenés egyenlíti

ki). Zöld színű, földes külsejű, finomszemcsés anyag; festékkészítésre használható („veronai zöld”). Főként bazalt és melafir kőzetekben s ezek mandulaköveiben (Olaszország, D-Tirol, Csehszlovákia) találják, de az É-mátrai andezitekben is előfordul (l. glaukonit). E lágakőzetekben főként az augit átalakulási terméke.

Margarit (mész- vagy gyöngycsillám), $\text{CaAl}_2[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}(\text{OH})_2]$. „Merev”-csillámnak is nevezik. Szerkezete a rugalmas csillámoktól abban különbözik, hogy a tetraéderes kötélekben az $\text{Al} \rightarrow \text{Si}$ helyettesítés 1:1 arányra változik: $[\text{Si}_2\text{Al}_2\text{O}_{10}]^{6-}$, és a rétegösszletek közé az alkáliionok helyébe valamivel kisebb rádiuszú, de nagyobb töltésű Ca^{2+} inaktív kation jut; a rétegek közelebb kerülnek egymáshoz és a kötőerő is nő. Ugyanakkor az ásványlemezek rugalmassága megszűnik, a keménység nagyobb, mint a többi csillámoké.

A cellatípus 2-rétegösszletű ($2M_1$ vagy $2M_2$), a szimmetria tehát monoklin prizmás. Jobb kristályokban ritka, rendszerint leveles-pikkelyes halmaz. Hasadási (001) sz. kevésbé kitűnő, mint a többi csillámé. Hasadási lemezei ridegek, törékenyek. $K = 3,5-4,5$. $S = 3,0-3,1$. Gyöngyszínű és gyöngyházfényű, néha sárgás. Félig átlátszó. Opt. tengelysík merőleges (010)-ra, azaz I. fajta csillám, $n_\alpha = 1,632$, $n_\beta = 1,645$, $n_\gamma = 1,647$. $2V_\alpha = 40^\circ-67^\circ$. Lángban megfeketedik, kissé felfúvódik, de nem olvad meg. H_2SO_4 megtámadja.

Ca-ban gazdag kőzeteknek, pl. anortozitnak elegyrésze. Különben főleg korund és diaszpor társaságában mutatkozik. Naxos szigetén (Görögorsz.) smirgelben, az urali (SZU) Takovaja-folyó vidékén berillhez társul. Az alpesi kloritpálákban jobban kristályos, fennőtt csoportokat alkot.

Roscoelit, $\text{KV}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2]$, „vanádiummuszkovit”. Rácsállandói a muszkovit és biotit közé esnek. Rácsa 1 M típusú, monoklin prizmás, V_2O_3 -tartalma meghaladhatja a 15 %-ot. A vanádium az oktaéderes koordinációban az Al-ot helyettesíti; ugyanitt Mg és Fe is beépülhet. — Olajzöld, zöldesbarna. $K = 2,5$. $S = 2,9$. $n_\gamma = 1,692$, $n_\beta = 1,682$, $n_\alpha = 1,615$. A kettőtörése erős. Opt. tengelysík merőleges (010)-ra. $2V_\alpha \sim 35^\circ$. A hidrotermás érctelérek kísérőásványa; arkózás üledékes kőzetekben hintéses elegyrész.

β) BIOTIT- (TRIOKTAÉDERES) SOR

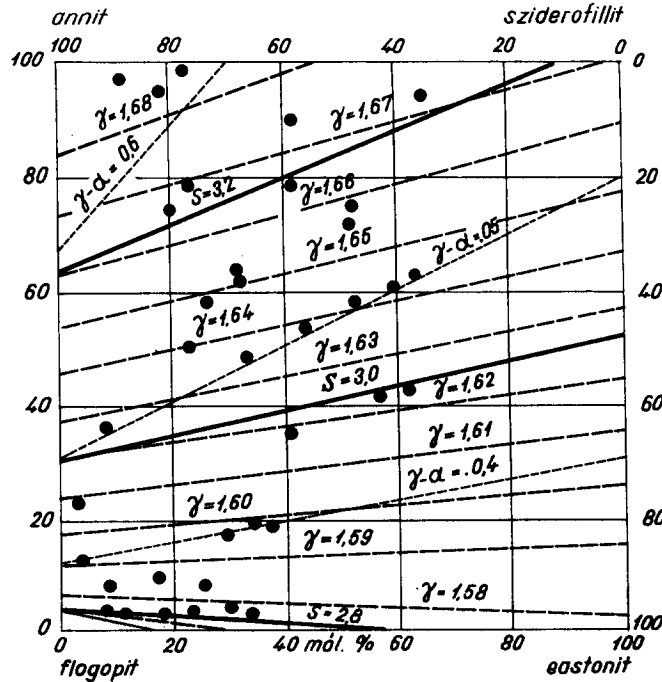
Flogopit, (magnéziumcsillám), $\text{KMg}_3[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{F},\text{OH})_2]$. Szerkezetében az oktaéderes koordináció rétegének minden kationhelye — a talkszerkezet mintájára — be van töltve. Tehát ez a csillám már a biotitcsaládhoz tartozik, és úgy is tekinthető, mint a többféle helyettesítésből álló biotit elegykristálynak egyik alapszerkezete. A leggyakoribb polimorf típus az 1 M , de 2 M és 3 T is előfordul. Önálló kristályai néha nagy, hatszöges táblák a (001) lapon tollas rostozással. Az oldalsó lapok nagyon szabálytalanok. Hasadási kitűnő; rugalmas. $K = 2,5-3$. $S = 2,76-2,90$. Sárgás, világosbarna, gyakran bronzszerűen csillogó. Opt. negatív és második fajta ($b = \beta$) csillám. $n_\alpha = 1,534$, $n_\beta = n_\gamma = 1,566$. Pleokroós. $2V \sim 5^\circ-10^\circ$. A biotittól főleg abban különbözik, hogy

kevés vasat tartalmaz, viszont állandó F-tartalma van, és a tetraéderez hálózat Si:Al aránya is nagyobb, mint 3:1, vagyis több SiO_2 -ot tartalmaz, de közte és a biotit között nem lehet éles határt vonni. Forró cc. H_2SO_4 -ban feloldódik. — Kontakt mészkövekben, dolomitokban pneumatolitos eredetű; kristályos palákba ágyazott karbonátos kőzetekben is megtalálható, és elsődleges ásvány számos leucitban gazdag bázisos kőzetben is.

Biotit (magnézium-vascsillám). Trioktaéderez csillám, melyben az oktaéderez kationhelyek teljesen betöltöttek. Leggyakrabban a következő polimorf variációkban kristályosodik:

1 M	$a_0 = 5,3$	$b_0 = 9,2$	$c_0 10,2 \text{ \AA}$	$\beta < 100^\circ$	Cm
2 M	$a_0 = 5,3$	$b_0 = 9,2$	$c_0 20,2 \text{ \AA}$	$\beta < 95^\circ$	$C 2/c$
3 T	$a_0 = 5,3$	—	$c_0 30,0 \text{ \AA}$	—	$\left\{ \begin{array}{l} P3_112 \text{ v.} \\ P3_212 \end{array} \right.$

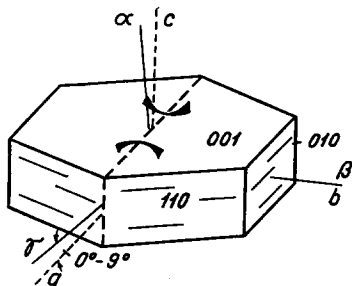
Ezenkívül a hatos, tizennyolcas és huszonnégyes rétegzésű cellatípusok is előfordulnak. Számos 6-os polimorf szerkezetről később kiderült, hogy sokkal inkább az egyszerű 1 M típusnak felel meg. Így szimmetriája túlnyomóan monoklin, főképpen a fennőtt kristályoké.



602. ábra. A biotit fénytani és sűrűségi állandói az izomorf elegyedés függvényében

Összetétele legegyszerűbben így írható: $K(Mg,Fe)_3[AlSi_3O_{10}(OH)_2]$, vagyis az oktaédres kationpozíciókat Fe és Mg tölti be; a flogopit hoz képest több Fe-at tartalmaz a Mg rovására, és az arány $Mg : Fe < 2 : 1$. Valójában a biotit olyan elegykristály, melynek összetétele a következő szélső tagok együttesével közelíthető meg: *flogopit* $KMg_3[AlSi_3O_{10} \cdot (OH)_2]$, *annit*, $KFe_3^+[AlSi_3O_{10} \cdot (OH)_2]$, *eastonit* $K_2Mg_5Al[Al_3Si_5O_{20} \cdot (OH)_4]$ és *sziderofillit*, $K_2Fe_5^+Al[Al_3Si_5O_{20} \cdot (OH)_4]$. Ezenfelül tized százaléknyi mennyiségben F-t, továbbá Ti-t, Mn-t is tartalmazhat.

Krist. Kristályai leginkább táblásak vagy zömök oszloposak máskor romboéderesek. Az oldallapok vízszintesen rostozottak. Gyakori a csillámtörvény sz. összenövés. Poliszintetikus ikresedéssel álhatszöges oszlopok keletkeznek, melyek néha szarvszerűen görbültek. $K = 2,5 - 3$. $S = 2,7 - 3,3$. Hasadási lapja gyöngyházfényű, a sötét színűeké kissé fémes. Színe zöldesfekete, barna, barnásfekete, fekete. A fénytani (n_γ és $n_\beta - n_\alpha$), valamint a sűrűségi állandók változását az izomorf összetevők elegyedése szerint a 602. ábra mutatja be. Pleokroizmusa erős: sárga — sötét (vörös-) barna. Opt. negatív, a 2 V kicsi: $2^\circ - 4^\circ$, de nem ritkán 0° , és az optikai tengelysík hol a (010) síkban (II. fajta), hol erre merőlegesen (I. fajta) nyílik ki. Ezen az alapon bizonyos biotitváltozatokat szokás megkülönböztetni; ilyenek: *meroxén*, I. fajta, vasban szegény, közönséges biotitféle, mely magmás és metamorf kőzetekben egyaránt megtalálható.



603. ábra. Biotit

Anomit szintén I. fajta, de vasban gazdag, főleg a bázisos magmás kőzetek biotitja. *Lepidomelán*, vasban szintén dúsabb, azonban II. fajta biotitcsillám, rendszerint alkáligazdag kőzetekben, így eleolitszienitben egirin + +Na-amfibol társaságában otthonos (603. ábra). Ritkább változat a *manganofillit*, amely 18%-ig terjedően MnO-ot tartalmaz, színe bronz- vagy rézvörös, Mn-ércek ásványtársaságához tartozik.

Képz. A biotit igen elterjedt csillám. Magmás kőzetekben hasonló feltételek között képződik, mint az amfibol, vagyis ásványképző tényezőknek, víznek, fluornak a jelenlétében. Gyakran együtt is szerepel az amfibollal. Főképpen neutrális és kovasavban gazdagabb kőzetek elegyrésze. Vulkanai kőzetekben gyakran visszaoldásos jelenség észlelhető. A felületéhez közeli részein (az amfibolhoz hasonlóan) a ferroionok ferrivé oxidálódnak.

A biotitok vegyi összetétele a vizsgálatok szerint szorosan igazodik a magmás kőzet kémiai jellegéhez. A FeO (+MnO-) mennyiség növekedésével erősödik a kőzet felzikus jellege, a MgO-tartalom gazdagodásával a mafikus jelleg gyarapodik. Más szóval a kovasavban gazdag kőzetek biotitjára a viszonylag kisebb Mg-tartalom jellemző, míg a bázisos és ultrabázisos kőzetek biotitjában a Mg-tartalom van túlsúlyban. — A biotit általánosan elterjedt elegyrész a

metamorf kőzetekben, s minden más csillámnál gyakoribb. Széles hőmérsékleti és nyomáshatárok között keletkezhetik. Gazdag képződése van a kontakt hatásra átalakult és regionális metamorfózissal előállt kőzetekben egyaránt.

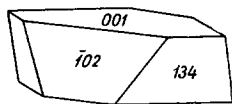
A tartókőzet felaprózódása, elmállása során belekerül a törmelékes kőzetekbe, homokokba, agyagokba. Felszíni viszonyok között fokozatos kilúgozás, ill. lebontási folyamat megy benne végbe. Elsősorban a K-tartalom távozik el, majd fokozatosan a vastartalma csökken. Mindezt színváltozás (kifakulás), fénytörés- és sűrűségcsökkenés kíséri. — Magmás kőzetekben autohidratációs v. hidrotermás hatásra kloritá válik, más esetben hidrocillámmá, vermikulitá alakul.

Lepidolit, lítiumcsillám. Összetétele valójában két vegyület elegye: $\text{KLi}_2\text{Al}[\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{F},\text{OH})_2]$ és $\text{KLi}_{1,5}\text{Al}_{1,5}[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{F},\text{OH},\frac{1}{2}\text{O})_2]$. Monoklin prizmás. Szerkezete nem típusosan trioktaédes, hanem átmenet a két csillám-alapstruktúra között. Szerkezetileg az 1 M , 2 M_2 és 3 T cellatípus jellemző rá, utóbbi (trigonális) polimorfia ritkább, de sohasem kristályosodik a 2 M_1 szerkezettel (vagyis a muszkovitfélek típusa szerint). Rácsában Na, Rb, és Cs helyettesítheti a K-ot; vas, mangán és magnézium is szerepelhet az oktaédes pozíciókban. Li_2O -tartalma 3,5—4.%. Minthogy egyike a jelentősebb Rb-tartalmú ásványoknak ($\text{Rb}_2\text{O} \sim 0,5\%$, egyes lelőhelyeken 2—3%), földtani kor meghatározás ($^{87}\text{Rb}/^{87}\text{Sr}$) céljaira alkalmas. — *Krist.* Többnyire pikkelyes, szemcsés halmaz. Gyöngyházfényű, színe sajátosan rózsásibolya. $K = 2,5—4$. $S = 2,8—2,9$. Fénytörése viszonylag gyenge $n_\alpha = 1,525$, $n_\beta = 1,551$, $n_\gamma = 1,554$. Opt. tengelysík (010), vagyis II. fajta csillám. Lángban megolvad, amit Li-lángfestés kísér. — Savak megtámadják, de nem bontják el. — *Képz.* Gránitpegmatitokban más (spodumen, amblygonit) lítiumásványokkal társul. Még inkább a pneumatolitos kassziteritképződés paragenéziséhez tartozik a közel rokon zinnwaldittal együtt.

Zinnwaldit, $\text{KLiFe}^{2+}\text{Al}[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{F},\text{OH})_2]$. Monoklin. Az összetétele eléggé változó. A Si:Al arány rendszerint nagyobb, mint 3:1, az oktaédes Al helyén Ti, Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mn és Mg szerepelhet; a K-ot Na, Ba, Rb, Sr is helyettesítheti. — Szerkezetileg három típusban: 1 M , 3 T , 2 M kristályosodik, közülük leggyakoribb az 1 M típus. (Térccs. Cm — monokl. dómás). *Krist.* Kristályai hatszöges táblák, legyezőszerű kötegek, halmazok. $K = 2,5—4$. $S = 2,9—3,0$. Kissé fémes gyöngyházfényű. Szürkésbarna, ezüstszürke, halványan ibolyás. A lepidolittal egyezően II. fajta ($b = \beta$) csillám. Fénytörése kissé nagyobb, kettőtörése jelentősen erősebb a lepidoliténál. Enyhén pleokroós. Lángban Li-lángfestés kíséretében sötét színű gyönggyé olvad. *Képz.* A pneumatolitos ónkő-paragenézis jellemző tagja lepidolittal, topázzal, turmalinnal, fluorittal, scheelittel egyetemben. Az Érchegység (Németorsz., Csehszl.) bányái (pl. Zinnwald = Cinovec, Csehszl.), az angliai Cornwall ónkőtelérei említhetők. — Pegmatitokban is otthonos, főképp ha más Li-ásvány (spodumen, amblygonit, lepidolit) is képződött.

Xantofillit, $\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Al})_{3-2}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}(\text{OH})_2]$. Monoklin prizmás. Korábban a margaritfélék, „merev”-csillámok sorába tartozott. A margarit-hoz hasonlóan, mely úgy tekinthető, mint a muszkovitból $\text{Ca} \rightarrow \text{K}$ helyettesítéssel előállt változat, a xantofillit is a flogopitból vezethetjük le azonos módon. Rácsa egy rétegösszletű monoklin cella: 1 M . Hatszöges táblák, pikkelyes halmazok. Hasadása tökéletes, de lemezei merevek, törékenyek. $K = 3,5$ a (001) lapon és 6 a (001)-re merőlegesen. $S = 3,0$ — $3,1$. Félig fémes gyöngyházfényű, vörösbarna, viaszszárga, hagymazöld. Opt. negatív, II.-fajta csillám. Pleokroós ($\alpha =$ színtelen, $\beta = \gamma =$ zöld v. barna).

Clintonit, összetétele megegyezik a xantofillitével, de szerkezete 2-rétegösszletű monoklin 2 M_1 -rács; $a_0 = 5,21$, $b_0 = 9,02$, $c \cdot \sin\beta = 19,24$ Å. $\beta \approx \sim 95^\circ$. Optikailag I.-fajta csillám, vagyis a teng. sík merőleges (010)-ra. Törésmutatók: $n_\alpha = 1,643$ — $1,648$, $n_\beta = 1,655$ — $1,662$, $n_\gamma = 1,655$ — $1,663$. $2V_\alpha \sim 32^\circ$ (clintonitban), 0° — 23° (xantofillitben). — A Mg : Al aránya némileg változó, de az oktaéderez kationhelyeken Fe^{2+} -, Fe^{3+} -, Mn^{2+} - és csekély Ti-helyettesítés is lehetséges, innen ered, hogy egyes változatokat különböző nevekkkel láttak el, ilyenek: *seybertit*, *brandisit*, *valuevit*. Közülük a zöld, álromboéderez valuevit (604. ábra) optikája és rácspolimorfiaja alapján xantofillitnek bizonyult, a brandisit pedig Fe-ban gazdagabb clintonitnak; a rézvörös színezésű seybertit szintén clintonitféle.



604. ábra. Clintonit

Képz. A clintonit—xantofillit részint kloritpalában, talkpalában otthonos (pl. az Uralban Zlatouszt, valamint Ahmatovszk, SZU), másrészt kontaktmetamorf mészkövekben—dolomitokban spinell, grosszulár, vezuvián, flogopit, fassait társaságában képződik. Így a dél-tiroli Monzoni-hegységben (Val di Fassa = Fassatal, dél-tiroli Dolomitok, Olaszorsz.) gabbro és triász-mészkö kontaktusán, gránit—dolomit határán képződött szkarnásványok közt. Querigut a francia Pireneusokban, Amity (New York, USA) serpentinisedett gabbrotól átjárt mészkőben leveles halmaz, lencsés betelepülés.

2. ALC SOPORT

NÉGYES ÉS KETTŐS RÉTEGÖSSZLETŰ FILLOSZILIKÁTOK (Kloritfélék és serpentinásványok)

a) Kloritfélék

A zöld- vagy lágycsillámoknak is nevezett kloritfélék tagjai sajátos réteg-szerkezetű Mg—Al-hidroszilikátok. Javarészt Fe^{2+} , Fe^{3+} -tartalmúak, és a rácsban Mn, Cr is helyettesíthet, viszont alkáliát *nem* tartalmaznak. Elnevezésüket a vastartalomból eredő túlnyomóan zöld színük (chloros = zöld) után kapták. — Tömött-szemcsés és jó kristályos alakban egyaránt előfordulnak. A lemezes, táblás kloritkristályok hasadása kitűnő, lemezeik hajlíthatók, de

„lágyság”, azaz nem rugalmasak. Mindez az alcsoport tagjaira általában jellemző sajátság.

A részletes vizsgálatok azonban kiderítették, hogy a kloritok néven összefoglalt rétegszerkezetek rácsépítménye nem egységes: két alaptípus különböztethető meg, s ennek megfelelően két csoportra különülnek: α) „normál”-kloritokra és β) ún. „szepite”-klorit-félékre. Felsorolásukat l. az alábbi táblázatban.

α) Kloritok („normál”- kloritok)

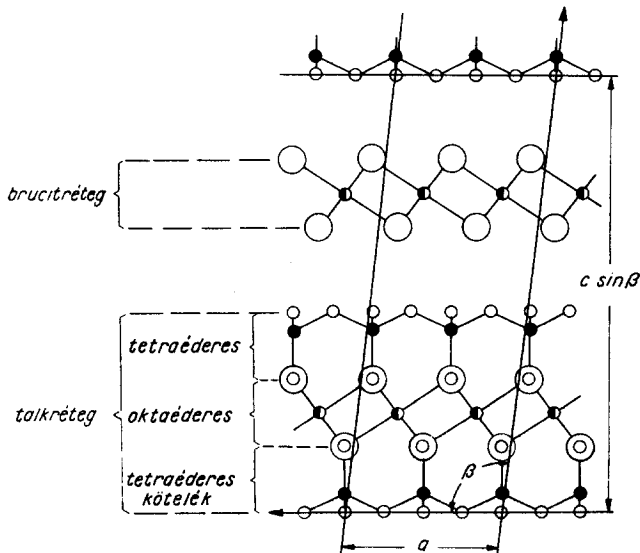
1. Ortokloritok, $(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_3[\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2] \cdot (\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_3(\text{OH})_6$
 Korundofilit
 Proklorit (ripidolit)
 Klinoklór
 Leuchtenbergit
 Pennin
 Kämmererit, sheridanit, diabantit, dafnit, pszeudothüringit
2. Leptokloritok $(\text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+}\text{Mg})_3[\text{Al}_{0,5}\text{Si}_{3,5}\text{O}_{10}(\text{OH})_2] \cdot (\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_3(\text{O}, \text{OH})_6$
 Delessit
 Thüringit

β) Szepite- („szemi”-) kloritok

- Amesit
- Chamosit
- Greenalit
- Cronstedtit

α) KLORITOK („NORMÁL”-KLORITOK)

A szerkezet kétféle rétegrácsból épül fel, melyek szabályszerű ismétlődéssel váltakozva sorakoznak: egyik a 3-as rétegű talktípus $[\text{X}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2]$, amihez még szerkezeti összetevőként a brucit-szerű $[\text{Y}(\text{OH})_2]$ réteg csatlakozik (605. ábra). A kloritrács tehát 4-réteges szerkezet, melyben a cella magassága ($c_0 \cdot \sin\beta$) azo-



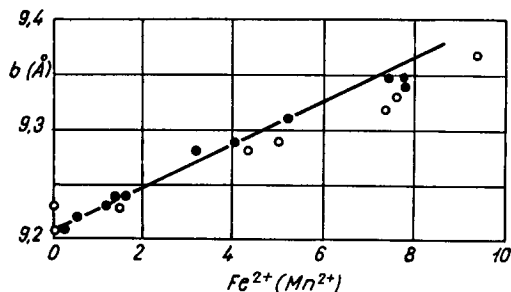
605. ábra. Klorit-szerkezet (010) sík szerinti vetületben, az elemi cella bejelölésével

nos a 4 réteg vastagságával, és a β szöget ezúttal is az $a_0/3$ -nyi rétegelcsúszás határozza meg. A rétegek polimorf sorakozása itt is előáll, s négyféle variáció állapítható meg (93. tábl.).

93. táblázat

	1.	2.	3.	4.
a_0	5,3	5,3	5,3	9,2
b_0	9,2	9,2	9,2	5,3
c_0	14,3	14,3	28,6	42,6
β	97°06'	97°06'	97°06'	86°
Réteggösszet- szám cellánként	1	1	2	3
Szimmetria	triklin	monoklin	triklin	triklin
Térceport	$C1-P1$	C_{2h}^4-C2/m	$C1-P1$	$C1-P1$

A szerkezetekben gyakori a rendezetlen sorakozás, továbbá a tetraédes kötelékekben a rétegsíkra merőleges tengely körüli rotációs elmozdulás, s ez nagyon megnehezíti a szerkezetelemző vizsgálatot. A különböző kloritfélékben a gyakoribb kationhelyettesítések: Al a Si helyén és Fe^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{3+} , Al a Mg helyén. A polimorf típusok közül a monoklin rácsban a Mg-nak Al-mal való helyettesítése — a jelek szerint — sokkal inkább a brucitrétegben jön létre, hogysm a talkrészleg oktaédes pozíciói cserélődnének. A triklin típusokban már a Mg, Al és részben a Fe is tetszőlegesen osztozik az oktaédes helyeken. A helyettesítések természetesen befolyásolják a cellaméreteket, ami egyben azt is



606. ábra. A kloritcella b_0 -értékének növekedése a Fe^{2+} (+ Mn^{2+}) \rightarrow Mg-helyettesítés fokozódásával (Shirozu szerint, 1958)

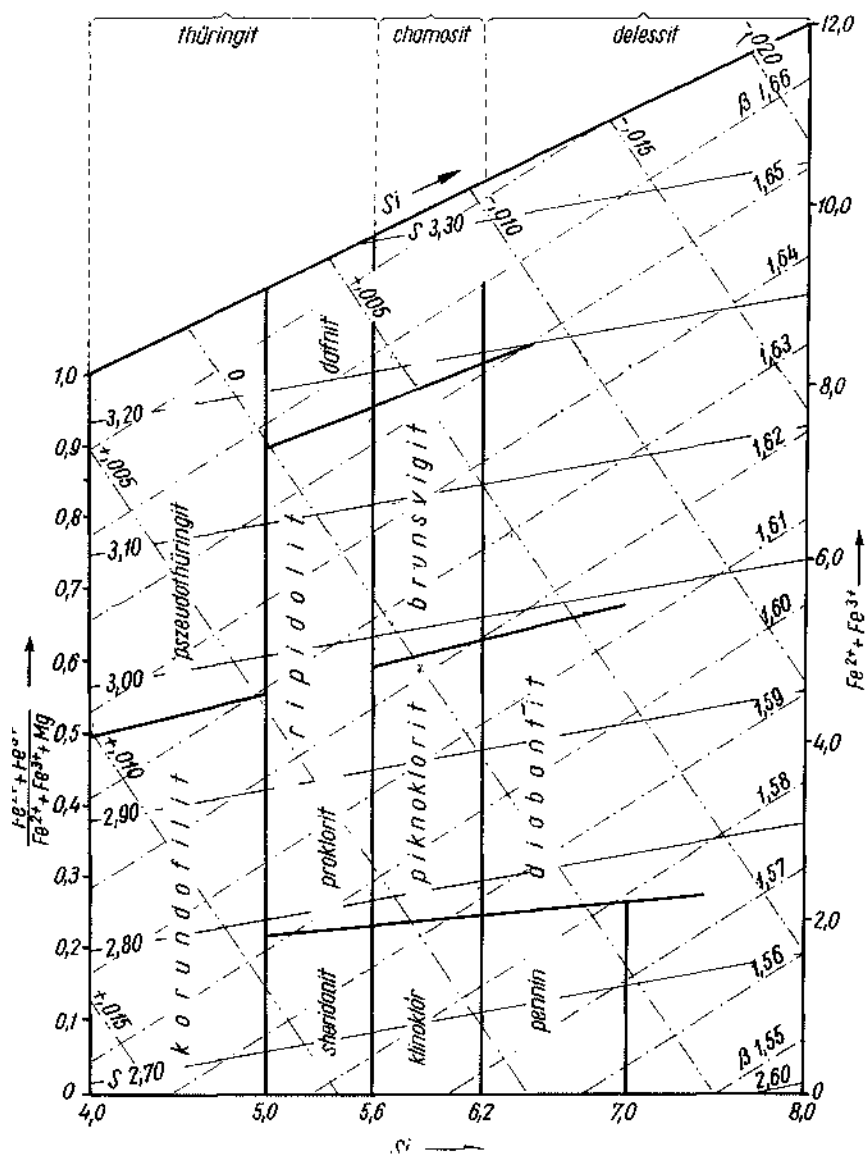
jelenti, hogy esetenként a meghatározott rácsállandókból következtetni lehet a helyettesítés minőségére és mértékére (606. ábra). — A kloritok körében a di- és trioktaédes betöltésváltozatok elkülönítésének nincs jelentősége a kétféle hatos (oktaédes) koordináció és ezek szabálytalan kationeloszlása miatt.

A kloritcsoport lényegében egy egységes szerkezeti típus széles fokozatú vegyi változatosságát állítja elő. E változatok alapjaként mint elméleti (hipotetikus) összetételt a



formulát vesszük fel, éspedig a helyettesítési arányok jobb megközelítésére kétszeres atomszámmal. Helyettesítés mindkét (talk- és brucit-rácsrészelegben) létrejön. Az Al a 4-es és a kétféle 6-os koordinációban egyaránt szerepelhet. A tetraéderezes kötélekben a részvétele $\text{Al} : \text{Si} = 1 : 7$ -től $\text{Al} : \text{Si} = 4 : 4$ arány közt változhat, míg a 6-os, vagyis a talk- és brucitrétegekben együttesen $\text{Mg}_{11}\text{Al} - \text{Mg}_8\text{Al}_4$ határok között helyettesíthet. A Fe^{2+} -ion viszont korlátozás nélkül foglalhat helyet a Mg-ion rovására, a vaskationnak egy része azonban ferrialakban van jelen. A ferriion-tartalomnak az újabb csoportosításban lényeges szerep jut, annál is inkább, mert az így nyert felosztás jól összeegyeztethető a kloritok korábbi, immár hagyományos (*Tschermak*-féle) csoportosításával. Utóbbi két kategóriát különít el: az *orto*- és *lepto*-kloritok körét. *Ortoklorit* névvel a külsőleg fejlett kristályos, durvább pikkelyes, Mg-ban gazdag, kisebb fény- és kettőtörésű, savaknak is ellenálló csoportot foglalták össze. Viszont a vasban gazdagabb, finom-pikkelyes, szemcsés-földes, igénytelen külsejű, sötétebb színű és savakban oldékonyabb változatok a *leptoklorit* (leptosz = igénytelen) elnevezést nyerték. — Későbbi vizsgálatok rámutattak arra, hogy a két csoport között a fő különbség elsősorban az oxidációs fokban van, s ez kísérletileg is igazolható. Az egyik korszerű beosztás szerint tehát *ortoklorit* („nem oxidált”) az a változat, melyben a Fe_2O_3 -tartalom kevesebb 4%-nál; az „oxidált” kloritok pedig, — melyekre alkalmazható a „*leptoklorit*” gyűjtőnév — Fe_2O_3 -ból többet tartalmaznak 4%-nál. Az oxidáltság, teljes vastartalom és az Al/Si-arány felhasználásával M. H. HEY szerint a mellékelt diagram szerkeszthető meg (607. ábra), melyen egyben az optikai állandóknak a helyettesítési arányoktól való függését is tanulmányozhatjuk. Látható, hogy az n_β törésmutató az összes vastartalommal fokozatosan nő (1,55 → 1,66). A kettőtörésnek sajátos eloszlása van: közepes összetételnél (átlós vonal) a klorit kettőtörése zérus, az Al-tartalom gazdagodásával a pozitív, a Fe-tartaloméval a negatív kettőtörés fokozódik. — Számos kloritnév használatos még, ezek a beírt vegyületek változatait jelentik: így a *leuchtenbergit* a klinoklórmezőbe, *grochavit* a sheridanithoz, az *afrosziderit* a ripidolithoz, a *bavalit* a dafnit körébe tartozik.

A kémiai összetétellel kapcsolatos még, hogy a fenti elemeken kívül Mn, Cr, Ni és Ti is beépülhet a kloritrácsba. Egyes kloritfajták Mn-ban különösen gazdagok (*gonyerit*, *pennantit*). A Cr kis mennyiségben szintén gyakori kationtárs, de helyettesítése nagyobb arányokat is ($\text{Cr}_2\text{O}_3 > 4\%$) ölthet, pl. a *kotschubeit*-félékben.



. ábra. Az ortokloritok kémiai összetétele és fénytani jellemzőinek változása. [A négy leptó- („oxidált”) kloritra hasonló diagram szerkeszthető, melyen baloldalt a ringit, jobbról a delessit-félék helyezkednek; lásd a beosztást az ábra felső vonalán]

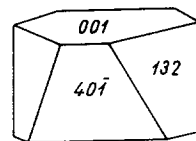
1. ORTOKLOORITOK. $(\text{Mg,Al,Fe})_{12}[(\text{Si,Al})_8\text{O}_{20}] \cdot (\text{OH})_{16}$. Túlnyomóan monoklinok, $(C_{2h}^3 - C2)m$. Hasadás (001) sz. tökéletes. $K = 2 - 2,5$, $S = 2,26 - 3,3$. Törésmutató $n_\alpha = 1,57 - 1,66$, $n_\beta = 1,57 - 1,67$, $n_\gamma = 1,57 - 1,67$, a kettőstörés (rendkívül kicsi): $n_\gamma - n_\alpha = 0,0 - 0,01$. Opt. jelleg változó (+) (l. 607. ábra): opt. tengelysík (010), tengelyszög $20^\circ - 60^\circ$. Pleokroizmus gyenge. — Erős savakban javarészt oldódnak.

Képz. Kristályos (klorit-) palák elegyrészei, a zöldpala-fácies legjellegzetesebb ásványai. E kőzetek hasadékainak falán sajátos ásványtársulásban szép fennőtt ortoklorit-csoportosulások ismeretesek. Magmás, főként bázisos kőzetekben hidrotermás átalakulás termékei, elsősorban a színes elegyrészek, leginkább a piroxénfélék alakulnak át klorittá. — De agyagásványokkal is társulnak, főleg pelites üledékekben; részben átalakulási termékek, s többnyire „kevert” fillo- (hidro-) szilikát-szerkezetek.

Korundofilit, olajzöld, hagymazöld hatszöges táblák, zömök prizmák. $K = 2,5$, $S = 2,9$. Korund és smirgel kíséretéhez tartozik.

Proklorit és **ripidolit** apró kristálykák gömbös vagy legyező—fésűszerű halmazai, ritkán nagyobb hatszögletű táblák vagy oszlopok. $K = 2$, $S = 2,8 - 3,10$. Fűzöld, olajzöld, áteső fényben néha vörös. Hasadási lemeze igen engedékeny. — Kloritpalák lényeges elegyrésze; porszerű bevonat alpesi fennőtt (adulár, periklin stb.) kristályokon. Némileg több vasat tartalmaz és leginkább legyező alakú halmazokban mutatkozik a *ripidolit*. — Egyik változata az *afrosziderit* (Fe-proklorit), igen finom pikkelyes, olajzöld—sötétzöld. Ritkaságként a Magas-Tátra gránitjában vékony erekben.

Klinoklor, egyike a szép fennőtt kristályokban is gyakori kloritváltozatoknak. Kristályai monoklin álhatszöges táblák, zömök oszlopok és piramisok, ill. romboéder + bázis kombinációjának látszanak (608. ábra). Pikkelyes, tömött, földes halmazokat is alkot. $K = 2,5$, $S = 2,70$. Sötét fűzöld, olajzöld, néha kékeszöld. — Közönséges kloritfajta, kloritpalák uralkodó elegyrésze. — *Leuchtenbergit*, Fe-mentes klinoklor, fehér, sárgás, halványzöld, sokszor talk külsejű. — Sopron környéki metamorf kőzet jellemző ásványa. *Kotschubeit*, bővebb Cr_2O_3 -ot tartalmazó klinoklor, cm-es rózsás-cse-resznyeörös kristálykák.



608. ábra. Klinoklor

Pennin, álromboédes. Piramisos vagy nagy termetű, vastag táblás kristályai vannak. Vaskos, pikkelyes halmazokban, kriptokristályos tömegekben is ismeretes. Gyakori az ikerkristály, éspedig a csillámtörvényen kívül a pennintörvény szerint is, mely szerint az ikerlap és az összenövési lap (001). Féregszerűen csavarodott, oszlopos kristályai is vannak. $K = 1 - 2$, $S = 2,75$. Smaragdzöld, olajzöld, kékeszöld. Interferenciaszíne az erős diszperzió következtében égkék; majdnem egytengelyű. Mint kloritpala-elegyrész kevésbé lényeges, inkább e palakőzetek hasadékainak falát díszíti szép kristálycsoportokkal. — A *pseudofit* vaskos, közetszerű pennin, sötétzöld. Bernstein (Borostyánkő, Burgenland, Ausztria).

Kämmererit, Cr-tartalmú, pennin—klinoklor közötti átmenet, cseresznye-barackvirág-piros.

Sheridanit, (*groschaultit*, *rumpfít*) vasmentes, a tetraéderes kötélékben Al-ot tartalmazó klorittípus. Zöldesfehér, sárgászöld, leginkább szferulitos. Talk—szerpentinpalákban otthonos.

Diabantit és piknoklorit a penninnek és klinoklorinak Fe-tartalmú megfelelői. Tömött, szálás, lemezes. Barnászöld, erősen pleokroós. Diabázban másodlagos termék.

Brunsvigit, dafnit, pszeudothüringit ún. ferrokloritok, $Mg:Fe < 1:1$. Sötétzöldek (dafnit), feketészöldek. Pleokroósak. Sugaras-lemezes halmazok. Hidrotermás érctelések kísérő ásványaihoz társulnak.

2. LEPTOKLORITOK. — Ferro-ferri- („oxidált”) kloritok. Más szilikátok, biotit, amfibol, augit, gránát, vezuvián átalakulásából keletkeznek vagy üledékes kőzetekben helyben képződnek. Némely leptokloritnak jelentős a vastartalma, így nagyobb tömegű felhalmozódás esetén értékes vasércnek minősül.

Delessit, $(Mg, Fe^{2+}, Fe^{3+})_3[(AlSi_3O_{10})(OH)_2] \cdot (Mg, Fe^{2+})_3(O \cdot OH)_6$. A ferrikation a talkréteg középkötélékében helyettesít. A brucitrétegre ugyanakkor $O \rightarrow OH$ csere jellemző. Tömött, rövidszálás, pikkelyes vagy gömbsugaras halmaz. Olajzöld, feketészöld v. sötétvörös. Erősen pleokroós. Kettőstörése nagyon csekély; közel egytengelyű. — Magmás kőzetekben hidrotermás átalakulási termék. Melafír, porfirít mandulaüregeiben kitöltés, kalcit kíséri.

Thüringit. Szerkezetileg mindkét oktaéderes kötélékben a vaskation helyettesít, s a talkrétegben a ferriion van túlsúlyban. Vas-oxid-tartalma 31—35%. Apró-pikkelyes, szemcsés, földes, tömeges halmaz. Vékony lemeze palackzöld, olajzöld. Igen erősen pleokroós. Nagy a fénytörése és viszonylag erősen kettőstörő. $K = 2-2,5$, $S = 3,2$. Sósav könnyen elbontja. — Thüringiai (Németorsz.) szilur agyagpalákban méteres betelepülés magnetittel és chamozittal, az Alpok több helyén kloritos gneiszben lencsés tömegek. A lotharingiai (Franciaorsz.) júra-időszaki, gyengén metamorf oolitos „minette”-érc elegyrésze.

β) SZEPTOKLORITOK („SZEMI”-KLORITOK)

A részletes rácsszerkezeti megismerések alapján szükségszerűen elkülönített kloritcsoport. Mindössze négy ásvány tartozik ide: *amezit*, *chamozit*, *greenalit* és *cronstedtit*. Az elkülönítést az tette szükségessé, hogy bár a kloritokkal közel rokon ásványok, s javarészt képződési körülményeik is egyezők, szerkezetileg a kloritokra jellemző 4-rétegű felépítés helyett *csak kétréteges* a struktúra (a rácstípus a szerpentin- és kaolinitfélékkel egyezik). A szepteklorit elnevezés (NELSON és ROY, 1958) onnan származik, hogy ezekben az ásványokban a c_0 -érték, vagyis a $d_{(001)}$ rácstávolság csak $\sim 7 \text{ \AA}$ (a „normál”-kloritok $c_0 = 14,3 \text{ \AA}$ ráczállandójával szemben). — Lehet azonban a ráczállandó számszerű értékére utalás (septem = hét) helyett általánosan jelezni azt, hogy lényegileg a rétegekötélékeknek csak a fele vesz részt a rácspítményben: „szemiklorit”

(= „fele”-klorit). E rétegszerkezetekben tetraéderez $[(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}]$ alaphálózat-hoz trioktaéderez „brucit”-kötelék csatlakozik. A tetraéderez koordinációban a Si-ot az Al, és egy esetben (cronstedtit) a Fe^{3+} is helyettesítheti; a brucitréteg kationhelyeit részben Mg, részben Al vagy Fe^{2+} (és $\text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+}$) tölti be. A kloritjellegét éppen a kationpozíciók vegyes betöltése hordozza. (Amikor e rácstípusban a kationpozíciókat „tisztán” Mg + Si foglalja el, a szerpenticsoport áll elő!)

94. táblázat

A szepte- (szemi-) kloritok összetétele és rácsparaméterei

Név	Összetétel	a_0	b_0	$c_0 \sin \beta$	$\beta \angle$	Szimmetria
Amezit	$(\text{Mg}_4, \text{Al}_2)[\text{Si}_2\text{Al}_2\text{O}_{10}(\text{OH})_8]$	5,31	9,19	14,01*	90°	hexagon. $C_{6v}^3 - P6_3cm$
Chamozit	$(\text{Fe}_4^{2+}, \text{Al}_2)[\text{Si}_2\text{Al}_2\text{O}_{10}(\text{OH})_8]$	5,40	9,33	7,01	90°	hex. és monokl.
Greenalit	$\text{Fe}_6^{3+}[\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8]$	5,55	9,60	7,2	90°	monoklin (?)
Cronstedtit	$(\text{Fe}_4^{2+} + \text{Fe}_2^{3+})[\text{Si}_2\text{Fe}_2^{3+}\text{O}_{10}(\text{OH})_8]$	5,49	9,52	7,08	90°	hex. $C_3^4 - R3$

* Itt a c_0 paraméter két 7 Å-ös szepteklorit-réteg szuperpozíciójából adódik, tehát nem 4-réteges „normál”-kloritrácsot jelez.

Amezit, sokáig tisztázatlan helyzetű, illetőleg szerkezetű Mg-Al-hidroszilikát. Rácsa két kaolinit-típusú (de trioktaéderez) réteget tartalmaz, cellája hexagonális. A két kötelék a cellában 60°-os rotációval helyezkedik egymásra, és a szomszéd rétegeket hidrogénkötés kapcsolja össze. — Világos smaragdzöld, talkhoz hasonló táblás kristályok, leveles halmazok. $K = 2,5$, $S = 2,7$. Opt. kéttengelyű, pozitív; szabad kristályokon ikerösszenövés mutatkozik; a kettőtörése: $n_\alpha = 1,597$, $n_\beta = 1,600$, $n_\gamma = 1,610$, $2V_\gamma \sim 10^\circ - 14^\circ$. — Lángban megfeketedik. — Metamorf ásvány, fennöve ritka. Chester (Mass., USA).

Chamozit. Zöldesszürke, zöldesfekete, tömött-földes vagy gömböcskés (oolitos). Gyakran kötőanyagként szerepel ércközetekben. FeO-tartalma 36—42%. Több változatát határolták el, illetőleg különböztetik meg (laterites ferro-chamozit; „vasköves” ferro-chamozit; „vasköves” ferri-chamozit, monoklin ferro-chamozit). $K = 3$. $S = 3,0$. Átvilágítva zöld, gyengén pleokroós. Fénytörése a vastartalom szerint változik $n_\alpha = 1,627 - 1,652$, $n_\beta = n_\gamma = 1,632 - 1,660$. Optikai jellege többnyire negatív, az opt. tengelysík merőleges (010)-ra. (Különbség a thüringittől, melyben az opt. teng.-sík párhuzamos (010)-lal.) — Üledékes vasércok ásványi elegyrésze, főképp az oolitos barnavasércekben, a minette-félékben lényeges vashordozó ásvány. Chamoson Svájcban gazdag telep; Thüringiában (Németorsz.) az alsószilur thüringitpala elegyrésze (társai thüringit és magnetit). A lotharingiai (Franciaorsz.) minette-ben kisebb szerepe van; a csehszlovákiai Nučič-on az oolitos eredetű vasérc lényeges ásványa. Utóbbi években vált ismertté, hogy a Mecsek-hegységi felsőtriász üledékek egyes vasdús szintjei — sziderit mellett — chamozitot is tartalmaznak.

Greenalit, finom pikkelyes, szemecskés, közetszerű ásvány. Zöld, sárga, barna, vékony lemezben zöld; izotrop, $n = 1,650-1,674$. $S = 2,85-3,15$. Értékes ércásvány. Az USA-ban a Mesabi-formáció (Minnesota) ércközetében oolitos halmazok; a Felső-tó hatalmas hematitos ércösszletében lényeges kísérő-ásvány.

Cronstedtit. Felépítésében szokatlan, hogy a szepteklorit-szerkezet tetraédres Si-atomjainak felét Fe^{3+} helyettesíti. Rétegpolimorfizmus is mutatkozik 2- és 6-réteges cellákkal. — Kristályai hatoldalú vagy háromoldalú piramisok a bázissal. A bázislapon trigonális vonalazottság látható. Leginkább félgömb-szerű vagy hengeres-vesés csoportozat. Bázis szerinti hasadása kitűnő, lemezkéi hajlíthatók. $K = 3,5$. $S = 3,45$. Csillogó üvegfényű, barnásfekete. Sötétzöld színben gyengén áttetsző. $n = 1,80$. Opt. egytengelyű, negatív. Lángban mágneses salakká olvad. HCl-ban kocsonyásan oldódik. — Érctelérekben másodlagosan keletkezik. Nagybörzsönyben szép kristályos halmazok; Herja (Gutin-hegys. Románia), Příbram (Csehszl.), Cornwall (Anglia).

FÜGGELÉK

KLORITOIDFÉLÉK. Korábban a merevcsillámokhoz sorolt lemezes monoklin ásványok. A szerkezetvizsgálatok szerint azonban nem tartoznak a típusos rétegrácsos struktúrák közé, hanem *szigetszilikátok* némileg réteges rendezettséggel. Minthogy alakilag s részint keletkezésben is közel állnak a több kationú rétegszerkezetekhez, a hagyományok kedvéért a kloritok után függelékként soroljuk ide e néhány vegyületet.

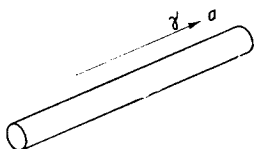
Kloritoid, $(Fe,Mg)_2Al_4[(OH)_4 \cdot O_2 \cdot (SiO_4)_2]$. Monoklin prizmás, C_{2h}^s-C2/c . $a_0 = 9,45$, $b_0 = 5,48$, $c_0 = 16,18 \text{ \AA}$, $\beta \simeq 101^\circ 30'$. Összetételében a Fe^{2+} -at Mn^{2+} is helyettesítheti. Külsőleg a biotithoz hasonló. $K = 6,5$, $S = 3,4-3,6$. Gyakori a (001) sz.-i lemezes ikersorakozás, s így sokszor oszlopos termet alakul ki. Csaknem átlátszatlan, sötétszürke, sötétzöld, a több Mn-t tartalmazó barnásfekete. Feltűnő sajátság, hogy optikailag pozitív, ami a csillámoknál soha nem fordul elő. $n_\gamma = 1,73$, $n_\beta = 1,72$, $n_\alpha = 1,72$. Erősen pleokroós. — Kristályos palák felső övében otthonos, erősebb metamorfózisra eltűnik. Kontakt paragenezisben is keletkezik. Leginkább az Alpok epizónás metamorf kőzeteiben ismeretes. Fe^{2+} -ben gazdag változat az *ottrélit*, mely a belga —luxemburgi határon Ottréz környékén ardenni fillitben keletkezett.

Ganofillit, $(Na,K)(Mn,Al,Mg,Ca)[(OH)_2(OH,H_2O)_2 \cdot (Si,Al) \cdot Si_2O_{10}]$ (?). Monoklin prizmás, barna-sötétbarna apró lemezkék. $K = 4-4,5$. $S = 2,86$. Opt. negatív, $n_\beta = 1,586-1,603$. Pleokroós. — Kontakt metamorf társulásban és kevésbé metamorfizált palás kőzetekben is keletkezik.

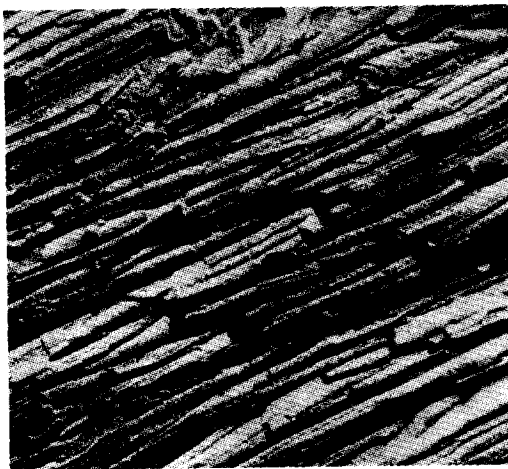
b) Szerpentinásványok

A **szerpentin** gyűjtőnév, mely azonos összetételű $Mg_6[Si_4O_{10} \cdot (OH)_8]$ ásvány-csoportot foglal össze. A kőzetet pedig, mely uralkodólag ez ásványok elegye, újabban *serpentin* elnevezéssel jelöljük.

A szerpentin-csoport-hoz három jól definiálható ásvány tartozik: a *krizotil*, *antigorit* és *lizardit*. Mindháromnak kétréteges filloszilikát-rácsa van: a szilikát-tetraédes $[Si_4O_{10}]$ alaphálózathoz oktaédes $Mg(OH)_2$ brucitréteg csatlakozik. E kettős réteg vastagsága, vagyis a rétegsíkra merőleges periódustávolság $\sim 7,3 \text{ \AA}$, ami közel azonos a szeptekloritok c_0 -értékével. A brucitréteg úgy épül egybe a tetraéderhálózattal, hogy a brucit egyik oldalának 3 OH-pozíciója közül kettőt oxigén tölt be, mely egyúttal a tetraédes hálózat „csúcs”-oxigénje. A $Mg_3[Si_2O_7] \cdot (OH)_4$ formulából látható, hogy a szerpentinréteg elektromosan ki van egyenlítve. Lényeges sajáttság azonban, hogy



609/a. ábra.
Krizotil



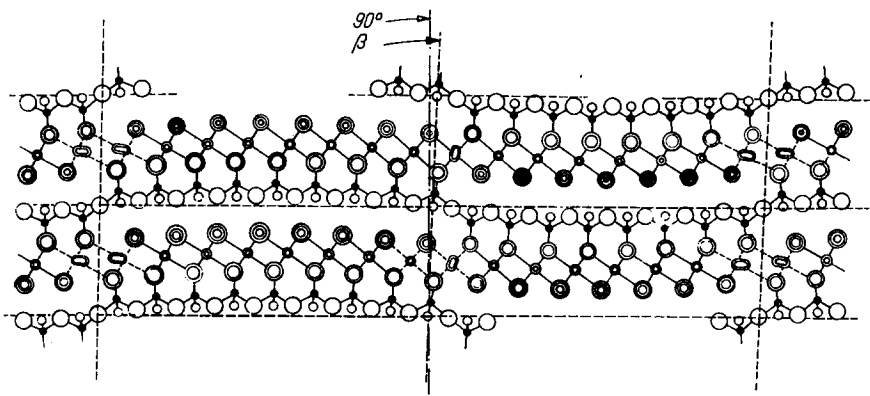
609/b. ábra. Krizotil
elektronmikroszkópos képe

méretre eléggé különböző két hálózat találkozik össze; ún. ortohexagonális vetületben mérve a brucitkötelék paraméterei: $5,4 \times 9,3 \text{ \AA}$, a tetraédes hálózaté $5,0 \times 8,7 \text{ \AA}$. E különbséget más kationok belépése, illetőleg részleges helyettesítése kiegyenlítené: pl. a tetraédes koordinációban nagyobb ion (Al) a Si helyén, vagy a brucitrészlegben kisebb kation: $Al \rightarrow Mg$ (miként a kétréteges kloritokban). A szerpentinek keletkezésekor azonban ilyen helyettesítésre nincsen lehetőség, ezért a jelentős méreteltérés ellenére is összeilleszkedés jön létre, s ennek különböző módjai eredményezik a szerpentinásvány-fajtákat. Elsősorban is *réteggörbület áll elő, és a csőalak belső (homorú) oldalára a kisebb méretezésű tetraédes hálózat kerül.*

Ilyen szerpentinásvány a szálas-rostos *krizotil*, szerkezete példája a hengerréteggörbült rétegrácsnak. A hosszirány az *a*-tengely (609/a ábra), és cellája kettőzött szerpentinrács. A rétegsorakozásban azonban kétféle rend valósulhat meg: így egy *monoklin* ($\beta \approx 93^\circ$) és egy *rombos* variáció jön létre. Ezenkívül a *b*-tengely körül is görbülhet a rács: így pedig az ún. *parakrizotil* áll elő (l. 95. tábl.).

A *lizardit* annyira finom-szemcsés változat, hogy alaki jellegei csak elektronmikroszkóppal észlelhetők. Más szóval: a két rácsrészleg csatlakozásában fennálló feszültség szigorúan határt szab a kristálynövekedésnek, akadálya a nagyobb egykristályalakulásnak; a monoklin változat cellája egy réteges és $\beta = 90^\circ$. A másik alak a *6H* változat.

Az *antigorit* szerkezetileg megint más változat. A b_0 és c_0 dimenziói hasonlók a *krizotil*éhoz, ill. *lizardit*éhoz, de az a_0 irányban az elemi cella erősen megnyújtott és a mérete legtöbb esetben 40 Å körüli. A megnyújtott irányban szabályszerű redőzéssel egyenlítődik ki a méretegyenetlenség. A redőtengely a b iránya (610. ábra).



610. ábra. Antigorit-szerkezet a b -tengely irányából (Kunze szerint, 1956).
A redőzés periodicitása $a_0 \sim 40$ Å

Áttekintésül összefoglaljuk a szerpentinásványok lényegesebb szerkezeti adatait (95. táblázat).

Annak magyarázata még nagyrészt hiányzik, hogy a változatok előállása mikor és miért következik be. A vegyi sajátságok finomabb részletei adhatnak

95. táblázat

	Krizotil			Lizardit		Antigorit
	monoklin	rombos	para-	monoklin	monoklin	hexagon.
a_0	5,34	5,34	5,3	5,31	5,32	43,3
b_0	9,25	9,2	9,24	9,20	9,22	9,23
c_0	14,65	14,63	14,7	7,31	43,59	7,27
β	$93^\circ 16'$	90°	90°	90°	90°	$91^\circ 36'$
rétegek száma	2	2	2	1	6	1
rostirány vagy görbületi tengely	a	a	b	—		b

magyarázatot arra, hogy melyik szerpentinváltozat keletkezésének feltételei valósultak meg. Így pl. az antigoritban az elméleti összetételhez képest mindig kissé nagyobb a Si : Mg arány. Ez pedig elegendő ahhoz, hogy a réteg nem kunkorodik össze hengerré, hanem redőződik. A krizotilfélékben pedig a kristály-kémiailag számított formulához viszonyítva kevés Si-hiány mutatkozik, ugyanakkor ezt megfelelő hidrogénion-többlet egyenlíti ki.

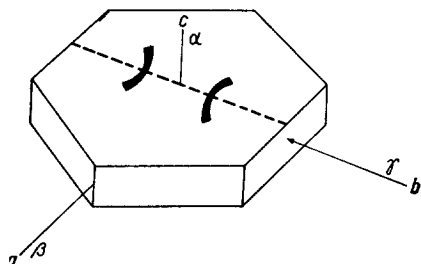
Krizotil, $Mg_3[Si_2O_5(OH)_4]$. Monoklin és rombos. A kétréteges szerkezet tagjai közötti méretkülönbségből húzófeszültség támad: a lemezek cső- vagy henger alakra sodródnak össze. Alakilag a csővecskék szálak-rostok, külsőleg tömött rostos v. laza halmazok. A szálak párhuzamosan rendezettek, ritkán gömbsugarasak vagy kuszáltak. $K = 2 - 2,5$, $S \sim 2,5$. Zöld, szürkészöld, szürke, sárga. A felszín erősen selymes fényű, különösen a finomszálás krizotil-azbeszt-féléké. Optikailag negatív. Az α (hegyessög-felező) közel merőleges a rétegsíkra, (001)-re. A rétegek a -tengely szerinti összesodródása folytán a szálak hossziránya γ , így a krizotil főzónajellege mindig *pozitív*. A kioltás — szűkségképpen — párhuzamos (egyenes), éspedig mindhárom szerkezetvariáció (l. táblázat) esetében. $n_\alpha = 1,532 - 1,549$, $n_\beta = 1,545 - 1,566$. Mikroszkópban szintelen, halványzöld. Nem pleokroós. Sósavban oldódik.

A finomszálás-rostos hajlítható *krizotilazbeszt* technikai célokra kiválóan alkalmas és széles körű felhasználásra talál. Az amfibolazbeszttel szemben hajlékonyabb szálú, könnyebben szőhető s tűzállósága is jobb (viszont nem saválló). Tűzálló szövet, hő- és elektromos szigetelés, tömítés stb. készül belőle.

Képz. Az olivin átalakulási terméke, tehát ultrabázisos—bázisos magmás kőzetekben hidratációs lebontási termék. A keletkezett szerpentinítőzet lényeges elegyrésze. — Az azbeszt a szerpentinítőzet hasadékait tölti ki. A rostok a hasadék falára mindig merőlegesek. Dobšiná (Szlovák Érchg.), Tirol (Ausztria, Olaszorsz.), Piemonti Alpok (Olaszorsz.); Ciprus, Kanada. A *pikrolit* durvább rostos krizotil. A *hegyibőr* finom, kuszált szövetek.

Lizardit, $Mg_3[(Si_2O_5) \cdot (OH)_4]$, monoklin dómás, tércs. $C_3^2 - Cm$. Az „egyréteges” cellára $c_0 = 7,31 \text{ \AA}$, $Z = 2$. Nagyon finom szemcsés szerpentinváltozat, külsőleg tömött, homogén halmaz. Sárga, zöldessárga vagy fehér; vékonycsiszolatban szintelen, halványzöld. $K \sim 2,5$, $S \sim 2,55$. Hasadás (001) sz. $n_\alpha = 1,540 - 1,554$, $n_\gamma = 1,546 - 1,560$. A fehér színű lizardit a „legtisztább” Mg-hidroszilikát. — Bázisos magmás kőzet átalakulási terméke. Elsősorban olivin és más Mg-szilikát hidrolitos elbontása termékeként keletkezik. Első ízben az angliai Lizard-fok (Cornwall) szerpentinijéből írták le, ill. különítették el. A vaskos szerpentinít elegyrésze, gyakran nagyobb, világos foltok—gumók alakjában mutatkozik. A tömeges-vaskos lizardit hasadékait, repedéseit mindig rostos krizotil tölti ki. A „nemes”-szerpentin is javarészt lizardit. — Az *ofikalcit* sárgászöld-kénsárga szerpentinrel, főként lizardittal áthálózott szemcsés mészkő. — NEMECZ E. vizsgálatai szerint a perkupai (Borsod m.) szerpentinít főásványa szintén lizardit. — Egyéb ásványtársulásban a haláphegyi (Veszprém m.) bazalt üregkitöltéséből ERDÉLYI J. határozta meg. A politípus ritkább.

Antigorit, $Mg_3[(Si_2O_5)(OH)_4]$, ún. „leveles” szerpentin. Szerkezetileg két variációja ismeretes: a 6-réteges hexagonális (tércs.: $C_{6v}^3-P6_3cm$) és a monoklin vagy *klinoantigorit* (tércs.: C_s^2-Cm), melynek cellája egyréteges és a $\beta \nless 91^\circ 36'$ (l. 95. tábl.). Utóbbi a gyakoribb. Tömött, palás-lemezes és gyakran finoman-durván fodrozott, hullámos. Eléggő merev, de könnyen vékony, áttetsző lemezekre szedhető szét. Bágyadt fényű, zöld, kékeszöld, világosszürke, néha fehér.



611. ábra.
Az antigorit optikai orientációja

$K = 3,5$. $S = 2,6$. Hasadás (001) sz. tökéletes. Fénytörése $n_\alpha = 1,558$, $n_\beta = 1,560$, $n_\gamma = 1,562$. Opt. negatív, hegyesszög-felező (α) közel merőleges a (001) lapra (611. ábra). $2V_\alpha = 37^\circ-61^\circ$. — Savak, így H_2SO_4 is oldja. — Miként a többi szerpentinásvány, másodlagos eredetű és Mg-szilikátokból keletkezik. A „szerpentinésedés” javarészt autohidratációs folyamat, de létrejöhet hidrotermás hatásra is. Leginkább bázisos, olivintartalmú eruptív kőzetek, gabbro, diabáz, peridotit lebomlási terméke, azonban forró kovasavas oldatok hatására a dolomit is

szerpentiné alakulhat. — Kristályos palákban, mészkövekben nagyobb szerpentinít betelepülések, tömzsök, telérek, erek ismeretesek.

A szerpentinít, különösen a tetszetős színű és mintázatú, sűrű szövetekű tömött fajtája, kedvelt díszítőkö. Jól faragható, fényesíthető. Felülete viaszosgyantás, bágyadt fényű. Asztallapok, dísz tárgyak, vázák stb. készülnek belőle.

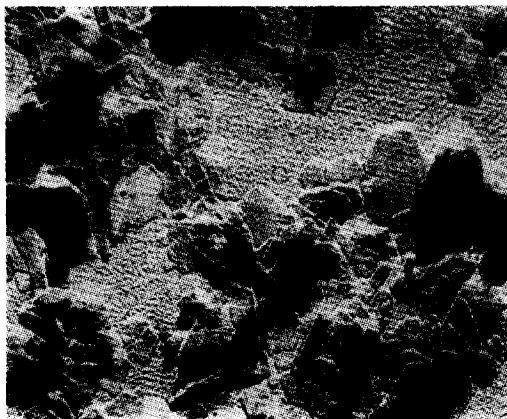
3. ALCSOPORT

AGYAGÁSVÁNYOK

A pelites (finom szemű) másodlagos képződmények: agyagok, agyagos kőzetek fontos elegyrészei az *agyagásványok*. A számos közös vonással jellemzett ásványcsoport csakis a szerkezetvizsgálatok segítségével tanulmányozható, illetőleg ismerhető meg tüzetesebben. Kevés kivétellel rétegrácsok, melyek a filloszilikátok tetraéderes-oktaéderes koordinációjú hálózataiból épülnek egybe. A szemcseméret általában mikron nagyságrendű, az egyes kristálykák lemezes, pikkelyes formák (612. ábra). Vegyileg Al- és Mg-hidroszilikátok, hevítve előbb az adszorbeált, majd a szerkezetileg kötött víz távozik el belőlük, nagyobb hőszinten pedig új kristályos fázissá változnak át. Ez a folyamat ipari téren a kerámiai és hőálló termékek előállításában nyer széleskörű alkalmazást. A leglényegesebb sajátóságok alapján, illetőleg öt csoportra különíthetők el: a) kaolinitfélék, b) hidrocillámok—illitek, c) montmorillonit-félék, d) vermikulitok, e) attapulgit—szepiolit-félék. Az első négy kategóriába rétegszerkezetek

csoportosulnak, míg az 5-ik láncszerkezetű agyagásványokat foglal egybe. Az utóbbiak jelentősége lényegesen kisebb, mint a rétegrácsoké.

A részecskék kristályosak, esetleg amorfok, lemezesek vagy szálasak, és a szemcseméret a kolloiddimenzióktól a fénymikroszkóppal is vizsgálható méretig változik. — Általános sajátságok: a rácsban a Si:Al és Al:Mg aránya és ezek helyettesítése szintén változik. Jellemző a rétegek közötti vízbehelyezkedés és a dehidráció, a kationmegkötő-, illetőleg -cserélőképesség, mely az interlamináris fémion minőségének és a tört- (maradék) valenciáknak a függvénye. E tulajdonságok agyagásványonként, sőt egy fajtán belül leőhelyenként is változhatnak. Az agyagásványokat mint nyersanyagot számos ipari, gyártástechnológiai eljárásban alkalmazzák: mélyfúrási tömítőanyagul és öblítőszipként, a festék- és gyógyszeriparban vivőanyagként; a kerámia- és tűzállóanyag-gyártásban pedig mint elsőrendű ásványi nyersanyagot.



612. ábra. Agyagásvány, pikkelyes halmaz. Hidromuszkovit, Füzérradvány. Elektronmikroszkópos kép; nagyítás: 37 000 × (Arkosi K. felv.)

a) Kaolinitfélék

Az agyagásványok körében a rétegszerkezetek első csoportját azok a filloszilikátok alkotják, melyekben a tetraédes [Si₄O₁₀]-kötélékhez hidrargillit, Al(OH)₃-réteg csatlakozik, így a kiegyenlített összetételben két réteg, egy tetraédes és egy oktaédes hálózat kapcsolódik össze. Ezek az ásványok szerkezetükben kötött víz-, illetőleg OH-tartalmukat 500 C°-tól kezdődő hőmérsékleten veszítik el. Tömeges kialakulásban fontos kerámiai nyersanyagok. — A kaolinitet és rokonságát a 96. táblázatban foglaltuk össze.

A kaolinit és társai: dickit, nakrit és halloysit az agyagásványok szerkezeti legegyszerűbb (és legismertebb) csoportját alkotják. A szerkezet a leírt kettős kötelékű rétegekből épül fel, amit általában „kaolinitréteg”-nek is szokás nevezni, benne Al-iononként 2 OH szerepel, vagyis a képlet leegyszerűsítve így írható fel: Al₂Si₂O₇ · (OH)₄. A gyakorlatban sokszor használt oxidos alakja pedig Al₂O₃ · 2 SiO₂ · 2 H₂O. A kaolinitréteg, miként a formulából adódik, elektromosan kiegyenlített. Az egymásra következő rétegek csatlakozása túlnyomóan hidrogénkötéssel valósul meg. Ehhez az szükséges, hogy az egyik réteg alapsíkjának oxigénje szorosan megközelítse a szomszédos réteg hidroxilját, ami csak a rétegek bizonyos — *a*, *b* vagy mindkét irányú — egymás fölötti elcsúszásával

96. táblázat

Ásvány	Összetétel	Tércs.	a_0	b_0	c_0	Cellaélszög	Réteg- szám a cellában
Kaolinit	$Al_4[Si_4O_{10}(OH)_8]$	$C_1^1-P\bar{1}$	5,15	8,95	7,39 $d_{(001)}$ 7,15	$\alpha < 91^\circ 48'$ $\beta < 104^\circ 30'$ $\gamma < 90^\circ$	1
Dickit	$Al_4[Si_4O_{10}(OH)_8]$	C_s^4-Cc	5,15	8,95	14,42	$\beta < 96^\circ 48'$	2
Nakrit	$Al_4[Si_4O_{10}(OH)_8]$	C_s^4-Cc	5,15	8,96	43,0	$\beta < 90^\circ$	6
„Fireclay”	$Al_4[Si_4O_{10}(OH)_8]$	—	5,2	8,9	7,39	rétegelcsúszás b_0 irányban	—
Halloysit	$Al_4[Si_4O_{10}(OH)_8] \cdot (H_2O)_4$	C_s^3-Cm	5,2	8,9	10,1	elcsúszás egy vagy több irányban is: csöves forma	
Meta- halloysit	$Al_4[Si_4O_{10}(OH)_8]$	C_s^3-Cm	5,2	8,9	7,2	rétegelcsú- zás a_0 és b_0 irányban	

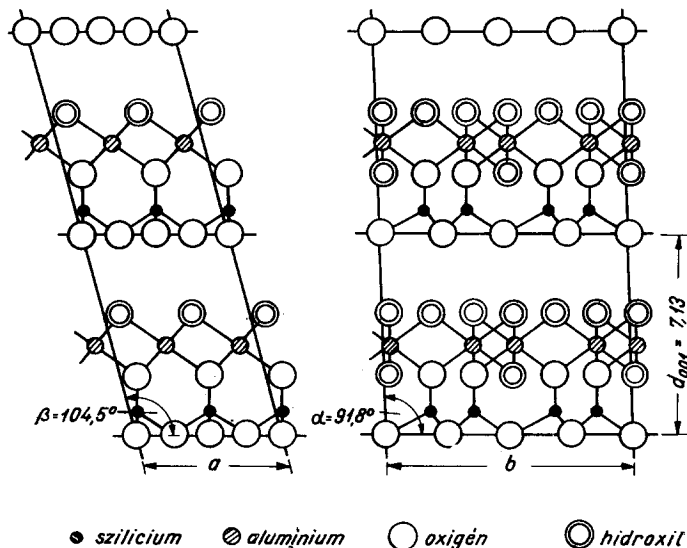
valósulhat meg, más szóval az O- és OH-ionok egymás fölötti helyzetében bizonyos szerkezeti variáció nyilvánulhat meg, ami az egymásra következő rétegek viszonylagos helyzetének megváltozását is jelenti és az elemi cella szögeinek módosulását vonja maga után. Ily módon az $Al_2[Si_2O_5(OH)_4]$ -vegyületnek háromféle szerkezeti variációja van: kaolinit, dickit és nakrit.

Kaolinit, $Al_2[Si_2O_5(OH)_4]$, triklin. Szimmetriáját korábban monoklinnak tartották, csak a részletes szerkezeti vizsgálatok döntötték el, hogy triklin rendszerű és cellája c -irányban egyetlen kaolínréteggel zárul (613. ábra).

Kristályai igen aprók, vékony álhatszöges lemezkék (614. ábra). Rendszerint laza vagy tömött földes, finom pikkelyes tömeg. Hasadása (001) sz. tökéletes, lemeze hajlítható, nem rugalmas. $K = 2$. $S = 2,61-2,68$. Fehér, szürkés-fehér, néha vöröses, barnás, kékes árnyalással. Opt. negatív, $\gamma = b$, opt. tengelysík merőleges a (010)-ra. $2V_\alpha = 24^\circ-50^\circ$. $n_\alpha = 1,553-1,565$, $n_\beta = 1,559-1,569$. $n_\gamma = 1,560-1,570$. $\gamma - \alpha \sim 0,006$. Lángban nem olvad, vízét 500 C°-tól veszíti el; cc. H_2SO_4 -ban oldódik, HCl elbontja. A kerámiagyártásban felhasznált kaolín fehér, földes külsejű kőzet (porcelánföld), túlnyomó része kaolinit-ásvány. E kőzetanyagban kellő nagyítással, fénymikroszkóppal is jól láthatók a szintelen, vékony, pikkelyszerű kristályok.

Dickit, $Al_2[Si_2O_5(OH)_4]$. Monoklin dómás. A kaolincsoport ásványai közül a dickit kristályai nőnek legnagyobbra, úgyhogy erről röntgenometrikus úton

egykristályfelvételt is lehetett készíteni. Szerkezetében a kaolinrétegek (010) sz. szimmetrikusan rendeződnek, s a kaolinittól eltérően a cellája két kaolinréteget foglal egybe, így $Z = 4$. Tulajdonságai hasonlóak a kaolinitéhez. Lemezkéi tel-



613. ábra. Kaolinit-szerkezet. Két elemi cella egymás fölött kétféle nézetben, az α - és β -szög ábrázolásával

jesen átlátszók, opt. +, a tengelysík itt is merőleges (010)-ra, $\gamma = b$, $2V_\gamma = 50^\circ - 60^\circ$, $n_a = 1,560$, $n_\beta = 1,566$. Vízét nagyobb ($\sim 600^\circ$) hőmérsékleten veszti el.

Nakrit (kövelő), $\text{Al}_2[\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4]$. Monoklin dómás. Szerkezeti vizsgálata során c_0 a kaolinit c_0 -értéke hat-szorosának ($6 \cdot 7,17 = 43,0$) adódott, vagyis szerkezetében csak minden 6.-ik kaolinréteg van identikus helyzetben. Többi méretei a kaolinitével egyezők. Jobban kristályos a kaolinitnél. Sugarasan, legyezőszerűen illeszkedő apró kristályos halmaz; pikkelyes, lemezes, áttetsző. Sárgás-fehér, velőszerű. Fénytani sajátosságai a dickithez állnak közelebb: $n_a = 1,537$, $n_\gamma = 1,563$. Opt. jelleg változó.



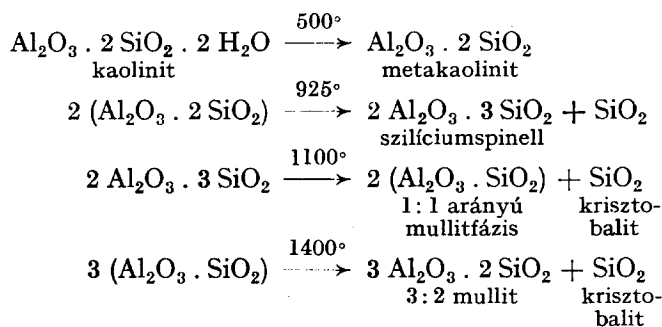
614. ábra. Kaolin (Elektronmikr. felv.)

Fireclay (= „tűzálló agyag”) összetétele és sajátságai megegyeznek a kaolinitével. Lényegileg a *b*-tengely szerint rendezetlen, illetőleg szabálytalan rétegsorakozású változat.

A kaolinásványok egymástól optikai úton nehezen, leginkább csak röntgenvizsgálattal, más agyagásványféléktől pedig differenciális termikus elemzéssel különíthetők el.

Képz. A kaolinit főként földpátok (káliföldpátfélék), földpátpótlók és egyéb alumínium-szilikátok hidrolitos lebontásával másodlagosan keletkezik. A három kaolinásvány együttesen is képződhet. Nem ritka, hogy más, 3-as rétegű agyagásványokkal keverten nagyobb nemesagyagtelepekben halmozódik, elsősorban a kaolinit, de a dickit is. A kaolinit (és fireclay) általában a leggyakoribb. — Felszíni málláskor, közönséges hőmérsékleten vagy kis hőfokú termák hatására keletkezhet. Hidrotermás érctelések kíséretében, metamagmatitokban ugyancsak otthonos. Tőzegek alatt humuszsav és CO₂ közreműködésével szintén képződik. — A dickit és nakrit elterjedése lényegesen kisebb. A dickit főként hidrotermás hatásra, a nakrit nagyobb (pneumatolitos-hidrotermás) hőfokon keletkezik. Tömegesen főként savanyú eruptív kőzetek, riolit, gránit kaolinósodnak. Hazai kaolintelepek a Tokaj-hegység területén: Mád-Koldu, Királyhegy-Koromhegy. Említhetők Karlovy Vary (Karlsbad), Sedlec (Csehszlovákia), Meissen (Szászorsz., Németorsz.) kaolintelepei és finomkerámiai-üzemei.

A kaolin a kerámiai agyagkeverék (massza) leglényegesebb összetevője. Kiégetéskor 400—600 C° között dehidrálódik, „metakaolinná” alakul, majd további hevítésre szilárd fázisú reakció megy végbe a következő séma szerint:



A kiégetett végtermékben egyensúlyi fázisként az Al₂O₃ : SiO₂ = 3 : 2 arányú kristályszővedék képződik, azaz mullitosodás történik és krisztobalit keletkezik.

Anauxit, a kaolinithez nagyon közelálló és hasonló agyagásvány, benne azonban az SiO₂ : Al₂O₃ aránya nagyobb mint 2 : 1. Szerkezetileg ez úgy értelmezhető, hogy vagy a szilícium szabálytalanul (statisztikusan) helyettesíti az Al^[6] egy részét, vagy üres helyek (vakanciák) vannak az oktaéderez (Al-) pozíciókban.

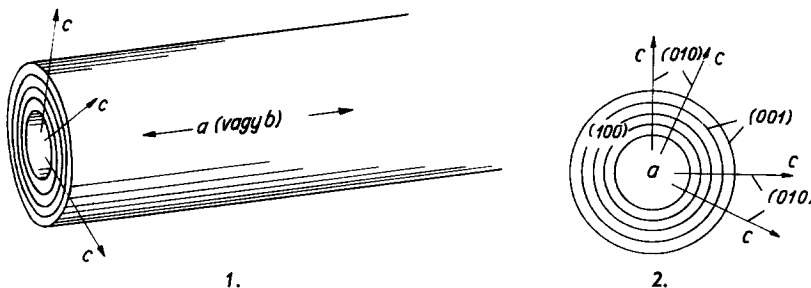
Allofan. Részben amorf Al-hidroszilikátok keveréke. Leginkább más kaolincsoportbeli ásvánnyal vagy halloysittal társul. Vegyileg is változó az összetétele. Fehér v. gyengén színezett, gyakran sugaras-rostos halmaz, máskor gyanta-, viaszkülsejű anyag. Fénytörése 1,48—1,50 között változik, izotrop. HCl oldja.

Üreg- és repedéskitöltő, másodlagos termék. Érctelepek oxidációs övében is gyakori. Pl. Banska Štiavnica (Selmecbánya, Selmeci-hg., Csehszlovákia) teléreiben gumósan-cseppkőszerűen mutatkozik.

Halloysit, $\text{Al}_4[\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8] \cdot (\text{H}_2\text{O})_4$. Monoklin dómás, C_s^3-Cm . Olyan kaolinszerkezet, melyben a rétegek közé molekuláris víz helyezkedik, vagyis a kaolinit hidratált alakjának tekinthető. Azonban a halloysitnak összehengerített, cső alakú kristályai vannak, ezt az elektronmikroszkópos felvételek egyöntetűen tanúsítják (615. ábra). A morfológiai sajátosság magyarázata az, hogy a kettős hálózatu szerkezetben az oktaédes (hidrargillit-) rács b_0 állandója $\sim 8,62 \text{ \AA}$, a tetraédes Si_2O_5 -ös rétegé pedig $b_0 = 8,93 \text{ \AA}$. A két egybeépült réteg az egyenlőtlen méretek folytán az a (vagy b) tengely irányában összegöndörödik (616. ábra) természetesen úgy, hogy ezúttal az oktaédes hálózat kerül a görbület belső, homorú oldalára. A kaolinit—dickit—nakritban—miként leírtuk— a rétegek között hidrogénkötés működik, és ez elég erős ahhoz, hogy a lemez görbülését legyőzze, illetőleg megakadályozza. A halloysit rétegei közé azonban vízmolekulák helyezkednek, a rétegsorakozás is szabálytalan, a kötés tehát lénye-



615. ábra. Halloysit
(Elektronmikroszkópos felvétel)



616. ábra. Halloysit. 1. Henger alakú lemezszerkezet képe.
2. A henger keresztmetszete a kristálytani irányok és síkok bejelölésével

gesen meggyengül, és az eltérő hálózatméret feszültsége begöndörödésben egyenlítődik ki.*

Metahalloysit, $\text{Al}_4[\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8]$, ugyancsak monoklin; az ásvány lényegében nem más, mint dehidrálódott halloysit; elvesztette rétegeközi vizét ($c_0 = 10,1 \rightarrow 7,2 \text{ \AA}$), a hengeres rétegek szorosan összetapadnak, s ez a csövek hosszirányú felhasadozását és kisebb-nagyobb töredékekre aprózódást idéz elő. Külsőleg gumós, agyagos, földes halmazokban ismeretes. Fehér, sárga, barna, halványzöld. $K \sim 1$, $S = 2,1$. Fénymikroszkópban homogén tömegnek látszik. $n_\beta = 1,507-1,550$, a törésmutató a víztartalom csökkenésével növekszik. Kettőtörése olyan gyenge, hogy majdnem izotrop (az egymásra boruló lemezek, valamint azok rendezetlen sorakozása miatt). Molekuláris (rétegeközi) vizét már 50 C° -on elveszíti, további hevítésekor a kaolinásványokhoz egészen hasonlóan viselkedik. Vízrel keverve kenőcsszerű anyaggá változik.

Képz. A halloysit felszíni, felszínközeli körülmények között keletkezik. Némi agyagnak lényeges elegyrésze, pl. Felnémet (Heves m.), másutt járulékként a többi agyagásványokhoz társul; gyakori kísérő az allofán és az alunit. Karszttöbrök agyagos kitöltésében (Cserszegtomaj, Keszthelyi-hg.), hidrotermás érctelepek teléragyagjaként, így Gyöngyösoroszin (Mátra) is, üregeket, ereket tölt ki. — A régies nevezéktan szerinti *bolus*-félék javarészt halloysittartalmú — fémoxidokkal színezett — agyagföldek.

b) Illit-(hidrocsillám-) félék

Az illit-, montmorillonit- és vermikulitfélék szerkezetileg a csillámok rokonsági köréhez tartoznak, hozzájuk legközelebb az illitcsoport ásványai állnak. A legtöbb illit dioktaéderes, muszkovitrácsú, de vannak trioktaéderes, biotit típusú illitfélék is.

A dioktaéderes illit szerkezete a muszkovitétól lényegileg abban különbözik, hogy kevesebb rétegeközi (alkáli-) kationt tartalmaz, így gyengébb a rétegek összetartása, s kisebb a szabályosság is a rétegsorakozásban. Az illit ezenkívül több, részben adszorptív vizet tartalmaz. A rétegpolimorfia (l. 732. old.) változatai közül a rendezetlen (dezorientált) egyréteges monoklin cella, $1 M_d$ a legelterjedtebb, de egyes illitfélékben és hidrocsillámokban az $1 M$ és $3 T$ rétegváriáció is észlelhető volt. Jellemző továbbá, hogy — függetlenül a rétegsorakozás gyakori szabálytalanságaitól — a bazális rácssíktávolság szinte szigorú következetességgel 10 \AA . Ez azért lényeges, mert az illitnek gyakran más agyagásvánnyal, montmorillonit-, vermikulitrácsal *kevert* szerkezete van, ami a röntgenfelvételeken a $d_{(001)} = 10 \text{ \AA}$ helyett a két összetevő bázistávolságai közötti értéként jelentkezik.

* A csöves halloysit hasonlít a krizotilhoz. Mindkettőben a kéthálózatú réteg tagjainak méretkülönbsége idézi elő a hengeres „bepödrödést”, de a görbület a két ásványban *ellentétes*: a halloysitban a tetraéderes, a krizotilban az oktaéderes hálózat kerül a külső (domború) oldalra!

Az illit—hidrocillám-félék külsőleg fehér, v. enyhén színezett, agyagszerű halmazok. A szemcsék általában 1—2 μ -nyi méretűek, $S = 2,6$ — $2,8$. Fénytörésük kisebb, de a kettőtörés kivehetően erősebb a csillámokénál: $n_a = 1,54$, $n_\beta = n_\gamma = 1,57$, $n_\gamma - n_a = 0,03$. Opt. negatívok, $\alpha \sim$ merőleges (001)-re és $2V_a$ kisebb 10° -nál. — Savakban könnyen oldódnak.

Az illit és hidrocillám között lényeges különbség nincsen, legfeljebb differenciális hőelemzéssel lehet bizonyos elkülönítést tenni. A kutatók jó része az agyagásvány-szemcseméretű hidrocillámot minősíti illitnek. De tekinthetjük a hidrocillámot átmenetnek a valódi csillám és az illit között. A csoport legelterjedtebb és leglényegesebb tagja az

Illit, $K_{1-1,5}Al_4[Si_{7-6,5}Al_{1-1,5}O_{20}(OH)_4] \cdot n H_2O$. Összetételével gyakorlatilag azonos a *hidromuszkovit*. A *hidroparagonit* vagy *brammalit* lényegileg Na-illit. A *gümbelit* pedig Mg-tartalmú, részben trioktaéderes illit. A Mg-ban még gazdagabb trioktaéderes illit (*hidrofloogopit*—*hidrobiotit*) összetétele:

$K_{0,66}(Mg_{2,93}Al_{0,06})[Si_{3,30}Al_{0,70}O_{10}(OH)_2]$. — Több kevert szerkezetű, illetőleg részben további alkálivesztéssel előállt átmeneti változat is itt említhető meg. Ilyen az *illidrocillám* és *andreaitit*, melyek a beidellit felé (l. montmorillonit) jeleznek kapcsolatot. A „sárospatakit” (lelőhelye Füzérradvány, Zempléni-hg.) montmorillonit-rétegekkel kevert illit.

Képz. Az illit uralkodó agyagásványa a palás agyagoknak, agyagpaláknak, de más üledékekben, pl. mészkőfélékben is megtalálható. Az üledékekben illitesezés jöhet létre a szedimentáció után is. Egyes szilikátokból, főként földpátokból, vagy más agyagásványfélékből, így montmorillonitból K-felvétellel illit keletkezik. A Na-illit — brammalit — csakis kőszéntelepes agyagokban otthonos. Hidrotermás eredettel magmás kőzetekben, piroklasztikumban, érc-teléreik kíséretében, hévforrások körüli kőzetátalakulásokban megtalálható.

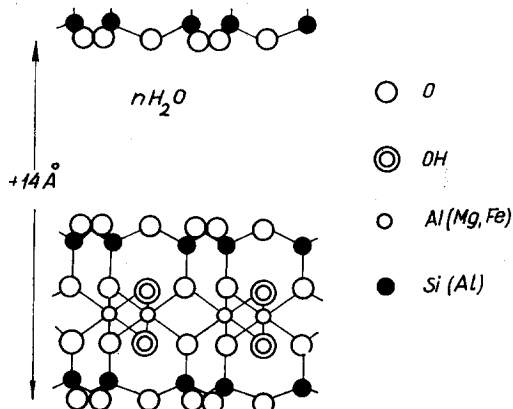
*

Stilpnomelán, $(K, Na, Ca)_{<1,5}(Fe^{3+}, Fe^{2+}, Mg, Al, Mn)_{6-8}[Si_8O_{20}(O, OH, H_2O)_{4-8,5}]$. Monoklin, $a_0 = 5,40$, $b_0 = 9,42$, $d_{(001)} = 12,14$ Å. $\beta \simeq 93^\circ$. Sajátos rétegszilikát, melynek kielégítő tisztázása még nem történt meg, így rendszertani helye is bizonytalan. A képződéskörülmények és külső sajátságok inkább a klorit-félékhez utalnak, de szerkezete semmi rokonságot sem mutat a kloritrácsokkal. Ezért H. STRUNZ szerint leginkább — a Mn-ban gazdagabb *parsettensit*-változattal együtt — átmenetnek tekinthető, éspedig a hidrocillámok és vermikulitok közé illeszkedik be.

Többé-kevésbé kristályos, inkább metamorf kőzetek elegyrésze. Lemezei nem rugalmasak, de nem is engedékenyek, mint a klorité. Hasadás (001) sz. tökéletes. $K = 3$ — 4 , $S = 2,6$ — $2,9$. Barna, vörösbarna, fekete. $n_a = 1,59$ — $1,63$, $n_\beta = n_\gamma = 1,57$ — $1,74$. Közel egytengelyű, negatív. Erősen pleokroós. — Metamorf kőzetekben, kloritos palákban, glaukofánpalákban, továbbá metamorf oxidos vasérctelepek kísérő ásványaként a polimetallikus szkarnkőzetekben otthonos.

c) Montmorillonit-félék

Az agyagásványok 3-as rétegösszetű, és pedig pirofillit alapszerkezetű (l. 729. old.) csoportja. A pirofillitben a tetraédes hálózat Si-kationja és az oktaédes Al-ion helyettesítés nélkül tölti be a koordinált pozíciókat: így a szerkezet elektromosan teljesen semleges, s a rétegek között sincsen kation-behelyezkedésre szükség. E rácsból levezethető montmorillonit-félék szerkezete akként



617. ábra. Montmorillonit-szerkezet (pirofillit-felfogásban)

áll elő, hogy itt különféle helyettesítések következnek be, melyek kiterjednek az oktaédes és tetraédes kationokra, valamint az anionhálózatra is. Lényeges továbbá az is, hogy a kationhelyettesítés nemcsak a pirofillit kationhelyeire szorítkozik, hanem a talktípusnak megfelelő oktaéderhelyeket is többé-kevésbé igénybe veszi. Ezért a kationhelyek száma az oktaédes koordinációban ingadozó. A tetraédes koordinációban a Si-ot Al helyettesíti, az oktaédes helyen az Al-ot Mg és Fe^{3+} (esetleg Li, egyes változatokban más ion, pl. Zn). Mindez termé-

szetesen a 3-as rétegszerkezet egyensúlyát felborítja, benne negatív töltésfelesleg támad, aminek kiegyenlítése a rétegkomplexumok közötti térbe illeszkedő kationok által történik. E kationok — rendszerint Na és Ca — lazán kötött helyzetük folytán mint „kicserélhető ionok” szerepelnek. Ugyancsak a rétegek közötti térbe jelentős mennyiségű vízmolekula is behelyezkedhet (617. ábra). A vízmolekula-rétegek száma nagymértékben függ az interlamináris kationok természetétől. A Ca-montmorillonitba rendszerint 2 réteg molekuláris víz helyezkedik cellánként, így a rétegtávolság $d_{(001)} \sim 15,5 \text{ \AA}$ -re nő, a Na-változatok egy ($d_{(001)} \sim 12,5 \text{ \AA}$), kettő ($15,5 \text{ \AA}$), három (19 \AA) vagy több vízréteget tartalmazhatnak rácscellánként. Mindezek folyamán az egymásra következő 3-as rétegkomplexumok rendezettsége javarészt abban nyilvánul meg, hogy egymással párhuzamosak, különben az egymás fölötti helyzetük statisztikusan rendezetlen. A rács b_0 periódusa a legállandóbb, ezért a montmorillonit-félék legegyszerűbben ebből határozhatók meg. A 97. táblázatból összehasonlíthatjuk a montmorillonitok rácsállandóját a pirofillit és talk b_0 értékeivel.

A leírt sajátosságok magyarázzák a montmorillonit-ásványok különleges tulajdonságait: a reverzibilis duzzadóképeséget, a tixotropiát, a különböző szervetlen és szerves anyagok adszorptív megkötésére való hajlamot, továbbá a már érintett ioncserélő képeséget.

97. táblázat

Ásvány	b_0 (Å)	Ásvány	b_0 (Å)
<i>Pirofillit</i>	8,88	<i>Talk</i>	9,13
Montmorillonit	8,94—9,00	Saponit	~9,2
Beidellit	~9,00	Hektorit	9,16
Nontronit	9,10—9,12		

A rétegeközi kationok kicserélésekor tapasztalható, hogy a cserekapacitás néha nagyobb, mint amennyi a rétegösszlet pozitív töltéshiányából adódik. A montmorillonit-ásványok „kationállományát” a 98. táblázat mutatja be.

98. táblázat

	Dioktaéderez (pirofillit-) szerkezet		
	Koordináció		kicserélhető (interlamináris) kation
	tetraéderez kation	oktaéderez kation	
Pirofillit	Si ₈	Al ₄	—
Montmorillonit	Si ₈	Al _{3,34} Mg _{0,66}	($\frac{1}{2}$ Ca,Na) _{0,66}
Beidellit	Si _{7,34} Al _{0,66}	Al ₄	($\frac{1}{2}$ Ca,Na) _{0,66}
Nontronit	Si _{7,34} Al _{0,66}	Fe ₄ ³⁺	($\frac{1}{2}$ Ca,Na) _{0,66}
Trioktaéderez (talk-) szerkezet			
Talk	Si ₈	Mg ₆	—
Saponit	Si _{7,34} Al _{0,66}	Mg ₆	($\frac{1}{2}$ Ca,Na) _{0,66}
Hektorit	Si ₈	Mg _{5,34} Li _{0,66}	($\frac{1}{2}$ Ca,Na) _{0,66}
Sauconit	Si _{7,34} Al _{0,66}	Zn ₄₋₅ (Mg,Al,Fe ³⁺) ₂₋₁	($\frac{1}{2}$ Ca,Na) _{0,66}

A fölös kationmegkötés származhat felszíni (ki nem egyenlített) valenciákból, más értelmezés szerint abból, hogy az [Si₄O₁₀]-hálózatban váltottan orientált tetraéderek sorakoznak. Így a tetraéderek egy része kifelé irányul, csúcsán (OH)⁻-ionnal, melynek hidrogénje elvileg kicserélhető más kationnal. E lehetőségeken kívül a többlet-kationmegkötés magyarázatára még néhány más gondolat is felmerült. A kérdés eldöntése a további kutatás feladata.

A rétegeközi térbe a vízmolekulákon és kicserélhető kationon kívül — miként mondtuk — organikus kationok és különböző organikus folyadékok is behelyezkedhetnek. Egyszerű anionvegyületek vagy komplex proteinek behelyettesítéskor az agyagásvány rétegeközi tere 12 Å-ről 48 Å-re növekedhet. Poláris szerves folyadékként a glikol használatos, melyet e rétegek jól és azonos mértékben adszorbeálnak, s így egyenletes rétegsorakozás és jellemző alapsíktávolságok előidézője. A glicerol a másik kísérleti szerves folyadék: behelyettesítéskor a rétegtávolság 17,7 Å-re és ennek egészszámú többszöröseire nő.

Más duzzadó agyagásványok glicerolkezeléskor egészen másként viselkednek (pl. a halloysitban a rétegek 11 Å-re, a vermikulitfélékben 14 Å-re távolodnak el.)

Hevítéskor a montmorillonitok 100—200 C° közt veszítik el rétegeközi vizüket. További hőkezeléskor 500 C°-on a $d_{(001)}$ távolság 10—9,6 Å-re csökken, e hőfok felett a (OH)-tartalom lép ki a rácsból, a folyamat 750—800 C°-ig tart. A rács termikus felbomlása és új fázissá alakulása 800—900 C° közt megy végbe, spinell, kvarc, krisztobalit keletkezik, majd 1200 C°-nál mullit és cordierit (utóbbi képződése a Mg-tartalom függvénye). — Az ásványcsoportba a 98. táblázatban felsorolt ásványok tartoznak.

Montmorillonit, $(\frac{1}{2}\text{Ca},\text{Na})_{0,7}(\text{Al}_{3,3}\text{Mg}_{0,7})[\text{Si}_8\text{O}_{20}(\text{OH})_4] \cdot n \text{H}_2\text{O}$. Monoklin. Külsőleg fehér vagy enyhén színezett, zsíros tapintatú, túlnyomóan nagy finomságú szemcsék tömött halmazata. Fénymikroszkópban főként kisebb-nagyobb rögöcskék, szferolitos képződmények láthatók. Egyes nagyobb kristály csak ritkán jelenik meg; lemezes, finom-pikkelyes, néha rostos. Kristályalakrajzot főleg csak elektronmikroszkópos felvételeken látunk: bizonytalan lehatárolású, néha hatszöges körvonalú lemezeket. $S \sim 2-3$. Optikailag negatív, $n_\alpha = 1,48-1,57$, $n_\gamma = 1,50-1,60$. A fény- és kettőtörés — miként VENDEL M. vizsgálatai (1960) kimutatták — már a levegő nedvességtartalmával is változik, és a Fe^{3+} -ion behelyettesítésének mértéke szerint is. Sósavban oldódik.

Egynemű tömegben csak kevés lelőhelyről ismeretes. Leginkább más agyagásványokkal, kvarccal és egyéb ásványtörmelékkel keverten találják. Az agyagkőzetet, melyben uralkodó szerepe van, *bentonit*nek mondjuk.

Beidellit, $(\frac{1}{2}\text{Ca},\text{Na})_{0,7}\text{Al}_4[(\text{Si}_{7,3}\text{Al}_{0,7})\text{O}_{20}(\text{OH})_4] \cdot n \text{H}_2\text{O}$. Külsejében és optikai—fizikai sajátágaiban egyaránt a montmorillonitához hasonló. Megkülönböztetni differenciális hőelemzéssel és röntgenvizsgálattal lehet.

Nontronit, $(\frac{1}{2}\text{Ca},\text{Na})_{0,7}\text{Fe}_4^{3+}[(\text{Si}_{7,3}\text{Al}_{0,7})\text{O}_{20}(\text{OH})_4] \cdot n \text{H}_2\text{O}$. A formulában jelzett ferrikation mellett Mg-ot és Al-ot is tartalmazhat. — Tömött-földes; zöld vagy barnás—zöldessárga. — Mikroszkópban mikron nagyságrendű finom lemezkék, pikkelyek, néha rostos gömbök, csomók. $S = 2,3-2,4$. Fénytörése: $n_\alpha = 1,56-1,62$, $n_\gamma = 1,58-1,66$, pleokroós. HCl-ban oldódik. — Opál-, kalcidonátitással nagyobb SiO_2 -tartalmú változat, *ungvárit* vagy más néven *klórofál* keletkezik.

Képz. A montmorillonit és beidellit a bentonitagyagok legfőbb összetevője. Hidrotermás eredetű savanyú, főként üveges vulkanitok, ezek földpátjainak átalakulásával keletkezik. A hazai lelőhelyek egy része tengerbe hullott tufas piroklasztikumok lebontási terméke. Mint agyagásvány-összetevő márgákban, agyagos mészkövekben, agyagokban, löszben és számos talajfélében egyaránt jelen van. Nevesebb hazai bentonittelepek: Istenmezeje (Heves m.), Tokajhegy-alja területén számos feltárás (Mád, Komlóska körny.), Budapesthez legközelebb: Nagytétény, Diósárok. — A nontronit viszonylag kevésbé gyakori agyagásvány. Hidrolitos lebontással színes szilikátokból és földpátokból képződik. Agyagkőzetekben is megtalálható, nem ritkán montmorillonitból változott át.

Saponit, $(\frac{1}{2}\text{Ca}, \text{Na})_{0,7}\text{Mg}_6[(\text{Si}_{7,3}\text{Al}_{0,7})\text{O}_{20}(\text{OH})_4] \cdot n \text{H}_2\text{O}$. Trioktaéderes (talk-) rácsú magnézium-montmorillonit. Külsőjében nagyon hasonló a csoport többi tagjához. Fehér vagy halványan színezett. Nagyobb tömegben kevésbé ismeretes. Fénytörése és kettőtörése közel azonos a montmorillonitéval: $n_a = 1,48-1,53$, $n_r = 1,50-1,59$, dehidrált állapotban pedig törésmutatói a talkéval egyeznek meg. $S \sim$ (szárazon) 2,3. — A *hectorit* = lítium-saponit, az oktaéderes pozícióban a Mg mellett Li helyettesít: $(\frac{1}{2}\text{Ca}, \text{Na})_{0,7}\text{Mg}_{5,3}\text{Li}_{0,7}[(\text{Si}_8\text{O}_{20})\text{OH}_4] \cdot n \text{H}_2\text{O}$. A hectoritot nagyobb mennyiségben tárták fel kaliforniai (USA) bentonitlelőhelyen (Hector), ahol a clinoptilolit zeolitból változott át, utóbbi pedig gazdagon üveges vulkáni tufából képződött.

A *sauconit* $(\frac{1}{2}\text{Ca}, \text{Na})_{0,7}\text{Zn}_{4-5}(\text{Mg}, \text{Al}, \text{Fe}^{3+})_{2-1}[(\text{Si}_{6,7}\text{Al}_{1,3})\text{O}_{20}(\text{OH})_4] \cdot n \text{H}_2\text{O}$. Cinktartalmú trioktaéderes montmorillonit-változat. Az oxidációs öv terméke. — *Pimelit*, nikkel-saponit; az oktaéderes koordinációban a Mg mellett jelentős Ni-tartalommal; olivinkőzetek helyi mállásterméke. — A további változatok közül említeni kell még a Cr-tartalmú *volkonszkoit*ot, melynek középső kation-síkjában a Cr^{3+} -ion helyettesít, rácsa javarészt dioktaéderes. — A *medmontit* Cu-tartalmú montmorillonit-változat.

A sajátos felépítésű változatok közül említjük az *allevardit*ot, melynek cellájában 2 muszkovitszerű réteget K—Ca-kationok szorosabban kapcsolnak össze, a szomszéd hasonló rétegpárral viszont csak laza kötés fűzi egybe, s ide interlamináris víz léphet be. A ritka agyagásvány NEMECZ E. vizsgálatai szerint hazai lelőhelyen is megtalálható.

Alk. A montmorillonit-csoport ásványai a talajban betöltött nagyon lényeges (szerves és szervetlen növényi tápanyagmegkötő és -tároló) szerepen túl az iparban széles körű alkalmazásra találnak: zsírok—olajok derítéséhez, tisztításához, a kerámiák nyersanyag-összeállításában, mélyfűrészi öblítőiszaphoz, papír-, gumi-tömítőanyagként, a festékgyártásban, öntődei homokokhoz stb.

d) Vermikulitok

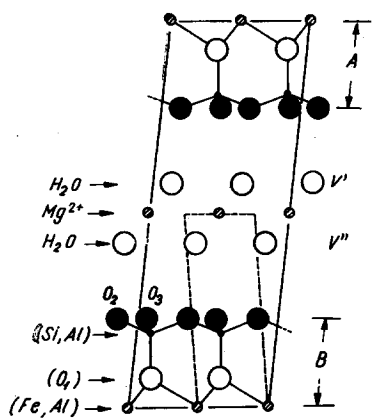
Kezdetben csak az a sajátosságuk volt elkülönítő bélyeg, hogy gyors hevítés-kor jelentősen megduzzadnak, és eközben féregszerűen csavarodott (vermes, latinul = férgék) formák állnak elő.

A részletes vizsgálatok kiderítették e sajátos viselkedés okát. A nevezéktan s a többi (rokon) hidro-filloszilikáttól való elkülönítés terén azonban nem egyezés az állásfoglalás. Ez abból is ered, hogy több köztük az átmeneti jellegű szerkezet, főleg a kevert rétegzésű struktúra sokkal gyakoribb, mint a tiszta típusú felépítés. Egyes rendszerezések a vermikulitokat egyszerűen a montmorillonit-félék trioktaéderes változatának tartják (így pl. az előbbi szakaszban említett hectoritot, saponitot is). Felépítésükben azonban annyira jellegzetesek, hogy feltétlenül külön kategóriát kívánnak meg.

Szerkezetük a talk-alapszerkezetből vezethető le. Minthogy e szerkezetnek mind a tetraéderes, mind az oktaéderes kationhelyein többféle helyettesítés

lehetséges, a rács töltéshiányát réteg közötti kation — jelentős mennyiségű vízmolekula kíséretében — egyenlíti ki.

A rétegek közötti vízmolekuláknak és kationnak meghatározott helye van, ami a határoló talkrács oxigénjeihez igazodik (618. ábra). A vízmolekulák torzult hexagonális hálózat szerint rendezettek, és hidrogénkötéssel kapcsolódnak a



618. ábra.

Mg-vermikulit szerkezete.

A és B a trioktaédes szilikátrács fele, V' és V'' vízmolekula-rétegek

szilikátrács felületi oxigénjeihez. Gyenge hidrogénkötés kapcsolja egymáshoz is a vízmolekulákat, és a két vízhálózat között foglal helyet a kicserélhető kation, amit így koordinált vízburok vesz körül. Számos kationhely azonban üresen maradhat, azaz nem minden vízmolekula tartozik kationhoz. Elsősorban ezek a „kötetlen” vízmolekulák távoznak el már 110 C°-nál olyan hirtelenséggel, hogy az említett felfúvódást és felleveledést okozzák. A hevítés során a szerkezet fokozatosan zsugorodik (619. ábra), végül a 9 Å-ös c-periódusú talkdimenzió áll elő. A helyettesítésnek több változata ismeretes, ezeket egyöntetűen az alkáliák elmaradása jellemzi, a rétegek közötti „hidratált” kation túlnyomóan Mg vagy Ca, a középső (oktaédes) kationsíkokban a Mg mellett vagy helyett Fe, Al is lehet, s a Si-ot is részben Al helyettesíti.

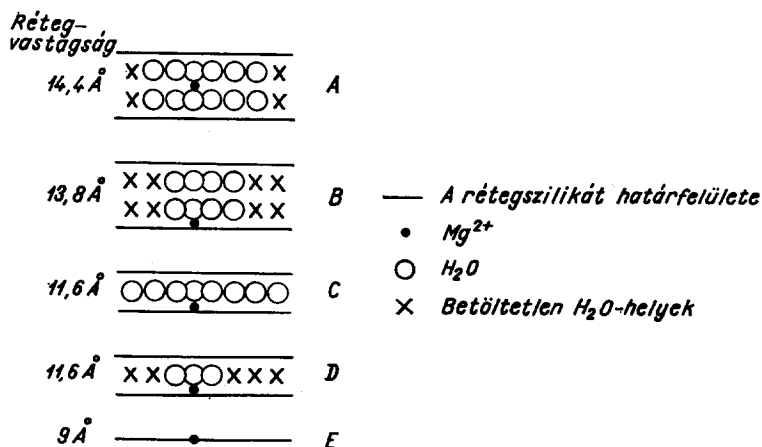
Vermikulit, $(\text{Mg,Ca})_{0,7}(\text{Mg,Fe}^{3+}\text{Al})_6[(\text{Al,Si})_8\text{O}_{20}(\text{OH})_4] \cdot (\text{H}_2\text{O})_{7-9}$. Monoklin dómás, C_2^2-Cc . $a_0 = 5,33$, $b_0 = 9,18$, $c_0 = 28,9$ Å, $\beta \approx 97^\circ$. Apró pikkelyes, lemezes. Színe—fénye hasonlít a biotitéhoz. $K \sim 1,5$, $S \sim 2,3$. Hasadás (001) sz. tökéletes. Sárga, zöld, barna; gyengén pleokroós. — Opt. negatív, opt. tengelysík (010), az α hegyesszög-felező közel merőleges (001)-re, $2V \sim 0^\circ-8^\circ$. Fénytörése gyengébb a biotiténál vagy hidrobiotiténál, és erősebb a kloritokénál. $n_\alpha = 1,525$, $n_\beta = 1,545$, $n_\gamma = 1,545$, a fénytörés a vastartalommal növekszik. Savak megtámadják, de szintelen lemezes SiO₂ marad vissza.

Képz. Hidrotermásan vagy felszíni mállással részint biotitból vagy más csillámféléből keletkezhet. Ezenkívül széles körben elterjedt agyagásvány egyes talajokban is. Leggyakoribb képződései közé tartozik a savanyú intruzív kőzet és bázisos—ultrabázisos magmatit kontakt öve. Ilyenkor gazdagon keletkezik, és sajátos paragenézis (korund, apatit, szerpentin, klorit, talk) tagja. Megtalálható tengeri üledékekben vulkáni piroklasztit átalakulási termékeként. Általában 200 C° hőmérséklet alatt képződik.

Alk. Felhasználása kisebb körű, mint a montmorillonit-féléké. Felduzzasztva kiscsűrűségű anyaggá alakul, s hő- és hangszigetelés stb. céljára kiválóan megfelel, de töltőanyagként a papírgyártásban, egyes műanyagokhoz és festékekhez is alkalmazzák.

Ismertebb változatok:

Batavit, nagyobb alumíniumtartalmú, de Fe-mentes Mg-vermikulit. Színtelen, fehér, gyengén színezett, finomszemcsés halmaz. Ereket, üregeket tölt ki. Hidrotermás eredetű lebontási termék.



619. ábra. Vázlatos kép a vermikulitok dehidrációs fokozatairól.

A — normál Mg-vermikulit: a rétegek közti 16 vízmolekula-helyből 12 van betöltve. Középpütt Mg-ion 6-os környezettel. B — „áthelyezkedés” a rétegek közti térben, a kettős rétegsíkból 16 helyből 8 helyet tölt be H₂O. C — a kettős réteg helyét egy vízmolekula-sík foglalta el. D — előbbi síkból 5 vízmolekula eltávozott, csak 3 maradt kontaktusban a kationnal. E — teljes vízeltávozás után csak a kicserélhető kation maradt vissza

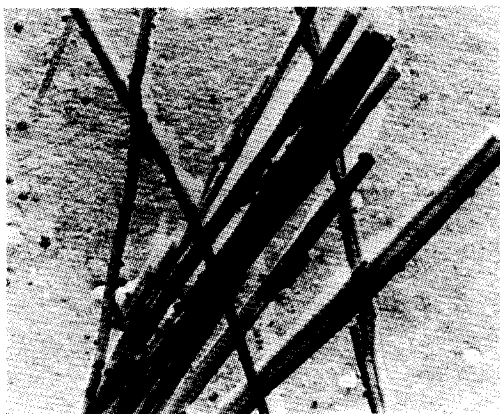
Jefferisit, vas-vermikulit. Fe₂O₃-tartalma eléri a 7—8%-ot. Külsejében egészen a sötét biotitfélékhez hasonlít, de kissé fémes fényű és rideg, könnyen apró pikkelyekre morzsolható szét. Leginkább kontakt telepek ásványaihoz társul.

Ni-vermikulit, átlag 10—11% NiO-ot tartalmaz; (*pimelittel* = Ni-saponittal együtt) másodlagos átalakulási termék olivinkőzeteken.

e) Paligorszkit-félék

Az agyagásványok kis csoportja. Bár hasonló feltételek között, felszínközelen képződött másodlagos ásványok, szerkezetük eltér a többi agyagásványétól: a szerkezet rétegjellegű, de az építőelemek láncszerűen csatlakoznak benne, és pedig az (100) irányba rendezetten. Egyik típus a paligorszkit (attapulgit), melyben *kettőzött* piroxénláncok ($b_0 = 2 \times 9,0 \text{ \AA}$), a másik típusban, a szepiolitban *hármass* piroxénláncok ($b_0 = 3 \times 9,0 \text{ \AA}$) fűződnek szorosabban össze. A láncokat oktaéderes környezetű kation kapcsolja össze. A láncok közötti víz egy része (a formulában zárójelen kívül) „zeolitosan” van kötve, és kicserélhető. még nagyobb, hosszú láncos (elnyújtott) organikus molekulákkal is.

Paligorszkit, attapulgit. $Mg_2[(H_2O)_4(OH) \cdot Si_4O_{20}] \cdot 4 H_2O$. Monoklin prizmás; $C_{2h}^s - C2/m$. Rácsállandók: $a_0 = 5,2$, $b_0 = 18,0$, $c_0 = 13,4$ Å. $\beta \approx 90^\circ - 93^\circ$. $Z = 2$. Szálas-köteges vagy bolyhos, kuszált halmaz. Fehér, szürkésfehér, enyhén (zöldessárgásra) színezett. $S = 2,27 - 2,36$. Fénytörése az agyagásványo-



620. ábra. Paligorszkit (Parászasvár)
(Elektronmikr. kép, *Árkosi K.* felv.)

kéhoz áll közel. $n_\beta = 1,52$, kettőtörés: 0,03. Opt. tengelyszög egészen kicsi. — HCl részben elbontja. — Másodlagos termék. Hidrotermás keletkezésű ércelésekben: Parászasvárról (K-Mátra) Kiss J. írta le (620. ábra); magnézittelepek üregeiben vagy hasadécai falán több cm vastag bevonat: Ratkovská Suchá (Ratkószuha, Szlovák Érchg.) Dubrava (Csehszlovákia). Metamorf, Mg-ban gazdag kristályos palák hasadékaiban; „hegyibőr”: Oberdorf (Stájerorsz., Ausztria), Auerbach (Baden-Württemberg, Németorsz.), „hegyiparafa”: Valaiskanton (Svájc), mindkettő finom,

szálas, nemezszerűen tömött halmaz. Bennük diadoch módon a Mg + Si-ot részben Al + Al helyettesíti.

Pilolit = *ferri-paligorszkit*, a Mg-ot vas(III)-kation helyettesíti. Sötétbarna, barnászörös. Kevésbé finom szálas és törékeny.

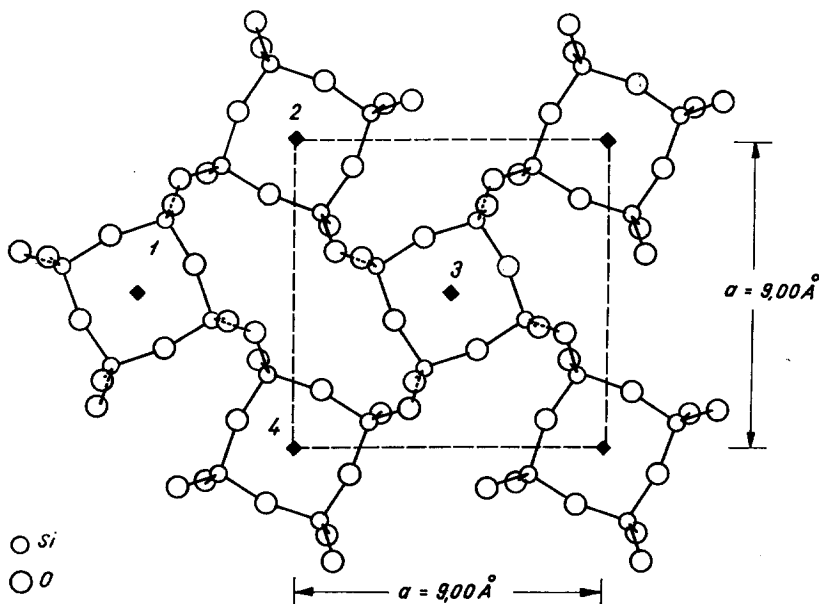
Szepiolit, tajtékkő. $Mg_4[(H_2O)_3(OH)_2Si_6O_{15}] \cdot 3 H_2O$. Rombos, $D_{2h}^s - Pmcn$. Rácsállandók: $a_0 = 5,28$, $b_0 = 26,8$, $c_0 = 13,4$ Å. $Z = 2$. Szerkezetében, mint említettük, 3 szilikáttetraéder-lánc kapcsolódik egybe. Tömör, szivacszerű, részint finom rostos, részint vékony réteges, gömbhéjas. Fehér vagy enyhén zöldesre színezett; viselkedése agyagásvány jellegű. Finoman porózus változata vízen úszik (Meerschaum = tajték). $K = 2 - 2,5$, $n \sim 1,52$. Lángban izzítva megfeketedik, majd zsugorodik és fehérre ég. Könnyen megmunkálható, dísz tárgyak, főként dohányzócikkek (tajtékpipa, szipka) készülnek belőle. — Mg-kőzetek átalakulási terméke, rendszeren opál és magnézitgél kíséri. Görögország, Kisázsia, Krím-félsziget (SZU).

II. FŐCSOPORT

EGYÉB RÉTEGSZILIKÁTOK

A hármas és kettős rétegösszetű ún. csillámszerű filloszilikátokon kívül még néhány rétegszerkezetet kell különálló csoportba sorolva ismertetnünk: ezek az apofillit, prehnit és az eudidimit-félék, melyeknek helye sokáig nagyon bizonytalan volt.

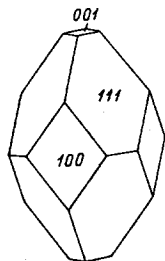
Apofillit, $\text{KCa}_4[(\text{F}, \text{OH})\text{Si}_8\text{O}_{20}] \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$, tetragonális holoéderes. $D_{4h}^6 - P4/mnc$. Rácsállandók $a_0 = 9,02$, $b_0 = 15,8 \text{ \AA}$. $Z = 2$. Szerkezetében az SiO_4 -tetraéderek egy síkban rétegszerű kötetléket alkotnak, melyben minden tetraédernek 3 oxigénje közös a szomszédjával, és csak egy O kapcsolódik kationhoz. Ily módon itt is a $\infty(\text{Si}_4\text{O}_{10})$ szerkezeti hálózat alakul ki, mint a csillámban, de ennek a szimmetriája négyzetes (621. ábra). A rácsba épült



621. ábra. Apofillit. A tetraédes hálózat (001) sz. vetülete (Taylor és Náray-Szabó után). A négyes gyűrűk közül az 1–3-as jelzésűekben a tetraédercsúcsok felfelé, a 2–4-es gyűrűkben lefelé irányulnak

(OH, F)-iont inaktív „pót”-kation, a K egyenlíti ki. A molekuláris víz behelyezkedése a zeolitokéhoz hasonló: felerészben „kötött” víz, mely hevítéskor csak 300° fölé távozik el, míg a „kötetlen” részt 250°-ig történő melegítés után újra felveszi.

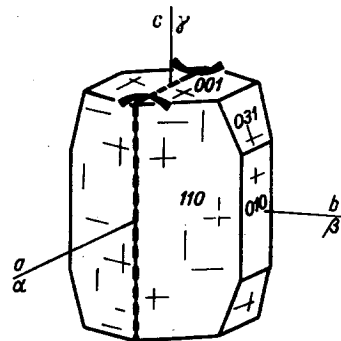
Krist. Fennőtt kristályai karcsú prizmák vagy nyújtott „kubooktaéderek” (622. ábra). Néha vastos, sugaras-rostos. A rétegszerkezet folytán (001) sz. kitűnően hasad. $K = 4,5-5$. $S = 2,35$. Gyöngyházfényű, színtelen, szürkés vagy enyhén színezett. Rendszerint optikailag anomális, igen erős diszperziója és gyenge kettőtörése van: egyes színekre pozitív, másokra negatív jellegű, ω és $\varepsilon = 1,536$. Lángban felleveledzik, K-lángszínt ad és fehér zománccá olvad.



622. ábra.
Apofillit

Képz. Bazalt és más bázisos kőzet hólyagüregeiben zeolit módjára keletkezik. Sümeg (Veszprém m.) környéki bazaltokban. Izlandon hasonlóan. Érctelérekben és kontaktmészkövekben is találják.

Prehnit, $\text{Ca}_2\text{Al}[\text{AlSi}_3\text{O}_{10} \cdot (\text{OH})_2]$. Rombos piramisos, $C_{2v}^4 - P2cm$. Rácsáll. $a_0 = 4,61$, $b_0 = 5,47$, $c_0 = 18,48 \text{ \AA}$, $Z = 2$. A szerkezet részletei még nincsenek kellően tisztázva, a fizikai sajátságok rétegszerkezetről tanúskodnak. **Krist.** Zömök oszlopos (623. ábra) vagy lemez alakú kristályok, gyakran görbültek, legyezőre vagy kakastaréjra emlékeztetően csoportosulnak. Hasadás (001) sz. kitűnő, (110) sz. kevésbé. $K = 6-6,5$. $S = 2,90-2,95$. Üvegfénye kissé viaszzerű, $n_a = 1,61-1,63$, $n_\beta = 1,62-1,64$, $n_\gamma = 1,63-1,66$, opt. pozitív, $2V_\gamma = 65^\circ-69^\circ$. Rendesen halványzöld, sárga vagy színtelen. Piroelektromos.



623. ábra. Prehnit

Képz. Bázisos magmás kőzetek (bazalt, melafír, diabáz) üregeiben, zeolitok társaságában a leggyakoribb, de kristályos palák hasadékainak falán is megtalálható.

EUDIDIMIT-CSOPORT

Sajátos rétegszerkezetű, ritka ásványok. Valamennyien Be-ot tartalmaznak; pegmatit-ásványok. **Eudidimit**, $\text{Na}[\text{BeSi}_3\text{O}_7 \cdot \text{OH}]$, monoklin prizmás, $C_{2h}^8 - C2/c$. **Epididimit**, $\text{Na}[\text{BeSi}_3\text{O}_7 \cdot \text{OH}]$, rombos dipiramisos, $D_{2h}^{16} - Pnam$. A két ásvány vegyileg ugyanaz, csak belső ikresedés folytán különbözik: a rombos epididimit az eudidimit-szerkezetből (001) sz. ikeralkotással áll elő.

Euklász, $\text{Al}(\text{BeSiO}_4 \cdot \text{OH})$ monoklin prizmás, $C_{2h}^8 - P2_1/c$. Rácsállandók $a_0 = 4,63$, $b_0 = 14,27$, $c_0 = 4,76$. $\beta < 100^\circ 16'$, $Z = 4$. Csakis önálló kristályokban ismeretes. Hasadása (010) sz. tökéletes. $K = 7,5$, $S = 3,1$. Üvegfényű, hasadási lapon gyöngyházfényű, zöld-kékeszöld, átlátszó. $n_a = 1,65$, $n_\gamma = 1,67$, pleokroós. Savak nem támadják meg. Nemes fajtája értékes drágakő. — Az Alpok csillámpaláiban, gránitpegmatitokban, másodlagosan az Uralban (Szanarka-folyó) aranyos torlatokban találják. — Ritkaság.

E) ALOSZTÁLV

TEKTO- (TÉRHÁLÓS VAGY ÁLLVÁNY-) SZILIKÁTOK

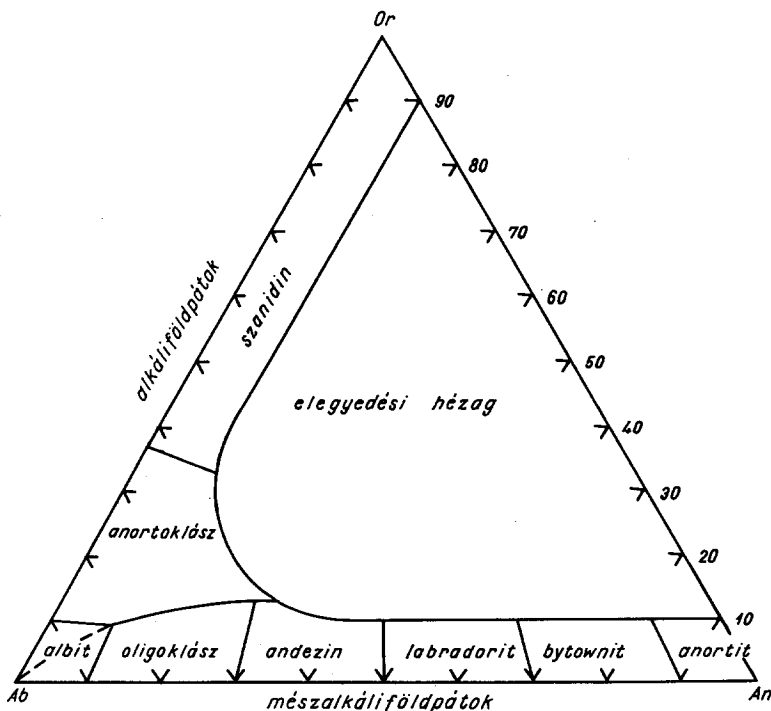
A tektoszilikátok szerkezetének alapvető sajátága, hogy az SiO_4 -tetraéderek mind a négy oxigéne keresztül egymással kapcsolódnak, s ezzel a tér minden irányában egyenletesen kiterjedő szilikátkötélék jön létre. Amikor e tetraéderközpontokat egyedül Si tölti be, a rács vegyértékei teljesen kiegyenlítődnek, és a $\infty(\text{SiO}_2)$ -hálózat: kvarc- (vagy tridimit- és krisztobalit-) állványzat jön létre. Ha azonban a tetraéderek egy részének középpontját Al foglalja el, egy-egy vegyérték kiegyenlítetlen marad, s ezt különböző kationok kötik le. Így különféle *alumoszilikátok* jöhetnek létre aszerint, hogy hány Si-ot helyettesít Al, továbbá milyen kationnal történik a rácssemlegesítés, s végül, hogy a tetraédereknek milyen térbeli elrendezése van. A krisztobalitrácsban a Si-atomok térbeli elrendeződése megfelel a szabályos legtömöttebb illeszkedésnek, a tridimit Si-atomjai pedig a hexagonális legtömöttebb rendet példázzák; ennek ellenére a kapcsolt tetraéderek közt üres terek maradnak: az ilyen rácsok üregesek. A kvarcban a tetraéderek csavarvonalban, hatos helikogír szerint rendeződnek. A spirális kapcsolódású rács sokkal tömöttebb, mint a szabályos vagy hexagonális rendezettségű tetraéderekből álló szerkezet. Ezért nem épülhet be semmiféle idegen kation az ilyen rácsba, s nem ismerünk egyetlen tektoszilikátot sem, melynek kvarchoz hasonló rendezettsége volna. Ezzel szemben vannak krisztobalitszerű szabályos szerkezetek, pl. a leucit, szodalit, ugyanígy vannak tridimitrácsú hexagonális ásványok, pl. a nefelin, cankrinit. Ezeken kívül a tetraéderek úgy is rendeződhetnek, hogy 4-es vagy 8-as gyűrűszerű alakot formálnak, ami tetragonális vagy pszeudotetragonális szimmetriát eredményez. Ilyen szerkezeti típusa van a szkapolitoknak és a földpátoknak. Néhány rács mindezek közül, névszerint a szodalit, cankrinit és szkapolit a szerkezet üregeiben nemcsak egyszerű kationokat, hanem viszonylag sokkal nagyobb térigényű anionokat: Cl-t, SO_4 -ot, CO_3 -ot is felvehet, ami viszont további, nekik megfelelő kationok beépülését követeli meg. Végül a tektoszilikátokhoz tartoznak a sajátos felépítésű zeolitok is, melyeknek üreges szerkezetébe önálló (diszkrét) vízmolekulák helyezkedhetnek be. Az elmondottak alapján a tektoszilikátok a következőképpen csoportosíthatók: földpátok, földpátpótlók, szodalitfélék, szkapolitok és zeolitok.

*a) csoport***Földpátok**

A földkéreg kőzeteinek mintegy 60 térfogat%-át kitevő földpátok a legfontosabb kőzetalkotó ásványcsoport. A kőzetalkotásban betöltött szerepük ismeretetésénél az eddig használt beosztást és nevezéktant némileg módosítanunk kell.

A földpát megnevezésen általában izomorf elegykristályt kell értenünk. Csak ritkán valósul meg az, hogy az ásvány az elegykomponensek egyikéből

áll, azaz „tisztá” tagnak mondható. A kristályok tehát túlnyomóan elegyek, és pedig a $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ — KAlSi_3O_8 — $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ háromkomponensű (terner) rendszer tagjai. A képlettel jelzett összetevők rendre: nátronföldpát (= albit, *Ab*), kálicföldpát (= ortoklász, *Or*) és kalciumföldpát (= anortit, *An*). A $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ és KAlSi_3O_8 -sorozat tagjai az *alkáliföldpátok*, a Na- és Ca-tartalmú összetevőkkel jellemzettek pedig a *plagioklászok*. A három összetevős (*Ab*, *An*, *Or*) rendszer elegyedési viszonyairól általában a mellékelt háromszögdiagram (624. ábra) tájékoztat. Látható, hogy folyamatos, azaz korlátlan elegyedés az *Ab* és *An* között jön létre, mely minden hőmérsékleten stabilis; az *Ab*—*Or*, vagyis az alkáliát tartalmazó tagok nagyobb hőmérsékleten elvileg korlátlanul elegyedhetnek, de kisebb hőfokon, illetőleg lassú lehűlésnél szételegyedés következik be; az alacsony hőszinten elsődlegesen kivált kálicföldpátba *Ab*-összetevő alig épülhet be. A harmadik molekulapár, az *An*—*Or* közötti üres szakasz azt jelzi, hogy itt a két tag között — egészen csekély arányokon túl — elegyképződés nem jöhet létre.

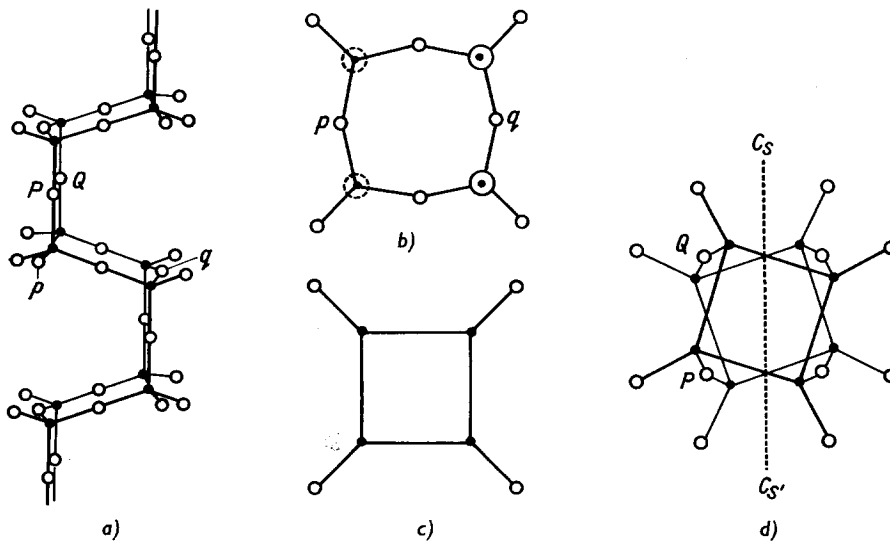


624. ábra. A földpátok elegyedési rendszere

E sorozatok mellett említeni kell még a báriumföldpátok kis csoportját, a $\text{Ba}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$ *celzián* — $(\text{K}, \text{Ba})[\text{Al}, \text{Si}]_4\text{O}_8$ *hialofán*-sort, melynek jelentősége nem nagy ugyan, de a kristálykémiai analógia jó példájául szolgál.

Az optikai megfigyelések és a szerkezetvizsgálatok részleteinek egybevetése kiderítette, hogy a földpátstruktúra megőrzi a nagyobb vagy kisebb hőmérsékleten történt keletkezés bélyegeit. A magas hőmérsékleten képződött, azaz gyors kristályosodással kialakult földpát — pl. mint a vulkáni kőzetek elegyrésze — jellemző sajátágaival a *magas hőszintű* földpáttípust képviseli. Az *alacsony* hőmérsékletű földpát viszont vagy mélyebb hőszinten vált ki, vagy — mint mélységi kőzet elegyrésze — lassú lehűléssel jött létre. A két szélső hőmérsékleti kategória közé pedig a *középszintet* jelző szerkezetvariációk illeszkednek be.

A földpátkristályok szimmetriája, bárminő összetételű vagy hőszintű kiváláshoz tartozzanak is, kétféle lehet: triklin vagy monoklin. Alakilag is igen hasonlóak a kristályok, a triklin rendszerhez tartozók hajlásszöge mindössze 3° – 4° -kal különbözik a monoklin kristályokétól. Minden vegyi és szerkezeti változat hasadása a (001)- és (010)-síkok szerint igen jó. A két sík közötti szög a monoklin ortoklászban 90° , a plagioklászokban az elegyaránytól függően $94^\circ 34'$ – $94^\circ 12'$.



625. ábra. Földpát-szerkezet 4-es „gyűrűk”-ből összefűzött láncoktetelke; a — a lánc oldalnézetben, b — itt a jobb oldali tetraédércsúcsok felfelé, a bal oldaliak (szaggatott kör) lefelé irányulnak, c — ugyanez a láncvetület leegyszerűsítve. d — a láncok mentén az egyes (vetülettel jelzett) szakaszok egymáshoz képest elcsavarodva csatlakoznak; vagyis az első, harmadik, ötödik stb. „gyűrű” van azonos helyzetben, míg a páros számúak hasonló, de ellentétes elfordulással. A láncon így translációs sík (C_s — $C_{s'}$) halad végig

Rácsszerkezetileg a monoklin és triklin földpátok között kevés különbség van. Általános ismertetéskor tehát a felépítés elve együttesen vizsgálható. A szilikát-térhálózatot SiO_4 - és AlO_4 -tetraéderek alkotják, melyek szerkezetileg azonos

viselkedésűek, s egymással négyes gyűrűkké $[\text{Si}_4\text{O}_{12}]$ kapcsolódnak. E gyűrűk torzultak (álnégyszetese) és láncokká fűződnek össze (625/a—c ábra). A láncok az *a*-tengellyel párhuzamosan rendezettek, ezen belül az egyes gyűrű alakú csoportok változtatva jobbra-balra „elbillent” helyzetben csatlakoznak (625/d ábra), majd e láncok oldalról egymással kapcsolódva létrehozzák a térhálós állványzatot (626. ábra)*. Az $(\text{Al}, \text{Si})_4\text{O}_8$ építményben nagyobb hézagok vannak, ide épülnek be a töltéskiegélyenlítő (másodrendű) alkáli-, illetőleg alkáliföldfém-ionok. Ha e részletben 1 Si-ot helyettesít Al, a kationhiányt K vagy Na egyenlíti ki, ha 2 Si → 2 Al helyettesítés történik, kétértékű Ca- (és Ba-) kation állítja helyre a szerkezet egyensúlyát. Az ábrán jeleztük a kationbeépülés helyét is. Az inaktív kationt 9 oxigén övezi „szabálytalan” koordinációban.

A vázolt káliföldpát-szerkezet valósul meg elvileg minden földpátépítményben, különösen az alkáliföldpátokban. Lényegesebb módosulás csak a plagioklászoknál, itt is a Ca-ban gazdagabb tagokban, valamint a Ba-ban dúsabb celziánnál áll elő.

a) ALKÁLIFÖLDPÁTOK $(\text{K}, \text{Na})[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$

Az alkáliföldpátok a háromkomponensű rendszeren belül az *Ab—Or*-összetevők alkotta sorozatot, azaz a Na—K-kationokat tartalmazó kristályvegyületeket jelentik.

A vegyi összetevők arányán és alaki sajátságokon túl még az *elegyedés módja* és *körülményei* is kideríthetők. E genetikai bélyegek egyesítése pedig a hagyományos tárgyalásmódtól eltérő beosztást kíván.

1. A káliumban gazdag földpátoknak különböző hőmérsékleten kivált változatait kell megkülönböztetnünk: a legmagasabb hőmérsékleten kristályosodó fázis a monoklin *szanidín*, ennél kisebb hőszinten válik ki az ugyancsak monoklin *káliföldpát*, az *ortoklász*; a legalsó hőszintű káliföldpátokat a triklin *mikroklín* képviseli (melynek két változatát, a „teljes” és „közép”-mikroklínt lehet megkülönböztetni). — További alsó hőszintű káliföldpát az *adulár*, mely sokkal inkább külalaki és paragenetikai bélyegei, mintsem szerkezeti vagy optikai jellege alapján különül el.

2. A tiszta $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ -nak két fokozatát, „alsó”- és „felső”-albit-ot lehet szerkezetileg elkülöníteni. A „felső”-albit név helyett szokás még az *analbit* vagy még inkább a *monalbit* nevet használni, ami arra utal, hogy a „felső”-albit — eltérően a normál („alsó”-) albit triklin szimmetriájától — átmenet a monoklin felé, avagy éppen monoklin szimmetriájú. — Végül a *periklín* olyan nátronföldpát-változat, mely megfelel a kálisoportból az adulárnak; hasonló a paragenézise is, s ugyancsak jellegzetes termeti sajátságok különítik el.

Az alkáliföldpátokon belül optikai és alkati sajátságaik alapján lényegileg 4 sorozatot lehet felállítani. Ezek:

* A 626. ábrát lásd az I. kötetben levő színes mellékleten.

1. felső-albit—felső-szanidin
2. felső-albit—alsó-szanidin
3. albit—ortoklász
4. albit—mikroclin

Az 1. felső-albit—felső-szanidin sorozat teljes, azaz folyamatos elegyedési viszonyokat állít elénk. A sorozaton belül azonban a szimmetria változik: Ab_{100} — Ab_{63} között triklin, Ab_{63} — Ab_0 közt monoklin.

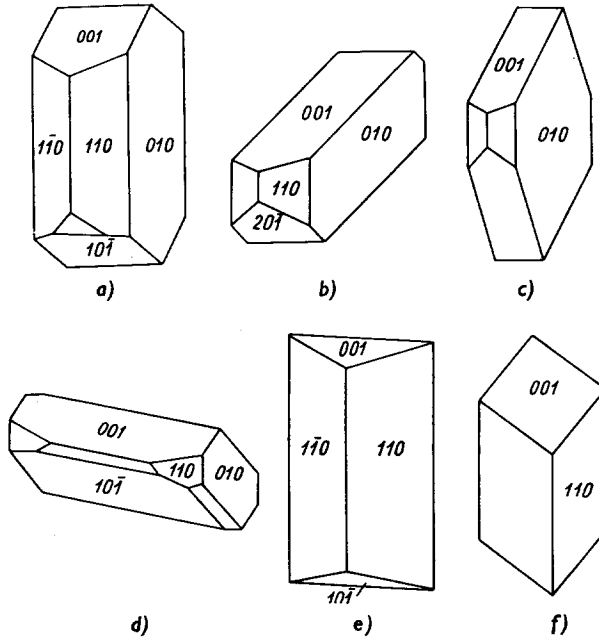
A 2. (felső-albit—alsó-szanidin) sor összetevőinek elegyedése mindkét oldalon a szélső aránysorok előtt lehatárolódik. A közepes összetétellel keletkezett kristályos vegyületben a két fázis szubmikroszkópos mérettel elkülönül egymástól, amit *kriptopertit*-struktúrának mondunk.

A 3. és 4. alsóbb hőmérsékletű sorozatokban (albit—ortoklász és albit—mikroclin) az összetevők elegyedése még korlátozottabb, és a fázisok elkülönülése már mikroszkóppal is észlelhető. E szételegyedési fokozat a *mikropertit*, mely az ortoklászra, mikroclinra jellemző. — Ha mikroszkóp nélkül is észlelhető az *Ab*- és *Or*-fázisok elkülönülése, akkor egyszerűen a *pertit* megnevezés használatos.

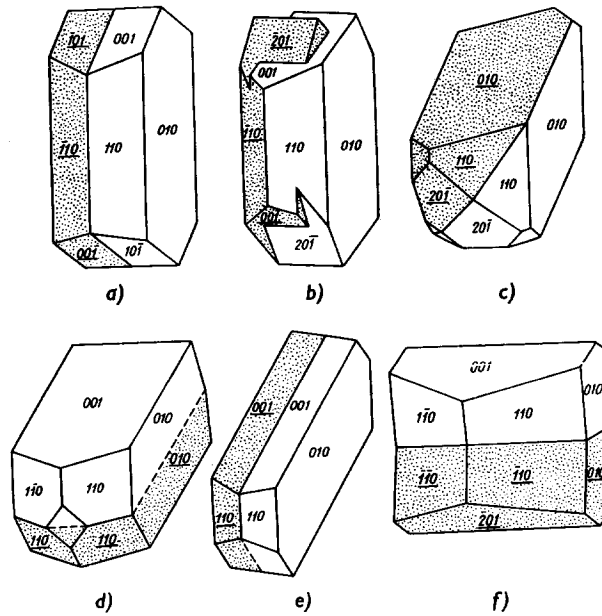
A közepes összetételű alkáliföldpátok fokozatainak megjelölése korántsem olyan kifinomult, mint a plagioklászoké, s általában összetételüket nem lehet meghatározni — miként emezeknél — az egyszerű optikai jellemzőik leméréseivel. A $KAlSi_3O_8$ és $NaAlSi_3O_8$ között magas hőszinten folyamatos az elegyedés, de a csökkenő hőmérséklettel az elegyedési készség is mindinkább csökken, így az elegysoron belüli hézag a hőcsökkenéssel növekszik. Lényegileg tehát az alkáliföldpátok két fázisa, a K-ban gazdag és a Na-ban gazdag fázis egybeépülésének texturális jeleiből (kriptopertit, mikropertit, pertit) következtetünk a genetikai körülményekre.

Alaki sajátságok, ikerkristályok. — Említettük, hogy a monoklin és triklin rendszerű kristályok között egészen kis szögértékkülönbségek vannak. A formaegyüttesek is alig különböznek. Így az alaki sajátságok (a plagioklászokat is beleértve) együtt tárgyalhatók.

A földpátok kristályalakján a leggyakoribb és legfontosabb formák: (001), (010), (110). Ezeken kívül a $(\bar{2}01)$, $(\bar{1}01)$, (130) és (021) indexű formák a gyakoribbak (627. ábra). Legelterjedtebb a (001), (010) véglap és az (110) forma együttese, továbbá a *c*-tengely szerint nyúlt prizmás termet (627/a ábra). Máskor az *a*-tengely a megnyúlás iránya (627/b ábra). Míg e termeti típusok főként az ortoklászra és mikroclinra jellemzők, a szanidin sokkal inkább lapos táblás alakban kristályosodik. Az albitra ugyancsak a (010) sz. táblás kifejlődés jellemző, de néha a *b*-tengely szerint nyúlt, „periklin”-termetet ölt (627/d. ábra). A nátronföldpátnak periklin alakban való kristályosodása azonban nagyon szűk képződési lehetőségekre korlátozódik. Az adulár jellegzetes alakegyüttesét a 627/e ábra mutatja; a kristályalak szinte rombosnak látszik, mivel a (001) és $(10\bar{1})$ közel azonos szöget zár be a *c*-tengellyel. A nagy hőmérsékletű Na-dús-



627. ábra. Néhány fontosabb földpátkristály

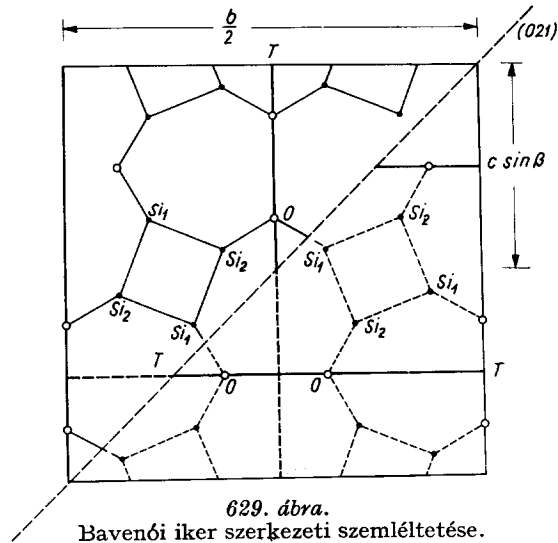


628. ábra. Földpát-ikerkristályok

földpát, az anortoklász pedig főleg rombikus jellegű kristályalakban (627/f ábra) a leggyakoribb.

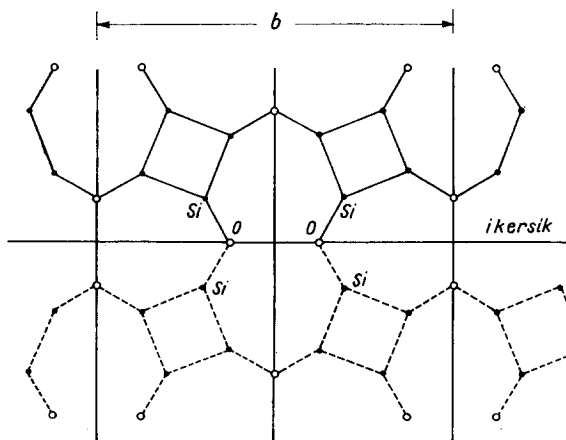
A földpátok túlnyomóan *ikerkristályok*, ami azzal magyarázható, hogy a szer-

kezetben számos *pszeudo-szimmetriát* találunk: innen ered az ikerképződésre való nagy hajlandóság. Az ikerképződés több törvény szerint jön létre. — Az ikertörvények általában mind a monoklin, mind a triklin szimmetria esetén érvényesülnek. 1. *Karlsbadi iker*: ikertengely a [001] zónatengely, összenövési sík a (010), félpentrációs és érintkezési iker (628/a—b ábra). 2. *Bavenói iker*: ikertengely merőleges a (021)-re, összenövési síkja a (021); rajzát a 628/c ábra szemlélteti. Az iker leginkább az *a*-tengely szerint nyúlt termetű kristályokon



629. ábra.
Bavenói iker szerkezeti szemléltetése.
T = tükörsík

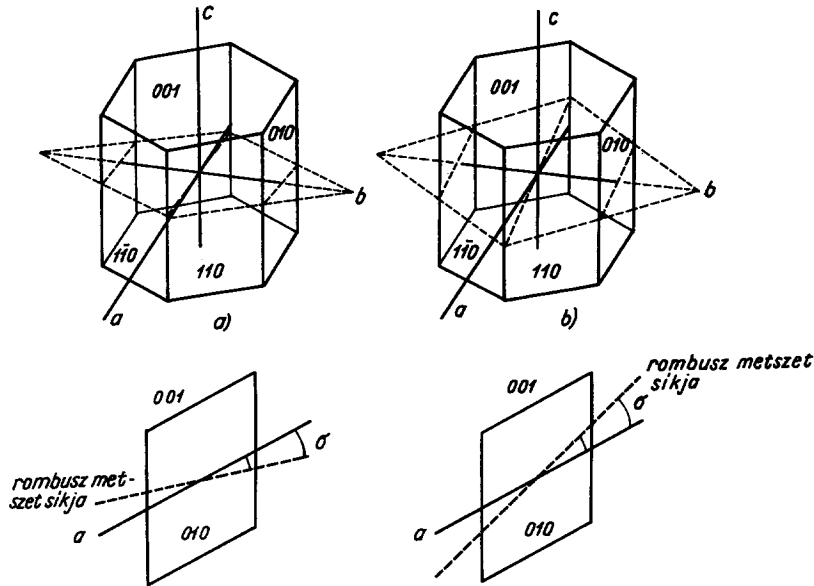
jelenik meg. Szerkezeti képét a 629. ábra mutatja be. A belső tükörsíkok egymásra merőlegesek, vagyis az összenövésben magasabb szimmetria valósul meg. 3. *Manebachi iker*: ikertengely merőleges (001)-re, összenövés (001) sz. (628/d ábra). Hasonló megoldású szerkezeti vetületben látjuk az ikercsatlakozást, s egyben azt, hogy a digír irányába eső ikersík szerkezeti tükörsíkká módosult (630. ábra).



630. ábra. A manebachi iker szerkezeti képe,
(201) vetület

a digír irányába eső ikersík szerkezeti tükörsíkká módosult (630. ábra). 4. *Albit- és periklinikus* leggyakrabban a triklin alkáliföldpáto-
toknál jelenik meg, és közülük az albit-törvény az általánosabb. *Albit-iker*: ikertengely merőleges (010)-ra, összenövés (010) (628/e). Az ikertagok összekapcsolódásával a (010) szerkezeti tükörsíkká lép elő. A *periklinikus* ikernél (628/f.) ikertengely a *b*, az összenövési síkja (*h0l*); az ikertengely a szerkezet-

ben digírré alakul. (A monoklin földpátban sem az albit-, sem a periklin-törvény nem érvényesülhet!) A periklin ($h0l$) síkja összenövési sík, az ún. rombuszmetszet. Ennek helyzetét az (110) és $(\bar{1}\bar{1}0)$ formák hajlásszöge szabja meg, a metszet helyzetét a σ szöggel határozzuk meg, és pedig a (001) síkhoz (hasadási vonalhoz) viszonyítva a (010) lapon. A rombuszmetszet síkja a $(001) \wedge (010)$ éllel legfeljebb $\pm 20^\circ$ -ot zár be (631. ábra). (Kivétel a mikroklín, melyben a σ szög közel 90° .)



631. ábra. Rombuszmetszet két különböző (a és b) helyzete (fent távlati kép, lent metszet)

A felsoroltakon kívül van még néhány, ún. paralel típusú iker, melyek ismerete a földpátok tüzetesebb vizsgálatában nem nélkülözhető. Ezek: az *aklín*-iker, ikertengely a b , összenövés a (001) lap szerint; hasonló a periklínikerhez, s olyan esetben, mikor a rombuszmetszet síkja közelesik a (001) -hez, nehéz elkülöníteni. A megfigyelések még egy aklín-törvényt tartanak számon (az *aklín-B*-t), mely abban tér el előbbitől, hogy ennek (100) az összenövési síkja. Az *esterel*-ikernél ikertengely az a , és az összenövés a $(0kl)$ helyzetű „rombuszmetszet” (vagyis az a -tengely övének egyik síkja). Végül az *ala*-ikertörvény, mely szintén kétféle (A - és B -típus) lehet: ikertengely az a -tengely, összenövés a (001) sík szerint (A -típus) vagy a (010) sík szerint (B -típus). Az albit-, periklín-, aklín-, esterel- és ala-ikrek többszörösen ismétlődő, poliszintetikus ikerképződések lehetnek. De közülük az albit-, periklín- és aklín-ikrek *csakis a háromhajlású* kristályban léphetnek fel.

Az ikerösszenövések nem ritkán együtt szerepelnek, s ilyenkor komplex és kombinált ikrek jönnek létre. Két ikertörvény (pl. albit + karlsbadi) együttes fellépésekor komplex iker keletkezik. A kombinált ikreket különféle (pl. albit + periklín) törvények szerinti összenövésként értelmezzük.

A *hasadás* a földpát egyik legjellemzőbb fizikai sajátsága. Két irányban: (001) sz. kitűnő, (010) sz. igen jó hasadás tapasztalható, előbbi felület gyöngyházszerűen üveges fényű, utóbbi üvegfényű. A két sík a rácsszerkezetben a szomszédos láncokat elválasztó hosszanti és haránt közöket jelenti, ahol is viszonylag kevés számú szilícium—oxigén-kötés működik (l. 626. ábra). Hasadás-szerű elválást ismerünk még az (110) és ($\bar{1}\bar{1}0$), az (100) és (210) síkok irányában is. — *Keményesség* 6—6,5.

1. Káliföldpátok

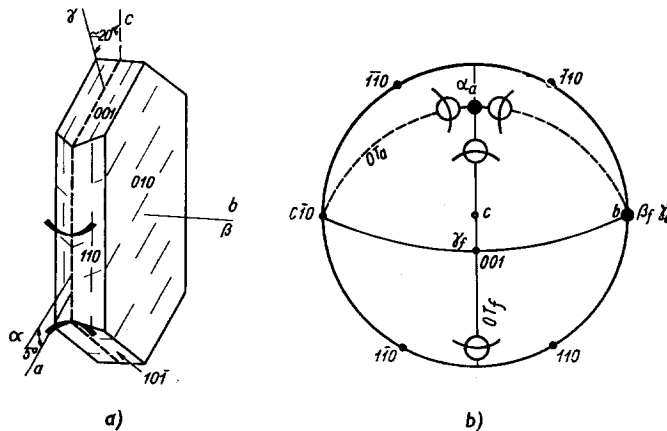
Szanidin. (K,Na)[AlSi₃O₈]. Szerkezetének alapvonásait a 772. oldalon ismertettük. Monoklin prizmás. Tércs. C_{2h}^3 — $C2/m$. A cella méretét a többi alkáliföldpáttal egybevetve a 99. táblázatban tüntettük fel.

99. táblázat

Az alkáliföldpátok szerkezeti állandói

Név	a_0	b_0	c_0	$\alpha \angle$	$\beta \angle$	$\gamma \angle$
szanidin	8,564	13,030	7,174	90°	115°59,6'	90°
ortoklász	8,561	12,996	7,193	90°	116°09'	90°
„közép”-mikroklin	8,578	12,960	7,211	90°18'	115°56'	89°07,5'
„teljes” mikroklin	8,574	12,981	7,222	90°41'	115°59'	87°30'
monalbit	8,149	12,880	7,106	93°22'	116°18'	90°17'
albit	8,139	12,789	7,156	94°20'	116°34'	87°39'

A szanidin szerkezetére különben az jellemző, hogy a (Si,Al)—O távolságok egyenlők, vagyis az Al-atomok eloszlása statisztikus. — Alakilag lemezes, néha léces kifejlődésű kristályok; az ikerösszenövésék közül a karlsbadi a leggyakoribb, de a bavenói és manebachi iker is előfordul. $S = 2,56$ — $2,62$. Rendszerint

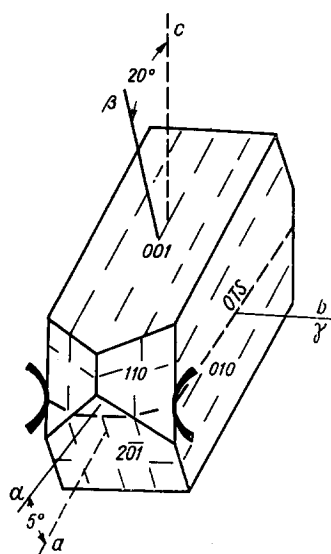


632. ábra. a — a „felső-szanidin” optikai orientációja; b — a „felső”- és „alsó”-szanidin optikai viszonyainak sztereogramja. OT_f = optikai tengelysík a felső, OT_a = optikai tengelysík az alsó-szanidinban

színtelen vagy fehér, néha kissé rózsaszín vagy sárgás. Fénytani állandóinak meghatározásával fontos genetikai adatokhoz jutunk. $n_a = 1,518—1,527$, $n_b = 1,522—1,532$, $n_\gamma = 1,522—1,534$; $n_\gamma - n_a = 0,006—0,007$. Optikailag negatív, $2V_a = 18^\circ—54^\circ$ és $63^\circ—54^\circ$. A kálidús földpátok hevítéses vizsgálatai derítették ki, hogy a kis hőmérsékleten vagy lassú lehűléssel előállt kristályokban az optikai tengelysík merőleges (010)-ra, de felhevítéskor a tengelyszög csökken, illetőleg össze is zárul, sőt tartós hevítéssel 1075 C° -nál a tengelyszög ismét kinyílik, de most párhuzamos a (010)-lal (632. ábra). A tengelysík helyzetéből és a tengelyszög szétnyílásából megállapítható, hogy 1. nagy hőmérsékletű kiválás és gyors lehűlés; 2. kisebb hőszinten, ill. 3. nagy hőszinten, de lassú lehűléssel történő kristályosodás ment-e végbe. — A szanidin elsősorban savanyú kiömlési kőzetekben: riolitban, trachitban, alkálitrachitban, fonolitban és rokon kőzetekben elegyrész.

Ortoklász, $K[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$. Mindig tartalmaz Na-ot, valamint csekély Rb-ot, Ba-ot, Sr-ot és Fe-at. Monoklin prizmás. Rácsállandói a 99. táblázatban találhatóak. Szerkezete a szanidinével közel azonos. A fő különbség az, hogy az ortoklászban a (Si,Al)-atomeloszlás már részben rendezett. A K-atomok helyzete mindkét szerkezetben ugyanaz. A Laves-féle felfogás, mely szerint az ortoklász szubmikroszkópos méretű triklin ikersorból válik monoklinná, nem nyert megerősítést.

Krist. Fennőtt kristályos (vagy porfíros), de leginkább vastkos, durvaszemcsés, pátos kifejlődés jellemző. Ikerkristálya főként karlsbadi törvény szerint félpenetrációs vagy érintkezési összenövés, más iker ritka. Legtöbbször hal-



633. ábra.

Ortoklász optikai orientációja

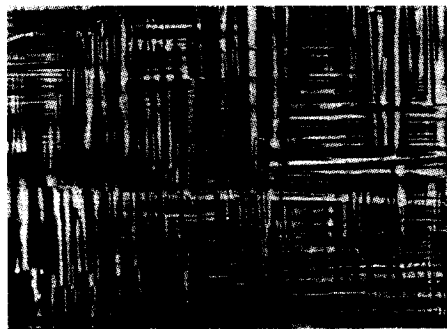
vány húspiros, enyhén rózsaszín vagy sárgás. Vörös színárnyalását nagyobb hőmérsékleten beépült, később finom hematitpikkelyekként elkülönült vas okozza. Üvegfényű, a (001) hasadási felületen gyöngyházfényű. $K = 6—6,5$. $S = 2,55—2,63$. Átlátszatlan, ritkán átlátszó. Optikai jelleg negatív, a tengelysík merőleges (010)-ra, tehát $b = n_\gamma$ (633. ábra). Az ortozónában (b -tengellyel párhuzamos metszeten) egyenes a kioltás. — Oldallapon az a -irányhoz = (001) sz. hasadáshoz néhány ($3^\circ—10^\circ$) fokos \pm kioltás mérhető, az $n_b \wedge c = 20^\circ$. $2V_a \sim 80^\circ—85^\circ$. Fénytörésmutatók: $n_a = 1,518$, $n_b = 1,522$, $n_\gamma = 1,524$. — Lángban csak a vékony szilánkok széle gömbölyödik le. Inkongruensen olvad; mielőtt saját (hipotetikus) olvadáspontját elérné, $1150 \pm 20\text{ C}^\circ$ -on két fázisra: leucitra és SiO_2 -ra bomlik, a szilárd leucitfázis véglegesen csak 1530 C° -on olvad meg. — Savak nem oldják.

Képz. Az ortoklász elsősorban a savanyú mélységi kőzetek (gránit, szienit, porfír) fő elegyrésze. A gránit 60—70 tf. % földpátból, túlnyomóan ortoklászból áll. Gránitpegmatitokban fennőtt, néha több méteres kristályos kifejlődésben találják. A metamorf kőzetek közül főként gneiszben, de granulitokban is otthonos. Az üledékes kőzetek közül főleg az arkózás szedimentekben s egyes homokfélékben lényeges összetevő.

Mikroclin, $K[AlSi_3O_8]$. Triklin véglapos, $C_2^1—P\bar{1}$. A káliföldpát legalsó hőszintű formája. Szerkezetileg az jellemzi, hogy rácsában — mely alapvázában azonos a leírt monoklin földpátszerkezettel — a kötések kisebb torzulása miatt nincsenek szimmetriatengelyek; statisztikus pont szerinti (centro-) szimmetria érvényesül. Az Al—Si-nak kisebb része nem-centroszimmetrikus eloszlású.

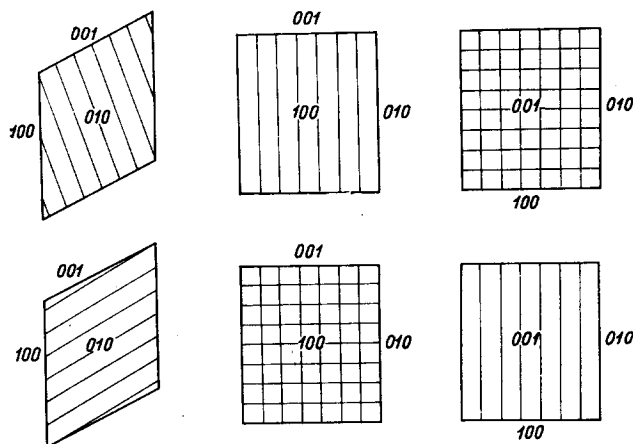
A mikroklincella élszögeiben a monoklintól való eltérési fokozatok állapíthatók meg; a legkisebb eltérés: $\alpha = 90^\circ$, $\gamma = 89^\circ$, melyet egyes szerzők triklin „adulár”-nak, mások „közép” („intermedier”) mikroklinnak jelölnek; a legnagyobb eltérést: $\alpha = 90^\circ 41'$, $\gamma = 87^\circ 30'$, „teljes” („maximális”) mikroklinnak mondják.

Krist. Alakilag az ortoklászhoz hasonló. — Fizikai sajátágaikban sincsen lényeges különbség. Külsőleg nem látszik ikernek, de belsejében mikroscópi nagyítással — kevés kivétellel — ikerlemezesesség látható, melytel — ikerlemezesesség látható, mely albit-, és perikliniker kombinációja (634. ábra). Az ikerösszenövésből az oldallap, (010) szerinti metszeten csak a perikliniker lemezei láthatók, melyek mint bizonytalan határú síkok, közel merőlegesen ($\sigma \sim 83^\circ$) sorakoznak a (001) sz. hasadás nyomához; hasonlóképpen az (100) szerint kimetszett lemezekben csak az albit-iker lemezei láthatók. Az egymásra merőleges lemezsorokból összetett ikerrácszat (ún. „tartan”) a (001) és hozzá közeli helyzetű metszeten látható (635. ábra). Ikerstruktúra nélküli mikroclin a ritkaságok közé tartozik (mely az ortoklásztól leginkább úgy különböztethető meg, hogy az ortozónában is ferdén olt ki!). Szabad szemmel is jól kivehető ikerszerkezet látszik a legtöbb zöld amazonitkristályon, mely pegmatitásvány és gyakorta használt ékkő—díszítőkö. Zöld színét hevítéskor 270—300 C° hőmérsékleten elveszíti. Vizsgálatok szerint a színeződés a szerkezet oxigénpozícióiba behelyezkedett kis mennyiségű fluoridionoktól származik. — A mikroclin keletkezési körülményei az ortoklászéval egyezők, illetőleg ahhoz hasonlóak. Egyik változata a szintén pegmatitos eredetű *aventurin*, mely vasdús, barnászörös—húsvörös



634. ábra. Mikroclin—ikerrácszat

földpát; benne finom hematitpikkelyek és parányi bronzszínű csillámlemezek csillogása látszik; ékkőnek alkalmas.



635. ábra. Periklin- és albit-ikerlemezek (fent) mikroklínban, és (lent) anortoklászban. (Mikroklínban: a (010) oldallapon csak a periklin-, az (100) metszeten csak az albitlemezek láthatók, az anortoklászban pedig a (010) és (001) metszet nem rácsozatos)

Adulár, összetételre majdnem tiszta $K[AlSi_3O_8]$, a Na_2O -tartalom nem több 1%-nál, de kivételes esetben sem lépi túl a 2%-ot. A CaO -tartalom egészen csekély: 0,2—0,4%, az átlagból számított molekularány: $Or_{90}Ab_9An_1$. — *Krist.* Jellegzetes, a c -tengely irányában nyúlt kristályalakját lásd 627/e ábrán. Minthogy a (001) és (10 $\bar{1}$) forma lapjai közel azonos szöget zárnak be a c -tengellyel, a kristályok rombosnak látszanak. Az ikertörvények közül leginkább a manebachi (001) érvényesül. Legtöbbször áttetsző vagy átlátszó, színtelen vagy fehér, esetleg kissé sárgás. Optikai sajátságai közelállnak az ortoklászéhoz: $n_\alpha = 1,520$, $n_\beta = 1,525$, $n_\gamma = 1,525$, kettőtörése = 0,005. Az ortozóna lapjain sajátos fényjelenség, kékes színjátszó csillogás látható („holdkő”): ez annak a jele, hogy benne a fenti átlagnál nagyobb Ab -fázis lemezes mikro-kriptopertit alakban elkülönült. Ezek a kristályok tehát már nem „valódi” adulárok, s ez legtöbbször a termeten vagy alakegyüttesen is észrevehető.

Képz. Túlnyomóan hidrotermás körülmények között keletkezik. Kristályospala-hasadékok falán sajátos ásványtársulásban gyakran és bőven mutakozó ásvány. Az Alpokban számos lelőhelye ismeretes. Egyes hidrotermás érctelepek kísérő ásványaként finom szemű hintésben vagy összefüggőalmazokban, pl. Gyöngyösoroszin, több helyütt az Erdélyi Érchegységben (Románia). Helyi keletkezés termékeként kimutatható kálidús üledékekben, neszasagyokban is.

2. Nátronföldpátok

Albit, $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$, triklin véglápos, $C_2^1-P\bar{1}$. Szerkezete általában hasonló a kálicföldpátoknál ismertetethez, de különbség van a cella méretében (l. 99. táblázat), feltűnő az eltérés, illetőleg csökkenés az a , vagyis a „láncok” irányában. A másik két cellaél is némileg különbözik. Szerkezetében a kis kapcsolódási torzulások következtében a láncok közötti tükörsíkok és a rájuk merőleges, kétértékű szimmetriatengelyek is megszűnnek. Cellája $\text{Na}_4[(\text{AlSi}_3)_4\text{O}_{32}]$ mólsúlynyi atomot tartalmaz.

Krist. Az alaki sajátságokat már előbb (627. ábra) említettük. Leginkább (010) sz. táblás kristályok. A formák ugyanazok, mint a többi földpátokon. $K = 6-6,5$. $S = 2,55-2,63$. Ikertörvények közül a karlsbadi, manebachi, bavenói egyszerű ikrek is előfordulnak, de sokkal gyakoribb az albit-, periklin-, aclin-, esterel- vagy alatörvény szerinti ikresedés. Legáltalánosabb az albit- és perikliniker, s az összenövés leginkább poliszintetikus-lemezes.

A nátronföldpátnak két módosulata ismeretes: az α - vagy alacsony hőmérsékletű „alsó”-albit, mely főként plutói kőzetek elegyrésze, és a β - v. „felső”-albit, *analbit*, mely lávakőzetekben képződik, s amely huzamosabb hevítéssel az „alsó”- (közönséges) albitból előállítható. A két módosulat között természetesen csak nagyon finom, a kristályszerkezetben rejlő, de jól definiálható különbségek vannak. Ezek lényege az Al-atomok rendezett vagy rendezetlen eloszlásában rejlik (vagyis a két albit az ún. „order—disorder”-struktúra példája). Az „alsó”- v. közönséges *albit* képviseli a rendezettebb (order) szerkezetet.

Az *analbitban*, vagyis a gyors lehűléskor képződő albitban a (Si,Al)—O-kötéstávolság minden tetraédes helyzetre ugyanaz, tehát a Si,Al-eloszlás teljesen rendezetlen (disordered). — Jellemző továbbá, hogy mindkét albitszerkezetben a Na-atomot hat vagy hét oxigénatom koordinálja, szemben a kálicföldpátokkal, ahol a K-ionnak mindig 9-es a koordinációja. Egyébként a rácsrendezettség fokozatai (s még néhány, itt nem említett szerkezeti sajátság) alapján teljes párhuzamot lehet felállítani az alkálicföldpátok körében a „felső”-szanidin és „felső”-albit (analbit), valamint a mikroklin és az „alsó”-albit között. — A két albitrács cellamérete is különbözik (l. 99. táblázat), és kimutatható, hogy mind a káli-, mind a nátronföldpátoknál azonos módon a „felső” formával fokozódó „rendezetlenség” jár, amit egyben a c_0 -érték csökkenése is jelez.

A **periklin** viszonylag ritka nátriumföldpát; ugyancsak párhuzamba állítható a kálicföldpát-változatokkal, mivel teljesen ugyanaz a helyzete az „alsó”-albithez, mint az adularé a mikroklinhoz. A párhuzamot a többi Na-dús földpátétól eltérő termeti sajátság is erősíti (l. 628. ábra).

Anortoklász, összetételét általánosan $(\text{Na},\text{K})[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ formulával jelezzük. Kristályai egyszerű zömök prizmás termetűek (l. 627. ábra). $K = 6$. $S = 2,56-2,62$; $n_\alpha = 1,518$, $n_\beta = 1,522$, $n_\gamma = 1,522$. Belsejében legtöbbször poliszintetikus, rácsozatos ikerrendszer látható, mely — a mikroklinhoz hasonlóan — az albit- és perikliniker kombinációja. Ez a kettős lemezrendszer abban különbözik a mikroklinétól, hogy a perikliniker síkja (rombuszmetszete) az anorto-

klásban egészen más helyzetű: a σ szög $-2-5^\circ$, ezért a közel derékszögű rácsozatot itt az első (100) véglappal párhuzamos vagy ehez közeli metszeteken láthatjuk (635. ábra). A kristályok rombusz alakú keresztmetszete után az anortoklász néha *rombföldpátnak* is említik. — Na-ban gazdag magmás kőzetek jellegzetes elegyrésze. A dél-norvégiai anortoklász-tartalmú szienitporfírt ezért *rombporfírnak* is mondják.

3. Alkáliföldpátok

A káli- és nátronföldpátok után az összetevők elegyviszonyait és szerkezeti sajátosságait kell áttekintenünk. A legtöbb természetes alkáliföldpát nem homogén alkotú kristály, benne két elkülönült fázist (káliumban, ill. nátriumban gazdag összetevőt) találunk. Azonban a legmagasabb hőszinten a két komponens folyamatos, azaz korlátlan elegyedéssel épül össze. A fázisok szakaszos elkülönüléséből és a kapcsolatos kristálytani—optikai bélyegekből fontos genetikai összefüggések olvashatók ki. Az eredmények értelmezéséhez laboratóriumi vizsgálatok, hevítéses (homogenizáló) kísérletek és gondos szintézisek (mesterséges fázisok előállítása) is szükséges volt.

a) *Felső-albit—felső-szanidin-sor*. Minden mesterségesen előállított alkáliföldpát ehhez a sorozathoz tartozik. A természetben ezt csak olyan fázis képviseli, melyben a kálitartalom túlsúlyban van (Or 67%). Az elegykristály-képződéskor egybeépülési korlátozás nincsen, ellenben az $Or_{37}Ab_{63}$ arányhatárnál szimmetriaváltás következik be: nagyobb ortoklász-tartalom esetén monoklin, ellenkező esetben pedig triklin szimmetria tapasztalható. — A szimmetriaváltás összetétele nagyban függ a hőmérséklettől: 1000° felett már minden elegyarány esetében (egészen Ab_{100} -ig) monoklin a szimmetria.

b) *Felső-albit—szanidin-sor*. A természetes alkáliföldpátok nagyrészt ebbe a sorozatba tartoznak. Ezeknek a fázisoknak az elegytartománya $Or_{25}-Or_{60}$ közé esik. A nátriumban gazdagabb tartomány triklin, a kálidús sor monoklin szimmetriájú. A nátriumban gazdag (Or < 37%) sorozatot anortoklász néven foglaljuk össze, az Or_{37} határnál kálidúsabb sor a szanidin-tartomány.

A két összetevő $Or_{25}-Or_{60}$ határok közti szételegyedése rendkívül finom fáziselkülönülésben: a *kriptopertit*-ben nyilvánul meg (anortoklász-kriptopertit és szanidin-kriptopertit). Kriptopertites szételegedés jelenlétéről röntgen-diffraktométerrel készített diagramból lehet — viszonylag egyszerű módon — megbizonyosodni.

c) *Az alsó-albit — ortoklász-sorozatra jellemző, hogy a szételegedés viszonylag durvább fokozattal mikropertit-ben nyilvánul meg, mely már mikroszkóppal jól látható. A mikropertites elkülönülés Or_{20} és Or_{85} közötti arányhatárok közt jön létre. A szélső tagok: $Or_{85}-Or_{100}$ = ortoklász és az Or_0-Or_{20} = albit. A mikropertites földpátok is túlnyomóan ikerkristályok. A K-ban gazdagabbak ($Or_{75}-Or_{85}$) periklinikrek, a Na-tartalom fokozódásával albit- és albit + periklin ikerlemezzésség jelenik meg. A közepes ($\sim Or_{60}$) elegyarányúakban pedig gyakori a nagyon komplikált ún. „iker-szuperstruktúra”. A K-ban gaz-*

dag tartománynak, vagyis az ortoklász-mikropertiteknek rendszerint monoklin a szimmetriája. A triklinfázis jelenlétét, illetőleg túlsúlyát a váratlanul nagy optikai tengelyszög ($2V$) árulja el.

d) Az *alsó-albit* — *mikroclin*-sorozatban nagyon kevés a szilárd oldat képződés (elegyedés) lehetősége. E sorozatnak az ortoklászfélelétől való elkülönítése nem okoz különösebb nehézséget (kivéve a K-ban gazdag szélső tagokat). Általában a sorozatot a *peritites* fázisszétválás jellemzi. A *peritit*, vagy Na-gazdag alapfázis esetén az *anti-peritit*, néha olyan nagy szemcseméretben fejlődik ki, hogy esetenként kézinagyítóval vagy akár szabad szemmel is felismerhető. A mikroklint már előbb (779. old.) ismertettük. Természetesen a kis hőmérsékletet, illetőleg lassú lehűlést jelző mikroclinban is mikropertites vagy peritites belső alkat észlelhető.

Zónás felépítés az alkáliföldpátokra kevésbé jellemző. Néhány dácitközetből ismertettek zónás („felső”) szanidint: a homogén alkatú K-dús kristályok folyamatos átmenettel kifelé Na-ban gazdagabb összetételt és megfelelő fénytani sajátságokat árultak el.

Mirmekit, szemölcszerű, féregrajzolatú földpát—kvarc-összenövés. Gránitban, szienitben, gránitgneiszben, charnockitban s számos más mélységi és metamorf kőzetben, mely alkáliföldpátot nagyobb mennyiségben tartalmaz, a mirmekites összenövés a mikroszkópi készítményben gyakran találkozunk. Legközönségesebb gránitban, szomszédos káliföldpát és plagioklász-kristályok érintkezésénél: a plagioklász behatol az ortoklászba vagy mikroclinba, vagyis kiszorítási reakció, s ebből sajátos rajzolat alakul ki:



Az anortit-helyfoglalással felszabaduló kvarc hozza létre a féreg alakú formákat. Más esetben korrózió is eredményezheti ezt: minthogy a kvarc jobban ellenáll, a kiszorításhoz hasonló formák jönnek létre. De mirmekit keletkezhet akként is, hogy káliföldpát emészt fel részlegesen albitos plagioklász, és kevés fölös kvarc válik ez esetben is szabaddá. — (Az a régebbi felfogás, hogy a mirmekit szételegyedési folyamat terméke, nem állja meg a helyét.)

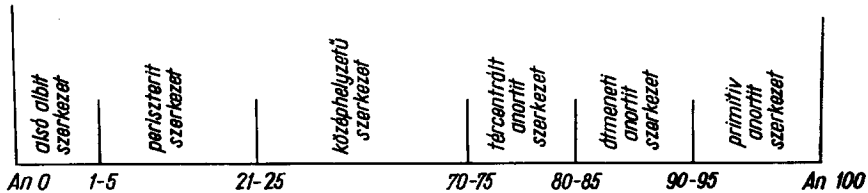
β) PLAGIOKLÁSZOK



A plagioklászföldpátok az *albit* $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ (*Ab*) és *anortit* $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ (*An*) vegyületekből mint szélső tagokból előálló elegysorozat. A sor bármely elegyarányú tagja *triklin*. A szerkezeti szimmetria is triklin, de a rácsepítmény igen hasonló ahhoz, amit az alkáliföldpátoknál leírtunk: a szilikát állványzatot $[(\text{Si},\text{Al})\text{O}_4]$ -tetraéderek kapcsolódása hozza létre, melynek rácshézagjaiban foglalnak helyet a Na- és Ca-ionok. Természetesen a szerkezet finomabb részletei a vegyi összetétel, a kristályosodás lefolyása és a hőviszonyok függvényei. — Minthogy az albitnak két stabilis — „felső”- és „alsó”-albit — alakja van,

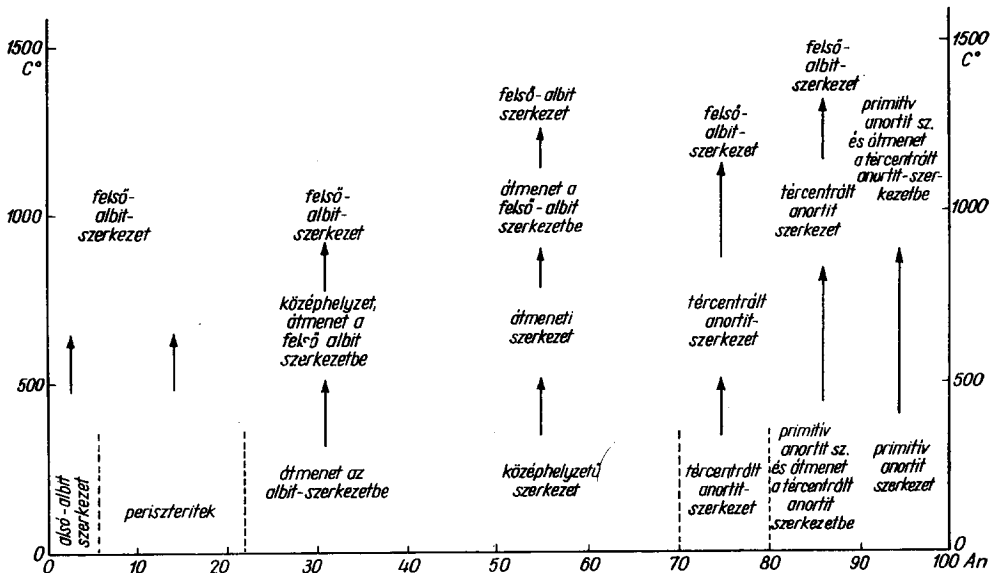
önként következik, hogy itt is legalább két, hőmérséklettől függő (szerkezet-) sorozatnak kell léteznie. A kutatások kimutatták, hogy a magas hőmérsékleten folyamatos elegyedési sor jöhet létre, továbbá, hogy a legtöbb plagioklász a szélső (alsó—felső) hőszintű szerkezet közötti állapotot képviseli. Kimutatható volt, hogy a nagy hőmérsékletű elegy sor az An_0 -tól An_{90} -ig a „felső”-albit szerkezetekben valósul meg. Az An_{90} — An_{100} közötti összetétel, még ha nagy hőmérsékletéről hirtelen lehűlt kristály is, már nem felsőalbit-szerkezetű.

Az alsó hőmérsékletű sorozatra jellemző, hogy ez nem folyamatos elegy sor, hanem legalább hat szerkezeti szakaszra különül (1. 636. ábra).



636. ábra. Az alsó-hőmérsékletű plagioklász-sorozat

A periszterit-szerkezetet általánosságban két szélső komponens szubmikroszkópos együttese jellemzi. Az ide tartozó plagioklászok javarésze a szételegyedési belső alkat miatt sajátos színjátású csillogást árul el (mely hasonlít a házilamb nyaktollazatának fémes-tarka színjátékára; innen az elnevezés).



637. ábra. Plagioklász-szerkezetváltozások a hőmérséklet és An -tartalom függvényében

A *tércentrált anortit-szerkezetű* szakaszban már az *An*-tartalom van túlsúlyban. Ez a rács abban különbözik az alsó-albitétől, hogy utóbbinak a fele pontszimmetriája elmarad, és a *c*₀-tengelyt így meg kell kettőzni (lásd 100. táblázat).

A *primitív anortitrács* pedig legegyszerűbben úgy jellemezhető, hogy elmaradnak az előbb még szereplő szimmetriapontok is, s ezzel megkettőzött *c*-dimenziójú, de egyszerű (primitív) triklin cella áll elő.

Lényegileg tehát két plagioklászsorral számolhatunk: 1. a nagy hőmérsékletű folyamatos elegyedés (*An*₉₀-ig) a „felső”-albit-rácson belül megy végbe, 2. az alsó sorozat, vagyis a plútói kőzetek lassú lehűlésű plagioklászai, amelyek nem mutatnak folyamatos elegysort.

Természetesen finom fokozatú szételegyedés nemcsak a periszterit-szakaszban, hanem nagyobb *An*-tartalomnál is (pl. a labradorit-ban) létrejöhet. Ha mindezeket kiegészítjük azzal, hogy a lehűlés és összetétel különböző módozatai szerint a felső és alsó sorozat között átmeneti formák is kialakulhatnak, a plagioklászok teljes szerkezetfokozatai állnak elő. Ezeket a hőmérséklet és *An*-tartalom függvényében a 784. oldalon közölt vázlat mutatja be (637. ábra).

Miként az elmondottakból is kitűnik, az alsó és átmeneti (középhegységű) tagok elkülönítése csak kellő műszeres felkészültséggel, röntgenberendezéssel, hevítéses vizsgálatokkal lehetséges. A három legfontosabb plagioklászváltozat leglényegesebb adatait a 100. táblázatban foglaljuk össze.

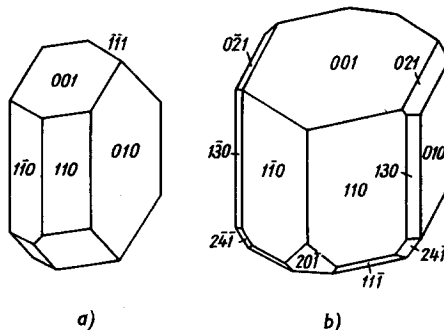
100. táblázat

Ásvány	<i>a</i> ₀	<i>b</i> ₀	<i>c</i> ₀	$\alpha \angle$	$\beta \angle$	$\gamma \angle$	Z	Tércs.
Felső-albit Na[AlSi ₃ O ₈]	8,15	12,88	7,11	93°22'	116°18'	90°17'	4	C $\bar{1}$
Albit* Na[AlSi ₃ O ₈]	8,14	12,79	7,16	94°20'	116°34'	87°39'	4	C $\bar{1}$
Anortit Ca[Al ₂ Si ₂ O ₈]	8,18	12,88	2 × 7,08	93°10'	115°51'	91°13'	8	P $\bar{1}$

* Vö. 777. old., 99. táblázat.

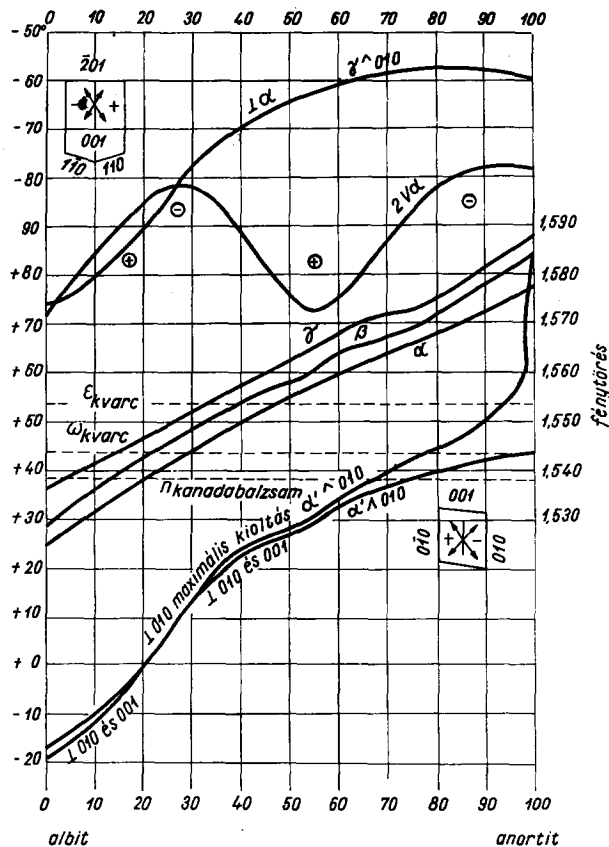
Krist. A kristályok főleg (010) sz. táblásak, az anortit inkább zömök, prizmás (638. ábra).

A fizikai sajátságok mérhetően változnak a sor tagjainak *Ab* : *An*-tartalma szerint. Ennek alapján az elegyedés aránya optikai úton jó közelítéssel rögzíthető. Erre számos eljárást dolgoztak ki, melyek egyikét mutatjuk be. Ha az elegyviszonyokat az abszcisszán, az optikai adatokat az ordinátán ábrázoljuk, úgy a 639. ábrán látható diagramot kapjuk, melynek felső részén a megadott metszethez tartozó kioltásértéket, továbbá a tengelyszög-változásokat és törésmutatókat ábrázoltuk.



638. ábra. Albit és anortit

Az elegyarány meghatározásához elsősorban a plagioklászok albit-ikerlemezzességét használjuk fel. Ha a poliszintetikus lemezrendszer (010) síkjára merőleges metszetünk van, az ikerhatárok ferdén, de szimmetrikusan oltanak ki (640. ábra). Viszont középpállásban



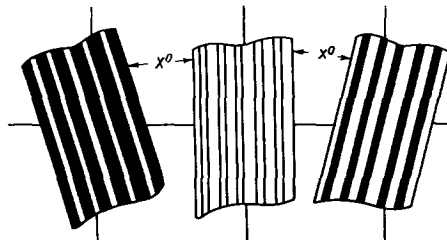
639. ábra. A plagioklászok optikai viszonyainak változása az összetétel szerint

érintkező kvarccal hasonlítunk össze. A Becke-vonal segítségével végzett összehasonlításban az albitgazdag (Ab_{80} -ig) tagoknál $n_a < n_{kb}$, az anortitban dúsabbaknál $n_a > n_{kb}$. A kvarccal történő összehasonlításban lehetőleg a két szomszédos ásvány egyszerre oltson ki, és ha a segédlemezrel egyező orientációt állapítunk meg, a γ' és ϵ' , valamint az α' és ω' egymással azonnal egybevetethők; ha ellentétes a törésmutató-irány, úgy a görbén az idevágó értékeket olvassuk le. (639. ábra). — Alkalmoszerűen a beágyazásos porkészítmények is jó segítséget nyújtanak. — A legponto-

az ikerhatárok egyenlő megvilágosodással (a földpátok kis kettőtörésének megfelelő, elsőrendű szürkésfehér színben) elmosódnak. Több kristályon azonos mérést végezve, a molekularány leolvasásához a nyert legnagyobb (maximális) szögértéket használjuk fel. Különleges helyzet csak An_{20} esetében adódik: a görbe éppen a 0° -os ordinátán halad át, vagyis ebben az esetben a kioltás éppen párhuzamos („egyenes”), és ikercsíkozás alig vagy nem látható.

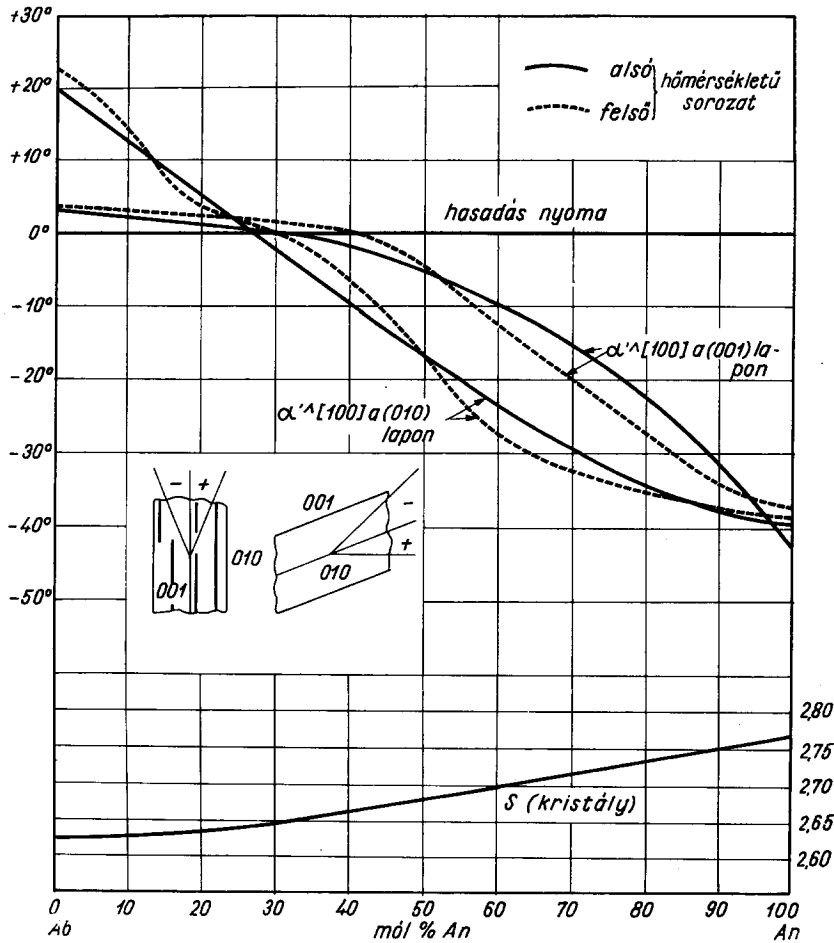
Az egyszerűbb fogásokhoz tartozik az is, ha olyan metszetet keresünk, mely egyidejűleg (010)-ra és (001)-re merőleges. Erre jellemző, hogy az ikerlemezeket közel merőleges hasadási vonalak harántolják. Az ilyen metszeteken mérhető értékek görbéje a többivel hosszú szakaszon együtt halad. — Újabb ábrán mutatjuk be a (010) és (001) lapon mérhető kioltáshoz tartozó értékeket (641. ábra).

Továbbiakban a fénytörésmutatók megállapításához is folyamodhatunk, melyet vagy a kanadabalzsaméval, vagy a közvetlenül



640. ábra. Albitiker szimmetrikus kioltása

sabb meghatározáshoz a Fjedorov-féle univerzális asztal segítségével juthatunk. A plagioklászszorozat elegytagjait a háromszögdiagram alján felsorolt nevekkel is szokás jelölni. L. 770. old. (624. ábra).



641. ábra. Az α' kioltásszög változásai a plagioklászok (001) és (010) lapjaival párhuzamos metszeteken. Alulso görbe a sűrűségértékből az An -tartalom meghatározására szolgál

A kőzetekben savanyúnak mondjuk azokat a plagioklászokat, amelyeknek nagy az Ab -tartalma, bázisosoknak azokat, amelyekben az An -molekula van túlsúlyban. Ennek alapja, hogy a két szélső tag SiO_2 -tartalmában lényeges különbség van: az albitban $SiO_2 = 68,6\%$, az anortitban $SiO_2 = 43,3\%$.

$K = 6-6,5$. $S = 2,62 (Ab) - 2,76 (An)$. Üvegfényű, a (001) lap gyakran gyöngyházfényű. Színtelen, gyakran idegen anyagok színezik. A kiömlési köze-

tek plagioklász-elegyrészeiben gyakori a *zónás szerkezet*, melynek magja normális esetben *An*-ban gazdagabb, kifelé pedig savanyúbb, *Ab*-hoz közeledő övekből áll. Metamorf kőzetekben a sorrend gyakran fordított. — Az anortit olv. p. 1550 C°, az albité 1100 C°. Savak az albitot alig támadják meg, az anortit savakban elkocsonyásodik.

Képz. A plagioklászok a legelterjedtebb és legközönségesebb kőzetalkotó ásványok. A „felső” hőmérsékletű sorozat főleg vulkáni kőzetelegyrészként jelenik meg, az „alsó” (és „átmeneti” szerkezetű) fokozat, albit—anortit-sorozat a mélységi magmás kőzetekben, a metamorfokban és szedimentekben is (mint törmelékes és autigén elegyrész) egyaránt megtalálható. — A mélységiek közül (a peridotit kivételével) főleg a savanyú és középbázisos kőzetekben: gránitban, szienitben, dioritban, porfirban, porfirritben csakúgy, mint a kiömlésiek közül a trachitban, andezitben, fonolitban az *Ab*-dúsabb összetételű elegykristályok és szerkezeti formák szerepelnek. — Az *An*-hoz közelebb álló tagok a bázisos kőzetekben: nórítban, melafirban, a kiömlésiek közül a bazaltfélékben lényeges elegyrészek. — Az albit fennőtt kristálya a gránit üregeiben, kristályospala-hasadékok falán is megjelenik. Jól ismert albitlelőhely Nadabula (Sajóháza, Szlovák Érchg.), ahol sziderittelér üregeiben több cm-es fehér, áttetsző, szép táblás albitkristályok képződtek. Kőzetelegyrészként az albit és hozzá közeli összetételű elegykristály inkább az alkálikőzetekben gyakoribb. — Az anortit csak bázisos magmás kőzetekben otthonos, kristályos palák elegyrészeként csak az amfibolitos karbonátkőzetek Ca-szilikátos ásványtársulásában. Hasonló eredete van a vezúvi (Olaszorsz.) mészsilikátos bombák üregeinek falán képződött szép fennőtt anortitkristályoknak is. — Számos lelőhelyen sajátos kifejlődésű, s emiatt többféle, helyi jelentőségű elnevezés használatos. — A meteoritokban található bytownit összetételű plagioklásszal egyező üvegszerű elegyrészt *maskelynit*-nek nevezik.

A földpátok elbomlásakor különböző másodlagos termékek keletkeznek. Termális hatásra a kiömlési kőzetek hólyagüregeiben zeolitok, a gabbrófélék bázisos plagioklászaiából ugyanilyen hatásra *saussurit* = zoizit + csillámásványok keletkeznek. Külszíni hatásra, a környezettől függően kaolin, montmorillonit, illit, sőt esetenként allitos ásványok is képződnek. Kaolinná legkönnyebben az ortoklász és anortit bomlik el. E kaolin mellett az újabb vizsgálatok halloysitot is megállapítanak. Legellenállóbb a mikroclin és az albit.

γ) BÁRIUMFÖLDPÁTOK

A báriumion is részt vehet a földpátok nagy családjának semlegesítő kationjai közt. Szerepe mennyiségre is és elterjedésre is jelentéktelen. A viszonylag tiszta báriumföldpátot, melyben a $BaAl_2Si_2O_8$ -molekula több mint 90%, *celzián* néven különítjük el. Az elegysor (K,Ba)[$AlSi_3O_8$] tagjait a *hialofán*-sorba foglaljuk össze.

Celzián, $\text{Ba}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$. Monoklin. $C_{2h}^3-I2_1/c$, $a_0 = 8,627$, $b_0 = 13,04$, $c_0 = 2 \times 7,2 \text{ \AA}$, $\beta \simeq 115,2^\circ$. $Z = 8$. Valójában Ba-anortitnak tekinthető, szerkezete azonban (a nagy kationméret miatt) nagyon hasonló a kálic-földpáatéhoz. — A természetben egészen ritka. — Sokkal inkább az izomorf *hialofán* elegyfázist kell tekintenünk a „báriumföldpát”-ok képviselőjeként, melynek összetételét így lehet megközelíteni: $\text{Ba}_{1/3}\text{K}_{2/3}[\text{Al}_{4/3}\text{Si}_{8/3}\text{O}_8]$. A cella mérete is más: $a_0 = 8,52$, $b_0 = 12,95$, $c_0 = 7,14 \text{ \AA}$, $\beta \simeq \sim 116^\circ$, és $Z = 4$. Kristályalak c -tengely szerint nyúltabb prizmás, emlékeztet az ortoklászra, illetőleg adulárra. Ikerkristály a karlsbadi, manebachi és bavenói törvény szerint eléggé gyakori. $K = 6-6,5$, $S = 3,2$ (celz.), $2,58-2,82$ (hialof.), $n_\alpha = 1,57$ (celz.) — $1,52$ (hialof.), $n_\beta = 1,58-1,53$, $n_\gamma = 1,59-1,54$. Színtelen, fehér vagy enyhén sárga; vékonycsiszolatban színtelen. Optikailag a celzián pozitív és tengelysíkja párhuzamos (010)-lal, a hialofán negatív és opt. tengelysíkja merőleges (010)-ra.

Képz. A báriumföldpát-félék képződésének eléggé szűk genetikai lehetőségei vannak. Elsősorban a mangánérctelepek kísérőásványa: Jakobsberg (Svédország), Kaso (Japán). Utóbbi bányahelyről írták le *kasoit* néven a $\sim 50\%$ celziánmolekulát tartalmazó (eléggé állandó elegyarányú) Ba-földpátot. Különböző arányú elegysorozat került elő Észak-Walesben (Anglia) Benallt lelőhelyről. Említeni kell a szép átlátszó kékesszürke hialofánt Szlugyanka-ról (Transzbajkália, SZU). Celziánfélék lelőhelye még Broken Hill, Új Dél-Wales (Ausztrália).

Paracelzián, $\text{Ba}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$, monoklin álrombos szerkezetváltozat. $a_0 = 8,58$, $b_0 = 9,58$, $c_0 = 9,08 \text{ \AA}$, $\beta \simeq 90^\circ$. Az említett angliai Benallt-ról vált ismeretessé.

Elkülönítik még a nátroncelziánt v. *banalsit*-ot, $\text{BaNa}_2\text{Si}_4\text{Al}_4\text{O}_{16}$. Rombos, tércs. C_{2v}^{21} —*Ibam*. — Lelőhelye ugyancsak Benallt (É-Wales, Anglia).

FÜGGELÉK

Danburit, $\text{CaB}_2\text{Si}_2\text{O}_8$, rombos holoéderes, D_{2h}^{10} —*Pbnm*. $a_0 = 8,77$, $b_0 = 8,03$, $c_0 = 7,74 \text{ \AA}$. A szerkezet közel rokon a földpátokéval: szilikátállványzata a $(\text{Si}, \text{Al})\text{O}_4$ -tetraéderek mintájára $(\text{Si}, \text{B})\text{O}_4$ -egységekből épül fel, csak a láncok kapcsolódásában van különbség, s így a szimmetria rombossá változik. — Előbbi paracelziánnak és banalsitnak is danburit-típusú szerkezete van.

Kristályai formákban gazdag, c -tengely szerint nyúlt prizmák. Hasadás (001) sz. inkább gyenge elválás. $K = 7-7,5$. $S = 2,9-3,0$. Halványsárga, sárgásfehér, borsárga, színtelen. Zsíros üvegfényű, áttetsző. Fénydiszperziója rendkívül erős: vöröstől zöldig opt. negatív; kékre már pozitív a jellege; $n_\alpha = 1,630$, $n_\beta = 1,633$, $n_\gamma = 1,636$. — Lángban megolvad és tejfehér üveggé dermed. Hevítvé vörös fényben világít (foszforeszkál).

Képz. Dolomitban bennőtt kristályok Danbury (Conn., USA). Gránit repedéseiben; gneiszeket átjárt kvarctelésekben az Alpok számos pontján. Japánban, Malgas-szigeten (Madagaszkár) dm-es nagy kristályok; Mexikóban: Zimapan, La Sirena érctelepeken gazdag kifejlődésű telérásvány.

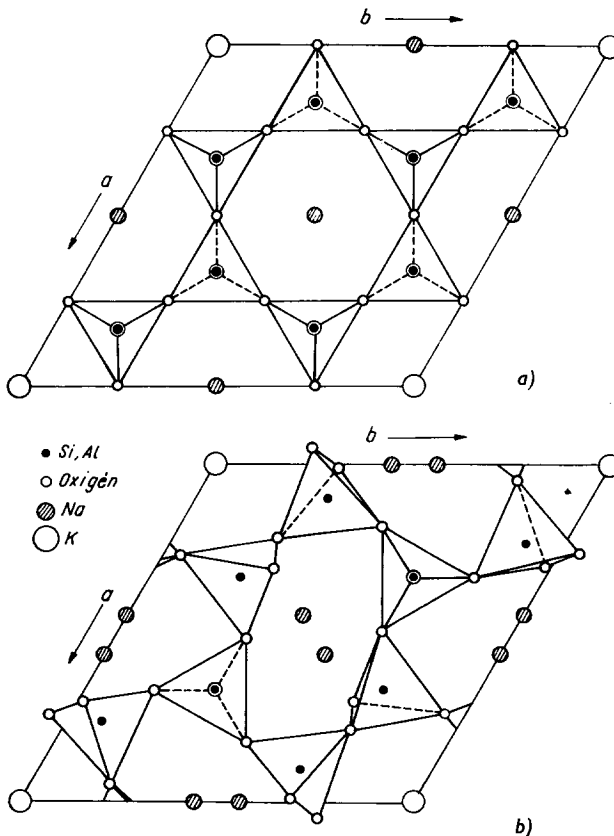
b) csoport.

Földpátpótlók

A magmaolvadékból akkor keletkeznek, mikor az SiO_2 mennyisége már nem elegendő a földpátok képzésére. Így a középbazisos és bazisos, alkáliákban gazdagabb kőzetekben a földpátok helyett vagy mellett alkáli-Al-szilikátok képződnek, melyekben a fémoxid : kovásvav aránya kisebb a földpátokénál. Innen származik az ásványok, „földpátpótló” elnevezése. A közvetlen keretében a nefelin-, leucit-, analcim-, szodalitásványokat és cankrinitet szokták általában földpáthelyettesítőkné tekinteni. Kristálykémiai jelleg és szerkezeti sajátságok alapján elsősorban a nefelin és leucit minősíthető „valódi” földpátpótló gyanánt.

Nefelin, $\text{Na}[\text{AlSiO}_4]$, illetőleg $\text{Na}_3\text{KAl}_4\text{Si}_4\text{O}_{16}$. Hexagonális piramisos. Szerkezete lényegében a „felső”-tridimitével egyezik meg. A tridimitben az SiO_4 -tetraéderek hatos gyűrűket formálnak, ugyanez a felépítés a nefelinben is. A fő különbség az, hogy a nefelinben a tetraéderek váltakozva $[\text{AlO}_4]$ és $[\text{SiO}_4]$ -ből állnak, s így a rácsnak

$[\text{SiAlO}_4]$ -kötelékenként egy fölös negatív töltése van. Ezt a torzult hatos gyűrűk belsejében elhelyezkedő alkáliionok egyenlítik ki (642. ábra). Természetesen a tridimit-rácshoz viszonyítva lényeges szimmetriacsökkenés áll elő. Térsc. $C_6^s - P6_3$. Az elemi cella, a fenti 4-szeres molekulát számítva: $a_0 = 10,01$, $c_0 = 8,41$ Å; $Z = 2$. A szerkezetbe Ca is beépülhet, de minthogy a Ca^{2+} töltése kétszeres, helyettesítő szerepe csak korlátozott mérvű lehet.



642. ábra. Nefelin-szerkezet; a — az $\text{Na}_3\text{KAl}_4\text{Si}_4\text{O}_{16}$ összetételű idealizált építmény (0001) síkra vetített képe. A tetraéderek elrendezése a „felső”-tridimitével egyezik. b — valódi nefelinszerkezet azonos vetületben

Kristályai hatszöges, zömök oszlopos, egyszerű kombinációk. A fennőtt kristályok mimetikus ikeralkotás folytán holoéderesek, de már étetéssel is kimutatható a piramisos (negyedes) szimmetria. Hasadás (10 $\bar{1}$ 0) sz. tökéletlen. $K = 5,5$ — 6 . $S = 2,56$ — $2,66$. Zsíros üvegfényű, színtelen, szürke vagy gyengén színezett. A kiömlési kőzetek nefelinje rendszerint üvegesen átlátszó. Mélységi kőzetekben sajátalak nélkül, a többi elegyrész közti hézagot tölti ki, és leginkább zavaros-átlátszatlan, olajos fényű. Ez a nefelin *eleolit* változata. Ennek zavarosodását a lassú lehűlés folytán szételegyedett bővebb K-tartalom, azaz kalszilitkiválás okozza (vö. pertit). A nefelint bővebben tartalmazó kőzet külsőleg maga is olajos—zsíros fényű. — Kis fénytörése és igen gyenge negatív kettőtörése van: $\omega = 1,544$, $\epsilon = 1,539$. — Savakban könnyen felhős kovakocsonyává oldódik. Lángban üveggé olvasható. Kevésbé állékony ásvány, főleg zeolitá alakul vagy szericitszerű anyaggá változik.

Képz. Na-ban gazdag és kovasavban szegény magmákból főleg albit és a hozzá közelálló plagioklász helyett keletkezik. Fontos kőzetalkotó elegyrész: eleolitszienitben s ennek pegmatitjaiban, pl. Ditrón (Harghita megye, Románia), fonolitban is, így a Mecsek-hegységi Kövestető és Somló kőzetében, továbbá nefelinbazanitokban, tefritékben. Helyenként hazai bazaltjainkban is megtalálható: Badacsony, Pálhegy (Sopron m.), Salgótarján.

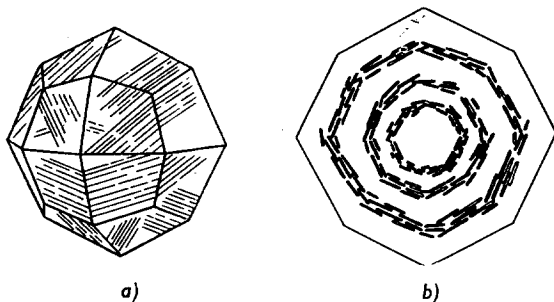
Kalszilit, $K[AlSiO_4]$, hexagonális trapezoéderes, D_6^h — $P6_32$. Szerkezete nem azonos a nefelinével, bár mindkettő alapváza a tridimitével egyezik. A cellaméret is különbözik a nefelinétől: $a_0 = 5,2$, $c_0 = 8,7$ Å. Összetételében 0—20%-nyi nefelinmolekulát tartalmazhat. Nagyobb hőfokról lassan lehűlt nefelinben a fölös K-tartalom (pertit-jellegű) kalszilitként válik ki. Az afrikai Katunga és Bunyarunguru (Uganda) lávakőzetében fenokristályos alakban és alapanyagként is bőséges elegyrész. Kalszilites kőzet ismeretes Kongó területéről is, e fenokristályokat az jellemzi, hogy a belső rész pertites szételegyedésű nefelin + kalszilit, melyet kívülről homogén nefelinburok övez.

Carnegieit, $Na_4[Al_4Si_4O_{16}]$. Két módosulatban ismeretes. A „felső”, β -alak szabályos, krisztobalit típusú állványszerkezet. Tércs. T^4 — $P2_13$. $a_0 = 7,325$ Å. A nefelinből ~ 1200 C° felett képződik. A 700° alá hűlt α -fázis szimmetriája triklinre csökken, és struktúráját belső ikresedés jellemzi. — Ásványként nem ismerjük. — (Számos kerámiai termékekben, szilikátolvadékokban gyakori kiválási termék.)

Kaliofilit, $K[AlSiO_4]$. Rombos—áhexagonális; szerkezete részleteiben még nem tisztázott. Egyes kutatók azonos tércsoportba sorolják ($P6_32$) a kalszilittel, csak a cellatérfogat többszörösen nagyobb. Mesterségesen könnyen előállítható, de a szintetizált anyag nem azonos a természetes kaliofilittel. — Metastabilis fázis. A természetben eddig csak a Monte Somma piroxenites—melilites bombáiból, az Albano-hg. (Lazio, Olaszország) kőzetéből, többnyire leucit-, haüyn-, gránát-, klinopiroxén társaságában került elő.

Leucit, $K[AlSi_2O_6]$. Álszabályos, tetragonális. C_{4h}^2 — $I4_1/a$. Szerkezete az analcimével ($NaAlSi_2O_6 \cdot H_2O$) és a pollucitével ($CsAlSi_2O_6 \cdot H_2O$) rokon.

Mindhárom szerkezetben az $(\text{Si,Al})\text{O}_4$ -tetraéderek 6-os és 4-es gyűrűvé kapcsolódnak. E gyűrűkből felépített tágas tektoszilikátban a nagyobb üreges helyekre a nagy K^+ -ion (vagy Cs^+) kerül, a kisebb helyek üresen maradnak vagy vízmolekulák foglalják azt el (pollucitban). — $Z = 16$. Külsőleg szabályos, rendszerint a (211) deltoidikozitetraéder (leucitoéder) határolja (643. ábra). Csak 625°C



643. ábra. Leucit; belsejében: a — ikerlemezekkel, b — koszorú alakú (salak-) zárványokkal

bák üregeiben találják. Hasadása nincsen. $K = 5,5-6$. $S = 2,50$. Üvegfényű, fehér vagy szürke, áttetsző. Belsejében gyakran látunk koszorú alakú vagy küllőszerű üveg- (salak-) zárványokat. Fénytörése kicsi és kettőtörése igen gyenge, alig észrevehető: $\omega = 1,508$, $\varepsilon = 1,509$. — Lángban nem olvad. Olv. p. 1860° . Sósavban kocsonyásodás nélkül oldódik.

Képz. Kálidús magmákból, nagyobb hőmérsékleten képződik. Huzamos kristályosodási körülmények között azonban instabilissá válik és káliföldpáttá alakul. Így csak *kiömlési*, illetőleg gyors lehűlésű kőzetekben otthonos. A Földközi-tenger környéki foyaitos—thermalitos fiatal lávakőzetek jellemző elegyrésze. Főleg Közép-Olaszország vulkánvidéke gazdag leucitos kőzetfajtákban. Említhető még a Rajna melletti Eifel-hegység (Németorsz.), a közép-afrikai nagy vulkánok (Kilimandzsáró, Meru) területe. Elvértve a badacsonyi és Korlát-i (Szlovákia) bazaltban is megtalálható.

Pollucit, $\text{Cs}[\text{AlSi}_2\text{O}_6] \cdot \text{H}_2\text{O}$, szerkezete a leucittal, illetőleg analcimmal egyező. Szabályos, pegmatitásvány.

Petalit, $\text{Li}[\text{AlSi}_4\text{O}_{10}]$. Monoklin prizmás. C_{2h}^4-P2/a . Szerkezete $[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$ „hullámos” réteggötelekéből, ill. állványzatból épül fel. $a_0 = 11,76$, $b_0 = 5,14$, $c_0 = 7,62 \text{ \AA}$, $\beta \approx 112^\circ 44'$.

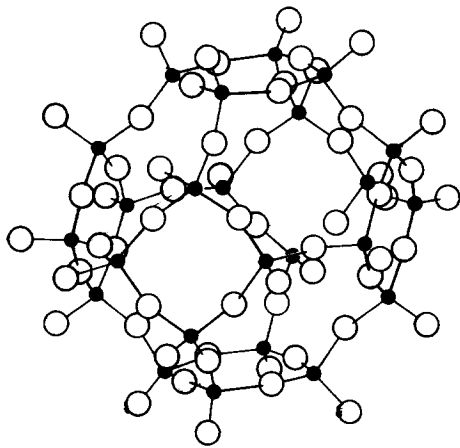
Ritkán jó kristályos. Küllős-sugaras, még inkább földpátszerűen szemcsés-vaskos halmaz. Hasadás (001) sz. kitűnő, (201) sz. jó, $K = 6,5$. $S = 2,4$. — Szürkésfehér, néha rózsaszín vagy halványzöld. (001) sz. lemezes ikerkristályok. Optikailag pozitív, tengelysík (001); $b = \gamma$, $2V_\gamma = 82^\circ-84^\circ$. Gyenge üvegfényű; $n_\alpha = 1,504$, $n_\beta = 1,510$, $n_\gamma = 1,516$. — Gránitpegmatitok ásványa, leggyakoribb társai: spodumen, lepidolit, turmalin, ambligonit. — Utó szigetén szép

kristályok, a Varuträsk-pegmatitban (Svédország) több ezer tonnányi tömegek. Transzbajkáliában (SZU), Japánban, Délnyugat-Afrikában (Karibib-pegmatit) jelentős és fejtésre (Li-kinyerésre) alkalmas tömegek ismeretesek.

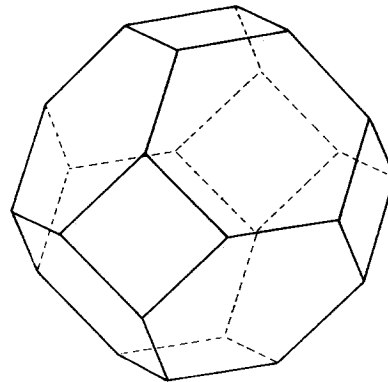
c) csoport.

Szodalitfélek

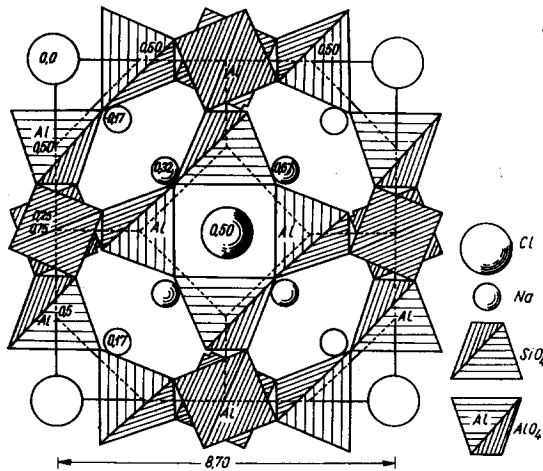
Gyakran a földpátpótlók közé sorolt szodalitásványok különböznek rács-szerkezetileg lényegesen nemcsak a földpát és földpátpótló, hanem minden eddigi szilikátszerkezettől. Rácsépítményükben az SiO_4 -tetraéderek tektoszilikát módjára csatlakoznak ugyan, de az előálló negatív töltésfelesleget a belépő másodrendű (inaktív) kation túlkompenzálja. Így a további pozitív töltést nagyméretű S^{2-} , Cl^- vagy komplex $[\text{SO}_4]^{2-}$, $[\text{CO}_3]^{2-}$ ion egyenlíti ki.



a



b)



c)

644. ábra. Szodalit-szerkezet. a – a 4-es tetraédergyűrűkből felépített váz; b – kubooktaéder, a vázépítmény geometriai alapformája; c – a szodalitrács (001) sík szerinti képe. A szaggatott vonalak a kubooktaéder vetületét, a kihúzott vonalak az elemi cella határát jelölik

A rácsszerkezet megegyezik a mesterségesen előállítható anorganikus ultramarinfestékkel. E festékben inaktív anionként főleg S^{2-} szerepel, melyet a legkülönbébb cserélhető fémionokkal összehozva, igen változatos festékszínek állíthatók elő.

A négyes gyűrűkből felépített szerkezet vázát az 644. ábra szemlélteti. A szabályos rendszerű tágas építmény geometriai alakja kuboooktaéder, melynek csúcsaiban felváltva vannak a Si- és Al-atomok. A $Na_4[Al_3Si_3O_{12}]Cl$ összetételű szodalitot alapul véve, a Na-ionok a hatoldalú oktaéderlapok közepében, kissé a testcentrum felé mélyedően 6-os (planáris) koordinációban vannak. A kuboooktaéder testközéppontjában a Cl^- helyezkedik el. E szerkezet tágassága folytán a vázhoz kapcsolódó részek tekintetében nagy változatosságot enged meg.

Szodalit-sor

101. táblázat

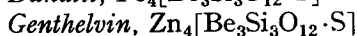
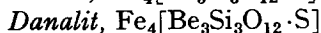
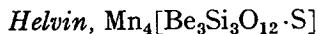
Név	Ö s s z e t é t e l	Tércsop.	<i>a</i>	<i>Z</i>	Törésmutató <i>n</i>
Szodalit	$Na_8[(AlSiO_4)_6Cl_2]$	} $T_d^- - P43n$	8,83—8,91	1	1,485
Nozeán	$Na_8[(AlSiO_4)_6SO_4]$		8,98—9,15	1	1,495
Haüyn	$(Na, Ca)_{8-4}[(AlSiO_4)_6(SO_4)_{2-1}]$		9,12	1	1,570
Lazúrit	$(Na, Ca)_{8-2}[(AlSiO_4)_6(SO_4, S, Cl)_{2-1}]$		9,08	1	1,500

Leggyakoribb kristályalakjuk a rombdodekaéder. Rendszerint bennöttek, kőzetalkotó jellegűek. Iker (111) sz. Hasadás (110) sz. elég jó. $K = 5-6$. $S = 2-15-2,50$. Üvegfényűek, színezésük különböző, áttetszők, idegen zárványosság néha opak viselkedést idéz elő. Az izotrópia nem mindig teljes. A Na-ot kevés K is helyettesítheti. Lángban megolvadnak, savak elkocsonyásítják. Kevésé ellenálló ásványok. Málláskor rostos zeolit (nátrolit), vagy szericit—hidrargillit—diaszporból álló halmaz keletkezik.

Szodalit. Eleolitszenitekben a nefelint kíséri és helyettesíti. Rendszerint saját alak nélküli elegyrész, többnyire szép kék színű, és kisebb-nagyobb foltokkal díszíti a kőzetet. Ditró (Harghita megye, Románia). Pireneusok, Dél-Norvégia, Kola-félsziget (SZU). Szerepe van egyes fonolitokban, trachitokban, néha bazaltos kőzetekben is, de itt csak alárendelten, mikroszkopikus szemeket alkot. Említhető a Kövestető fonolitja a Mecsekben, továbbá egyes közép-olaszországi trachitos-fonolitos kőzetek; a vezúvi bombákban fennőtt kristályai vannak.

Nozeán és **haüyn** a szodalittól eltérően főleg a fiatal, nefelin—leucittartalmú kiömlési kőzetek elegyrésze. Rombdodekaédes fennőtt kristályok az Eifel-hegységi (Németorsz.) és olaszországi vulkáni bombákban. Mikroszkopikus elegyrészként is eléggé saját alakú; fonolitban, nefelin- és leucitbazaltban, főleg a haüynofirban és nozeanitban pl. a Laachi-tó környékén (Eifel-hegység), Közép-Olaszországban.

Lazúrit vagy **lazúrkő**. Természetes ultramarin. Színe szép azúrkék, ibolyáskék, zöldeskék. Sok idegen ásványt tartalmaz zárványként. Kontakt metamorf mészkövekben találják. Díszítőkö (lápisz lazuli). Karca kék. Megőrölve régebben festékül használták. Afganisztánban ősidőktől bányásszák, ismert lelőhelye még a Bajkál-tó környéke, Turkesztán (SZU), Irán.

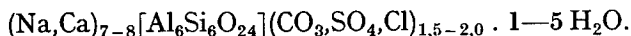


A három kristályos vegyület szabályos hexakisztetraédes, $T_2^4 - P\bar{4}3n$. $Z = 2$. A szerkezet a szodalitéval egyező. Az izotópia oly módon áll elő, hogy az Al helyét Be, a Na helyét pedig Mn, Fe^{2+} vagy Zn foglalja el. A cella mérete természetesen megváltozik, $a_0 = 8,29, 8,20$ és $8,12 \text{ \AA}$. A három vegyület teljesen izomorf, és belőlük különböző arányú elegyösszetétel állhat elő.

Helvin, $(\text{Mn, Fe, Zn})_4[\text{Be}_3\text{Si}_3\text{O}_{12} \cdot \text{S}]$. Tetraédes termetű, citromsárga, mézsárga, barnásárga kristályok vagy gömbszerű halmazok. $K = 6$, $S = 3,2 - 3,44$. Fénytörése erős: $1,728 - 1,749$. Izotrop. — HCl elbontja és H_2S fejlődik. — Kontaktpneumatolitos szkarnokzetek gyakori ásványa, de gránitpegmatitokban is lelhető. — Ismert lelőhelye a Gutin-hegységi (Románia) Capnic (Kapnik), ahol a hidrotermás telérközet üregeiben kristályos kvarchoz és rodokrozit-hoz társul.

Danalitot a transzbajkáliai (SZU) dioritpegmatitból ismerünk. Szép telt rózsaszínű genthelvin pedig Coloradóból (USA) és Nigériából került eddig elő.

Cancrinit, $(\text{Na}_2, \text{Ca})_4[(\text{AlSiO}_4)_6 \cdot \text{CO}_3] \cdot \text{H}_2\text{O}$. Hexagonális piramisos, $C_6^2 - P6_32$. $a_0 = 12,63 - 12,78$, $c_0 = 5,11 - 5,20$. Szerkezete részleteiben még nem ismeretes. Kémiai képlet és paragenézis alapján szodalitszerkezetnek vélték. De kiderült, hogy az $\text{Al}_6[\text{Si}_6\text{O}_{24}]$ -vázú szerkezetben a $[(\text{Si, Al})\text{O}_4]$ -tetraéderek 4-, 6- és 12-tagú gyűrűket formálnak. Ezek a gyűrűk hozzák létre az üregeket és csatornákat, melyekben a Na- és Ca-ionok, a nagyobb CO_3^{2-} és SO_4^{2-} -ionok, valamint a vízmolekulák is helyet foglalnak. A kis sűrűség és kationcsere-sajátság összefüggésben van a vázolt üreges felépítéssel. A helyettesítési lehetőségeket is felölő formulát ilyen alakban kell írunk:



Izomorf változata a *visnyevit*, melyben inaktív kationként még K is szerepel, és a pótanionok közül a SO_4^{2-} van túlsúlyban.

Kristályok ritkák, leginkább bennőtt, vaskos, kevésbé jól határolt szemcse-halmaz. $K = 5 - 6$, $S = 2,4 - 2,5$. Hasadás $(10\bar{1}0)$ sz. tökéletes, (0001) sz. kevésbé tökéletes. Üvegfényű, színtelen, enyhén kékes, zöldes vagy sárgásszürke. Optikailag negatív, kettőtörése erős, $\epsilon = 1,503$, $\omega = 1,528$. — Lángban felhabzik s megolvad. HCl enyhe pezsgéssel oldja.

Képz. Alkáli- (Na-ban gazdag) magmás kőzetek elsődleges elegyrésze. Fontos kőzetalkotó szerepe van pl. az Alnö-szigeti (Svédorsz.) juvitfélékben (cancrinit-

juvit). Urtitban, ijolitban otthonos, és számos nefelinszenitben, így Ditrón (Harghita megye, Románia) a szodalitos ditróitnak is elegyrésze. — A nefelin átalakulásából is keletkezhet.

Davyn, $(\text{Na}, \text{K})_6\text{Ca}_2[(\text{AlSiO}_4)_6 \cdot (\text{SO}_4)_2]$. Hexagonális holoéderes. D_{6h}^* — $P6mmc$. $a_0 = 12,8$, $c_0 = 5,36$ Å. Szerkezetileg a cancrinithez áll közel. — Fehér, színtelen vagy enyhén színes. $K = 5,5$. $S = 2,3$ — $2,4$. Fénytörése és kettőstörése is nagyon gyenge: $\varepsilon = 1,527$, $\omega = 1,528$. Eddig vulkáni (Vezúv) bombák üregeiből került elő.

d) csoport.

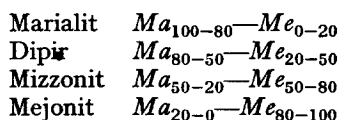
Szkapolitok

A tetragonális dipiramisos szkapolitcsoport ásványai rácsszerkezetileg a szodalitfélékhez állnak közel. Ugyanúgy, mint az ultramarinvázban, az inaktív kation töltése itt is meghaladja a váz igényét, tehát további kicserélhető anion épül a rácsba. A szerkezet 4 tetraéderből összekapcsolt gyűrűs rácselemekből épül fel. E gyűrűk egymással közös oxigén révén láncokká fűződnek, a párhuzamosan haladó láncok pedig egymással oldalról is kapcsolódnak. A térhálós vázban a kation—anion-viszony $(\text{Si} + \text{Al}) : \text{O} = 1 : 2$ -nek felel meg, de az $\text{Al} \rightarrow \text{Si}$ helyettesítés aránya nem állandó, hanem fél cellát tekintve Si_9Al_3 és Si_6Al_6 között változik. Így a kiegyenlítésnek is ehhez kell igazodnia, ami Na^+ - és Ca^{2+} -mal történik, és a fennmaradó pozitív töltést Cl^- és CO_3^{2-} köti le. Így alakul ki az izomorf sorozat, melynek szélső tagjait és ezek adatait a 102. táblázatban találjuk meg.

102. táblázat

Név	Összetétel	Térceport	Rácsállandó		Fénytörés		S
			a_0	c_0	ω	ε	
Marialit	$\text{Na}_4[\text{Si}_9\text{Al}_3\text{O}_{24} \cdot \text{Cl}]$	$C_{4h}^5 - I4/m$	12,11	7,56	1,537	1,537	2,54
Mejonit	$\text{Ca}_4[\text{Si}_6\text{Al}_6\text{O}_{24} \cdot \text{CO}_3]$	$C_{4h}^5 - I4/m$	12,23	7,68	1,596	1,537	2,81

E szélső tagok korlátozás nélküli folyamatos elegysort alkothatnak. A természetes ásványok szinte kivétel nélkül elegykristályok. Éppen ezért (a plagioklászok mintájára) az elegy jellemzését molekulaarányokban adjuk meg, a sorozaton belül még két tagot (ill. elegytartományt) is megkülönböztetünk:

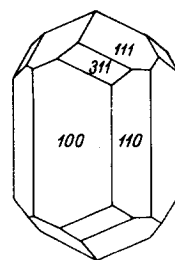


A szerkezetben a Na^+ -on és Ca^{2+} -on kívül még K^+ , Mg^{2+} is, a Cl^- és CO_3^{2-} mellett pedig SO_4^{2-} és F^- is szerepelhet.

Kristályalak többnyire jól fejlett, zömök vagy nyúlt oszlopos, a paramorf szimmetriát is jelző dipiramisokkal (645. ábra). Tömeges, vaskos-szemcsés hal-

mazok is gyakoriak. Hasadása (100) sz. jó, $K = 5-6,5$. $S =$ lásd táblázat. Üvegfényű, kissé gyantászerű, színtelen vagy gyengén színezett. Átlátszó át-tetsző. A földtanilag idősebb kialakulású szkapolitok zavarosak és erősebben színezettek. Lángban megolvad, HCl csak a Me-ban gazdagabb (bázisosabb) tagokat oldja.

Képz. A szkapolit meglehetősen elterjedt ásvány. Elsősorban kontakt mészkövek jellemző ásványa. Bázisosabb mélységi kőzetek autometamorfózisa során, pneumatolitos vagy hidrotermás hatásra földpátokból keletkezik (szkapolitosodás). Kristályos palákban, gnejszben, amfibolitban gyakori ásvány. A Me-dúsabb szkapolitot vulkáni bombák üregeinek falán szép kristályokban is találják.



645. ábra. Szkapolit

e) csoport.

Zeolitok

A zeolitok a szilikátásványok sajátos csoportját alkotják. Túlnyomóan Na-Ca-alumoszilikátok, és legjellemzőbb sajátságuk, hogy tágas-üreges $(\text{Si,Al})\text{O}_2$ rácsvázukhoz molekuláris víz csatlakozik. E víztartalom egy része a rácsépítmény üregeiben, csatornáiban adszorpciósan kötött, ún. zeolitos víz, mely hevítéssel folyamatosan eltávolítható anélkül, hogy a rács összeomlana vagy megváltozna. Az így dehidrált ásvány azután vízben vagy páradús légkörben elvesztett vizét újra felveszi. Egyes zeolitokban azonban a folyamat reverzibilitása többszöri ismétlődés után fokozatosan csökken. A dehidrált ásvány egyébként más környezetben újabb folyékony, illetőleg illékony anyagot is képes a víz helyére ekvivalens mennyiségben felvenni. — Az ásvány víztartalmának fennmaradó másik része szerkezetiileg kötött „kristályvíz”, mely csak határozott hőmérsékleten távozik el, s ugyanakkor a kristályszerkezet is megsemmisül, helyesebben a hőkezelés következtében átépül. További jellegzetessége, hogy ugyancsak a rácsváz hézagaiban koordinált inaktív kation (vagy legalább annak egy része) kivonható. Megfelelő közegben, pl. lúgokban az eltávozó kation más fémmel cserélődik ki.

Más szóval: a zeolitok a földpátpótlóknál is tágasabb üreges-csatornás alumíniumszilikát-építmények, ezért sűrűségük is csak 2—2,3 (földpátpótlóké 2,3—2,5, földpátoké 2,5—2,7).

Szerkezeti és morfológiai sajátságok alapján három zeolitsoportot lehet megkülönböztetni.

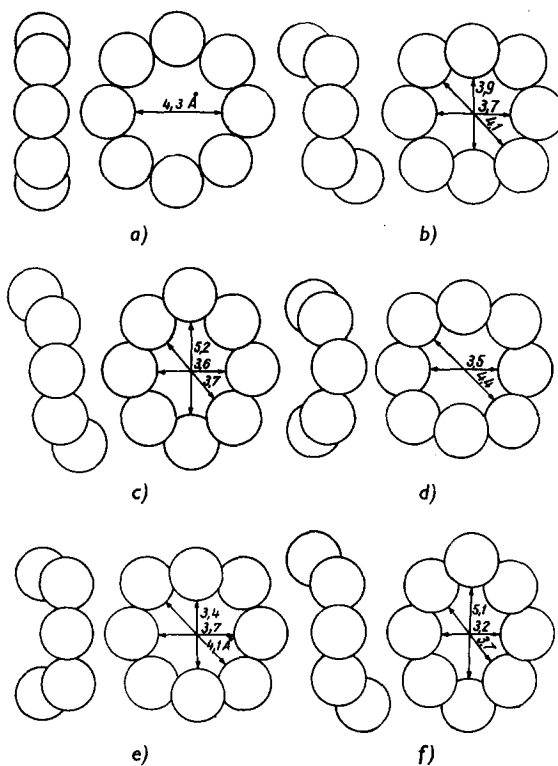
α) Nátrolitcsoport (nátrolit, mezolit, skolecit, thomsonit, gonnardit, edingtonit). Az építményben a tetraéderek kapcsolódása láncszerű, ezért a külalakon a nyújtott, *rostos* jelleg érvényesül.

β) Heulanditcsoport (heulandit, dezmin, epistilbit), melyet a kitűnő *leveles* hasadás, vagyis két irányú erősebb lemezes kapcsolódás jellemez.

γ) A harmadik csoportba azokat a zeolitokat soroljuk, melyeknek szerkezeti kötőerői minden irányban közel egyenlők (külsőjük után a *kockás* zeolit elnevezés is használatos). E csoport tagjai: a harmotom, phillipsit, chabazit, gmelinit, levyn, faujasit (és analcim). Ide tartozik még az erionit, bár ennek szerkezetében láncszerű kapcsolódás is van, és külsőleg is inkább rostos.

A zeolitok gyakorlati jelentősége az üreges szerkezetükből adódó adszorpciós képességükben rejlik. A tetraéderekből kapcsolt gyűrűk térhálózatának kialakulása különböző kombinációkat ölthet. Ennek néhány adatát soroljuk fel a 103. táblázatban.

A méretekből látható, hogy a gyűrűkből kialakult csatornák kationok és organikus molekulák befogadására egyaránt alkalmasak. A méretek azonban korlátot is szabnak, vagyis szelektív adszorpció megy végbe, s így e szerkezetek *ion-*, ill. *molekulaszűrő*ként működtethetők. Ebből a célból mesterséges zeolitokat állítanak elő, s a vegyi komponensek, főképp az inaktív kation megválasztásával a csatorna mérete, ill. a szűrő permeabilitása beállítható. A 8-as gyűrűk egy csoportjának átmérőviszonyait a 646. ábra mutatja be. A



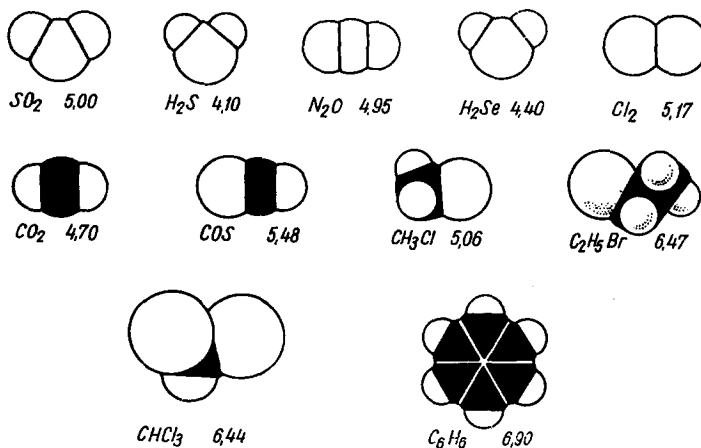
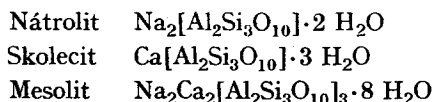
646. ábra. A zeolitok 8-as gyűrűinek belső méretviszonyai: a – Lindé-A mol. szűrő (mesterséges zeolit); b – chabazit, c – erionit, d – harmotom, e – gmelinit, f – levyn. (A gyűrűk bal oldalán az illeszkedés harántképe)

103. táblázat

Zeolit	A gyűrűkbe kapcsolt tetraéderek száma	A legszélesebb csatorna minimális átmérője, Å
Analcim	4 és 6	2,2 Å
Harmotom } Phillipsit }	4 és 8	3,5
Levyn	4, 6 és 8	3,2
Chabazit	4, 6 és 8	3,9
Heulandit	5, 6 és 8	—
Gmelinit	4, 6, 8 és 12	6,4
Faujasit	4, 6 és 12	9,0

másik ábrán tájékoztatásul néhány hidrátképző molekula méretei láthatók (647. ábra).

A csatornák belső átmérője nem mindig biztosítja a permeabilitást, nagyszámú kation eltömítheti azokat, de az ionos vagy molekuladiffúzió a víztartalomtól is függ. Az ioncsere-kapacitás pl. csökken, ha víz távozott el a szerkezetből, a kationok nagyobb koncentrációban kevésbé mobilisak. Legtöbb zeolitban a vízmolekulák mintegy eloszlanak a lehetséges rácshelyeken, s egyik helyről a másikra átválthatnak. Minthogy a vízmolekulák az inaktív kationok köré vannak koordinálva, a Ca-zeolit természetesen több H₂O-et tart a rácspan, mint pl. az azonos szerkezetű Na-ásvány:



647. ábra. Néhány hidrátképző molekula alakja és mérete

A chabazit vagy heulandit esetében pl. az is tapasztalható, hogy a kristály mindig több vizet tartalmaz, ha a rácsnak a K^+ -ion mellett, ill. helyett a Ca^{2+} -iontartalma nagyobb.

Rácsszerkezetileg a felépítés vázát minden esetben az $(Si,Al)O_4$ -tetraéderek hálózata alkotja. A Si-ot az Al változó arányban helyettesíti. A felépítés elve formailag még legjobban a földpátokéra emlékeztet. Az egyes szerkezettypusokat az említett csoportoknál ismertetjük.

A zeolitok általában színtelenek, vagy allokromásan, leginkább vas-oxidtól enyhén színezettek. Törésmutatójuk is alacsony: 1,4—1,5. A kettőstörés gyenge: $\leq 0,015$. — Lángban legtöbbje habzás közben (zein = forrni) könnyen megolvad. HCl-ban — kevés kivétellel — kocsonyásodva oldódnak.

Képz. A zeolitok elsősorban vulkáni kőzetekben, bázisos-középbázisos lávákban, ezek gáz- (hólyag-) üregeiben, hasadécai falán vagy kitöltéseként ismeretesek. Régi felismerés (CORNU, 1908) az a „szabály”, hogy ezekben a kitöréses kőzetekben a hőmérséklet csökkenésével a hidratáció fokozódásának rendjében jelennek meg a zeolitok, és pedig helyi adottságoktól függően, kristálykémiailag egymásutánban. A zeolitiképződés feltételei a hidrotermás folyamatban is teljesülhetnek; érctelésekben kíséretként, vagy magmás és metamorf kőzetek hasadékeinak, kilúgozott üregeinek belsejében is zeolitosodás mehet végbe. Számos magmás kőzetben alumoszilikát-elegyrészek (földpátok, nefelin) átalakulási termékeként is képződnek. — Homokkövekben és más törmelékes üledékekben autigén ásványként keletkezhetnek.

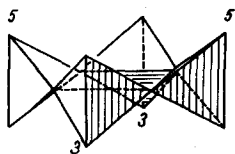
Végül számos kiömlési kőzet, főként bazaltfélék alapanyagában zeolitásványokat lehet megfigyelni; vagyis a vízgőzben gazdagabb olvadék utolsó kristályosodási termékeként jöhetett létre. Hőfok tekintetében — túlnyomó részükénél — hidrotermás viszonyokat kell feltételeznünk. Erre utalnak egyébként a zeolitok mesterséges előállításának tapasztalatai, a kidolgozott eljárások is.

a) NÁTROLIT-SOR

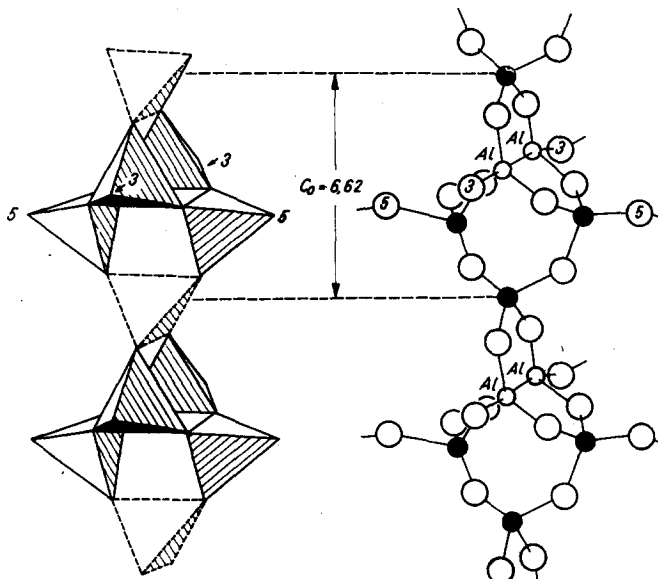
(„Rostos” zeolitok)

A szerkezetben a szilikáttetraéderek előbb 4-es gyűrűkké, majd láncokká fűződnek. A gyűrűk alakulásáról a 648. ábra tájékoztat: a 4-es gyűrűben 2 szemben levő tetraédert lefelé, 2-t pedig felfelé hajlítunk úgy, hogy ezek szabad csúcsaikkal az alul és felül következő, de átellenesen hajlított gyűrűtagok csúcsaival egy-egy új tetraédert hozzanak létre. Ez egyben a láncokká fűződés mozzanatát is magyarázza. A kialakult láncok a hosszirányra merőleges vetületben, leegyszerűsítve négyzettel helyettesíthetők, a 649. ábra tehát négyzetvetületekben mutatja be az eddingtonit láncainak egymás mellé sorakozását, azaz oldalirányú kapcsolódását. Jelzi továbbá az elemi cella alapvonalát és méretét. A négyzetek csúcsaihoz és közepébe írt számok a függőleges magasságot jelölik $\frac{1}{8}c_0$ egységben.

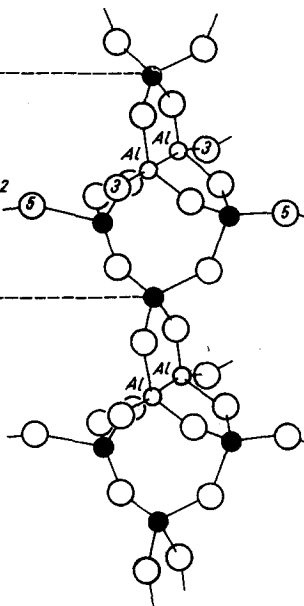
A kiindulásul felvett $[(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_{12}]$ -gyűrűkhöz tehát még egy 5.-ik tetraéder is tartozik (648/b ábra). Így a lánctagnak $(\text{Si},\text{Al})_5 \cdot \text{O}_{12}$ felelne meg, azonban a lánccá fűződött gyűrűk oldalirányban 4 oxigénezen át a szomszéd lánccal is kapcsolódnak, így ezeknek az oxigéneknek csak a fele tartozik az eredeti lánchoz, vagyis az általános alapformula: $[(\text{Si},\text{Al})_5\text{O}_{10}]^{x-}$ -nak adódik. A rostos zeolitokban a láncok közti térben helyezkednek el az inaktív kationok és a vízmolekulák. E szerkezeti vázlatok azt is jól mutatják, hogy a viszonylag kevés számú, s így gyenge oldalkapcsolódás miatt a láncokkal párhuzamosan jó hasadás következik be.



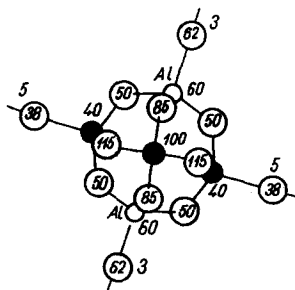
a)



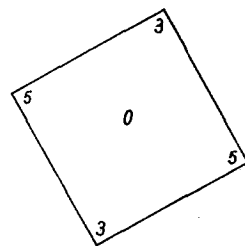
b)



c)



d)



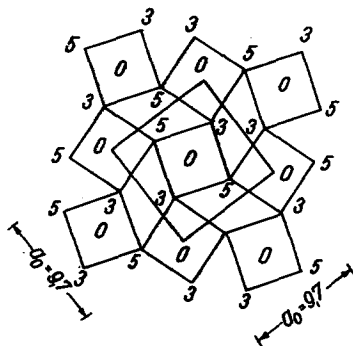
e)

648. ábra. A nátrolit-szerkezet gyűrűinek alakulása és láncokká kapcsolódása: a — kiindulásul felvett $[(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_{12}]$ -es gyűrű; b — és c — a kialakult lánc oldalnézetben; d — a lánc vetületi képe; e — ugyanaz vázlatosan

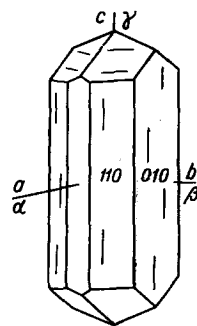
104. táblázat

Név	Összetétel	Tércsop.	Z	Fénytörés		
				n_α	n_β	n_γ
Nátrolit	$\text{Na}_2[\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}] \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$	$C_{2v}^{19} - Fdd2$	8	1,473	1,476	1,485
Skolecit	$\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}] \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$	$C_2^4 - Cc$	8	1,507	1,516	1,517
Mezolit	$\text{Ca}_2\text{Na}_2[\text{Al}_6\text{Si}_9\text{O}_{30}] \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$	$C_2^2 - C2$	8	—	1,504	—
Thomsonit	$\text{Ca}_2\text{Na}[(\text{Al},\text{Si})_{10}\text{O}_{20}] \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$	$D_{2h}^{16} - Pnma$	4	1,497	1,513	1,518
Gonnardit	$\text{CaNa}_2[(\text{Al},\text{Si})_{10}\text{O}_{20}] \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$	rombos	2	1,477	—	1,499
Edingtonit	$\text{Ba}[\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}] \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$	$D_{2d}^3 - P4_21m$	2	1,541	1,553	1,557

Nátrolit, rombos piramisos, áltetragonális. $a_0 = 18,3$, $b_0 = 18,6$, $c_0 = 6,6$ Å. Szerkezetében az $[(\text{Al},\text{Si})_5\text{O}_{10}]$ -láncok a c -tengellyel párhuzamosan haladnak. A közöttük levő üres csatornában 2 Na és 2 H_2O helyezkedik el (649. ábra). Prizmás termetű kristályai nyúltak, oszloposak (650. ábra), tűsek, kéveszerű nyalábokká csoportosulnak, néha lisztszerű szemcsés tömegek is kialakulnak.



649. ábra. Az egymással párhuzamosan kapcsolódó láncok harántvetülete az edingtonitban



650. ábra. Nátrolit

Hasadás (110) sz. igen jó. $K = 5-5,5$. $S = 2,2$. Üvegfényű, rostos halmazban selyemfényű, áttetsző, fehér vagy gyengén színezett. Hevítve könnyen megolvad.

Képz. Fonolit, bazalt hólyagüregeiben, repedéseiben; Balaton-felvidéki bazaltok számos feltárásában megtaláljuk. A mecseki fonolitban a repedésekben és alapanyagként is szerepel.

Skolecit, monoklin dómás. $a_0 = 18,52$, $b_0 = 18,94$, $c_0 = 6,54$. $\beta \simeq 90^\circ 39'$. Egyszerű kristályai zömök oszloposak, a nyúlt prizmásak álrhomboz ikerkristályok. Nyalábos-sugaras csoportokat, gumókat is alkot. (110) sz. igen jól hasad. Optikai tengelysík merőleges (010)-ra, negatív, $c \wedge \alpha \sim 18^\circ$. Lángban megduzzad és féregszerűen megcsavarodik. Piroelektromos.

Más zeolitok társaságában fiatal vulkáni kőzetek üregeiben, valamint gránit, szienit hasadékaiban lelhető, balatoni bazaltok közül különösen a Gulács-hegyen ahol nátrólittal és mezolittal társul, sőt ezekkel egy kristályon belül is összenő.

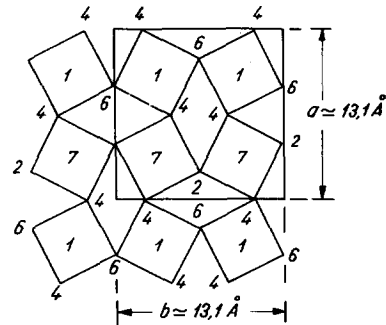
Mezolit, a nátrolit és skolecit elegyalakjának is tekinthető. Szerkezetében a láncos kapcsolódás a b -tengely iránya, így az álrhombs kristályok természetén is az ortozóna fejlődik jobban ki. Opt. tengelysík párhuzamos (010)-lal; pozitív, $a^\wedge\gamma = 8 - 10^\circ$. Mindenkori ikerkristály (100) sz. — Vulkanai kőzetek üregeiben más zeolitokkal társul. Tufás üledékekben is keletkezik. Balatoni bazaltfejtők közül a Gulács-hegyen került elő skolecit, nátrolit társaságában.

Thomsonit, rombos dipiramisos. $a_0 = 13,07$, $b_0 = 13,09$, $c_0 = 2 \times 6,63 \text{ \AA}$. $Z = 4$. Szerkezetében a láncok elrendezését, ill. kapcsolódását a 651. ábra mutatja be. Legtöbbnyire oszlopos, legyezőszerű vagy lemezes halmaz. Ikerkristálya (110) sz. átnövéses keresztalak. Hasadás (010) sz. tökéletes, (100) sz. jó. $K = 5,5$, $S = 2,1 - 2,3$. A kitűnő hasadási felületen gyöngyházfényű, különben üvegfényű. Zavaros, fehér, enyhén színezett. Opt. tengelysík párhuzamos (001)-gyel, pozitív. $\gamma = b$, $2V_\gamma = 45^\circ - 70^\circ$.

Közönséges és gyakori zeolit. Fonolit, bazalt, melafir, sőt andezit üregeiben is megtalálható.

Gonnardit, rombos (áltetragonális). $a_0 = 13,38$, $b_0 = 13,38$, $c_0 = 6,66 \text{ \AA}$. Vegyi összetétele nem mindig felel meg a formulának, $\text{Na} + \text{Si} \rightleftharpoons \text{Ca} + \text{Al}$ diadach helyettesítés, ill. arányeltolódás érvényesülhet. Leginkább sferulitos, sugaras. — Opt. negatív, nagyon gyengén kettőtörő. $2V_\alpha = 50^\circ$. — A Földközi tenger környéki bazaltos kőzetekből: Aci Castello, Aci Trezza (Szicília), Capo de Bove (Róma mell.), s a Rajna-vidéki (Németorsz.) bázisos kőzetekből került bővebben elő.

Edingtonit, rombos dipiramisos (vagy monoklin); $a_0 = 9,6$, $b_0 = 9,6$, $c_0 = 6,5$. Szerkezeti vázát (haránt vetületben) a 649. ábra mutatja be. Oszlopos, rostos. Hasadás (110) és $(\bar{1}\bar{1}0)$ sz. $S = 2,7$. Opt. negatív, tengelysík párhuzamos (010)-lal, $c = \alpha$. $2V_\alpha \sim 50^\circ$. — Bázisos mélységi kőzet üregeiben keletkezik. Harmotom, analcim, thomsonit a leggyakoribb társai.



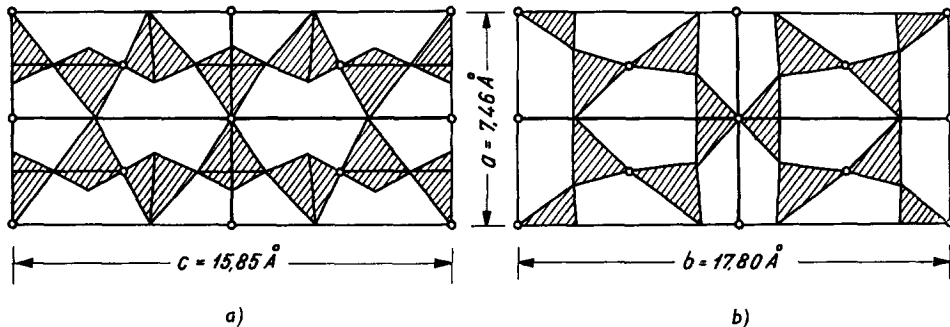
651. ábra. Thomsonit-szerkezet váza (001) sz. vetületben

β) HEULANDIT-SOR („Leveles” zeolitok)

A heulandit-sor szerkezetére — a többi zeolithoz hasonlóan — az $(\text{Si}, \text{Al})\text{O}_4$ -tetraéderek tágas, gyűrűkbe csoportosuló kapcsolódása jellemző. A felépítés alapvázát a mellékelt rajz szemlélteti (652. ábra). A tágas szerkezetben a Cationok a gyűrűk szélén, az Al-atomok közelében foglalnak helyet, a vízmolekulák pedig a csatornában helyezkednek el. Az inaktív kation is, és a vízmolekulák is

szabadon mozoghatnak a szerkezetben, helyzetük nincsen determinálva. A (010) szerinti hasadást a b -tengely irányára merőlegesen előálló rétegeesség, azaz viszonylag gyenge kacsolódás magyarázza.

A többi, e sorhoz tartozó zeolit: stilbit (dezmin), epidezmin szerkezete hasonló a heulanditéhoz.



652. ábra. Heulandit-szerkezet váza két nézetben. a — az $(\text{Si,Al})\text{O}_4$ -tetraéderek 6-os gyűrűbe kapcsolódnak; — b — vetületi kép(001) sz. Itt az 5-és 8-tagú gyűrűk hálózata, egyben a (010) sík szerinti (b irányra merőleges) rétegeesség látható

104. táblázat

A sor tagjai		Térccsop.	Fénytorés			β - χ
			n_α	n_β	n_γ	
Heulandit	$(\text{Ca,Na}_2)[\text{Al}_2\text{Si}_7\text{O}_{18}] \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$	$C_{2h}^3 - I2/m$	1,491	1,493	1,500	$91^\circ 26'$
Dezmin (stilbit)	$(\text{Ca,Na}_2,\text{K}_2)[\text{Al}_2\text{Si}_7\text{O}_{18}] \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	$C_{2h}^3 - C2/m$	1,484	1,492	1,494	$129^\circ 10'$
Epistilbit (epidezmin)	$\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16}] \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$	monoklin	1,485	1,497	1,497	$124^\circ 20'$

Heulandit és klinoptilolit, monoklin prizmás, álrhombo. $a_0 = 15,85$, $b_0 = 17,84$, $c_0 = 7,46$ Å. $Z = 4$. Összetételében az SiO_2 -tartalom változik. A heulanditban a SiO_2 mennyisége 56,8—58,5%. A másik azonos felépítésű szerkezetben az SiO_2 -tartalom 61,8%, ez utóbbit önálló ásványnak minősítve, *klinoptilolit*-nak nevezzük el. Különbőség még, hogy ebben több az egy-, mint a két-vegyértékű inaktív kation, továbbá: a heulandit ~ 230 C°-on átalakul „heulandit-B” módosulattá, majd 350 C°-on amorfá lesz, ezzel szemben a klinoptilolit közel 700°-ig stabilisan viselkedik. Érthetően a két zeolit differenciális hőelemzési diagramja is kifejezetten különbözik.

Krist. Kristályok termete (010) sz. táblás vagy b -tengely szerint nyúlt oszlopos (653. ábra). A nagyobb kristályok lapjai hullámosak, az ortozónában a (010)-lappal párhuzamosan rostozás látszik. Hasadása (010) sz. tökéletes. $K = 3,5-4$, $S = 2,1-2,2$. Hasadási lapon gyöngyházfényű, egyébként üveg-

fényű. Fehér, gyakran rózsás vagy téglapirosra színezett, ami finom $\text{FeO}(\text{OH})$ -pikkelykék zárványszerű betelepüléséből ered. Opt. (összetételétől függően) pozitív vagy negatív, opt. tengelysík merőleges (010)-ra. Melegítéskor $\sim 230^\circ$ -on $2 \text{H}_2\text{O}$ eltávozásával optikailag rombossá válik (l. fent). Lángban felfúvódik és fehér üveggé olvad.

Bazaltfélék, andezitek és más kiömlési kőzetek üregeiben elég gyakori zeolit, de gránit, néha kristályos pala hasadékaiban is megjelenik. Hazánkban a Velencei-hg.-ben Nadap andezitjéből, a Sümeg melletti Sarvally bazaltjából került elő. Vulkanai üvegek, tufák devitrifikációs termékeként a klinoptilolit a gyakoribb. A Szerencsi-öböl tufás szintjeiben is megtalálták. A laza piroklasztikumok átalakulási termékeként montmorillonittal együtt jelentős tömegek képződtek pl. Új-Zélandon, Californiában (USA).

Dezmin, stilbit, monoklin prizmás. Rácsállandói: $a_0 = 13,63$, $b_0 = 18,17$, $c_0 = 11,31$ Å. Kristályai álrombos ikrek, (001) ikersík szerinti átnövés és rendszeren (010) sz. táblások, de leggyakrabban kéve-nyalábszerű kötegek vagy nagy, tömött sugaras-gömbös halmazok. Hasadása (010) sz. igen jó, s ezen a felületen gyöngyházfényű, másutt üvegfényű, a keveszerű kötegek kissé selymesek. Fehér, sárga, vajsárga, néha pirosas, áttetsző. Opt. negatív, a tengelysík párhuzamos (010)-lal. $\alpha : c \sim 5^\circ$, $2V_\alpha = 30^\circ\text{--}40^\circ$. A vízvesztéses kísérletek azt mutatták, hogy folyamatos dehidráció során 120°C -on új, reverzibilis fázisba vált át. A differenciális hőelemző készülék 220°C -on endoterm reakciót jelez, melyet 470°C -nál exoterm folyamat követ. — Lángban fellevedzik és fehér zománccá olvad. — HCl kocsonyásodás nélkül oldja.

Egyike a leggyakoribb zeolitoknak. Hazai lelőhelyek közül a dunabogdányi Csódi-hegy, a Velencei-hegységben a Nadap melletti andezitkőfejtő s a Balaton-felvidéki bazaltfeltárások említhetők.

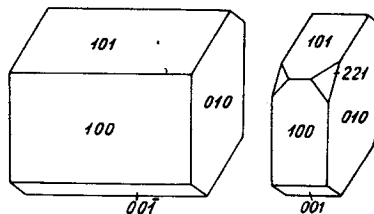
Epistilbit, epidezmin összetételében a heulanditnál egy SiO_2 -vel (és egy H_2O -val) kevesebbet tartalmaz (l. táblázat, 804. old.). Monoklin, $a_0 = 8,92$, $b_0 = 17,73$, $c_0 = 10,21$ Å. $Z = 3$. Kristályai prizmásak, mindig álrombos ikrek, hasadás (010) sz. kitűnő és a hasadási lapon az ikerhatárok láthatók. $K = 4$, $S = 2,2$. Opt. negatív. $b = \beta$, $2V_\alpha \sim 44^\circ$. Piezoelektromos. — Hazai lelőhelye a nadapi andezitkőfejtő (Velencei hegység).

Brewsterit, Sr(Ba)-tartalmú heulandit, ritkább zeolit.

A heulanditcsoportba tartoznak még:

D'Achiardit, $(\text{Ca}, \text{K}_2, \text{Na}_2)_3[\text{Al}_2\text{Si}_{18}\text{O}_{48}] \cdot 14 \text{H}_2\text{O}$. Monoklin, leginkább az epistilbithez áll közel, de nagyobb az alkálitartalma. Elba szigetéről (Olaszország) ismeretes.

Ferrierit, $(\text{Na}, \text{K})_2\text{Mg}[\text{OH} \cdot \text{Al}_2\text{Si}_{18}\text{O}_{48}] \cdot 9 \text{H}_2\text{O}$. Rombos holoéderes. A zeolitokban ritka Mg-iont tartalmaz, s külön (OH)-ion is szerepel a képletében. Eddig csak a kanadai Kamloops-tó (Br.-Columbia) környékéről került elő.



653. ábra. Heulandit

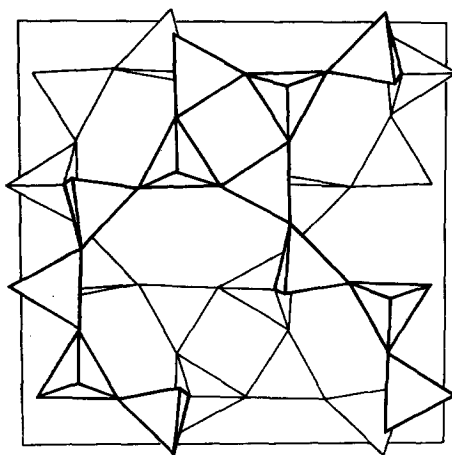
γ) ANALCIM—PHILLIPSIT—CHABAZIT-SOR
(„Kockás” zeolitok)

Az itt felsorolt zeolitokat általában „kockás” zeolit néven is említjük, mert a rácsot szabályos vagy közel szabályos alaki sajátságok mellett szerkezetileg mindhárom dimenzió irányában közel azonos kötéserők jellemzik. Különböző rács típusok tartoznak ide, melyeket az egyes ásványoknál ismertetünk. Ide soroljuk az *analcim*ot is, mely szerepe és rács típusa szerint a földpátpótlók közé is besorolható volna, sajátságai és ásványtársulása alapján azonban sokkal inkább a zeolitok között van a helye.

105. táblázat

Név	Összetétel	Térceport	Fénytörés		
			n_α	n_β	n_γ
Analcim	$\text{Na}[\text{AlSi}_2\text{O}_6] \cdot \text{H}_2\text{O}$	$O_h^{20} - I a 3 d$	$n = 1,479 - 1,493$		
Phillipsit	$(\frac{1}{2} \text{Ca}, \text{Na}, \text{K})_3[\text{Al}_3\text{Si}_5\text{O}_{16}] \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$	$C_{2v}^2 - P 2_1/m$	1,483	1,484	1,486
Harmotom	$\text{Ba}[\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16}] \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$	$C_2^2 - P 2_1(?)$	1,503	1,505	1,508
			ε	ω	
Chabazit	$(\text{Ca}, \text{Na}_2)[\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}] \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$	$D_{3d}^5 - R \bar{3} m$	1,470	1,494	
Gmelinit	$(\text{Na}_2, \text{Ca})[\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}] \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$	hexagonal.	1,474	1,476	
Levyn	$\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}] \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$	romboéderez	1,491	1,496	

Analcim. Szabályos, $a_0 = 13,7 \text{ \AA}$. $Z = 16$. Kevés vízvesztéssel álszabályossá, illetőleg anizotróppá válik. Mikroszkópban a leucit-hoz hasonlóan viselkedik,



654. ábra. Analcim-szerkezet a (001) sík sz. nézetben. A tetraéderek 4-es és 6-os gyűrűket formálnak.

ekkor térceportja valószínűleg $D_{4h}^{20} - I 4/acd$, ami ismét azt jelzi, hogy szerkezete a leucit-hoz áll közel. Szerkezete 4-es és 6-os gyűrűkből összekapcsolódó állványzat, s elemi cellája 16 molekulásúlynyi analcimot tartalmaz. A rács cellában a Na-ionok számára összesen 24 hely áll rendelkezésre, de ebből statisztikusan csak 16 van betöltve, és ehhez megfelelő koordinációval hidrátvíz-molekula társul, ami csak úgy lehetséges, ha cellánként éppen 16 Na-ion van jelen. A rácsváz szerint szerkezetileg azonos a leucit-éval, ahol a K tölti be a Na + H₂O-pozíciókat (654. ábra). Innen ered az analcim vegyi és szerkezeti állandósága. — A

szoros rokonság úgy is kimutatható, hogy a leucitot Na-só oldatába tesszük: rövidesen analcimmá alakul, sőt az átváltozás fordítva (analcimból leucit) is előidézhető. — Különben tömény ezüstionos oldatban a Na ezüsttel cserélhető ki, tehát Ag-analcim is előállítható.

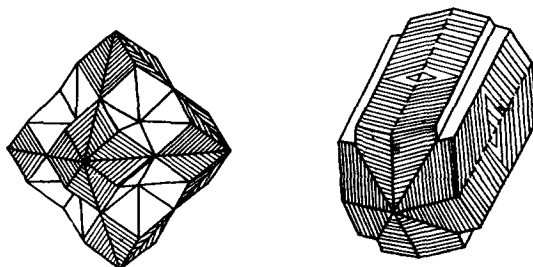
Külsőleg is emlékeztet a leucitra: majdnem egyedüli formája a (211) leucitoéder. Kristályai többnyire aprók, csoportosak, de szépen fejlettek. Üvegfényű, színtelen, fehér vagy gyengén sárgás-pirosas. $K = 5,5$, $S = 2,24-2,29$. A Na mellett kevés K-ot is tartalmaz. Lángban nyugodtan tiszta gyönggyé olvad, HCl elkocsonyásítja.

Fiatal kiömlési kőzetek üregeiben elég gyakori zeolitásvány. Így a csódihegyi andezitben, a Szob melletti Sághegyen ugyancsak andezitben. Érctelepek kísérő ásványai közt szintén előfordul pl. a bánási (Románia) ércfeltárásokban. — Keletkezik továbbá nefelinszienit hasadékaiban termális hatásra nefelinből másodlagosan. De kőzetalkotó elegyrészként is szerepel: bázisos kiömlési kőzetek, pl. a Balaton-felvidéki bazaltok alapanyagában, így az Uzsa-pusztai kőfejtő bazaltjában is.

Phillipsit és harmotom, monoklin prizmás (vagy rombos). $a_0 = 10,02$, $b_0 = 14,28$, $c_0 = 8,64$ Å, $\beta \simeq 125^\circ 30'$ (phillipsit), $a_0 = 9,87$, $b_0 = 14,14$, $c_0 = 8,72$ Å. $\beta \simeq 124^\circ 50'$ (harmotom). $Z = 2$. Ha rombosként értékelik: $Z = 4$. A phillipsit és harmotom szerkezetileg azonos építmény. A tetraéderek 4-es és 8-as gyűrűket formálnak, s a földpátszerkezetre emlékeztetően fűződnek egymáshoz, csak az oldalcsatlakozás különbözik lényegesebben. A gyűrűkből kialakuló csatornák az (100) és (010) irányban haladnak, és ezek legkisebb belső átmérője 4 Å. Nagyobb üreg ott keletkezik, ahol a két csatorna keresztezi egymást. A csatornában viszonylag nagy kationok (Na, Ca, K, Ba) foglalnak helyet. A harmotom-phillipsit-szerkezet egyike a legjobb „molekulaszűrő” rácsoknak. A mesterségesen előállított Na-phillipsit-rács szimmetriája többféle: szabályos $a_0 \sim 10$ Å, tetragonális $a_0 = 10$ Å, $c_0 = 9,88$ Å, rombos $a_0 = 9,8$, $b_0 = 14,0$, $c_0 = 14,1$ Å. Ha ezek Na^+ -ját Ca^{2+} -ra vagy Ba^{2+} -ra cserélik ki, a szerkezet mind jobban hasonlónak válik a természetes kristályokéhoz.

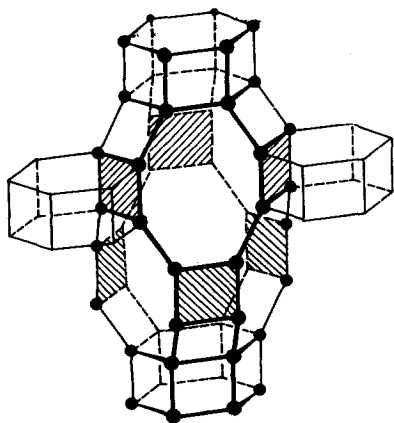
Krist. Mindkét ásvány csakis ikerkristályokban ismeretes. Két ikertörvény, a (001) és (011) érvényesül. A harmotomnál rendszerint csak négytagú pseudo-tetragonális iker alakul ki; a phillipsitnél 3 ilyen (áltetragonális) ikertörzs egymásra merőlegesen, keresztezve növi át egymást, és 12-es, szabályos szimmetriát utánozó ikeralkotás jön létre. Különösen, ha a beugró szögek eltűnésével mimetikus rombtizenkettes alakul ki, melynek felszínén csak a lapok finom rostozása árulja el az ikerstruktúrát. (655. ábra.) A harmotom kristályai néha feltűnően nagyok, a phillipsitnek apróbb, rendszeren csak milliméteres kristályai vannak, és leginkább gömbös halmazok vagy serte módra álló sugaras csoportok. Hasadás az eredeti (010) és (001) sz. kivehető. $K = 4-4,5$, $S = 2,2$ és $2,5$ (harmotom). Üvegfényű, színtelen vagy enyhén színezett, a harmotom tejszerűen zavaros. Lángban lassan, duzzadás nélkül áttetsző üveggé olvad; a harmotom hevítéskor foszforeszkál.

Képz. Főleg bazaltos kőzetekben, hólyagüregekben, hasadékokban, néha hasonlóan fonolitban és rokon kőzetekben is keletkezik. A phillipsit a balaton-felvidéki bazaltokban a gyakori zeolitok közé tartozik. A Tátika kőzetének alapanyagában is megtaláljuk; a nógrádi Somoskő oszlopos bazaltjának apró üregeiben gyakran előfordul. — A harmotom viszonylag a ritkább zeolitok közé tartozik, képződését leginkább chabazit kíséri.



655. ábra. Harmotom-, phillipsit-iker

Chabazit, ditrigonális szkalenoéderez. Szerkezete ugyancsak gyűrűs csoportok csatlakozásából alakul ki, és ún. „kalitka”-egységek egybeépüléséből áll (656. ábra). Ezek az egységek kettőzött, hattagú gyűrűkből — leegyszerűsítve zömök hexagonális prizmákból — jönnek létre, olyan elrendezéssel,



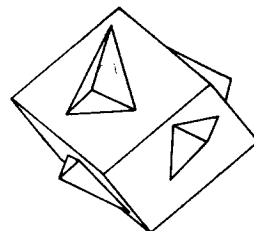
656. ábra. A chabazit-szerkezet „kalitka”-szerű részlete. A sokszögek csúcsai mind (Si,Al)O₄-tetraéderek középpontjai (az oxigének nincsenek ábrázolva). A vonalkázott négyszögek egy-egy „hexagonális prizma” (azaz kettőzött 6-os gyűrűk) csatlakozásának helyét jelölik. (Dent és Smith, 1958)

hexagonális prizma középpontjai egy romboéderez cella csúcsainak felelnek meg. A kalitkát hat nagyobb 8-tagú gyűrű is határolja, ezek egyúttal 6 szomszéd kalitkával közösek, tehát a csatlakozás ezeken keresztül történik. Így csatornahálózat alakul ki, melynek minimális átmérője 3,9 Å, s minden molekuladiffúziót ez a csatornadimenzió szabályoz. Argont és metánt (3,84 és 4,25 Å) a rács sebesen adszorbeál, propán (4,9 Å) és *n*-bután már vontatottan adszorbeálódik, az izo-butánt (5,6 Å) a chabazit már nem veszi fel. Mint molekulaszűrő tehát a normál-paraffinokat átengedi, az elágazó láncú (paraffin-) szénhidrogéneket visszatartja. Vagy pl. a metil- és etilalkoholt, hangyasavat abszorbeálja, az acetont, benzolt már nem. — Az állványzat üregrendszerében a Ca- és Na-ionok és a vízmolekulák foglalnak helyet, de ha a $2 \text{Na} \rightleftharpoons \text{Ca}$ alapján a kationok

száma gyarapszik, ez „lezsilipelheti” a csatornákat, s a szorpciós sajátság fokozatosan lecsökken, sőt meg is szűnhet. — A természetes chabazit másodrendű kationja túlnyomóan Ca^{2+} , amit Li-, Na-, K-, Rb-, Cs-, NH_4^- , Ag-, Sr-, Ba-, Pb-ionokkal lehet kicserélni. A helyettesítéssel igen csekély rácsparaméter-változás jár. Átlagos kristálykémiaili formulája: $\text{Ca}_{0,90}\text{Na}_{0,15}[\text{Si}_{4,05}\text{Al}_{1,05}\text{O}_{12}] \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$. $a_0 = 9,40$, $\alpha_r = 94^\circ 18'$ és $Z = 2$.

Krist. A külalak rendszerint a törzsromboéder, a romboéderszög (l. előbb α_r) a kockáéhoz áll közel. — Az átnövéses iker (0001) sz. gyakori (657. ábra). Hasadás (1011) sz. rossz. $K = 4,5$. $S = 2,0—2,1$. Üvegfényű, színtelen vagy jellemző sárga—sárgászörös színezésű. Nagyon gyengén kettőtörő s az optikai jelleg ingadozó. A kristályok felépítése gyakran zónás. A görbült felületű, kettős kúpszerű, átlátszatlan ikeralkotásos fajtáját *fakolit* néven különítik el. — Lángban felduzzad és hólyagos fehér üveggé olvad.

Eléggé gyakori és szépen fejlett kristályokban mutatkozó zeolitásvány. A dunabogdányi Csódi-hegy kőfejtőjében több cm élhosszúságú romboéderek is előkerülnek, dezmin, analcim, papírpát (lemezes kalcit) a társai. Ugyancsak andezitben a Szob melletti Sághegyen, a Velencei-hg-i Nadap andezitjében is előkerül, de gyakori a Balaton-felvidéki bazaltok hólyagüregeiben is.



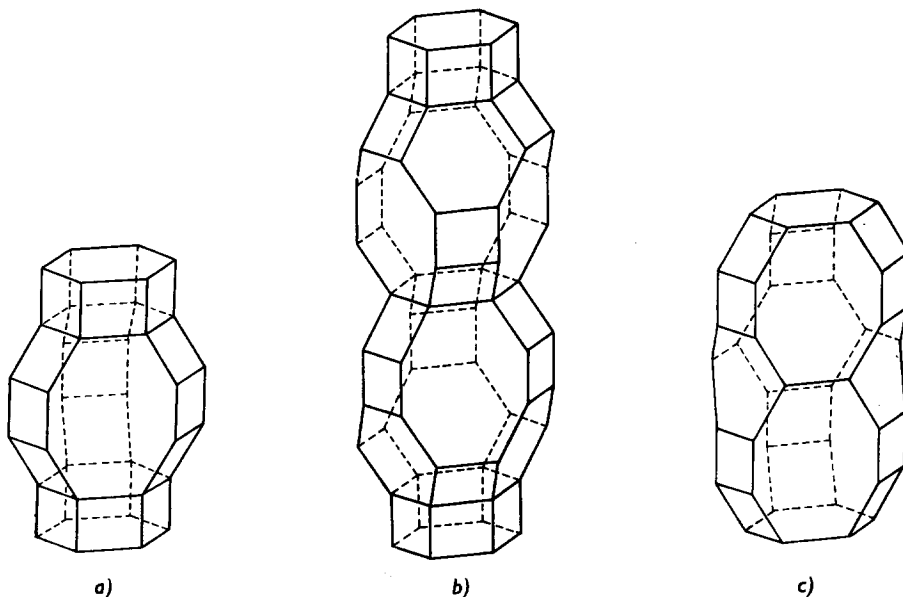
657. ábra. Chabazit-iker

Gmelinit, hexagonális, $C_{6v}^4—P6_3mc$. Szerkezetileg és kémiaiilag is szoros rokonságban van a chabazittal. A rács ugyancsak a gyűrűs kapcsolódásokból kialakuló rácsegyeségek (*kalitkák*) összeilleszkedő építménye (658/a ábra). A széles csatornák a c -tengellyel párhuzamosan rendezettek, és a legkisebb átmérő $\sim 6,4 \text{ \AA}$. Ez azt jelenti, hogy adszorbeálni tudja az azo-paraffinokat és aromás molekulákat is, amelyeket a chabazit kizár magából. — A rács mérete (hexagonális cella): $a_0 = 13,72$, $c_0 = 9,95 \text{ \AA}$. $Z = 4$. — Jól fejlett kristályok, a természet változatosabb a chabazitnál: prizmás vagy táblás, és a romboéderek külső sem ritka. — Bazaltláva hólyagüregeiben otthonos. Skye-sziget (Skócia) és Antrim (É-Írország, U. K.) ismert lelőhelyek.

Levyn, trigonális romboéderek, a chabazitrokonság harmadik tagja. Szerkezetvázát a 658/b ábra szemlélteti. A c -tengely szerint rendezett kalitka-építmények kettésével közvetlenül, ezek pedig hexagonális prizmák közvetítésével csatlakoznak. Az oldalkapcsolódás a négyzeteken (négytagú gyűrűkön) át történik. $a_{0(\text{hex.})} = 13,3$, $c_0 = 22,5 \text{ \AA}$. $Z = 9$. — *Krist.* Bázissal kombinált romboéderek kristályok vagy (0001) sz. vékony táblák és kéveszerű halmazok. — Képződése a többi zeolittal azonos. Izland és a Faeroer-szig. (Dánia) bazaltjaiban gyakori. Elvértve a nadapi (Velencei-hg) andezitkőfejtőből is előkerült.

Erionit, $(\text{Na}_2\text{K}_2\text{Ca}, \text{Mg})_{4,5}[\text{Al}_9\text{Si}_{27}\text{O}_{72}] \cdot 27 \text{H}_2\text{O}$. Hexagonális. $a_0 = 13,26$, $c_0 = 15,12 \text{ \AA}$. Tércs. $D_{6h}^4—P6_3/mmc$. Valójában rostos zeolit, de szerkezete típusosan kalitkarács (658/c ábra), s ez — mintegy kivételként — a chabazitfélékhez utalja. Sугaras kristálycsopor-

tokban és finom szálas, néha vattaszerű halmazokban is ismeretes. A szálak hossziránya a c -tengellyel egyező. Optikailag egytengelyes, pozitív, $\omega = 1,468—1,472$, $\varepsilon = 1,473—1,476$. $S \sim 2,02$. Eredetileg riolittufából opál társaságában került elő (Baker, Oregon, USA). Később egyéb zeolitlelőhelyeken (pl. Faeroer szigetek, Dánia) is megtalálták.



658. ábra. Kalitkaszerű szerkezetegységek. *a* — gmelinit, *b* — levyn, *c* — erionit. A poligoncsúcsok $(\text{Si,Al})\text{O}_4$ -tetraéderek középpontjai (az áttekinthetőség végett oxigénatomok az ábrán nem szerepelnek (Barrer és Kerr, 1959)

Faujasit, $(\text{Na}_2\text{Ca})_2[\text{Al}_3\text{Si}_9\text{O}_{24}] \cdot 16 \text{H}_2\text{O}$. Szabályos holoéderes. $O_h^7—F\bar{d}3m$, $a_0 = 24,65 \text{ \AA}$. $Z = 16$. Szerkezete egyike a legnyitottabb, tágasabb állványzatoknak. A *kalitka*-egységek némileg hasonlítanak a chabazitéhoz, de ezek nem csatlakoznak egymáshoz hatszögű felületekkel, hanem csakis „hexagonális prizma”-hidak közvetítésével. Így az (110) irányok szerint tágas csatornarendszer alakul ki, melynek legkisebb belső átmérője 9 \AA . Ezért mint molekulaszűrő pl. a ciklopentánt, ciklohexánt s az aromások köréből a benzol-, toluolféléket is átbocsátja. — (A mesterségesen előállítható erionitszerkezet rácsállandója: $a_0 = 24,83 \text{ \AA}$.) — *Krist.* Víziszta, átlátszó, vagy sárga és átlátszatlan oktaéderek, legömbölyödött éllel, csúcsokkal. $S = 1,92$. Izotrop. $n \sim 1,48$. — Ritka zeolit. Első ízben a németországi Kaiserstuhl-hg. limburgitis kőzetének üregeiből került elő. Lelelőhelyei közül a Gotthard-masszívum (Svájc) feltárásai említhetők, ahol több zeolittal együtt találják.

δ) ISMERETLEN RÁCSSZERKEZETŰ ZEOLITOK

Laumontit (*leonhardit*), $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}] \cdot 4-3\frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$. Monoklin. Nyúlt—szálas kristályok. Gyakran földes vagy lisztszerű. Két irányban, (110) és (010) sz. kitűnő hasadás mutatkozik. Víz tartalma levegőn változik. A részlegesen dehidrált fázis: $3-2\frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ -val = *leonhardit*. De vizének nagyobb részét is elveszítheti, s akkor fehér, átlátszatlan, morzsás anyaggá változik. — Az ép kristályok áttetszők, színtelenek, gyenge üvegfénnyel: $n_\alpha = 1,509$, $n_\beta = 1,518$, $n_\gamma = 1,521$. $2V_\alpha = 35^\circ-45^\circ$; $\gamma:c = 8-10^\circ$. — A leonharditváltozat fénytörése némileg kisebb, egyéb optikai sajátsága is kevésbé különbözik. — Főleg mélységi magmás kőzetek hasadékaiban vagy teléreiben otthonos. Így az alpesi Baveno (Lombardia, Olaszorsz.) gránitjában, a Pireneusok pegmatitjában. Rózsás színűzetű laumontit kerül elő a skandináv szkarnkőzetekből. — A Velencei-hegységi Nadap kőfejtőjéből és a mátrai Aszaláshegy réz-szulfid-hintéses diabázfel-tárásából is ismerjük.

Mordenit (*ptilolit*, *flokít*, *arduinit*), $(\text{Na}_2, \text{K}_2, \text{Ca})[\text{Al}_2\text{Si}_{10}\text{O}_{24}] \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Rombos. $D_{2h}^{17}-Cmcm$, vagy $D_{2h}^{12}-Cmc2$. A jelek szerint a zeolitsatornák a rácsban a [001] iránnyal párhuzamosak, és átmérőjük a 6,6 Å-öt is eléri. Ezenkívül van még egy, ezeket haránt (010) irányban összekötő kisebb kaliberű üregrendszer is 2,8 Å átmérővel. $a_0 = 18,10$, $b_0 = 20,49$, $c_0 = 7,52$ Å. $Z = 4$. — Tűs, tövis alakú, rostos vagy rozettaszerű csoportok. Fehér vagy rózsásvörös (finom hematitlemezekből származó) színezettségű. $K = 3-4$, $S = 2,1-2,2$. Fénytörés $n_\alpha (c) = 1,472$, $n_\beta (a) = 1,475$, $n_\gamma (b) = 1,477$. Kettőtörése nagyon kicsi, az optikai jelleg ingadozó (\pm). Az optikai tengelyszög $2V_\alpha \sim 90^\circ$. — Magmás kőzetek üregeiben, hasadékaiban, vulkáni üveges kőzetek hidratációs termékeként és autigén keletkezéssel üledékekben is megtaláljuk. Bazaltban, doleritben, kvarclátitban leggyakoribb. Az Arran-szigeti (Skócia, Anglia) szurokkő egyik átalakulási terméke. Japánban bentonitban képződött finom-szálas, se-lyemfényű mordenit ismeretes.

Gismondin, $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, rombos. $D_{2h}^{10}-Cmmm$. $a_0 = 13,71$, $b_0 = 14,31$, $c_0 = 10,62$ Å. $Z = 8$. Szerkezetének részletei még nem ismeretesek. Ikeralkotás folytán látszólag tetragonális. Leginkább félgömbszerű vagy legyező alakú nyalábok, halmazok. Igen törekeny. $S = 2,2$, fehér; áttetsző, a felületén zavaros. Optikailag kéttengelyű. $n_\beta = 1,54$. Opt. tengelysík merőleges (010)-ra; $a = \gamma$. — Lángban megfehéredik és tejszerű üveggé olvad. Ritkább zeolit. — Bázisos kiömlési kőzetekben: leucittefritben (Capo di Bove, Olaszorsz.) találták, és a Hawaii-szigetek (USA) kőzeteiből írták le. A Balatón-felvidéken a Haláp bazaltjából ismeretes.

Aschroftin, $\text{KNaCa}[\text{Al}_3\text{Si}_5\text{O}_{18}] \cdot 8\text{H}_2\text{O}$. Tetragonális, $D_{4h}^{14}-P4_2/mnm$. $a_0 = 34,11$, $c_0 = 17,52$ Å. $Z = 40$. Kezdetben *káli-thomsonit* néven szerepelt, később kitűnt, hogy a thomsonittól szerkezeti és egyéb sajátságokban is eltér. — Szálas-rostos, hossziránya a c -tengely. $S = 2,64$. Egytengelyű, pozitív. $\varepsilon = 1,545$, $\omega = 1,536$. — Első ízben Grönlandon (Dánia) a narsasuk-i szienitpegmatitból, rózsaszínű finom szálas-porszerű alakban vált ismertté. — Ritka ásvány.

Yugawaralait, $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_5\text{O}_{14}] \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$, monoklin, $a_0 = 13,26$, $b_0 = 13,65$, $c_0 = 9,75$ Å. $\beta \simeq 111^\circ 30'$. $Z = 4$. Japánból ismertetett új zeolitfajta. Sajátságait részleteiben még nem ismerjük.

FÜGGELÉK

Thaumasit, $\text{Ca}_3\text{H}_2[\text{CO}_3 \cdot \text{SO}_4 \cdot \text{SiO}_4]$. $13 \text{H}_2\text{O}$, hexagonális hemimorf, $C_6^h-C6_3$. Különleges összetételű karbonát-szulfát-szilikát. Másodlagos ásvány, sajátságai és keletkezési körülményei leginkább a zeolitok körébe utalják, bár kristálykémiailag anizodezmikus szerkezetnek tekinthető. Hófehér, ecetszerű, finom szálak kötegek, rostos, selyemfényű üreg- vagy érköltés. Friss feltárásban lágy, engedékeny. Levegőn megkeményedik. Ritka ásvány. Balatonfelvidéki bazaltokból — MAURITZ B. kutatásai során — egy-két feltárásban (pl. a Gulács-hegyen) ritkaságként előkerült.

FOSZFÁTOK ÉS ROKON VEGYÜLETEK

A foszfátok osztályába tartozó vegyületeknek geokémiai és kristályszerkezeti szempontból határozottan átmeneti jellege van egyfelől az előző szilikátosztály, másfelől a többi gyökionos sóvegyület között. Mindenekelőtt az itt szereplő összetett (komplex) anionok: $[\text{PO}_4]^{3-}$, $[\text{AsO}_4]^{3-}$ és $[\text{VO}_4]^{3-}$ alkotában is a négyes, tetraédes koordináció valósul meg, és központi ionjaik rádiusza egészen közel egyezik az Si^{4+} -ével. Innen ered, hogy vannak foszfátszerkezetek, melyek szilikát rácstípus szerint épülnek fel: pl. a *trifilin*, $\text{Li}(\text{Fe}, \text{Mn})\text{PO}_4$ teljesen izotíp az olivinnel. Ezenkívül több olyan foszfátvegyületet ismerünk, melyben anionhelyettesítéssel $[\text{SiO}_4]^{4-}$ -ion is szerepelhet, amit természetesen megfelelő kationkiegénylés kísér (pl. monacit). A szilikátokkal némileg rokon sajátság az is, hogy egyes foszfátok — a többi sóvegyületektől eltérően — a mélységi magmás kőzetek elegyrészeként is szerepelhetnek (apatit).

A foszfát-, arzenát- és vanadátvegyületek viszont már kifejezettebben sótermészetűek, mint a szilikátok, ami abból ered, hogy a gyökion különállósága jobban érvényre jut. A gyökionos vegyületek sójellege elsősorban attól függ, hogy a komplex anion központi kationja (magkationja) és az oxigénion közti távolság mennyire különbözik az inaktív (másodrendű) kation és a környező oxigének kötéstávolságától. A leírt viszonyokat ismét a komplex anion térigénye és vegyértéke hányadosával értelmezhetjük. A $[\text{PO}_4]^{3-}$, $[\text{AsO}_4]^{3-}$ -ionnak közel azonos térigénye van, mint a $[\text{SiO}_4]^{4-}$ -ionnak, azonban vegyértéke eggyel kevesebb, tehát e két jellemző hányadosának értéke csökken. A változás lényege, hogy a P^{5+} központi kationnak eggyel nagyobb töltésével egyidejűleg „kifelé” ható három vegyértéke gyengébb kötőerőt képvisel. A szilikátokhoz viszonyítva tehát a központi kation—oxigén és az oxigén—külső kation távolság közötti különbség növekedett, ami határozottabb gyökionos (anizodezmikus) felépítést eredményez. Ebből származik ez ásványok kisebb keménysége, jobb oldhatósága stb.

A $[\text{PO}_4]^{3-}$, $[\text{AsO}_4]^{3-}$ és $[\text{VO}_4]^{3-}$ -anionok aránylag nagy térigényűek, ezért a legtartósabb vegyületeik ugyancsak nagyobb méretű és 2—3 vegyértékű kationok (Ca, Ce, Y) semlegesítésével jönnek létre. A kisebb méretű kationok (pl. Al, Fe, Co, Ni, Mg), miként bevezetőben szó volt róla, vízmolekulákkal körülvett s ezzel térigényben megnövekedett „hidrált kationok”-ként épülnek a rácsba. A molekuláris víz szerepére jellemző még az, hogy ugyanazon kationhoz és

gyökhöz különböző mennyiségű, de szerkezetileg eltérő vízmolekula kapcsolódhat. Az elmondottak alapján a foszfátok és rokon vegyületek két alosztályra különíthetők el:

A) Vízmentes foszfátok, arzenátok, vanadátok;

B) Víztartalmú foszfátok, arzenátok, vanadátok.

A kationhelyettesítés itt is a gyakori jelenségek közé tartozik, és számos esetben a kation belépésével a rács túlkompensálása jön létre, ami ismét másodrendű (OH, F, Cl) anionok beépülését követeli meg. Így tehát az alosztályokon belül semleges és pótanionos szerkezetek különböztethetők meg.

Az osztály sokféle és változatos vegyületet foglal magába. Túlnyomóan másodlagos, oxidációs övbeli ásványok. Csak kevés vegyületnek van gyakorlati fontossága, a többi inkább ásványtani érdekesség. Az osztály bemutatása szemelvényes.

A) ALOSZTÁLY

VÍZMENTES FOSZFÁTOK

Áttekintés

106. táblázat

a) csoport. „Semleges” vegyületek

- α) Berillonit-sor
- β) Trifilin-sor
- γ) Hagedorffit-sor
- δ) Monetit-sor
- ε) Xenotim—monacit-sor

b) csoport. Pót- (inaktív) anionnal kiegyenlített vegyületek

- α) Apatit-rácsúak (apatit-sor)
- β) Libetenit-sor
- γ) Wagnerit—triplit-sor
- δ) Ambligonit—herderit-sor
- ε) Tilasit—descloizit-sor
- ζ) Vegyes rácsú szerkezetek

a) csoport.

„Semleges” vegyületek

α) BERILLONIT-SOR

Különböző rács típusú vegyületek kisebb csoportja, de mindegyik szerkezet izotíp megfelelője egy-egy szilikátrácsnak.

Berlinit, $\text{Al}(\text{PO}_4)$. Trigonális trapezoéderes, $D_3^h-P3_121$ és $D_3^d-P3_221$. $a_0 = 4,93$, $c_0 = 10,93$ Å. $Z = 3$. Rács típusa a kvarccal azonos. (A mesterségesen előállított $\text{Al}(\text{PO}_4)$, $\text{Al}(\text{AsO}_4)$, $\text{Ga}(\text{PO}_4)$ és $\text{Fe}(\text{PO}_4)$ vegyületek mindegyike szerkezetileg valamelyik SiO_2 -módosulattal egyezik.) *Krist.* Külsőleg szemcsés, tömött halmaz. Színtelen, szürke, rózsás. $K = 6$. $S = 2,64$. Áttetsző. $\omega = 1,524$, $\varepsilon = 1,530$. Egytengelyű, pozitív. — Izzítva kifeléredik, nem olvad meg. Erős lúgokban oldódik. — Ritka ásvány, eddig ismert lelőhelye a svédországi Westana vasércbánya.

Berillonit, $\text{NaBe}(\text{PO}_4)$, monoklin prizmás. $C_{2h}^s-P2_1/n$. $a_0 = 8,16$, $b_0 = 7,79$, $c_0 = 14,08$ Å. $\beta \approx 90^\circ$, $Z = 12$; rácsa a trimerit neozsilikáttal ($\text{CaMn}_2[\text{BeSiO}_4]_3$) egyező.

Táblás, rövid prizmás, lapokban gazdag kristályai gyakran ikrek (101) sz. Hasadás (010) sz. tökéletes, (100) sz. jó. $K = 5,5-6$. $S = 2,81$. Üvegfényű, hasadási lapon gyöngyházfényű. Színtelen, hófehér v. halványsárga. A nagyobb kristályokban a (010) síkkal párhuzamosan csatornák, libellás üregek láthatók. Kéttengelyű, negatív. Pegmatitásvány. Stoneham (Maine, USA).

Hurlbutit, $\text{CaBe}_2(\text{PO}_4)_2$, rombos dipiramisos, D_{2h}^1 — $Pmmm$. Szerkezete a danburittal [$\text{Ca}(\text{B}_2\text{Si}_2\text{O}_8)$] egyező. Pegmatit-paragenezis tagja; ritka.

β) TRIFILIN-SOR

Izomorf sorozat, rombos. D_{2h}^{16} — $Pmcn$. Szerkezeti típusa az olivinráccsal egyező. A sor tagjai az Fe : Mn arány és az $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$ oxidáltsági fok alapján különülnek el.

Trifilin, $\text{Li}(\text{Fe},\text{Mn})[\text{PO}_4]$. Első tengely szerint nyúlt, oszlopos kristályok, leginkább szemcsés-tömött. $K = 4-5$. $S = 3,34$. Kékesszürke, zöldesszürke. Optikailag kéttengelyű, negatív. A fénytörés a Fe-tartalommal nő, viszont a $\gamma-\alpha$ érték csökken, úgyhogy az optikai jelleg a nullán át fokozatosan negatívba vált át. $n_\beta = 1,695$.

Lítiofilit, $\text{Li}(\text{Mn},\text{Fe})[\text{PO}_4]$. Külsőjében és egész jellegében a trifilinnel egyező. Színe inkább barna, esetleg vörösbarna. — Néha Rb-ot tartalmaz. Optikai jellege pozitív (vö. trifilin). Mindkettő forrasztócsővel megolvasható, hevítve pattogzik, savakban oldódik.

Képz. Elsődlegesen pegmatitokban, ún. komplex típusú Li-paragenezisben otthonos; berill, spodumen, turmalin, amblygonit kíséri. Rabenstein (Bajororsz.). Tammela (Finnorsz.); Keystone (D-Dakota), Pala (Calif., USA).

A sorozat többi tagja: *natrofilit* $\text{Na}(\text{Mn},\text{Fe})[\text{PO}_4]$, *sicklerit*, $\text{Li}_{<1}(\text{Mn}^{2+}, \text{Fe}^{3+})[\text{PO}_4]$, *heterozit*, $(\text{Fe}^{3+}, \text{Mn}^{3+})[\text{PO}_4]$ és *purpurit*, $(\text{Mn}^{3+}, \text{Fe}^{3+})[\text{PO}_4]$, kisebb jelentőségű vegyületek, ill. ritkaságok.

γ) HAGENDORFIT-SOR

Monoklin szimmetriájú új ásványcsoport, melyet 1954-ben a bajorországi Hagendorf pegmatitos feltárásaiból ismertettek.

Hagendorfit, $(\text{Na},\text{Ca})(\text{Fe},\text{Mn})_2[(\text{PO}_4)_2]$. C_{2h}^6 — $I2_1/a$. $a_0 = 10,9$, $b_0 = 12,6$, $c_0 = 6,5 \text{ \AA}$. $\beta \nless 97^\circ 59'$. $Z = 6$. Zöld, feketészöld, sugaras vagy durvaszemcsés — pátos. $K = 4,5$. $S = 3,5-3,7$. $n_\alpha = 1,739$, $n_\beta = 1,740$, $n_\gamma = 1,74$. Pleokroós. Pegmatitásvány, trifilinnel, wolfeittel társul, néha szemcsés hematittal belsőleg összenő.

Izomorf társai: *varulit*, $(\text{Na},\text{Ca})(\text{Mn},\text{Fe})_2[\text{PO}_4]_2$
hünerkobelit, $(\text{Ca},\text{Na})(\text{Fe},\text{Mn})_2[\text{PO}_4]_2$
alluaudit, $\text{Na}_{<1}(\text{Fe}^{3+}, \text{Mn}^{2+})\text{PO}_4$

Az utóbbi vegyületnek — Mn-túlsúly esetén — megkülönböztetett változata a *mannalluaudit*. A sorozat két utolsó tagja mállással, ill. oxidációval hagendorfitból, varulitból keletkezik.

δ) MONETIT—WHITLOCKIT-SOR

A rács típus nem egységes. A monetit rácsparaméterei nagyon hasonlóak az anhidritéhez, és ugyanígy a röntgendiagramja is, szerkezetében mégis lényeges eltérések mutatkoznak, ami — minden bizonnyal — azzal magyarázható, hogy a PO_4 -tetraéder egyik csúcsába OH -anion helyezkedik. — A whitlockit csak felhevítéssel megy át a monetithez közeledő monoklin módosulatba.

Monetit, $\text{Ca}[\text{PO}_3\text{OH}]$, triklin véglapos, $C_1^1-\bar{P}1$. $a_0 = 6,9$, $b_0 = 6,65$, $c_0 = 7,0$ Å. $\alpha \simeq 96^\circ 21'$, $\beta \simeq 103^\circ 54'$, $\gamma \simeq 88^\circ 44'$. $Z = 4$. — Aprószemű kristályok tömeges halmaza, de bekérgeződés, cseppkőszerű kiválás érdes-kristályos felülettel a leggyakoribb. Gyenge hasadása van három irány szerint is: $K = 3,5$, $S = 2,9$, üvegfényű, halványsárga, fehér, áttetsző. Opt. pozitív. $n_\beta \sim 1,615$. — P_2O_5 -tartalma 52,2%; — A Karib-tengeri Moneta szigetéről kapta a nevét. Mész-kőaljazaton, madárguano-felhalmozódás alatt képződött gipsz- és foszfáttelep ásványa. Más üledékes foszfáttelepen is megtalálható.

Whitlockit (*trikalcium-foszfát*), $\beta\text{-Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ditrigonális szkalenoéderez, $D_{3d}^5-R\bar{3}m$. $a_r = 13,65$, $\alpha_r = 44^\circ 21'$. $Z = 7$. — Táblás vagy romboéderez kristályok; durva szemcsés — földes. $K = 5$. $S = 3,1$. Üvegfényű, kissé gyantászerű. Színtelen, fehér, szürke, sárga, átlátszó-áttetsző. $\omega = 1,629$. $\varepsilon = 1,626$; opt. negatív; 1100 C°-on monoklin módosulatba változik át; mesterségesen előállítható. — Híg savakban oldódik.

Képz. Eredetileg pegmatitásványok közt — Palermo (New Hampshire, USA) — találták, de üledékes foszfáttelepekben is fontos összetevő: Moneta-sziget, Curacao (Karib-tenger), Maracaibo (Venezuela), Oran (Algéria). P_2O_5 -tartalma 45—46%.

Schultenit, $\text{Pb}[\text{AsO}_3\text{OH}]$, monoklin prizmás. Az oldallap szerint táblás kristálya a gipsz termetére emlékeztet. Hasadás (010) sz. tökéletes. $K = 2,5$, $S = 5,9$. Gyémántfényű, színtelen. A Délnyugat-afrikai (Namíbia) Tsumeb oxidációs övéből került elő anglezit, mimetezit társaságában.

Graftonit, $(\text{Fe}^{2+}, \text{Mn}, \text{Ca})_3[(\text{PO}_4)_2]$. Monoklin prizmás; $C_{2h}^5-P2_1/c$. Nem tartozik a monetit sorhoz. — Rosszul fejlett kristályok; rendszerint vaskos-szemcsés. Halványvörös-sötétbarna. $n_\beta \sim 1,7$. Kéttengelyű, pozitív, enyhén pleokroós. — Savakban oldódik. Hevítve mágneses gömbbé zsugorodik. — Pegmatitban trifilinnel együtt fordul elő. Grafton (New Hampshire), Greenwood (Maine, USA), Comói-tó (Olaszorsz.); Kondakovo (K-Szibéria, SZU).

ε) XENOTIM—MONACIT-SOR

E foszfátok felépítését két különböző szilikátrács típus: a cirkon és huttonit jellemzi.

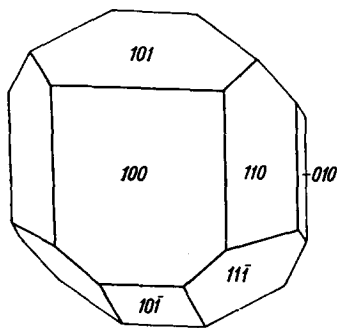
Xenotim, $\text{Y}[\text{PO}_4]$. Tetragonális holoéderez, $D_{4h}^{30}-I4_1/amd$, (cirkonrács). $a_0 = 6,79$, $c_0 = 6,04$ Å. $Z = 4$. A közeli rács méret folytán 5% SiO_2 -ot tartalmazhat. Valójában statisztikus eloszlással a P helyét Si foglalja el, s a töltéskiegyenlítés Zr vagy Th beépülésével áll helyre. Azonban SO_4 -anion is helyette-

síthet, valamint a rács Er-t, La-t és U-t is tartalmazhat. Az UO_2 -tartalom átlaga 3—4%.

Krist. Jól fejlett kristályai cirkonéhoz hasonlók, mellyel orientált összenövésben is előfordul. $K = 4-5$. $S = 4,4-5$. Hasadás (100) sz. tökéletes. Fény- és kettőtörése nagy: $\omega = 1,721$, $\varepsilon = 1,816$; pozitív, egytengelyű; gyengén pleokroós. Gyanta-, ill. erős üvegfényű. Rendszerint sárgásbarna—vörösarna, de lehet zöld, borsárga, szürke is. Áttetsző vagy opak. Hevítve kifakul, savak nem támadják meg.

Képz. Pegmatitásvány; sokszor nagy kristályok. D-Norvégiában Hitterö-szig., Arendal, Kragerö környékén. Svédországban Ytterby. Ezenkívül az Alpokban, Malgas (Madagaszkár) szigetén, Új-Zélandon és Bolíviában is gyakori ásvány. Braziliában a torlatokba is belekerül.

Monacit, $CePO_4$. Monoklin prizmás. $C_{2h}^2-P2_1/c$. $a_0 = 6,76$, $b_0 = 6,97$, $c_0 = 6,46$ Å. $\beta \sphericalangle 103^\circ 40'$. $Z = 4$. Rácsa a tórium-ortoszilikáttal (huttonittal) egyező típus. Kristályai (100) sz. táblásak (659. ábra), ugyanez a lap ikersík is. Hasadása (001) sz. jó. $K = 5,5$, $S = 4,9-5,3$. Gyantafényű, barna—vörösarna, áttetsző. Nagy a fénytörése és kettőtörése: $n_\alpha = 1,79$, $n_\gamma = 1,85$. Opt. pozitív; $b = \alpha$. A Ce helyén La-t, Y-ot, Nd-ot, Er-ot, Th-ot s ez utóbbi radioaktív termékét, mezotóriumot és He-ot is tartalmazhat. Lángban nem olvad, cc. H_2SO_4 elbontja. Radioaktív.



659. ábra. Monacit

Képz. Gránit- és gneiszközetekben aprószemcsés elegyrész, pegmatitokban nagyobb kristályokban is keletkezik; Arendal (Norvégia), a

finnországi Lappföld, Miassz (Urál, SZU); Malgas (Madagaszkár). — Másodlagosan a torlatokban felhalmozódik: Szanarka-folyó (Urál), Brazília, Ceylon. Elsősorban Th- és He-tartalma miatt értékes ásványi nyersanyag.

b) csoport.

Pót- (inaktív) anionnal kiegyenlített vegyületek

 α) APATIT-RÁCSÚAK

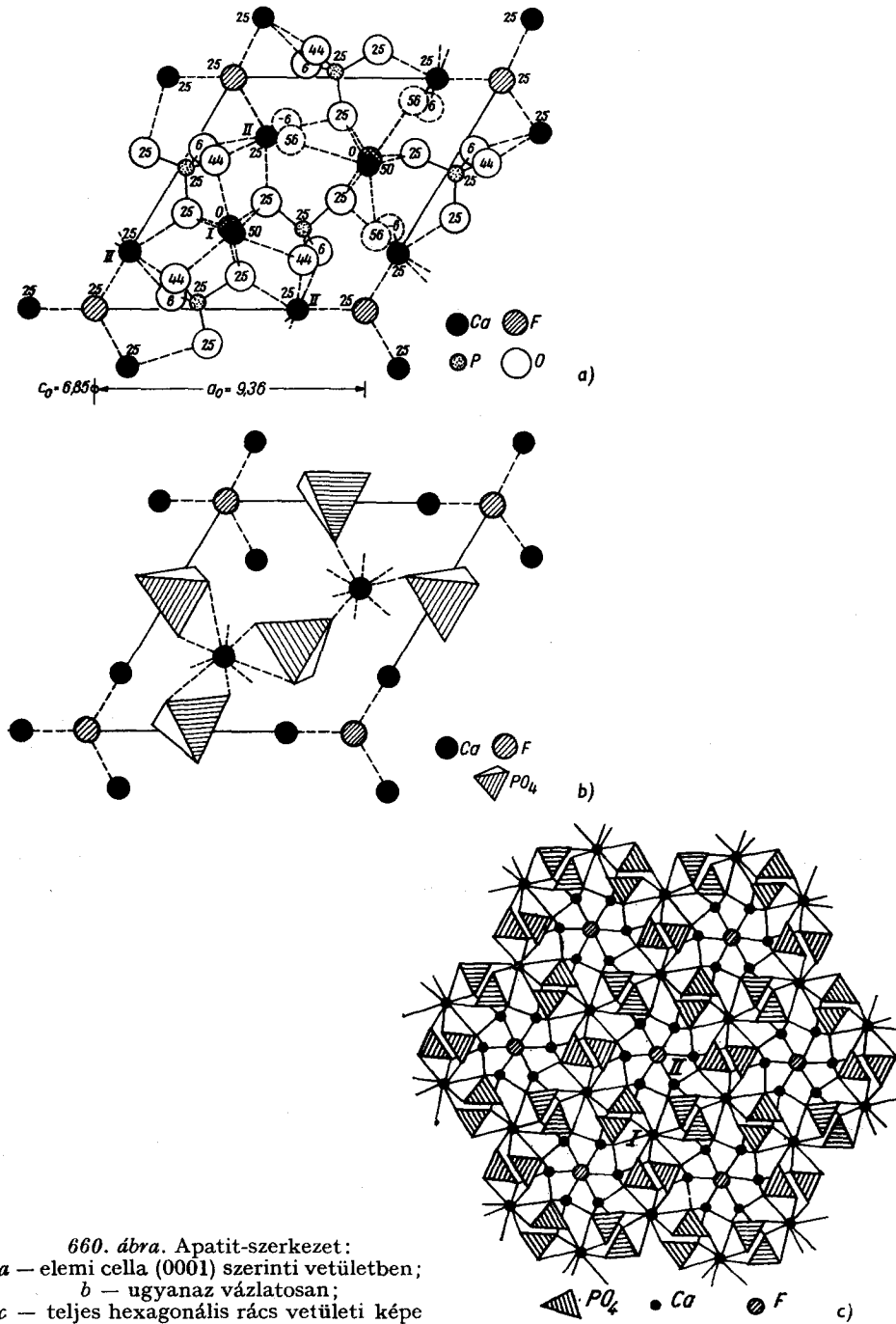
107. táblázat

Összetétel		Tércs.	cellaméret		Z
			a_0	c_0	
<i>1. Apatit-sor</i>					
Apatit	$\text{Ca}_5[\text{F}(\text{PO}_4)_3]$	} $C_{6h}^2 - P6_3/m$	9,38	6,86	2
Hidroxil-apatit	$\text{Ca}_5[\text{OH}(\text{PO}_4)_3]$		9,44	6,95	2
Klór-apatit	$\text{Ca}_5[\text{Cl}(\text{PO}_4)_3]$		9,54	6,86	2
Oxi-apatit	$\text{Ca}_{10}[\text{O}(\text{PO}_4)_6]$		9,40	6,94	—
Karbonát-apatit	$\text{Ca}_5[\text{F}(\text{PO}_4, \text{CO}_3\text{OH})_3]$		9,36	6,90	—
Svabit	$\text{Ca}_5[\text{F}(\text{AsO}_4)_3]$		9,72	6,96	2
<i>2. Szilikát-apatit-sor</i>					
Ellestadit	$\text{Ca}_5[\text{OH}(\text{SiO}_4, \text{SO}_4)_3]$	} $C_{6h}^2 - P6_3/m$	9,55	6,92	2
Wilkeit	$\text{Ca}_5[(\text{F}, \text{O})(\text{PO}_4, \text{SiO}_4, \text{SO}_4)_3]$		9,50	6,92	2
Britholit	$(\text{Na}, \text{Ce}, \text{Ca})_5[\text{F}(\text{SiO}_4, \text{PO}_4)_3]$		9,63	7,03	2
<i>3. Piromorfit-sor</i>					
Piromorfit	$\text{Pb}_5[\text{Cl}(\text{PO}_4)_3]$	} $C_{6h}^2 - P6_3/m$	9,97	7,33	2
Mimetezit	$\text{Pb}_5[\text{Cl}(\text{AsO}_4)_3]$		10,38	7,54	2
Vanadinit	$\text{Pb}_5[\text{Cl}(\text{VO}_4)_3]$		10,49	7,44	2

A nagy sorozat tagjai közül az első sor élén álló fluor-apatit a legelterjedtebb ásvány. A soron belül a többi tag gyakoriságának körülbelül a felsorolás rendje felel meg. Vegyi összetételükben a Ca mellett (és helyén) a Mn majdnem mindig kimutatható: MnO = 0,5—7,6%. 7—8% MnO-tartalom esetén már a „mangánapatit” elnevezés használatos.

1. Apatit-sor

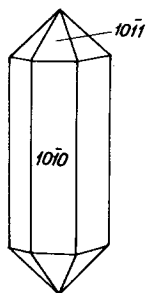
Apatit, (fluor-apatit), $\text{Ca}_5[\text{F}(\text{PO}_4)_3]$, **hidroxil-apatit**, $\text{Ca}_5[\text{OH}(\text{PO}_4)_3]$, **klór-apatit**, $\text{Ca}_5[\text{Cl}(\text{PO}_4)_3]$. Hexagonális dipiramisos. Rácsterkezetében a kissé torzult-tetraéderes PO_4 -csoportok között foglalnak helyet a Ca^{2+} , valamint a F^- , vagy OH^- és Cl^- -ionok. A rácspan a két halogenidanion minősége szerint változás áll be: a fluor-apatitban a F^- függőleges periódusa 25 és 75, a klór-apatitban a Cl^- magassága 0 és 50 Å. A Ca^{2+} -nak kétféle behelyezkedése, illetőleg koordinációja van. Az egyik (I.) a rombikus cella hosszú átlójára esik (660. ábra) és a környező tetraéderek közötti függőleges „csatornában”, trigonális



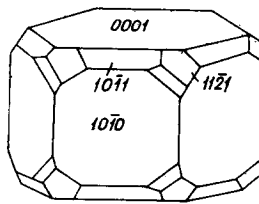
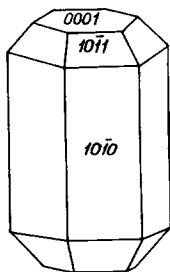
660. ábra. Apatit-szerkezet:
 a – elemi cella (0001) szerinti vetületben;
 b – ugyanaz vázlatosan;
 c – teljes hexagonális rács vetületi képe

tengely mentén sorakozik, környezete $3 \times 3 = 9$ oxigénből áll. (660/b ábra.) Ugyanilyen csatornaszerű üregben sorakoznak a F^- -ionok, míg az üreg falát a másik fajta koordinációjú Ca(II) béleli ki (660/c ábra). Ezt a F^- -t $3 + 3 = 6$ Ca(II) környezi, míg ugyanitt a Ca-nak $6 O + 1 F$, illetőleg a klór-apatitban $6 O + 2 Cl$ környezete van (660/a ábra).

Krist. A kristályok termete a keletkezési hőmérséklet szerint változik. Folyós magmából rendszerint egyszerű, hatszöges prizmával határolt, hosszú oszlopos-tűs, bennőtt kristályok jönnek létre. Pegmatitokban még kissé oszlopos termetű, piramislapokkal tetőzött, nagy kristályok keletkeznek (661. ábra). Pneumato-



661. ábra. Apatit



662. ábra. Apatit

litos körülmények között rövid prizmás, zömök termetű kristályok képződnek, a hidrotermás kialakulásra pedig lapokban gazdag, táblás, paramorf szimmetriát jól mutató kristályok jellemzők (662. ábra). Közöséges hőmérsékleten tömött szemcsés, „kriptokristályos” kalcium-foszfát jön létre. A hemiedria egyébként a prizmalapokon előidézett étetési idomokról is leolvasható. Hasadása (0001) sz. elég jó, (1010) sz. alig kivethető. $K = 5$. $S = 3,10-3,22$ (fluor- és klórapatit). A kristálylapok felülete üvegfényű, a törési felület zsírfényű. Színtelen vagy sárgára, zöldre, kékre, barnára színezett. Átlátszó, áttetsző. Fénytörése közepesen erős, igen gyengén kettőtörő, negatív.

A törésmutató a pótanion-tartalom szerint változik:

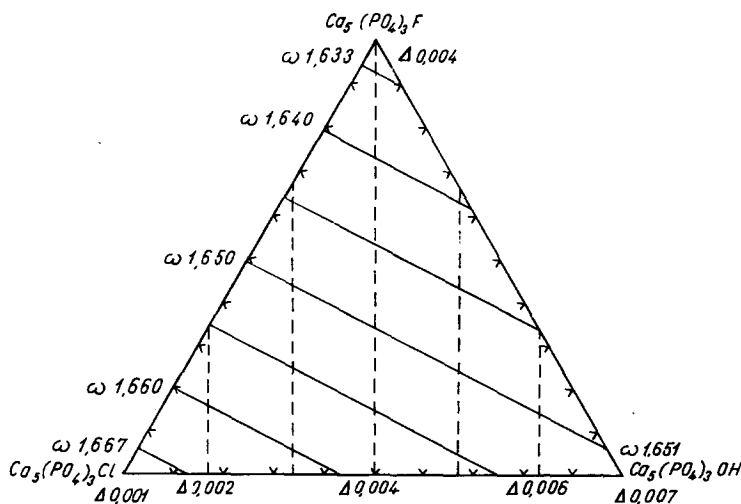
	ω	ϵ
fluor-apatit	1,633	1,629
hidroxil-apatit	1,651	1,644
klór-apatit	1,667	1,665

Az egyik törésmutató-meghatározás elegendő ahhoz, hogy a sorozat tagjainak összetételére (és az átmeneti tagokéra is) következtetni tudjunk. Ehhez segítséget nyújt az alábbi háromszögdiagram (663. ábra).

Egyes apatitkristályok optikai anomália folytán kéttengelyűek, $2V \sim 20^\circ$. — A színezettebbek pleokroócsak, az abszorpció: $\epsilon > \omega$; pl. $\omega =$ ibolya, $\epsilon =$ = ibolyásvörös vagy $\omega =$ halványsárga, $\epsilon =$ világos kékeszöld.

A legtöbb apatit ultraibolya fényben és katód- vagy röntgensugárzás hatására is fluoreszkál. Néha erős a termolumineszcenciája is. — Savakban; HNO_3 -ban és HCl -ban oldódik. — Olv. p. 1550 C° (klór-apatit), 1650 C° (fluor-apatit).

Karbonát-apatit, francolit, $\text{Ca}_5[\text{F}(\text{PO}_4)_3\text{CO}_3\text{OH}]_3$. A vegyületben a pót-anion helyét javarészt fluor tölti be. Ha több a OH mennyisége, ill. meghaladja a fluorét; a *dahlit* név használatos. Az apatitkristály karbonáttartalmának elhelyezkedése szerkezetileg még nem egészen tisztázott kérdés. Azt a feltétele-



663. ábra. A fluor-, klór- és hidroxil-apatit (ω) törésmutatói és a kettőtörés (Δ) értékeinek változása

zést, hogy finom hozzátársulással kalcit-, v. aragonitfázis-beépülés történik, a röntgenvizsgálatok megdöntötték. Az infravörös abszorpciós felvételek is azt tanúsítják, hogy egyszerű karbonátfázis nincsen jelen. Ennek ellenére a karbonát-apatit már híg sósavban enyhén pezseg. Valószínűnek látszik, hogy a karbonát- (vagy hidrogén-karbonát-) ionok a kristallitok felületén adszorbeálódnak. — Ez esetben továbbra is kérdés marad, hogy miért változik meg a francolit rácsállandója (l. 107. táblázat) és törésmutatója is: $\omega = 1,628$, $\epsilon = 1,619$. — *Kollofán*: mikrokristályos, főként CO_3 - és F-tartalmú apatit. A közetszerű foszforitban főlegyész.

Az **oxi-apatit** (*voelckerit*) $\text{Ca}_{10}[\text{O}(\text{PO}_4)_6]$ felírt összetétele idealizált. Valójában némi fluort is tartalmazó hidroxil-apatit, mely nagyobb mennyiségű ionizációra hajlamos kationt is, pl. Mn-t tartalmaz. Ennek ($\text{Mn}^{2+} \rightarrow \text{Mn}^{3+}$) vegyérték-változásával párhuzamosan a $(\text{OH})^-$ -anion helyébe O^{2-} lép (*mangán-voelckerit*).

Képz. Az apatitsor tagjai nagy elterjedtségű és fontos ásványok. A fluor-apatit, a fluor-hidroxil-apatit (kisebb karbonát-tartalommal) a sorozat leglé-

nyegesebb tagjai. Tiszta klór-apatit és a karbonát-apatit, valamint a hidroxil-apatit ritkábbak, s csak egyes lelőhelyekre korlátozottan ismeretesek. — Elsődlegesen három képződésben otthonos.

1. Az apatit szinte minden magmás kőzetben jelen van mint mellékes elegyrész. Bár csak apró kristályokban mutatkozik, jelentősége nagy, mert az egyedüli elsődleges foszforszolgáltató. Minden foszforsav, amit egyéb kőzetekben, főképpen üledékekben felhalmozódva és a talajban találunk, eredetileg belőle származott. Mélységi magmás kőzetekhez kapcsolódva jelentősebb feldúsulása is van: így a szovjetunióbeli Kola-félszigeti Hibin-tundrán nefelinnel társulva, a bázisos urtítkőzetben hatalmas telértestet alkot. Ez a világ eddig ismert leggazdagabb apatittelepe. Ugyancsak magmás eredetű az észak-svédországi Kiruna és Gellivaara vidékén a mágnésvasérctelepek finomszemcsés apatitja.

2. Pegmatitos és pneumatolitos eredettel is jelentősebb feldúsulások, néha önálló apatittelepek ismeretesek: Norvégiában Bamle; Kanadában Quebec- és Ontario-tartományok. Pneumatolitos ónkőtelepeken is gyakori, továbbá pneumatolitos kontakt mészkövekben: Pargas (Finnország).

3. Hidrotermásan érctelepekben, valamint az alpesi kristályospala- és gránit-hasadékokban számos előfordulása ismeretes. Ide sorolható némely balaton vidéki bazaltunk üregeinek falán apró kristályokban mutatkozó apatit, valamint a csehszlovákiai Nadabula (Sajóháza) és Ratkovská Suchá (Ratkószuha) apatitja is.

A másodlagos eredetű *foszforit* vaskos, finom rostos vagy szemcsés, földes külsejű Ca-foszfát, legtöbbször CaCO_3 -ot, jódot és bővebben OH-t is tartalmaz. Uralkodóan karbonátos kőzetekben, részben foszfáttartalmú keringő vizekből metasomatikus felhalmozódások, főképpen pedig szerves (állati) eredetű maradványok csont, fog, valamint madár- és denevérürülék (guano) felszaporodásából keletkezett. Nagyobb telepek: Gafsa (Tunézia), Tebessa (Algéria), Khouribga (Marokkó), Florida-félsziget (USA). A foszforitot és a nagyobb tömegű magmás apatittelepeket műtrágya- (szuperfoszfát-) gyártás céljaira művelik.

Svabit, $\text{Ca}_5[\text{F}(\text{AsO}_4)_3]$, hexagonális dipiramisos. Kristályai zömök prizmák, lapgazdag kombinációk. Színtelen, átlátszó, vagy sárga—sárgászöld, ilyenkor áttetsző. $K = 4-5$, $S = 3,5-3,8$. Fénytörése ($\sim 1,7$) erős, de kettőtörése gyenge (0,003). — Hevítve fekete, salakos tömeggé változik, sósav oldja. — Csak néhány lelőhelye ismeretes: Pajsberg, Jakobsberg, Långban (Svédország). Franklin, (New Jersey, USA). — Foszfát-arzenát-elegykristály Sr-tartalommal: *fermorit*, — Sitapar (India) Mn-érctelepének ásványa.

2. Szilikát-apatit-sor

Ellestadit, $\text{Ca}_2[\text{OH}(\text{SiO}_4, \text{SO}_4)_3]$. Hexagonális dipiramisos. Összetételéhez kevés foszfát- és karbonátanion is társul. — Szemcsés, vaskos. Fanerokristályos nem ismeretes. $K = 5$, $S = 3,07$. Halvány rózsaszínű. Egytengelyű, negatív; $\omega = 1,655$, $\varepsilon = 1,650$. — A wilkeit és apatit közötti átmeneti tagnak tekinthető. — Csak a kaliforniai (USA) Crestmore kontakt metamorf karbonátos kőzeteiből ismeretes wollastonit, vezuvián, diopszid, kék kalcit társaságában.

Wilkeit, $\text{Ca}_5[(\text{F},\text{O})(\text{PO}_4,\text{SiO}_4,\text{SO}_4)_3]$. Hexagonális dipiramisos. Kristályai legömbölyödött éllel-csúcsokkal kisebb-nagyobb halmazokba csoportosulnak, főként tömeges-szemcsés. $K = 5$, $S = 3,1$. Hasadás (0001) sz. tökéletlen, törési felületen kissé gyantafényű. Halvány rózsapiros vagy sárga, áttetsző. $\omega = 1,650$, $\varepsilon = 1,646$. Savakban pelyhes kovasavkiválással oldódik. — Kontakt szkarnásvány. — Crestmore (California, USA). A Laachi-tó (Eifel-hg., Németorsz.) szanidinitjében ritkaság; Kistim (Ural, SZU).

Britholit, $(\text{Na},\text{Ce},\text{Ca})_5[\text{F}(\text{SiO}_4,\text{PO}_4)_3]$. Hexagonális dipiramisos. — A pótanion lehet még Cl vagy OH is, avagy közösen mind a három. A Ca helyére V is beléphet. Fizikai sajátosságai az ellestadit-, wilkeitetől alig különböznek. Lelőhelye Crestmore (Calif., USA).

Említhető apatitizomorfia még: *lewistonit*, alkáli-apatit: $(\text{K},\text{Na},\text{Ca})_5[(\text{OH})\text{O}(\text{PO}_4)_3]$. Lewiston (Utah, USA).

3. Piromorfit-sor

Piromorfit, $\text{Pb}_5[\text{Cl}(\text{PO}_4)_3]$. Hexagonális dipiramisos. Kristályai hasonlóak az apatitéhoz, de lapokban szegényebbek. Gyakori a hordó alakú, görbült, zömök prizmás termet. Párhuzamos fő tengelyű kristálycsoportok vagy fürtös-vesés cseppköves halmazok. Hasadása rossz. $K = 3,5-4$. $S = 6,8$. Erős gyantafénye (Pb!), zsírfénye van. Áttetsző, átlátszatlan. Legtöbbnyire zöld vagy barna, ezért nevezik „zöld- és barnaólmércnek” is. $\omega = 2,05$, $\varepsilon = 2,04$. Ca-ot és AsO_4 -ot is tartalmazhat. Olv. p. 1150°C . Lángban forrasztócső előtt könnyen megolvad, és lehűlve sajátosságos, síklapokkal határolt, gömbszerű poliéderré szilárdul. — HNO_3 oldja.

Galenit és más ólmérccek oxidációs övében keletkezik. Banska Štiavnica (Selmecbánya, Selmeci-hg., Csehszl.), Capnic (Kapnikbánya, Gutin-hg.). Bányási bányák és Băița (Rézbánya, Bihar-hg., Románia). — Kisebb mennyiségben a Velencei-hegységi Szűzvárnál is megtaláljuk.

Mimetezit, $\text{Pb}_5[\text{Cl}(\text{AsO}_4)_3]$. Hexagonális dipiramisos. Kristályai fennőtt táblás, ritkán piramisos termetűek. Nagyon hasonlít a piromorfithoz, mellyel párhuzamos összenövést is alkot. $K = 3,5$, $S = 7,2$. Gyantafényű, áttetsző. Sárga, barna, néha vöröses. Lángban megolvad, HNO_3 , KOH oldja.

Szintén másodlagos; Pb- és As-tartalmú érceken keletkezik, de ritkább a piromorfitnál. Ciclova (Csiklova, Bánság, Románia), Příbram (Csehszlovákia).

Vanadinit, $\text{Pb}_5[\text{Cl}(\text{VO}_4)_3]$. Hexagonális dipiramisos. Zömök prizmás, dipiramisos kristályai barnák, sárgák vagy vörösek. Néha fürtös-gömbös bekérgezést alkot. $K = 3$, $S = 6,8$. Fénye erős, majdnem gyémántfény, kissé áttetsző. Könnyen megolvad. HCl-ban és HNO_3 -ban oldódik.

Ólmércztelepeken másodlagosan keletkezik, de ritkább ásvány. Nagyobb felszaporodásban igen fontos V-érc. Rendszerint az ugyancsak V-tartalmú desclouissittal társul. Eisenkappel (Karintia, Ausztria), Berezovszkij (Ural), Broken Hill (Zambia, É-Rhodézia), Tsumeb (DNY-Afrika).

β) LIBETENIT-SOR
(andalúzit-izotópia)

108. táblázat

Név	Összetétel	Térccs.	a_0	b_0	c_0	Z
Libetenit	$\text{Cu}_2[\text{OH} \cdot \text{PO}_4]$	} $D_{2h}^{12} - Pnnn$	8,45	8,10	5,91	4
Olivenit	$\text{Cu}_2[\text{OH} \cdot \text{AsO}_4]$		8,64	8,22	5,95	4
Adamin	$\text{Zn}_2[\text{OH} \cdot \text{AsO}_4]$		8,34	8,56	6,09	4

Libetenit, $\text{Cu}_2[\text{OH} \cdot \text{PO}_4]$. Rombos dipiramisos. Szerkezete a $\text{Al}_2[\text{O} \cdot \text{SiO}_4]$ andalúzittal egyező rácstípusú. Apró, fennőtt kristályai némileg az oktaéderre emlékeztetnek. Gyakran bekéregzéseket, malachithoz hasonló fürtös halmazokat alkot. $K = 4$. $S = 3,7$. Sötét olajzöld, gyantafényű, áttetsző. — Rézérctelepek oxidációs övében másodlagos ásvány. Lubietová (Libetbánya, Csehszlovákia), Ocna de Fer (Vaskő, Bánság, Románia), Cornwall (Anglia), Katanga (Zaire Közt., Afrika).

Olivenit, $\text{Cu}_2[\text{OH} \cdot \text{AsO}_4]$. Kristályai c -tengely szerint nyúlt termetű, gyakran tű alakú formák. Barnászöld, feketészöld. Áttetsző, üvegfényű, néha selymes. Keletkezése a libetenittel egyező.

Adamin, $\text{Zn}_2[\text{OH} \cdot \text{AsO}_4]$. Aprószemcsés, néha vaskos. Színtelen vagy gyengén színezett; Zn-ércek oxidációs ásványa.

γ) WAGNERIT—TRIPLIT-SOR
(andalúzitszerű szerkezetek)

109. táblázat

Összetétel	Térccsop.	a_0	b_0	c_0	$\beta \angle$	Z
Wagnerit $\text{Mg}_2[\text{F} \cdot \text{PO}_4]$	$C_{2h}^5 - P2_1/c$	11,92	12,53	9,65	$108^\circ 07'$	16
Zwieselit $(\text{Fe}^{2+}, \text{Mg})_2[\text{F} \cdot \text{PO}_4]$	$C_{2h}^5 - P2_1/c$	12,02	6,45	10,05	108°	8
Triplit $(\text{Mn}, \text{Fe}^{2+})_2[\text{F} \cdot \text{PO}_4]$	$C_{2h}^3 - I2/m$	12,05	6,45	10,05	$105^\circ 42'$	8

Wagnerit, $\text{Mg}_2[\text{F} \cdot \text{PO}_4]$. Monoklin prizmás. — Kristályai c -tengely szerint nyúlt oszlopok, görbült lapsorakozással. Sokszor nagy, durva kristályok; nemritkán táblás, de tömeges-vaskos kifejlődés a gyakoribb. Hasadás (100) és (120) sz. jó. $K = 5-5,5$, $S = 3,15$. Üvegfényű, kissé zsírfényű, áttetsző. Sárga, szürke, húspiros. Opt. kéttengelyű, pozitív, $n_\alpha = 1,568$, $n_\beta = 1,572$, $n_\gamma = 1,582$. — Lángban izzítva szürke üveggé olvad. Savakban oldódik.

Első lelőhelye Werfen (Salzburg-tart., Ausztria), ahol kvarctelésekben mágnezittel, lazulittal, klorittal társul. Hasonló: Norvégiában Bamle, Ödegaard. A Vezúv (1872-es kitörésű) láváján is észlelték.

Triplit és **zwieselit**, $(\text{Mn}, \text{Fe}^{2+}, \text{Mg})_2[\text{F} \cdot \text{PO}_4]$. Monoklin, mangán-vas-foszfát. Tökéletlenül fejlett kristályok, rendszerint vastkos. $K = 5-5,5$. S (változó): $3,5-3,9$. Gyanta—üvegfényű, sötétbarna, vörösbarna, húspiros. Áttetsző vagy opak. — Gránitpegmatitban a foszfátban gazdagabb paragenezisek tagja. Hagendorf, (Bodenmais, Bajororsz.), Sukula (Finnorsz.), Varuträsk (Svédorsz.), Pala (Calif., USA).

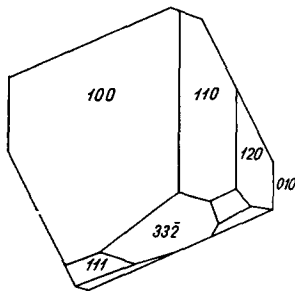
δ) HERDERIT—AMBLIGONIT-SOR
(datolit-rácsúak)

110. táblázat

Összetétel	Tércsop.	Rácsállandók			$\beta \angle$	Z
		a_0	b_0	c_0		
Herderit $\text{CaBe}[(\text{F}, \text{OH})\text{PO}_4]$	$C_{2h}^5 - P2_1/a$	9,82	7,70	4,81	$\beta \angle 90^\circ 06'$	4
Amblygonit $\text{LiAl}[\text{F} \cdot \text{PO}_4]$	$C_1^1 - \bar{P}1$	5,19	7,12	5,04	$\alpha \angle 112^\circ 02'$ $\beta \angle 97^\circ 49'$ $\gamma \angle 68^\circ 07'$	2
Montebrasit $\text{LiAl}[\text{OH} \cdot \text{PO}_4]$	$C_1^1 - \bar{P}1$	—	—	—	—	—

Herderit, $\text{CaBe}[(\text{F}, \text{OH})\text{PO}_4]$. Monoklin prizmás. Szerkezete a datolit $\text{CaB}[(\text{OH})\text{SiO}_4]$ rácsával egyező. — Zömök prizmák, sok tetőzőformával, külsőleg rombos rendszerűnek látszik. Hasadás (110) sz., $K = 5-5,5$. $S = 2,95$. Színtelen, halványsárga, üvegfényű. $n_\beta \sim 1,532$. Opt. negatív. Sósavban oldódik. — *Képz.* Pegmatitos-pneumatolitos ásvány. Ehrenfriedersdorf (Érchegeys., Németorsz.), az ónércparagenezis tagja; Murzinka (Ural, SZU); Stoneham (Maine, USA) és több más lelőhelyen a Be-ban gazdagabb pegmatitparagenezishez tartozik.

Amblygonit, $\text{LiAl}[\text{F} \cdot \text{PO}_4]$. Triklin. Szerkezete ugyancsak a datolitéval rokon. Kristályosan ritka (664. ábra); rendszerint fehér, tömött, finomszemcsés halmazban, egyenetlen-kagylós törésű darabokban ismeretes. $K = 6$. $S = 3$. Üvegfényű, kissé áttetsző, többnyire gyengén színezett, optikailag negatív, $n_\beta = 1,604$. Savakban nehezen oldódik; lángban a Li-lángszín erősen mutatkozik.



664. ábra. Amblygonit

Képz. Pegmatitos-pneumatolitos keletkezésű telérekben más Li-ásványokkal (spodumen, Li-turmalin) társul. Li- és P-tartalma miatt értékes nyersanyag. Nagyobb tömegben: Cáceres (Extremadura-tart., Spanyolorsz.), Etta (D-Dakota, USA); első lelőhelye Montebras (Franciaorsz.).

Montebrasit, hidroxil-amblygonit, $\text{LiAl}[\text{OH} \cdot \text{PO}_4]$. Sajátságai az amblygonitéval egyezők, fénytörése némileg erősebb, és optikailag pozitív. Lelőhelye is azonos az amblygonittal.

e) TILASIT—DESCLOIZIT-SOR
(titanit-rácstípusúak)

111. táblázat

	Összetétel	Tércsop.	Rácsállandók			$\beta \angle$	Z
			a_n	b_0	c_0		
Isokit	CaMg[F·PO ₄]	} C _{2n} ⁶ —C2/c	6,12	8,75	7,51	121°28'	4
Tilasit	CaMg[F·AsO ₄]		6,67	8,97	7,58	121°0'	4
Durangit	NaAl[F·AsO ₄]		6,54	8,48	7,31	119°22'	4
Austinit	CaZn[OH·AsO ₄]		5,91	9,02	7,44	—	4
Konikalkit	CaCu[OH·AsO ₄]	} D ₂ ⁴ —P2 ₁ 2 ₁ 2 ₁	5,85	9,23	7,43	—	4
Descloizit	Pb(Zn,Cu)[OH·VO ₄]		6,06	9,41	7,59	—	4
Mottramit	Pb(Cu,Zn)[OH·VO ₄]		közel azonos			—	4

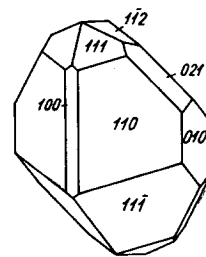
Isokit, CaMg[F·PO₄], monoklin prizmás, rácsa a titanitéval: CaTi[O·SiO₄] egyező szerkezet. Ankerites-dolomitos kőzetben rostos-sugaras szferolitok. $K = 4-5$, $S = 3,27$. Savak oldják. — Ritka ásvány. Stroncium-apatit, monacit, flogopit és piroklor társaságában, nagyobb hőmérsékletű metasomatózis terméke. Első lelőhelye Isoka (Zambia = É-Rhodézia).

Tilasit, CaMg[F·AsO₄]. Monoklin prizmás; titanitrácsú. Kristályok (010) sz. táblások, gyakran ikrek (100) sz. Szemcsés-vaskos halmazban gyakoribb. $K = 5$. $S = 3,77$. Ibolyásszürke, olajzöld, almazöld. Gyantafényű, $n_\alpha = 1,640$. $n_\beta = 1,660$, $n_\gamma = 1,675$. Opt. negatív. $2V \sim 88^\circ$. — Mangánérctelepek utólagos keletkezésű ásványa, pirokroit, kalcit, hematit, hausmannit a gyakoribb társai; Långban (Svédorsz.), Kaslidongri (India).

Durangit, NaAl[F·AsO₄], monoklin prizmás, izomorf a tilasittal. Kristályai „ferde” piramisos termetű kombinációk (665. ábra), a lapok egyenetlenek, érdesek. Hasadása (110) sz. közepes. $K = 5$. $S = 3,9$. Narancsvörös, barnászörös, üvegfényű, átlátszó-áttetsző, üvegfényű. $n_\beta = 1,673$, opt. negatív, $2V_\alpha \sim 45^\circ$. Pleokroós. Kénsav oldja. — Durango-i (Mexikó) nagy hőmérsékleten képződött ásványtársulás (kassziterit, topáz, hematit) tagja. — Egyes pegmatitokban (ambligonittal) is megjelenik.

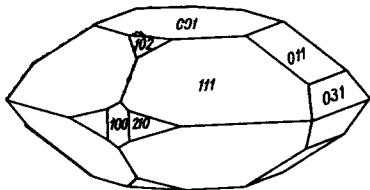
Austinit, CaZn[OH·AsO₄]. Rombos diszfenoidos. Kristályai ék alakban végződő prizmák, egyszerű kombinációk. $K = 4-4,5$. $S = 4,1$. Színtelen — halványsárga; erős üvegfényű, rostos felületen selyemfényű. Kéttengelyű, pozitív. $n_\beta = 1,763$, $2V_\gamma \sim 47^\circ$. — Az oxidációs öv ásványa. Gold Hill (Utah, USA). Lomitos (Bolívia); Guchab (DNY-Afrika).

Konikalkit (higginsit), CaCu[OH·AsO₄]. Rombos diszfenoidos; rövid prizmás kristályok, gömbös-vesés kérgezódések vagy rostos-szálás halmazok. $K = 4,5$, $S = 4,3$. Zsíros üvegfényű, fűzöld, sárgászöld, kicsé áttetsző. $n_\beta = 1,831$, optikai jellege változó. Pleokroós. HNO₃—HCl-ban oldódik. — Másodlagos ásvány, oxidációs termék rézérctelepeken. Számos lelőhelye közül említhető: Hinojosa de Duero (Sierra Morena, Spanyolország), Akmolinszk (Kazaksztán, SZU), Medzianka (Lengyelorsz.), Guchab (Otavi-kerület, DNY-Afrika); Empire (Nevada, USA).



665. ábra. Durangit

Descloizit, $\text{Pb}(\text{Zn}, \text{Cu})[\text{OH} \cdot \text{VO}_4]$ és **mottramit**, $\text{Pb}(\text{Cu}, \text{Zn})[\text{OH} \cdot \text{VO}_4]$ rombos diszfenoidos, bár külsőleg a holoéderez szimmetria érvényesül. A két vegyület közt korlátlan az elegyedés. Jól fejlett, kissé táblás (666. ábra) vagy a -tengely szerint nyúlt kristályok. Leginkább azonban a sugaras-rostos, cseppkőszerű képződmény gyakori. $K = 3-3,5$. $S \sim 6,2$. Zsírfehér, barna, narancsvörös vagy fűzöld, olajzöld (Cu). Fénytörése és kettőtörése is erős; $n_\alpha = 2,185$, $n_\beta = 2,265$, $n_\gamma = 2,350$. Optikailag negatív, erősen pleokroós. Savakban könnyen oldódik.



666. ábra. Descloizit

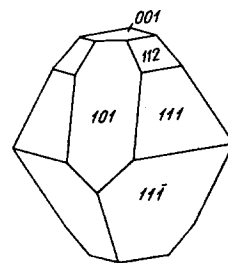
Képz. Másodlagosan, ólom-réz-cinkércék oxidációs övében keletkezik. Helyenként jelentős tömegek képződnek belőle, ilyenkor mint vanádium-nyersanyagot külön kitermelik. Lelelőhelyeinek száma nagy, Grootfontein és Guchab (Otavi, DNy-Afrika, Namíbia); Broken Hill, (Zambia, É-Rhodézia); Katanga (Zaire Közt.); Djebba (Tunézia); Saida (Algéria); Bisbee (Ariz.), Silver Star, Montana (USA).

ξ) VEGYES SZERKEZETEK

112. táblázat

Ásvány	Összetétel	Szimmetria	$\beta \angle$
Lazulit	$(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})\text{Al}_2[\text{OH} \cdot \text{PO}_4]_2$	monoklin	$118^\circ 55'$
Dufrenit	$\text{Fe}_3^{2+}\text{Fe}_6^{3+}[(\text{OH})_3 \cdot \text{PO}_4]_4$	monoklin	$100^\circ 25'$
Frondelit	$(\text{Mn}, \text{Fe}^{2+})\text{Fe}_4^{3+}[(\text{OH})_5 \cdot (\text{PO}_4)_3]$	rombos	—
Rockbridgeit	$(\text{Fe}^{2+}, \text{Mn})\text{Fe}_4^{3+}[(\text{OH})_5 \cdot (\text{PO}_4)_3]$	rombos	—
Pszedomalacit	$\text{Cu}_5[(\text{OH})_2 \cdot \text{PO}_4]_2$	monoklin	91°
Erinit	$\text{Cu}_5[(\text{OH})_2 \cdot \text{AsO}_4]_2$	monoklin	$92^\circ 15'$
Augelit	$\text{Al}_2[(\text{OH})_3 \cdot \text{PO}_4]$	monoklin	$112^\circ 27'$
Klinoklász	$\text{Cu}_3[(\text{OH})_3 \cdot \text{AsO}_4]$	monoklin	$99^\circ 30'$
Tavistockit	$\text{Ca}_3\text{Al}_2[(\text{OH}) \cdot \text{PO}_4]_3$	rombos	—
Braziliánit	$\text{NaAl}_3[(\text{OH})_2 \cdot \text{PO}_4]_2$	monoklin	$97^\circ 22'$
Gorceixit	$\text{BaAl}_3\text{H}[(\text{OH})_6 \cdot (\text{PO}_4)_2]$	trigonális	—
Goyazit	$\text{SrAl}_3\text{H}[(\text{OH})_6 \cdot (\text{PO}_4)_2]$	trigonális	—
Crandallit	$\text{CaAl}_2\text{H}[(\text{OH})_6 \cdot (\text{PO}_4)_2]$	trigonális	—

Lazulit, kékpát, $(\text{Fe}, \text{Mg})\text{Al}_2[(\text{OH})_2(\text{PO}_4)_2]$. Monoklin prizmás. $C_{2v} - P2_1/n$. $a_0 = 7,12$, $b_0 = 7,24$, $c_0 = 7,10$. $Z = 2$. Kristályai hegyes dipiramisok vagy táblás, dómás termetű egyszerű kombinációk (667. ábra). Rendszerint szemcsés, tömöttvaskos. Rosszul hasad. $K = 5-6$. $S = 3,08$. Gyengén áttetsző. Üvegfényű. Égkék, indigókék, kékesfehér. Hasonlít a lazúrit-hoz, de míg az izotrop és a karca is kék, addig a lazulit kettőtörő és pleokroós, karca pedig szintelen vagy fehér, $n_\beta = 1,626$. Opt. negatív.—Savak csak kiizzítás után oldják.—Werfen



667. ábra. Lazulit

(Salzburg-tart., Ausztria) és az Alpok más helyén is agyagpalákban, kvarcitokban erceskéket, kisebb betelepüléseket alkot. Karolina és Georgia államokban (USA).

Dufrenit, (*kraurit*), $\text{Fe}_3^{2+}\text{Fe}_3^{3+}[(\text{OH})_3\text{PO}_4]_4$. Monoklin prizmás. $C_{2h}^5-P2_1/n$, összetételében egyéb (Mn-, Cu-) kationok is szerepelhetnek. Apró kristályok vagy vaskos, sugaras, tömött halmazok. (100) sz. hasad. $K = 4$, kissé áttetsző, zsírfényű vagy selymes. Zöld, levegőn idővel megsárgul, megbarnul, Fénytörése erős, $n_\beta = 1,840$.

Frondelit, $(\text{Mn}, \text{Fe}^{2+})\text{Fe}_4^{3+}[(\text{OH})_5(\text{PO}_4)_3]$ és $(\text{Fe}^{2+}, \text{Mn})\text{Fe}_4^{3+}[(\text{OH})_5(\text{PO}_4)_3]$, **rockbridgeit** rombos diszfenoidos, $D_2^5-B22_12$. $a_0 = 13,89$, $b_0 = 17,01$, $c_0 = 5,21$ Å (frond.) és $a_0 = 13,76$, $b_0 = 16,94$, $c_0 = 5,19$ Å (rockbr.). $Z = 4$. Gömbös-kérges, sugaras-rostos vagy finom oszlopos kifejlődésben ismeretes. Hasadása (100) sz. kitűnő. $K = 4,5$. $S = 3,3-3,5$. Sötétzöld, olajzöld, zöldesfekete. Tompa zsírfényű. Felszínén vörösbarna oxidációs bevonat képződik. Fénytörése: $n_\beta = 1,880-1,927$. Optikai jelleg (az összetétel szerint) változó. Erősen pleokroós, HCl-ban oldódik, de HNO_3 és H_2SO_4 nem oldja.

Képz. Másodlagos ásvány, főleg a pegmatitos paragenézis felszíni oxidációjának terméke; társai: vivianit, strengit, goethit. A frondelit a brazíliai Sapucaia-pegmatitból került elő. A rockbridgeit a Virginia állambeli (USA) Rockbridge-ről, hasonlóan limonit környezetben. Számos lelőhely közül Hagendorf (Bajororsz.), Chanteloupe (Franciaorsz.) említhető.

Pseudomalachit, $\text{Cu}_5[(\text{OH})_2\text{PO}_4]_2$, monoklin prizmás, $C_{2h}^5-P2_1/a$. $a_0 = 17,06$, $b_0 = 5,76$, $c_0 = 4,49$ Å. $Z = 2$. Egyes kristályokban ritka, legfeljebb aprószemű prizmás kristálykák halmaza. Rendszerint félgömbös, szőlős-vesés formákban, tömött vagy rostos bekéregzésként keletkezik. $K = 4,5-5$. $S = 4,35$. Smaragd zöld, sötétzöld, zöldesfekete. Üvegfényű, $n_\beta \sim 1,86$. Optikai jelleg legtöbbször negatív, de átválthat pozitívba is. Nagyon gyengén pleokroós. — Savak oldják. — Másodlagosan malachit, krizokolla, tenorit, kalcedon, limonit stb. kíséretében, vagyis rézérccek oxidációs övében keletkezik. Lubietová (Libetbánya, Szlovákia), Băița (Rézbánya, Bihar-hg, Románia), számos más hasonló paragenézisű lelőhelyről ismeretes.

Erinit, (*cornwallit*), $\text{Cu}_5[(\text{OH})_2\text{AsO}_4]_2$, monoklin prizmás, $C_{2h}^5-P2_1/a$. — $a_0 = 17,61$, $b_0 = 5,81$, $c_0 = 4,60$ Å. Izomorf a pszeudomalachittal. Sajátságai is közelállók. Koncentrikus-sugaras halmaz, selymes-rostos kéreg. Smaragd zöld, sötétzöld. $n \sim 1,86$. Opt. negatív. Salétromsavban oldódik. — Másodlagos, oxidációs termék. Leadhills (Skócia, Anglia); Luimneach (Limerick, Írorsz.); Freudenstadt (Schwarzwald, Németorsz.); Tintic (Utah, USA).

Augelit, $\text{Al}_2[(\text{OH})_3\text{PO}_4]$ és **klinoklász**, $\text{Cu}_5[(\text{OH})_3\text{AsO}_4]$, monoklin prizmás, $C_{2h}^5-P2_1/a$. $a_0 = 13,13$, $b_0 = 7,98$, $c_0 = 5,07$ Å (augelit) és $a_0 = 12,38$, $b_0 = 6,46$, $c_0 = 7,24$ Å (klinokl.); $Z = 4$. Vastag táblás vagy hegyes, romboédert utánzó (klinoklász) kristályok, rozettás csoportosulások, de szemcsés, kéregszerű, tömött halmaz gyakoribb. Hasadás (001) sz. jó. $K = 2-3$ (klinokl.), ill. $4,5-5$ (augelit). $S = 2,7$ (augel.), $4,4$ (klinokl.). Szintelen sárga, rózsaszín (augel.), sötétzöld, zöldeskék (klinokl.) $n_\beta = 1,57$ (augel.) és $1,87$ (klinokl.). Képződésük is különböző: az augelit egyes hidrotermás érctelepek kísérő ásványai közt fordul elő pl. Carlsham, (Svédorsz.); Potosi (Bolívia); White Mts (Calif., USA). Mbale (Uganda, itt ambligonit kíséri). — A klinoklász típusosan másodlagos ásvány réz-

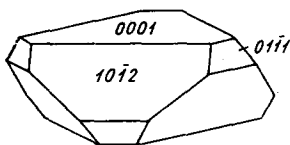
érctelepeken, leggyakoribb társa az olivenit. Lubietová (Libetbánya), Spana Dolina (Csehszlovákia), Cornwall (Anglia) több bányájában is.

Tavistockit, $\text{Ca}_3\text{Al}_2[\text{OH}\cdot\text{PO}_4]_3$, rombos; mikroszkópos tús kristályok, néha gömbös-sugaras halmazok. Hasadás (100) sz. tökéletes, opt. pozitív, $n_\beta = 1,530$. Savakban nehezen oldható. — Ritka. Tavistock, Devonshire (Anglia); Katanga (Kongó Közt.).

Brazilianit, $\text{NaAl}_3[(\text{OH})_2\text{PO}_4]_2$, monoklin prizmás, $C_{2h}^5 - P2_1/n$. $a_0 = 11,19$, $b_0 = 10,08$, $c_0 = 7,06$ Å. $Z = 2$. Rövid prizmás vagy b -tengely szerint nyúlt, kihegyesedő kristályok. Gömbös-sugaras alakban gyakoribb. Hasadása (010) sz. jó. $K = 5,5$. $S = 2,98$. Sárgászöld—halványsárga, üvegfényű, $n_\beta = 1,609$. $2V_\gamma = 70^\circ$. Forró kénsavban oldódik. — Pegmatitásvány. Eléggé ritka. Minas Gerais (Brazília), Grafton (New Hampshire, USA).

Gorceixit, $\text{BaAl}_3\text{H}[(\text{OH})_6(\text{PO}_4)_2]$. Valószínűleg ditrigonális szkalenoédes és izomorf a goyazit—crandallittal. Szemcsék, legömbölyödött szemek mikrokristályos struktúrával. $K = 6$. $S = 3,04$. Barna, erős üvegfénnyel, $n \sim 1,625$. Opt. pozitív, kettőtörése gyenge. — Brazília, Afrika és Guayana gyémánttörlőlapjaiban apróbb-nagyobb kavicszemek.

Goyazit, (*hamlinit*), $\text{SrAl}_3\text{H}[(\text{OH})_6(\text{PO}_4)_2]$, ditrigonális szkalenoédes, $D_{3d}^5 - R\bar{3}m$. $a_0 = 6,98$, $c_0 = 16,54$ Å. $Z = 1$. Kis romboédes vagy táblás kristályok (668. ábra). Kavic-



668. ábra. Goyazit

sok, legömbölyödött szemek alakjában gyakoribb. Hasad (0001) sz. $K = 4-5$, $S = 3,3$. Mézsárga, színtelen, gyantafényű. $\omega = 1,629$, $\varepsilon = 1,639$. Néha anomálishan kéttengelyű, vastagabb lemezei gyengén pleokroosak. Savakban oldódik. Elsősorban a gyémánttartalmú homok—kavicsanyagból ismeretes. Minas Gerais (Brazília), de a svájci Binnental ásványtársulásában is előkerült. A Simplon-alagút (Svájc, Olaszorsz.) anhidritjével, az ukrainai (SZU) Romni sódómjának

ásványaival is társul, de pegmatitban a bertrandit-, herderit-, apatitegyüttes tagjaként is megtalálták: Stoneham (Maine, USA) és Eagle Rock (Colorado, USA).

Crandallit, $\text{CaAl}_3\text{H}[(\text{OH})_6(\text{PO}_4)_2]$. Trigonális, $C_{3v}^5 - R\bar{3}m$. $a_0 = 6,99$, $c_0 = 16,13$. Bár a tércsoport nem egyezik, a rácsállandók és a kémiai képlet szoros szerkezeti rokonságot sejtet a goyazittal és gorceixittel. — Apró trigonális prizmák, sokszor rostos-küllős elrendezésben. Rendszerint finom szemű, vaskos vagy rétegzett, kalcedonszerű. Hasadás (0001) sz. igen jó. $K = 5$. $S = 2,78$. Sárga, fehér, szürke, egytengelyű, pozitív. $\omega = 1,618$, $\varepsilon = 1,623$; lángban zományszerűen megolvad. Savak nem oldják. — Foszfáttelepek üregeiben és teléres ércártásban is találják, de nem elsődleges képződmény. Nassau (Németország); Llallagua (Bolívia); Tintic (Utah, USA). Pegmatitban is átalakulási termék, Harney Peak, (D-Dakota, USA).

B. ALOSZTÁLY

VÍZTARTALMÚ FOSZFÁTOK, ARZENÁTOK, VANADÁTOK

a) csoport.

Pótanion nélküli vegyületek

α) KOLBECKIT—FAHEYIT-SOR

Kolbeckit, $(\text{Al}, \text{Ca}, \text{Fe})\text{Be}_2[(\text{P}, \text{Si})\text{O}_4]_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$. Monoklin. $a_0 = 5,34$, $b_0 = 10,09$, $c_0 = 8,46$ Å. $\beta \approx 90^\circ 40'$. A kristályok rövid prizmásak, rombos kül-sővel. Hasadás (010) sz. $K = 3,5$ —4. $S = 2,4$. Gyöngyház—üvegfényű. Kék, kékeszürke, pleokroós. — Savak oldják. — Pneumatolitos telérekben a szász-oroszági (Érc-hg.) Schmiedebergen (Németorsz.) kvarc—wolframitos erecskében apró kristályok.

Faheyit, $(\text{Mn}, \text{Mg}, \text{Na})\text{Fe}_3^+\text{Be}_2[\text{PO}_4]_4 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$. Hexagonális, $a_0 = 9,43$, $c_0 = 16,0$ Å. Kék, kékesfehér, rostos. $S = 2,67$. $\omega = 1,631$, $\varepsilon = 1,652$. — Pegmatitfeltárásokban variscit, frondelit a társai; utólagosan képződött ásvány. Első lelőhelye Minas Gerais (Brazília).

β) SCHOLZIT—VOLBORTHIT-SOR

Scholzit, $\text{CaZn}_2[\text{PO}_4]_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$. Rombos dipiramisos, D_{2h}^{13} — $Pbnm$. $a_0 = 17,14$, $b_0 = 22,19$, $c_0 = 6,61$ Å. — Vastag táblás vagy prizmás kristályok. $K = 3$ —3,5. $S = 3,1$. Hasadás (100) sz. közepes. Színtelen, fehér, $n_\alpha = 1,581$, $n_\gamma = 1,596$. Opt. pozitív. — Másodlagos foszfátásvány pegmatitban, Hagendorf (Bajororsz.).

Legrandit, $\text{Zn}_3[\text{AsO}_4]_2 \cdot 2\frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$, monoklin, $a_0 = 12,72$, $b_0 = 7,92$, $c_0 = 10,20$ Å. $\beta \approx 104^\circ 25'$. $Z = 3$. A kristályok c -irányban nyúlt tűs-oszlopos termettel, leginkább sugarasan csoportosulnak. $K = 5$, $S = 4,01$. Kanárisárga—színtelen. $n_0 = 1,690$, kéttengelyű, pozitív. Savakban oldódik. — Ritka ásvány. Másodlagos. Nuevo Leon állam (Mexikó).

Volborthit (*üzbekit*), $\text{Cu}_3[\text{VO}_4]_2 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$. Valószínűleg monoklin. Szivacsos, pikkelyes, léces-hálózatos halmaz. A pikkelyeken három, ill. hatszöges körvonal látszik. Hasadása egy irányban kitűnő. $K = 3,5$. $S \sim 3,5$. Üveg-, a hasadási felületen gyöngyházfényű. Sötét olajzöld-sárgászöld. $n_\beta \sim 2,04$. Opt. jelleg változik, $2V \sim 80^\circ$. — Savakban oldódik.

Másodlagos ásvány. Eredeti lelőhelye Szüszerty az Uralban, később Üzbegisztánban (Fergana, SZU) is megtalálták (*üzbekit*). — A carnotitos homokkőben (Grand Canyon, Utah), lényeges vanádiumhordozó. Hasonló, de Ca-ot is tartalmazó (kalcio-volborthit) elegyváltozata számos más lelőhelyről is előkerült.

γ VARISCIT—SKORODIT-SOR

113. táblázat

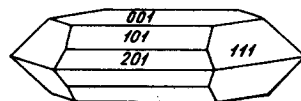
	Összetétel	Tércsop.	rácsállandó			β α	Z
			a_0	b_0	c_0		
<i>Monoklin</i>							
Klinovariscit	$\text{Al}[\text{PO}_4] \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$	$C_{2h}^2 - P2_1/m$	5,16	9,47	8,47	$\sim 90^\circ$	4
Klinostrengit	$\text{Fe}^{3+}[\text{PO}_4] \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$	$C_{2h}^2 - P2_1/m$	5,29	9,77	8,73	$90^\circ 36'$	4
<i>Rombos</i>							
Variscit	$\text{Al}[\text{PO}_4] \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$	$D_{2h}^{15} - Pcab$	9,87	9,57	8,52	—	8
Strengit	$\text{Fe}^{3+}[\text{PO}_4] \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$	$D_{2h}^{15} - Pcab$	10,08	9,87	8,67	—	8
Mansfieldit	$\text{Al}[\text{AsO}_4] \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$	—	—	—	—	—	8
Skorodit	$\text{Fe}^{3+}[\text{AsO}_4] \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$	$D_{2h}^{15} - Pcab$	10,28	10,00	8,90	—	8

Variscit, $\text{Al}[\text{PO}_4] \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ és **strengit**, $\text{Fe}^{3+}[\text{PO}_4] \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$. A két izomorf rombos vegyület egyben dimorf, mindkettőnek monoklin („klimo’’) módosulata is ismeretes.

A variscit kristályai apró táblás vagy dipiramisok, de rendszerint gél alakú — cseppkőszerű v. szemcsés, finom réteges bevonat. A strengit kristálytermete változatosabb, (111) sz. dipiramisok, (001) sz. vastag vagy vékony táblás, zömök prizmás; általában a gömbös-héjas, sugaras kialakulás itt is gyakoribb. Hasadás (010) sz. jó. Kristályos variscit: $K = 3,5-4,5$, $S = 2,57$. Áttetsző, viaszfényű, zöld-halványzöld, $n_\beta = 1,588$. Savakban csak kihevítés után oldódik. Gél alakú vagy finomszemcsés variscit: $K \sim 2$, $S \sim 2,2$. Kékesbarna, vízben megzöldül és áttetszővé válik. Tömény savakban oldódik. Az oxidációs zóna ásványa: Železnik (Vashegy, Szlovákia), Leoben (Stájerorsz.), Messbach (Szászorsz., Németorsz.), Mura Panda (Katanga, Kongó Közt.), Fairfield (Utah, USA).

A strengit kristályai rózsás vagy szintelen csoportok. Fénytörése nagyobb a varisciténál; $n > 1,7$. — Pleystein és Hagendorf (Bajororsz.), valamint Mangalde (Portugália) pegmatitjában is megtalálható, azonban másodlagosan foszfáttartalmú vasércen, így Kirunán (Svédorsz.), Rockbridge-en (Virginia, USA) is képződik.

Skorodit, $\text{Fe}^{3+}[\text{AsO}_4] \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$. Rombos dipiramisok. Kristályai néha jól fejlettek, természetük változó (669. ábra). Rendszeren fűrtös, szálasrostos halmazokban vagy földes bevonat alakjában mutatkozik. Hasadása (201) sz. rossz.



669. ábra. Skorodit

$K = 3,5-4$. $S = 3,3$. Kissé áttetsző, gyantás üvegfényű és különféle árnyalatú zöld vagy kék, esetleg barna. Fénytörése 1,7—1,9 között. Hevítve mágnessé válik, HCl oldja.

As-tartalmú ércek másodlagos ásványa. Nadabulán (Sajóháza, Csehszlovákia); Bánsági-bányákban (Románia) Ciclován (Csiklován). — Egyes érctelepeken nagyobb tömegben is felszaporodott.

Mansfieldit, $\text{Al}[\text{AsO}_4] \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$. Teljesen izomorf a skorodittal. Színtelen, halványszürke; fénytörése kisebb (1,62—1,64) és sűrűsége is ($S = 3,0$). Legtöbbször skorodittal együtt képződik.

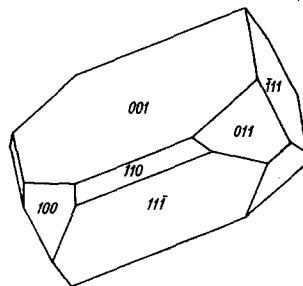
δ) HOPEIT—LUDLAMIT-SOR

114. táblázat

Név	Összetétel	Szimmetria	Tércepoport
Hopeit	$Zn_3[PO_4]_2 \cdot 4 H_2O$	rombos dipiramisos	$D_{2h}^{16}-Pmcn$
Ludlamit	$Fe_3^{2+}[PO_4]_2 \cdot 4 H_2O$	monoklin prizmás	$C_{2h}^{2a}-P2_1/c$
Foszfofillit	$Zn_2Fe^{2+}[PO_4]_2 \cdot 4 H_2O$	monoklin prizmás	$C_{2h}^{2a}-P2_1/c$
Trikalkit	$Cu_3[AsO_4]_2 \cdot 5 H_2O$	rombos	—
Anapaít	$Ca_2Fe^{2+}[PO_4]_2 \cdot 4 H_2O$	triklin véglapos	$C_i^1-P\bar{1}$

Hopeit, $Zn_3[PO_4]_2 \cdot 4 H_2O$, rombos: $a_0 = 18,36$, $b_0 = 5,04$, $c_0 = 10,64$ Å. $Z = 4$. A (010) sz. táblás kristályok. A kombináció egyes formáinak hiányos kifejlődése megtévesztően diszfenoidos szimmetriát jelez. Tömött, vesés-gömbös halmazokban gyakori. Hasadás (010) sz. tökéletes. $K = 3,5$. $S = 3,05$. Színtelen, szürke, sárga, üvegfényű, $n_\beta = 1,598$, opt. negatív. $2V_a = 37^\circ$. Könnyen megolvad, híg sósavban oldódik. — Másodlagos ásvány. Cinkércetelepeken hemimorfit, smithsonit, vanadinit társaságában keletkezik.

Ludlamit, $Fe_3^{2+}[PO_4]_2 \cdot 4 H_2O$, monoklin, $a_0 = 9,25$, $b_0 = 4,65$, $c_0 = 10,45$ Å. $\beta \simeq 100^\circ 30'$. $Z = 2$. — Kristályai (001) sz. táblás (670. ábra) vagy zömök oszlopos természetűek, javarészt vas-közös szemcsés halmaz. Hasadás (001) sz. tökéletes, (100) sz. jó. $K = 3,5$, $S = 3,1$. Élénkzöld—almazöld, átlátszó. $n_\beta = 1,675$. Opt. pozitív, $2V_\gamma = 80^\circ$. Hevítéskor pattogzik, vízleadás közben sötétkékre változik. — Pegmatitásványokkal társul, a jelek szerint másodlagos. Cornwall (Anglia), Hagendorf (Bajororsz.), New Hampshire és Idaho államok (USA) és még más pegmatitterületeken is megtalálható.



670. ábra. Ludlamit

Foszfofillit, $Zn_2Fe[PO_4]_2 \cdot 4 H_2O$, monoklin $a_0 = 10,25$, $b_0 = 5,09$, $c_0 = 10,51$ Å. $\beta \simeq 120^\circ 15'$. $Z = 2$. Vastag táblás kristályok, gyakran ikrek. Hasadás (100) sz. igen jó, (010) sz. jó. Rideg, törékeny, $K = 3-3,5$, $S = 3,08$. Halvány kékeszöld, élénk üvegfényű; $n_\beta = 1,614$, negatív, $2V_\gamma \sim 45^\circ$. — Hevítéskor pattogzik, megszürkül, majd megolvad. Savak oldják. Ultraibolya fényben lumineszkál.

Képz. Másodlagos. Hagendorf pegmatitjában (Bajororsz.), apatit, vivianit, strengit, trifilin társaságában találják.

Trikalkit, $Cu_3[AsO_4]_2 \cdot 5 H_2O$, rombos, $a_0 = 26,95$, $b_0 = 5,58$, $c_0 = 10,36$ Å. Sugas, oszlopos kristálycsoportok, dendrites képződmények. Álhexagonális apró kristályai lapított formák, ikerösszenövéssek. Iker (101) sz. Hasadása hossz- (c) irányban igen jó, $K = 2,5$. Üveg-, selymesfényű, faközöld—kékeszöld, $n_\beta = 1,686$, pleokroos, $2V_a$ nagy. Híg HCl oldja, hevítve pattogzik és

megbarnul. — Eredetileg Turinszk, Berezovszkij (Ural, SZU) oxidációs ásványai közt találták; a szászországi (Németorsz.) bányákban (Schneeberg); USA-ban Liberal King-mine (Utah) fejtéseiből is előkerült.

Anapait, $\text{Ca}_2\text{Fe}^{2+}[\text{PO}_4]_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$, triklin, $a_0 = 6,42$, $b_0 = 6,89$, $c_0 = 5,87 \text{ \AA}$. $\alpha < 101^\circ 34,5'$, $\beta < 101^\circ 05,5'$, $\gamma < 71^\circ 03,5'$. Táblás és rozettaszerűen illeszkedő csoportok, szubparalel összenövéssek. Hasadás (001) sz. kitűnő. $K = 3,5$, $S = 2,81$. Zöldesfehér-zöld, üvegfénynyel áttetsző, $n_\beta = 1,613$, $2V_\gamma = 50-55^\circ$, HNO_3 és HCl oldja. — A fekete-tengeri Tamany-fsz.-en (SZU) Anapa oolitis vasércének hasadékaiból került elő. Miocén agyagokban konkréciók: Prats-Sampor (Spanyolorsz.), Kings County (Kalif., USA).

ε) BOBIERRIT—VIVIANIT-SOR

115. táblázat

Név	Összetétel	Tércsop.	Rácsállandók			$\beta \angle$	Z
			a_0	b_0	c_0		
Bobierrit	$\text{Mg}_3[\text{PO}_4]_2 \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$	$C_{2h}^5 - P2_1/c$	9,97	27,65	4,65	$104^\circ 01'$	4
Hörnesit	$\text{Mg}_3[\text{AsO}_4]_2 \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$	$C_{2h}^5 - P2_1/c$	10,38	28,09	4,77	$105^\circ 40'$	4
Vivianit	$\text{Fe}_3^{2+}[\text{PO}_4]_2 \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$	$C_{2h}^3 - C2/m$	10,08	13,43	4,70	$104^\circ 30'$	2
Paraszimplezit	$\text{Fe}_3^{2+}[\text{AsO}_4]_2 \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$	$C_{2h}^3 - C2/m$	10,25	13,48	4,71	$103^\circ 50'$	2
Eritrin	$\text{Co}_3[\text{AsO}_4]_2 \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$	$C_{2h}^3 - C2/m$	10,20	13,37	4,74	$105^\circ 01'$	2
Annabergit	$\text{Ni}_3[\text{AsO}_4]_2 \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$	$C_{2h}^3 - C2/m$	10,14	13,31	4,71	$104^\circ 45'$	2
Köttigit	$\text{Zn}_3[\text{AsO}_4]_2 \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$	$C_{2h}^3 - C2/m$	10,13	13,34	4,71	$103^\circ 50'$	2

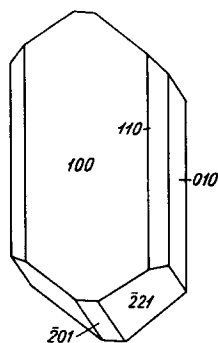
Bobierrit, $\text{Mg}_3[\text{PO}_4]_2 \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$. Monoklin prizmás. A c -tengely irányában nyúlt, rostos kristályok. Fehér gumók, szemcsés halmazok guanóban. Hasadás (010) sz. tökéletes. $K = 2-2,5$. $S = 2,2$. Színtelen, áttetsző, fehér, $n_\beta = 1,520$, $2V_\gamma = 50^\circ-70^\circ$. — Hevítésre felleveledzik, megolvad. Savak könnyen oldják. Mejillones (Chile): guanóban. Bamle (Norvégia): apatittal. Pleisztocén agyagban: Edgerton (Minnesota, USA).

Hörnesit, $\text{Mg}_3[\text{AsO}_4]_2 \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$, monoklin prizmás. Kristályai prizmásak és (010) sz. táblásak. Oszlopos, sugaras csoportok, halmazok. Hasadás (010) sz. tökéletes; engedékeny, hajlítható, talkra emlékeztet. $K \sim 1$, $S = 2,73$. Gyöngyházfényű, fehér, áttetsző, $n_\beta = 1,571$. Kéttengelyű, pozitív, $2V_\gamma \sim 60^\circ$, $\gamma \wedge c = 31^\circ$. — Savak oldják, könnyen megolvad. — Másodlagos, eredeti lelőhelye Oravica (Oravica), Ciclova (Csiklova, Bánság, Románia), Săcărâmb (Nagyág, Erdély, Románia), Jachymov (Érchegység, Csehszl.). A Nápoly melletti Fiano (Olaszorsz.) tufába ágyazott metamorf mészkő üregeiben hidromagnezittel, fluorittal.

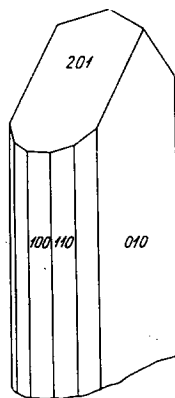
Vivianit, $\text{Fe}_3^{2+}[\text{PO}_4]_2 \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$. Monoklin prizmás (tércsoportja eltér a bobierritétől). Kristályai fennőttek, néha több cm-t is elérnek, (110) sz. prizmás vagy (010) sz. táblás természetűek (671. ábra). Csillagszerű csoportozatot, földes, szemcsés halmazokat is alkot. A (010) sz. kitűnően hasad, e lemezek transláció foly-

tán hajlíthatók, ebben a sajátságban a gipszhez hasonlít. Hasadási lapon gyöngyházfényű, különben üvegfényű, kissé fémesen csillan. $K = 1,5-2$. $S = 2,68$. Színtelen, de levegőn a Fe^{2+} részben Fe^{3+} -má oxidálódik, s az ásvány megkékül. Karca is kezdetben színtelen, de csakhamar kékre, sőt barnára változik. Erősen kettőtörő, $b_{\beta} = 1,602$, $b = \alpha$. Opt. pozitív és élénken pleokroós. Izzítva megvörösödik, majd szürke mágneses golyóvá olvad. HCl oldja.

Másodlagos ásvány. Foszfátoldatok és ferrovegyületek (FeS , FeS_2 , $FeCO_3$) oxigénszegény környezetben történő egymásrahatásából keletkezik. Szép kristályok Herján (Herzsabányán, Gutin-hg., Románia), Dobšínán (Szlovák Érchg.), a bánsági bányákban és az Erdélyi Érchegységben (Románia). Nedves,



671. ábra. Vivianit



672. ábra. Eritrin

mocsaras üledékekben is keletkezik szerves eredetű foszforsavból s vízben oldott vas(II)-hidrogén-karbonát-oldatból. Az agyagüledéket kékre színezi; ez a *kékagyag*.

Paraszimplezit, $Fe_3^{2+}[AsO_4]_2 \cdot 8 H_2O$, izomorf a vivianittal, indigókék vagy kékeszöld, vékony tűs kristályai (010) sz. kitűnően hasadnak. Egyéb sajátságaiban szintén a vivianit-hoz hasonló. A vegyület dimorf: másik alakja a szimplezit, triklin; utóbbi sokkal ritkább.

Eritrin, $Co_3[AsO_4]_2 \cdot 8 H_2O$. Monoklin prizmás. Kristályai c-tengely sz. nyúlt, sávzott prizmás, (010) sz. táblás természetűek (672. ábra). Csillag alakú csoportok. Hasadása (010) sz. kitűnő. $K = 1,5-2,5$. $S = 3,06$. Erős üvegfénye ($n_{\beta} = 1,66$), a hasadási lapon gyöngyházfénye van. Színe barackvirágpíros (idővel megsürkül). Píros színekben pleokroós.

Képz. Lisztszerű vagy földes bevonat alakjában gyakoribb, mint kristályosan. Kobaltérec mállásterméke; mintegy figyelmeztet a Co jelenlétére („kobaltvirág”). Dobšina (Dobsina, Szlovák Érchg.) Lubietová (Libetbánya, Polána-hg., Csehszlovákia). Érchegység (Németorsz., Csehszl.). A tunaberg-i (Svédorsz.) és a többi Co—Ni-érctelepeken is megtalálható.

Annabergit, $\text{Ni}_3[\text{AsO}_4]_2 \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$. Monoklin prizmás. Másként „nikkelvirág”-nak is nevezik. Zöld, zöldesfehér színe elárulja a Ni-ércet, melyen „kivirágzott”. Kristályosan ritka, legfeljebb vékony szálas pamacsokat alkot. Túlnyomóan földes, porszerű bevonat formájában mutatkozik. $K = 2,5$, $S = 3,08$. Dobšina (Szlovák Érchegység); Érchegység (Németorsz., Csehszl.), Tunaberg (Svédorsz.) Alston (Cumberland, Anglia), Cobalt (Ontario, Kanada).

Cabrerit, annabergit-változat 5—9% MgO-tartalommal. — *Kobalt-cabrerit*: Mg-tartalmú eritrin.

Köttigit, $\text{Zn}_3[\text{AsO}_4]_2 \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$, monoklin prizmás, a vivianit-sor tagja. — Nyúlt prizmás, tús kristályok, leginkább rostos vagy tömött kérges, bevonatok. Hasadás (010) sz. $K = 2,5$ —3, $S = 3,3$. Világos kárminvörös, rózsaszín, áttetsző; $n_\beta = 1,638$, opt. pozitív $2V_\gamma \sim 74^\circ$. — Savak oldják, könnyen megolvad. — Másodlagos ásvány. Szfalerit és Co-Ni-arzenidek oxidációs terméke. Érchegység (Németorsz., Csehszl.).

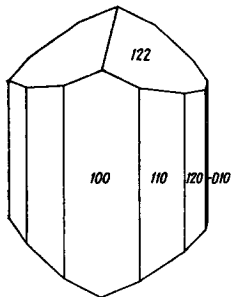
ξ) FAIRFIELDIT—STRUVIT—FARMAKOLIT VEGYES SOR

Fairfieldit, $\text{Ca}_2(\text{Mn}^{2+}, \text{Fe}^{2+})[\text{PO}_4]_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$, triklin, C^1 — $P\bar{1}$. Leveles, lemezes halmaz, gipszre emlékeztet. Hasadása (001) és (010) sz. $K = 3,5$. $S = 3,08$. Gyöngyházfényű, fehér, zöldes v. sárgásfehér. $n_\beta = 1,644$. — Hevítve megbarbanul, majd mágneses zsugorék marad vissza. — Pegmatitokban: Rabenstein (Bajororsz., Németorsz.); Fairfield (Connect.), Buckfield (Maine, USA).

Collinsit, $\text{Ca}_2(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})[\text{PO}_4]_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$. Triklin, izomorf a fairfieldittel. — Sugaras, léces kristályok, rostos halmazok. Hasadás (001) és (010) sz. Világosbarna, selyemfényű. — Pegmatitban átalakulási termék; apatiton bekéregzés.

Roselit, $\alpha\text{-Ca}_2\text{Co}[\text{AsO}_4]_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$, monoklin prizmás, C_{2h}^2 — $P2_1/c$. — Rövid prizmás, vastag táblás kristályok, gömbös-sugaras halmazok. Hasadás (010) sz. $K = 3,5$. $S = 3,5$. Rózsáspiros, áttetsző-átlátszó. $n_\beta = 1,704$ —1,728. Opt. pozitív. Kioltása erősen ferde, $2V_\gamma \sim 60^\circ$. Pleokroós. Könnyen megolvad és savakban könnyen feloldódik. — Kobalt-nikkel-érctelepek másodlagos ásványa; Érchegység (Németorsz., Csehszl.) bányái; Schapbach (Schwarzwald, Németorsz.); Cobalt (Ontario-tart., Kanada).

Brandtit, $\text{Ca}_2\text{Mn}^{2+}[\text{AsO}_4]_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$. Monoklin prizmás, a rosellal izomorf. Zömök prizmák (a természet az augithoz hasonlít) (673. ábra). Sugaras rostos, cseppköves halmaz. Fehér, színtelen. $n_\beta = 1,711$. Kéttengelyű, pozitív. $2V \sim 25^\circ$. — Néhány lelőhelyen (barit, kalcit, természetes olom társaságában) találják; Pajsberg (Svédorsz.), Sterling (New Jersey, USA).

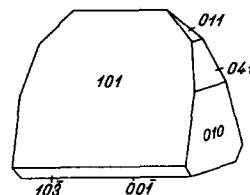


Struvit, $\text{NH}_4\text{Mg}[\text{PO}_4] \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$. Rombos hemimorf, C_{2v}^2 — $Pmn2_1$. $a_0 = 6,98$, $b_0 = 6,10$, $c_0 = 1,20$ Å. $Z = 2$. Erősen piroelektromos. Hasadás (001) és (010) sz. $K = 2$. $S = 1,71$. Színtelen, üvegfényű, áttetsző. Levegőn idővel vizet veszít és átlátszatlanává válik. $n = 1,496$.

673. ábra. Brandtit

Képz. A lüneburgi puszta lápföldein és más mocsaras területeken, továbbá a guanótelepekben találják. Mesterségesen könnyen előállítható. Vegyelemzések alkalmával a Mg-ot és PO_4^{3-} -ot ugyanilyen összetételben választjuk le; a csapadék a 674. ábrán bemutatott termetű kristályokban válik ki.

Haidingerit, $\text{CaH}[\text{AsO}_4] \cdot \text{H}_2\text{O}$, rombos dipiramisos. Finom szemcsés, gömböcskés, röstös halmaz. Ritkán kristályos. Zömök prizmák (010) sz. jó hasadással. Lemezei lágyak, hajlíthatók. $K = 2$. $S = 2,8$. Színtelen—fehér, élénk üvegfényű, gyöngyházfényű. $n_p = 1,602$. Opt. pozitív, $2V_\gamma \sim 58^\circ$. — Oxidációs termék, egyéb arsenátokkal együtt keletkezik. Jachymov (Csehszl.), Wittichen (Baden, Németország.); White Caps (Nevada, USA).



674. ábra: Struvit

Brushit, $\text{CaH}[\text{PO}_4] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, monoklin szfenoidos. C_2^s —A2. $a_0 = 5,89$, $b_0 = 15,18$, $c_0 = 6,38$ Å. $\beta \simeq 117^\circ 28'$. $Z = 4$. Szerkezete a gipszével egyezik; a különbség az, hogy itt az anion, a foszfát-tetraéder egyik csúcsát OH foglalja el: $\text{Ca}[\text{PO}_3\text{OH}] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. — Kivirágzásként és üreg- vagy hasadékkitöltésben mutatkozik, finom tűs, prizmás, máskor (010) sz. táblás, de földes-lisztszerű alakban is gyakori. Hasadás (010) sz. és (001) sz. tökéletes. $K = 2,5$. $S = 2,32$. — Színtelen, halványsárga, hasadási lapon gyöngyházfényű, $n_a = 1,539$, $n_p = 1,546$, $n_\gamma = 1,551$. Opt. pozitív. $2V_\gamma \sim 85^\circ$. Piezoelektromos. Lángban fellevedzik, csak sósav oldja. — Guanótelepek ásványa. A Karibi-tenger több szigetén, helyenként az üregekben nagyobb kristályok. Jelentős tömegek Oran foszfátjaiban (Algéria). Az Aggteleki barlangban, leginkább a Domica (Csehszlovákia) ágban is megtalálható.

Farmakolit, $\text{CaH}[\text{AsO}_4] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Monoklin szfenoidos, izomorf a brushittal. — Selymes-rostos halmazok, szállós-vesés cseppköves kiválások. A kristályok nyúlt prizmák vagy (010) sz. táblácskák. Hasadás (010) sz. kitűnő; hajlítható; $S = 2,53$. Színtelen, fehér, szürke, $n_p = 1,589$. — Másodlagos arsenérek oxidációs övében; más arsenátok kísérik.

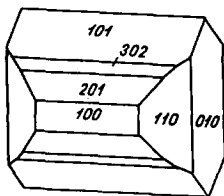
b) csoport.

Inaktív (pót-) aniont tartalmazó foszfátok, arsenátok, vanadátok

A víztartalmú és pótanionos vegyületek népes csoportjából szemelvényesen csak egynéhány vegyületsort, ill. ásványt ismertetünk.

Euchroit, $\text{Cu}_2[\text{OH} \cdot \text{AsO}_4] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$. Rombo diszfenoidos. D_2^d — $P2_12_12_1$. $a_0 = 10,07$, $b_0 = 10,52$, $c_0 = 6,12$ Å. $Z = 4$. Smaragdzöld, üvegfényű, áttetsző, b -tengely szerint prizmás kristálya hosszirányban rostozott (675. ábra). $K = 3,5$, $S = 3,44$. Opt. pozitív, $n_p = 1,698$, $2V_\gamma = 29^\circ$. Hevítve vizet veszít és megsárgul. Rézérceken másodlagos. Lubietová (Libetbánya, Csehszlovákia).

Vauxit, $\text{Fe}^{2+}\text{Al}_2[\text{OH}\cdot\text{PO}_4]_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Triklin, $C_1^1-\bar{P}1$. Apró kristályai (010) sz. táblásak. Gumók, sugaras halmazok. Égkék; idővel megzöldül, üvegfényű, $n_g = 1,555$, pleokroós. — Másodlagos ásvány, a bolíviai Llalagua és környéki ónércbányákból ismeretes.



675. ábra. Euchroit

Metavauxit, $\text{Fe}^{2+}\text{Al}_2[\text{OH}\cdot\text{PO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$. Monoklin prizmás. Halványzöld, prizmás kristályok. Együtt találják a vauxittal Bolíviában. A $8\text{H}_2\text{O}$ -t tartalmazó vegyület dimorf: a *paravauxit* ugyancsak triklin (mint a vauxit).

Lauelit, $\text{MnFe}_2^3+[\text{OH}\cdot\text{PO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, izomorf a paravauxittal, triklin véglapos. — Barna-barnásfekete. Apró, tús kristályok.

Gordonit, $\text{MgAl}_2[\text{OH}\cdot\text{PO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$. Triklin, izomorf a laueittal. Zömök oszlopos kristályok. Másodlagos; variscittel és más foszfátokkal társul.

Kakoxén, $\text{Fe}_3^3+[\text{OH}\cdot\text{PO}_4]_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, hexagonális. Apró, túhegyes kristályok; szferulitos-rostos halmazok, $K = 3,4$. $S = 2,2$. Selymes, sárga, barna, aranysárga, néha zöldessárga. $\omega = 1,580$, $\varepsilon = 1,640$. Pozitív; erősen pleokroós. — Másodlagos oxidációs termék más foszfátokkal, szulfátokkal.

Wavellit, $\text{Al}_3[(\text{OH},\text{F})_3(\text{PO}_4)_2] \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Rombos dipiramisos. $D_{2d}^{18}-Pcmm$. Fehér színű vagy kissé színezett, gyöngyházfényű, áttetsző, szálas prizmás kristályai csillagszerű, félgömbös képletek. Hosszirányban jól hasad, $K = 3-4$, $S = 2,35$. $n_\beta = 1,534$. Hevítve felleveledzik.

Képz. Elsődlegesen kőzethasadékok falán hidrotermás eredetű. Ilyenkor legtöbbször F-tartalmú. Másodlagosan az oxidációs öv ásványaival, néha foszforittal társul. Capnic-on (Kapnik, Gútin-hegység, Románia) elsődleges („kapnicit”). Másodlagos képződéssel számos lelőhelye ismeretes és nagyon különböző ásványtársulásban otthonos.

Childrenit, $(\text{Fe}^{2+}, \text{Mn})\text{Al}[(\text{OH})_2\text{PO}_4] \cdot \text{H}_2\text{O}$. Rombos, $D_{2d}^{18}-Bbam$. $a_0 = 10,38$, $b_0 = 13,36$, $c_0 = 6,91$ Å, és *eoszforit* $(\text{Mn}, \text{Fe}^{2+})\text{Al}[(\text{OH})_2\text{PO}_4] \cdot \text{H}_2\text{O}$, izomorf vegyületek. — Szép piramisos vagy rövid prizmás kristályok, az eoszforit karcsúbb prizmás és hosszant rostozott. Inkább cseppkőves, szőlős-héjas bekérgezésekben vagy durva rostos halmazokban lelhető. $K = 5$. $S = 3,06-3,26$. Barna-sárgásbarna (childr.), rózsaszín, élénkörös (eoszf.), gyantafénnyel. $n_\beta = 1,648$ és $1,683$. Mindkettő pleokroós. — Hidrotermás telérekben: Tavistock (Devonshire), St. Austell (Cornwall, Anglia) és pegmatitos paragenezisben is: Érchegység (Németorsz., Csehszl.), Hagendorf (Bajororsz.); Hebron (Maine, USA).

Türkisz, *kallait*, $\text{CuAl}_6[(\text{OH})_2\text{PO}_4]_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. Triklin, $C_1^1-\bar{P}1$. $a_0 = 7,48$, $b_0 = 9,95$, $c_0 = 7,69$ Å. $\alpha \simeq 111^\circ 39'$, $\beta \simeq 115^\circ 23'$, $\gamma \simeq 69^\circ 26'$. — Apró kristálykái rosszul fejlettek, ritkák. Túlnyomóan gélyszerű, cseppkő alakú tömegben képződik. $K = 5-6$, $S = 2,7$. Égkék, kékeszöld, zöld. Kissé áttetsző, viaszfényű, $n_\beta = 1,62$. — Hevítve megbarnul. HCl-ban oldódik.

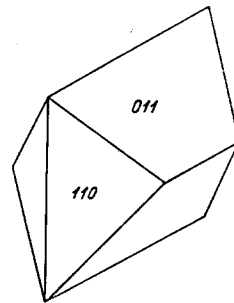
Képz. Al-ban gazdag, szulfidot is tartalmazó kőzetek mállásakor opállal, kalcedonnal, limonittal együtt keletkezik. Fényezve tetszetős ékkő, e célra régi idők óta alkalmazzák. — Nishabor (Irán), Turkesztán, Mexikó. Mesterségesen is előállítják.

Faustit, $(\text{Zn,Cu})\text{Al}_6[(\text{OH})_2\text{PO}_4]_4 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$, izomorf a türkisszel. Almazöld, vékony érki-töltés. $S = 2,92$, $n \sim 1,613$. Montmorillonitos agyaggal elegyedve találják. Copper King mine (Nevada, USA).

Tirolit, „rézhab”, $\text{Ca}_2\text{Cu}_9[(\text{OH})_{10}(\text{AsO}_4)_4] \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$. Rombos holoéderes, D_{2h}^3 — $Pmma$, $a_0 = 10,50$, $b_0 = 54,71$, $c_0 = 5,59 \text{ \AA}$. $Z = 4$. — Kristályai ritkák, lécszerű vagy (010) sz. táblás termettel. Rendszerint legyezőszerű, leveles halmazok, cseppkőformák, rostos bevonattal. Hasadás (001) sz. Almazöld-halványzöld, égkék. $K = 2$, $S = 3,0$ — $3,25$. — Élénk üvegfényű, $n_\beta = 1,726$, negatív, pleokroós. Savakban és ammóniában is oldódik. — Az oxidációs öv ásványa. Španá Doliná (Úrvölgy), Lubietova (Libetbánya, Csehszlovákia), Schwaz (Tirol, Ausztria).

Veszelyit, $(\text{Cu,Zn})_3[(\text{OH})_3\text{PO}_4] \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$. Monoklin prizmás, C_{2h}^5 — $P2_1/a$. $a_0 = 9,84$, $b_0 = 10,17$, $c_0 = 7,48 \text{ \AA}$. $\beta \simeq 103^\circ 25'$. $Z = 4$. Rövid prizmás vastag-táblás vagy oktaéder jellegű kristályok, de szemcsés halmazokban is ismeretes. Zöldeskék—sötétkék, élénk üvegfénnyel. $n_\beta = 1,622$. Opt. pozitív, $2 V_\gamma$, változó (38 — 71°). — Ocna de Fer (Vaskő, Bánság, Románia); Arakawa bánya (Japán, *arakawait*); Broken Hill (Zambia = É-Rhodézia); Kipushi (Katanga, Zaire Közt.) — Másodlagos ásvány rézérctelepeken.

Lirokonit, „lencseérc”, $\text{Cu}_2\text{Al}[(\text{OH})_4\text{AsO}_4] \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$, monoklin prizmás. C_{2h}^5 — $I2/a$. $\beta \simeq 91^\circ 23'$. Kristályai vékonyak, lencseszerűek vagy kevés lappal határolt kombinációk (676. ábra). Hasadás (110) és (011) sz. $K = 2$ — $2,5$, $S = 2,9$ — $3,0$. Égkék—szürkészöld, üvegfényű, áttetsző. $n_\beta = 1,652$. Opt. negatív, nem pleokroós. — Másodlagos ásvány, rézérc oxidációs övében malachit, olivenit, kalkofillit és más rézsók kísérik. Redruth és St. Day (Cornwall, Anglia); Spana Doliná (Úrvölgy, Csehszlovákia); szársországi (Németorsz.) bányák, pl. Hirschberg; a SZU-ban Preobrazsenka (Irkutszki terület); Cerro Gordo (Kalif., USA).



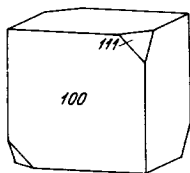
676. ábra. Lirokonit

Evansit, $\text{Al}_3[(\text{OH})_6\text{PO}_4] \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$. Gélszerű, kristályalakja nem ismeretes. $K = 3$. $S = 1,9$. $n \sim 1,48$. Színtelen vagy tejfehér és kék-zöld-sárga színekben játszó. Vékonyabb-vastagabb kérgekben ismeretes. Eredeti lelőhelye Železnik (Vashegy, Szlovák Érchg.), előkerült Nižna Slanán (Alsó-Sajó, Szlovák Érchg.) és Erdélyben (Románia) Roșia Montanán (Verespatak), Baia de Arieș-en (Offenbánya) is. — Franciaországban Epernay (Marne megye); Angliában Cheshire grófság; ezenkívül Coalville (Alabama) és Goldburg (Idaho, USA), ill. Malgas (Madagaszkár) és Tasmania (Ausztrália).

Vashegyit, hasonlóan gél alakú alumínium-foszfát, $\text{Al}_3[\text{PO}_4]_3 \cdot \text{AlOOH} \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$. Tajtékszerű, rostos vagy tömött. Fehér, halványzöld, sárga. $n \sim 1,48$. Železnik (Vashegy-Rákos, Szlovák Érchg.), Plauen (Érchg., Németorsz.); Manhattan (Nevada, USA).

Wardit, $\text{NaAl}_3[(\text{OH})_4 \cdot (\text{PO}_4)_2] \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$. Tetragonális trapezoéderez, $D_4^4 - P4_12_1$. $a_0 = 7,04$, $c_0 = 18,88$; $Z = 4$. Piramisos, apró kristályok vagy durvaszemcsés halmazok, héjas, rostos kéreggek. Hasadás (001) sz. $K = 5$. $S = 2,87$, kékeszöld-halványzöld. Készítményben színtelen. $\omega = 1,586$, $\epsilon = 1,595$. — Hevítve hólyagos üveggé olvad, savakban nehezen, de teljesen feloldódik. — Másodlagosan variscit, crandallit és más hasonló összetételű vegyülettel együtt, helyenként ambligonitból képződik. Montebraz (Franciaország); Fairfield (Connect.), Beryl Mountain (New Hampshire, USA). — Izomorf vegyületek még: *Cyrlóvit*, $\text{NaFe}_3^{3+}[(\text{OH})_4(\text{PO}_4)_2] \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$, a *millsit* $(\text{Na,Ca})\text{Al}_3[(\text{OH},\text{O})_4(\text{PO}_4)_2] \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ és ugyancsak tetragonális a *pallit*, $\text{Ca}(\text{Al,Fe})_3[(\text{OH})_3\text{O} \cdot (\text{PO}_4)_2] \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$.

Farmakosziderit, (*kockaérc*), $\text{KFe}_3^{3+}[(\text{OH})_4(\text{AsO}_4)_3] \cdot 6-7 \text{H}_2\text{O}$. Szabályos hexakisztetraéderez, $T_d - P43m$, $a_0 = 7,98$. Leginkább kockás termetű (677. ábra), átlósan rostozott lapú kristályok, ritkábban szemcsés-földes. — Hasadás (100) sz. jó, $K = 2,5$. $S = 2,9$. Gyémánt-zsírfehér, olajzöld—mézsárga, barna—barnásfekete, de smaragd zöld és jácintpiros színben is előfordul. — Optikailag anomális, átvilágítva 6 kettőtörő szektorra különül. $n \sim 1,700$. Kihevítve maradéka mágneses; sósav oldja. Gyengén piro- és piezoelektromos.



677. ábra.
Farmakosziderit

Képz. Hidrotermás paragenezisben és oxidációs terméként is ismeretes. Banska Štiavnica (Selmezbánya, Selmeci hg., Csehszl.); Érchegeység (Németország, Csehszl.); Spessart-hg. (Bajorország, Németország); Puy-les-Vignes (Haute Vienne-tart., Franciaország); Redruth és Liskeard (Cornwall, Anglia); Elba (Olaszország); Algéria; Tintic (Utah, USA).

Sampleit, $\text{CaNaCu}_5[\text{Cl} \cdot (\text{PO}_4)_4] \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$. Rombos dipiramisos. Vékony, lécszerű, (010) sz. lapított termetű apró kristályok. (010) sz. hasadása tökéletes. $K = 4$, $S = 3,2$. Gyöngyházfényű. Világoskék, zöldeskék, $n_p = 1,677$. Opt. negatív. $2V_\alpha = 22^\circ$. — A chilei Chuquicamata oxidációs ásványaival (atacamit, libetenit, jarosit) társul.

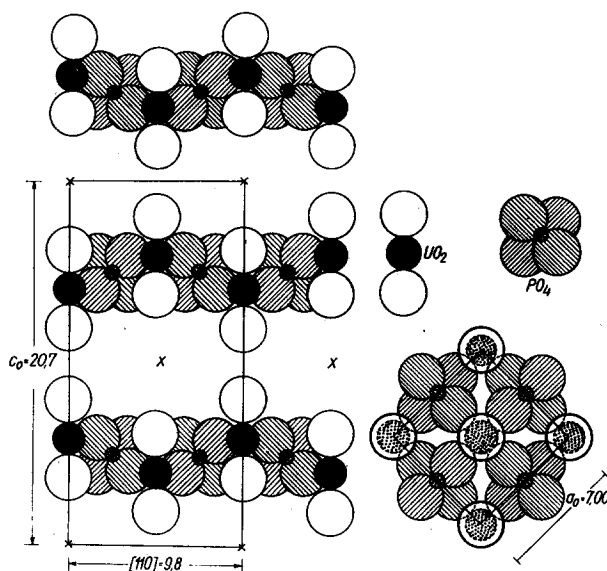
Tsumebit, $\text{Pb}_2\text{Cu}[(\text{OH})_3 \cdot \text{PO}_4] \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$, monoklin prizmás, $\beta \angle 94^\circ 22'$. Kristálycsoportok kéregszerű összenövésben, mindig ikerk. $K = 3,5$. $S = 6,13$. Smaragd zöld, csillogó üvegfénnyel, $n_p = 1,920$, $2V \sim 90^\circ$, gyengén pleokroós. HCl könnyen, HNO_3 nehezen oldja; hevítve előbb megfeketedik, könnyen megolvad. — Másodlagos ásvány: Tsumeb (DNY-Afrika); Clifton és Morenci, Arizona (USA).

Walpurgin, $[(\text{BiO})_4 \cdot \text{UO}_2(\text{AsO}_4)_2] \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$. Triklin, $C_2^1 - P\bar{1}$. $a_0 = 7,13$, $b_0 = 10,44$, $c_0 = 5,49 \text{ \AA}$; $\alpha \angle 101^\circ 40'$, $\beta \angle 110^\circ 49'$, $\gamma \angle 88^\circ 17'$. $Z = 1$. — Léces és táblás kristályok, köteges összenövések, sugaras halmazok. Iker (010) sz., az ikerkristályok álmonoklin alakja gipszre emlékeztet. Hasadás (010) sz. tökéletes. $K = 3,5$, $S = 6,69$. Gyémánt—zsírfehér, viaszsárga, szalmasárga, áttetsző; belseje felhős, zárványos. $n_\alpha = 1,90$, $n_\beta = 2,00$, $n_\gamma = 2,05$, negatív. $2V \sim 50^\circ$, nem pleokroós. — Másodlagos ásvány zeunerit, torbernit és más U-vegyülettel. Walpurgis-telér Schneeberg (Szászország, Németország); Jachymov (Csehszl.)

c) csoport.

Uráncsillámok

A foszfát- $[\text{PO}_4]^{3-}$ és arzenát $[\text{AsO}_4]^{3-}$ -tetraéder mint összetett anion az $(\text{UO}_2)^{2+}$ uranilcsoporttal stabilis, kétdimenziós hálózattá épül egybe, és az $[\text{UO}_2 \cdot \text{PO}_4]^-$ szerkezetegység töltését Mg, Fe, Cu, Ba-kationok egyenlítik ki. Az építmény leginkább tetragonális szimmetriájú, és a tágas-réteges kapcsolódás csillámszerű építményt eredményez. A köztes rétegekben helyezkedik el a kiegyenlítő (inaktív) kation s a viszonylag nagyszámú vízmolekula (678. ábra).



678. ábra. Az autunit szerkezete. Balról oldalnézet, (110) sz. vetület. A rétegek közötti térben az inaktív kation és H_2O -molekulák helyezkednek. Jobbra felülnézet, (001) sz. vetület

A víztartalom zeolitvíz módjára lazán kötődik, és a természetes vegyületek két hidrát fokozata különíthető el: a) *uranit*, átlagosan 10 H_2O -tartalommal, tetragonális, tércsoportja $D_{4h}^{17} - I4/mmm$, és a fő tengely irányában a rács periódusa: $c_0 \sim 20$ Å. — b) *meta-uranit*, a vízmolekulák száma kisebb: ~ 8 H_2O , a tércsoport $D_{4h}^{17} - P4/nmm$ és a $c_0 < 10$ Å. — Hevítéssel még egy fokozat állítható elő: 70–100 $^\circ\text{C}$ -on az uranit és meta-uranit ásványokból a vízmentes *para-uranitok* nyerhetők. De míg az uranit \rightarrow meta-uranit átalakulás reverzibilis, az uranit \rightarrow para-uranit átalakulás irreverzibilis. Alábbiakban csak a két természetes csoportot, az uranit- és meta uranit-csillámokat foglaljuk össze.

α) TORBERNIT—AUTUNIT-SOR
(URANITFÉLÉK)

116. táblázat

Név	Összetétel	Tércsop.	Rácsállandók		Z
			a_0	c_0	
Torbernit	$\text{Cu}[\text{UO}_2 \cdot \text{PO}_4]_2 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$	} $D_{4h}^{17} - I4/mmm$	7,06	20,5	2
Saléit	$\text{Mg}[\text{UO}_2 \cdot \text{PO}_4]_2 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$		6,98	19,81	2
Bassetit	$\text{Fe}[\text{UO}_2 \cdot \text{PO}_4]_2 \cdot 10 - 12 \text{H}_2\text{O}$		—	—	—
Sabugalit	$\text{AlH}[\text{UO}_2 \cdot \text{PO}_4]_4 \cdot 16 \text{H}_2\text{O}$		6,96	19,3	1
Autunit	$\text{Ca}[\text{UO}_2 \cdot \text{PO}_4]_2 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$		7,00	20,67	2
Uranocircit	$\text{Ba}[\text{UO}_2 \cdot \text{PO}_4]_2 \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$		7,01	20,46	2
Novačekit	$\text{Mg}[\text{UO}_2 \cdot \text{AsO}_4]_2 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$		7,16	20,19	2
Kahlerit	$\text{Fe}[\text{UO}_2 \cdot \text{AsO}_4]_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$		tetragon.	14,30	21,97
Uranospinit	$\text{Ca}[\text{UO}_2 \cdot \text{AsO}_4]_2 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$	tetragon.	7,15	20,61	—

β) META-TORBERNIT—META-AUTUNIT-SOR
(META-URANITOK)

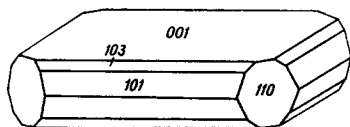
117. táblázat

Név	Összetétel	Tércsop.	Rácsállandók		Z
			a_0	c_0	
Meta-torbernit	$\text{Cu}[\text{UO}_2 \cdot \text{PO}_4]_2 \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$	} $D_{4h}^7 - P4/mmm$	6,96	8,62	1
Meta-autunit	$\text{Ca}[\text{UO}_2 \cdot \text{PO}_4]_2 \cdot 6 - 2 \text{H}_2\text{O}$		6,99	8,44	1
Meta-uranocircit	$\text{Ba}[\text{UO}_2 \cdot \text{PO}_4]_2 \cdot 6 - 2 \text{H}_2\text{O}$		6,96	8,53	1
Meta-novačekit	$\text{Mg}[\text{UO}_2 \cdot \text{AsO}_4]_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$		7,12	8,60	1
Trögerit	$\text{H}_2[\text{UO}_2 \cdot \text{AsO}_4]_2 \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$		7,16	8,80	1
Meta-zeunerit	$\text{Cu}[\text{UO}_2 \cdot \text{AsO}_4]_2 \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$		7,13	8,83	1
Meta-uranospinit	$\text{Ca}[\text{UO}_2 \cdot \text{AsO}_4]_2 \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$		7,19	8,81	1
Abernathyit	$\text{K}_2[\text{UO}_2 \cdot \text{AsO}_4]_2 \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$		7,17	9,08	1
Meta-bassetit	$\text{Fe}[\text{UO}_2 \cdot \text{PO}_4]_2 \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$		monoklin $a_0 = 6,98$, $b_0 = 17,07$, $c_0 = 7,01$ $\beta \angle 90^\circ 31'$		

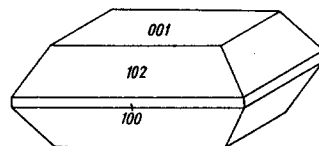
Torbernit (és *meta-torbernit*), $\text{Cu}[\text{UO}_2 \cdot \text{PO}_4]_2 \cdot 10(8) \text{H}_2\text{O}$. Összetételében a Cu-et kevés Ca helyettesítheti, ugyanígy a foszfátion mellett kevés arsenát is szerepelhet. Tetragonális holoéderes, *Krist.* Vékony táblás, négyzetes vagy téglalakú kristályok (679. ábra), néha az (101) dipiramis fejlettebb, de a (001) lap minden kombináción megjelenik. Összenövések, szemcsés, néha földes halmazok. — Hasadás (001) sz. tökéletes. $K = 2 - 2,5$. $S = 3,6$. Smaragd zöld, fűzöld, csízzöld, élénk üvegfénnyel, hasadási felülete gyöngyházfényű. Átlátszó-áttet-

sző, $\omega = 1,592$, $\varepsilon = 1,581$. Opt. negatív, pleokroós. Optikai anomáliák csak a meta-torbenitben észlelhetők. — Ultraibolya fényben nagyon gyengén vagy nem fluoreszkál.

Egyike a legelterjedtebb és legkorábban ismert másodlagos uránászványoknak. Az uraninit oxidációs övbeli átalakulási terméke. Jachymov (Joachimstal), Cinovec (Zinnwald), Horni Slavkov (Schlaggenwald, Csehszl.). Altenberg és Schneeberg (Németország) az Érchegységben; Cornwall (Anglia) uraninites telérei: Tincroft, Gunnis Lake, Stenna Gwyn, Wheal Basset, South Terras; Puy-de-Dôme kerület (Franciaország); Queensland (Ausztrália). Legnagyobb mennyiségben: Shinkolobve (Katanga, Zaire Közt.).



679. ábra. Torbenit



680. ábra. Saléit

Saléit, $\text{Mg}[\text{UO}_2 \cdot \text{PO}_4]_2 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$. Tetragonális holoéderes. A kristályok termete kissé vastag táblás (680. ábra). Gyakori a párhuzamos összenövés torbernitel. Hasadás (001) sz. kitűnő. $K = 2-3$. $S = 3,27$. Sárga, citromsárga, $\omega = 1,574$, $\varepsilon = 1,509$. Opt. negatív, enyhén pleokroós. — Katangában (Zaire Közt.) ismerték fel, a többi uráncsillám társaságához tartozik. Az Érchegység (Németország, Csehszl.) bányáiban is előkerült.

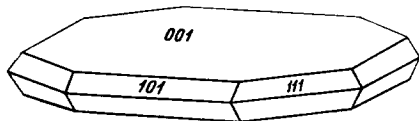
Bassetit (és *meta-bassetit*), $\text{Fe}[\text{UO}_2 \cdot \text{PO}_4]_2 \cdot 12(8) \text{H}_2\text{O}$. A lelőhelyeken az áltetragonális monoklin (meta-) változat a gyakoribb. Monoklin felállításban hasadása a (010) síknak felel meg. $K = 2,5$. $S = 3,4$. Olajzöld, olajbarna, sárgásbarna. $n_\beta = 1,610$, kéttengelyű, opt. jelleg bizonytalan: $2V \sim 90^\circ$. — A sorozat többi tagjaihoz hasonlóan másodlagos ásvány uraninit-teléreken. Eredeti lelőhelye Wheal Basset-telér (Cornwall, Anglia).

Sabugalit, $\text{AlH}[\text{UO}_2 \cdot \text{PO}_4]_4 \cdot 16 \text{H}_2\text{O}$, tetragonális holoéderes. Kristálya apró, nagyon vékony táblácskák (001) sz. Hasadása tökéletes, $K = 2,5$. $S = 3,2$. Élénk sárga, citromsárga, nagyon hasonlít az autunithoz. Ultraibolya fényben élénk citromsárgán fluoreszkál. Víz tartalma változó, s ezzel változnak az optikai állandók is. — Eredetileg a portugáliai Sabugal bányáiból ismerték meg. Számos más uránlelőhelyről is előkerült.

Autunit (és *meta-autunit*), $\text{Ca}[\text{UO}_2 \cdot \text{PO}_4]_2 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$. Tetragonális holoéderes, zeolitos víztartalma több (12 H_2O) is lehet, és meta-alakban (részleges dehidrációval) lecsökkenhet 6, sőt 2 H_2O -ra is. A Ca-ot kevés Ba és Mg helyettesíti.

Krist. Termet vékony táblás, keskeny első- és másodrendű dipiramisokkal (681. ábra). Sejtes, legyező alakú lemezcsoportok, kérgék, leveles halmazok. $K = 2-2,5$. $S = 3,05-3,2$, a sűrűség a dehidrációval fokozódik $\sim 3,5$ -ig.

A hasadás lapja gyöngyházfényű, élénksárga, zöldessárga, felületén néha barnás bevonat képződik. Optikai anomália gyakori (a víztartalommal összefüggésben); lehet optikailag egytengelyű, negatív; vagy kéttengelyű, változó $2V$ -értékkel: 10° – 30° , sőt 50° – 53° -ig terjedő szöggel. Fénytörés: $n_\alpha(\epsilon) = 1,553$ – $1,555$, $n_\beta = 1,575$ – $1,590$, $n_\gamma(\omega) = 1,577$ – $1,600$. Pleokroós. Ultra-



681. ábra. Autunit

bolya fényben nagyon élénken (zöldessárgán) fluoreszkál, különösen friss felületen; a dehidráltabb változatok fluoreszcenciája fokozatosan gyengül. — A rétegek közti kationbehelyezkedés statisztikus és kicserélhető, éspedig Na, K, NH_4 és H, vagyis monovalens ionokkal.

Képz. A többi uráncsillámmal egyetemben másodlagos ásvány. Az uraninites és más uránásványt tartalmazó hidrotermás telérek, pegmatitok oxidációs övében képződik. — Autun (Saône-et-Loire-megye, Franciaország); Portugáliában Sabugal, Viseu. Az Érchegységben Falkenstein, Johannegeorgenstadt (Németország); Hagedorf (Bajorország); Cornwall (Anglia); Malgas (Madagaskár), USA-ban Black Hills (Utah), Penland és Flat Rock (É-Carolina).

Meta-uranocircit (régii nevén *uranocircit*), $\text{Ba}[\text{UO}_2 \cdot \text{PO}_4]_2 \cdot 6 - 2 \text{H}_2\text{O}$. Tetragonális. Lemezes, kitűnően hasad, $K = 2 - 2,5$. $S = 3,53$. Sárga-sárgászöld. Az újabb vizsgálatok szerint főleg meta-változatként keletkezik. Érchegység (Németország., Csehszl.); Wölsendorf (Bajorország.); Rosmaneira (Spanyolország.).

Novačekit (és *meta-novačekit*), $\text{Mg}[\text{UO}_2 \cdot \text{AsO}_4]_2 \cdot 10 - 4 \text{H}_2\text{O}$. A foszfátok közt szereplő saléitokkal együttes képződésű uráncsillám. A szárszországi (Németország.) Schneeberg-ről került elő (a saléitot Kongóból ismertették először). Tetragonális holoéderes, kristályai vékonyabb vagy kissé vastagabb táblások (l. a saléit-nél), de élhosszuk nem nagyobb 0,5 mm-nél. Hasadása kitűnő, $K = 2,5$ $S = 3,7$. Sárga, szalmasárga, viaszfényű. Optikailag anomális, ha kéttengelyű: $2V \sim 65^\circ$. Fénytörése s egyéb sajátságai is az izomorf sor tagjaival egyezők, ill. közelállók. Ultraibolya-gerjesztésre tompa zöld színben fluoreszkál. A másodlagos uránásvány-lelőhelyeken kívül a novačekitet homokkőben is: Woodrow (Új Mexikó, USA) megtalálták.

Kahlerit, $\text{Fe}[\text{UO}_2 \cdot \text{AsO}_4]_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$, tetragonális. Ritkább vegyület. Vékony táblás kristályok. Citromsárga—zöldessárga, optikailag főtengelyes és negatív: $\epsilon = 1,632$, $\omega = 1,634$, ha kéttengelyű a $2V = 9^\circ - 33^\circ$. Ultraibolya fényben nem fluoreszkál. — Hüttenberg (Karintia, Ausztria), skorodittal, farmakosziderittel s más arzenátokkal társul.

Uranospinit (és *meta-uranospinit*), $\text{Ca}[\text{UO}_2 \cdot \text{AsO}_4]_2 \cdot 10 (8) \text{H}_2\text{O}$. Tetragonális. Vékony táblás, hasadása (001) sz. kitűnő. $K = 2 - 3$. $S = 3,45$. Csizzöld, citromsárga. — Optikailag leginkább kéttengelyű. $n_\alpha(\epsilon) = 1,560$, $n_\beta = 1,582$, $n_\gamma(\omega) = 1,587$. $2V \sim 45^\circ - 60^\circ$. Pleokroós. — A másodlagos uráncsillámok társulásában otthonos.

Trögerit, $H_2[UO_2 \cdot AsO_4]_2 \cdot 8 H_2O$. Tetragonális, a „meta”-sorozat tagja. Táblás kristályai néha feles szimmetriát, máskor monoklin kombinációt sejtetnek. Egyéb uráncillámfélékkel, főleg zeunerittel nő össze. — Citromsárga, hasadási lapon gyöngyházfénnyel. Akár egy-, akár kéttengelyes optika esetén negatív jellegű, $n_p \sim 1,630$. Lelőhelye Jachymov és Schneeberg (Érchegeység, Csehszl., Németorsz.); Bald Mountain (D-Dakota, USA).

Meta-zeunerit, $Cu[UO_2 \cdot AsO_4]_2 \cdot 8 H_2O$. Korábban *zeunerit* néven szerepelt, de kiderült, hogy csakis az oktahidrát- (meta-) alakja stabilis. Tetragonális. A torbernithez hasonlatos táblás, néha piramisos termetű kristályok. A lapok vízszintesen rostozottak. Thuringittel, uranospinnittel orientált összenövés gyakori. Hasadása tökéletes. $K = 2-2,5$. $S = 3,6-3,7$. Fűzőld, smaragdzöld, ultraibolya fényben zöldessárgán fluoreszkál. — Optikailag egytengelyű, negatív, $\epsilon = 1,623$, $\omega = 1,643$, gyengén pleokroos. — Lelőhelyek a többi uráncillámméval egyezők.

Abernathyit, $K_2[UO_2 \cdot AsO_4]_2 \cdot 8 H_2O$. Tetragonális. Szerkezete a metahidrátokéval egyező. Vastag táblás kristálykák. Hasadása tökéletes; sárga, $K = 2,5$, $S = 3,2-3,7$. Ultraibolya fényben fluoreszkál. Egytengelyű és negatív, de vízvesztéssel a törésmutatók változnak, és a kristály is kéttengelyűvé lesz. — Másodlagos ásvány. Homokkőben, vetősíkok felületén bevonat: (Moab, Utah), a mezozoi Chinle-formáció (Arizona, USA) Shinarump szintjének aszfaltos konglomerátja tartalmaz kisebb gumókat, konkréciókat. Ezekben — egyéb szulfid- és arsenátásványok társaságában — ritka résztvevő az abernathyit.

Fritzscheit, a jelek szerint Mn- és $[VO_4]$ -tartalmú autunitváltozat. *Uranospathit*, lécs alakú kristályok, réz-urán-arsenát-foszfát (zeunerit + torbernit) elegykristály. *Prjevalszkit*, ólom-urán-foszfát (részletes vizsgálata hiányzik). *Sincosit*, $Ca[V(OH)_2PO_4]_2 \cdot 3 H_2O$, szerkezetileg valószínűleg a meta-autunittel egyezik.

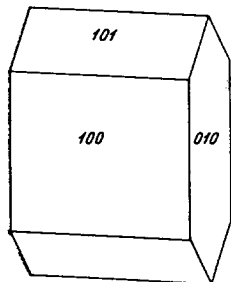
γ) FOSZFURANILIT-FÉLÉK

Név	Összetétel	Szimmetria
Foszfuranilit	$Ca[(UO_2)_4 \cdot (OH)_4(PO_4)_2] \cdot 8 H_2O$	rombos
Renardit	$Pb[(UO_2)_4 \cdot (OH)_4(PO_4)_2] \cdot 8 H_2O$	rombos
Dewindtit	$Pb_2[(UO_2)_4 \cdot (OH)_3(PO_4)_3] \cdot 7 H_2O$	rombos
Parsonsit	$Pb_2[UO_2(PO_4)_2] \cdot 2 H_2O$	monoklin
Dumontit	$Pb_3[UO_2(OH)_2 \cdot PO_4]_2 \cdot 3 H_2O$	rombos

A vegyi formulák még — a jelek szerint — nem véglegesek. Mintául a legstabilisabbnak mutatkozó renardit tekinthető. Uránérctelepeken másodlagos ásványok.

Foszfuranilit fanerokristályosan nem ismeretes. Teltsárga—aranyásrga lemezek, lécek vagy vékony bevonat. Tércsopt.: $Bmmb$, és rácsa rombos dipiramisos.

A **renardit** összetételében az Pb helyén Ba és Ca helyettesíthet. Egyszerű, az első vég-lap szerint kissé táblás kristályok (682. ábra), de rostos, lemezes, szemcsés alakban is lehet. Tércs. $Bmmb$, $a_0 = 16,01$, $b_0 = 17,5$, $c_0 = 13,7$. $Z = 6$. Hasadás (100) sz. $K = 3,5$. $S \sim 4,3$. — Sárga, barnásárga. Fénye gyémántszerű. $n_\beta = 1,736$, negatív, $2V_\alpha = 40^\circ\text{—}45^\circ$. Eredetileg Katangában (Zaire Közt.) Kasolo-n találták urán-csillámokkal, később a franciaországi, portugáliai lelőhelyekről is előkerült.



682. ábra. Renardit

Dewindtit, tércsoportja nem ismeretes, szerkezete rombos; kristályos külsővel még nem találták. Hasadása tökéletes [(100) sz.]. $S = 5,03$. Kanárisárga, pora halványsárga; zöld színben fluoreszkál. — Shinkolobwe (Katanga, Zaire Közt.); Wölsendorf (Bajorország).

Parsonsit, monoklin, de lehet triklin is. Csak vékony, mm-nél kisebb lemezekben, mikroszkópban vizsgálható; hasadása jó, $K \sim 2\text{—}3$, $S = 5,7$. Citromsárga—zöldesbarna. Fénytörése nagy, $\sim 1,86\text{—}1,89$. Kéttengelyű és negatív, nem pleokroos. Kasolo (Katanga, Kongó Közt.), Wölsendorf (Bajororsz.), Puy-de-Dôme (Franciaorsz.).

Dumontit, rombos. Csak mikroszkópos méretű kristályokban vizsgálható; ezek c -tengely sz. nyúlt lemezes v. léces termétek. A kioltás egyenes, opt. kéttengelyű. Okkersárga, ultraibolya fény hatására gyengén fluoreszkál. Shinholobwe (katanga, Zaire Közt.), White Oak (Arizona, USA).

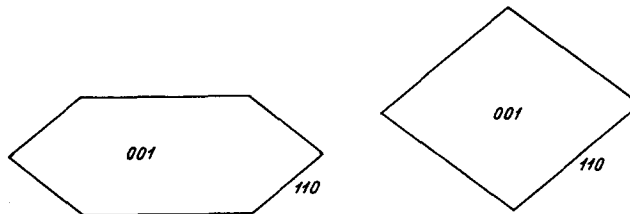
δ) URÁNVANADÁTOK

Mind ez ideig hat-hét kristályos urántartalmú vanadát ismeretes. Közülük azonban csak két ércásványnak van fontossága: a *carnotit*-nak és a *tujamunit*-nak. Szerkezetük zeolitjellegű vizet tartalmaz, így a meta-változat itt is előfordulhat; valamint a kationcsere-vizsgálatok is eredménnyel jártak.

Név	Összetétel	Szimmetria
Carnotit	$K_2[VO_2 \cdot VO_4]_2 \cdot 3 H_2O$	monoklin prizmás
Tujamunit	$Ca[VO_2 \cdot VO_4]_2 \cdot 5\text{—}8\frac{1}{2} H_2O$	rombos
Meta-tujamunit	$Ca[VO_2 \cdot VO_4]_2 \cdot 3\text{—}5 H_2O$	rombos dipiramisos
Sengierit	$Cu[VO_2 \cdot VO_4]_2 \cdot 8\text{—}10 H_2O$	monoklin prizmás
Ferghanit	$LiH[(VO_2)_4 \cdot (OH)_4 \cdot (VO_4)_2] \cdot 2 H_2O$	rombos

Carnotit, $K_2[VO_2 \cdot VO_4]_2 \cdot 3 H_2O$, monoklin, $C_{2h}^2\text{—}P2_1/a$, $a_0 = 10,47$, $b_0 = 8,41$, $c_0 = 6,91$ Å. $\beta \simeq 103^\circ 40'$. $Z = 2$. Kis mennyiségben Ca-, Ba-, Mg- és Na-ot tartalmazhat. A Ca mennyisége a tujamunit-elegy jellegig növekedhet. Csak finom porként és összetapadt mikrokristályos halmazokban, hintve vagy bevonatként ismerjük. A mikroszkópos képen rombikus alaprajzú pikkelyek láthatók (683. ábra). Hasadás (001) sz., $S \sim 4,7$. Sárga, citromsárga, zöldes-

sárga. Nem fluoreszkál (de a folyékony levegő hőmérsékletén zöldessárga fluoreszcenciára gerjeszthető). Fénytörés és kettőtörés erős: $n_\alpha = 1,750$, $n_\beta = 1,925$, $n_\gamma = 1,950$. Opt. negatív. $\gamma \wedge a \sim 14^\circ$. $2V_\alpha = 40^\circ - 50^\circ$. Kationcseré-vizsgálatok szerint a K-ion Ca-, Ba- és Sr-mal kicserélhető. A cserével a



683. ábra. Carnotit-pikkely mikroszkópi képe

hidratáció fokozódik, s a szerkezeti (001) siktávolság megközelíti a tujamunitnál észlelteket. A folyamat reverzibilis, és pedig a földfémek kicserélése könnyebben és gyorsabban végbemegy, viszont NH_4 -ionnal nem lehet a K-ot helyettesíteni.

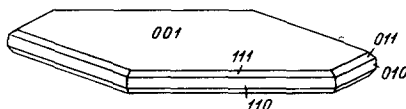
Képz. Legnagyobb elterjedésben az USA-ban Colorado államból ismeretes. Főleg triász- és júra-homokkővekben hintetten, fészkekben, lencseszerű kifejlődésben halmozódott fel. A nagyobb koncentrációk környezetében szenesedett fatörzsek vagy más növényi maradványok gyakoriak. Társásványok: tujamunit, meta-tujamunit, volborthit, rossit, rauvit, uvanit, gipsz, barit, zippeit, meta-torbernit, steigerit, corvusit. Nagyobb feltárások Coloradóban: Paradox Valley és La Sal Creeks (Montrose County); a Dolores River mentén Mesa County; Rio Blanco County. Utah államban: San Rafael Swell (Emery County); Henry Mts (Garfield County); D-Dakotában és Arizonában ugyancsak több feltárás. — Vörös homokkőben: Katanga (Zaire Közt.); cinnabarittal és tujamunittal Chihuahua (Mexikó). A ferghanai (SZU) vanadátos homok inkább a tujamunitnál említhető.

Tujamunit és meta-tujamunit, $\text{Ca}[\text{UO}_2 \cdot \text{VO}_4]_2 \cdot 8\frac{1}{2} - 3 \text{H}_2\text{O}$, rombos. Térccs. $D_{2h}^{16} - Pnma$. Rácsáll. (meta-alak): $a_0 = 10,63$, $b_0 = 8,36$, $c_0 = 16,96$ Å. Összetételében Ba-, Mg-, Pb-, Cu- és K-ionok is kimutathatók. Ioncserével carnotittá konvertálható (l. előbb).

Krist. Makrokristálya nem ismeretes. Vékony pikkelyek, lemezkék, b -tengely szerint nyúlt lécek; legyező alakú vagy radiális halmazok. Legtöbbször por-szerű vagy vékony bevonat és impregnáció homokkőben. — Általában nagyobb szemcsés, mint a carnotit. Hasadása (001) sz. tökéletes, (010) és (100) sz. is észlelhető. $K \sim 2$. $S = 3,3$, a meta-változaté $3,8 - 3,9$. Kanárisárga, viaszfényű. Ultraibolya fényben nem fluoreszkál. Fénytörés erős: $n_\beta = 1,860$, a meta-módosulaté $1,930$, $2V \sim 48^\circ$. — Hevítve könnyebben megolvasható, mint a carnotit.

Eredeti lelőhelye Tyuja-mujun (Fergánai terület, Üzbegisztán, SZU). Sivatagi területen: kérges, üregkitöltések a töredezett, karsztos erekkel, hasadékokkal átjárt karbon mészkőben. Az ásványosodás kis hőmérsékleten és nyomáson ment végbe, a kísérőásványok: kalcit, arit, gipsz, cölesztin. A fő ércásvány tujamunit, mellette vanadinit, ferghanit és más vanadátok, Cu- és Ni-ásványok. — Másik nagy terület a Colorado, Utah, New Mexiko, Arizona államok (USA) mezozoos üledéksorozata, ahol carnotit, hewettit, corvusit, becquerelit, meta-autunit, uranofan és más szekunder uránásvány kíséri.

Sengierit, $\text{Cu}[\text{UO}_2 \cdot \text{VO}_4]_2 \cdot 8\text{--}10 \text{H}_2\text{O}$. Monoklin prizmás, $C_{2h}^5 - P2_1/a$. $a_0 = 10,62$, $b_0 = 8,10$, $c_0 = 10,11 \text{ \AA}$. $\beta \sphericalangle 103^\circ 40'$. $Z = 2$. Kristályai hatszögös,



684. ábra. Sengierit

néhány mm-es táblácskák (684. ábra). Hasadás (001) sz. tökéletes, $K = 2,5$, $S = 4,4$. Zöld, gyémántfényű. $n_\beta = (b) \sim 1,92$; opt. negatív, pleokroós; $2V_a = 37^\circ\text{--}40^\circ$. Másodlagos; Katangában (Zaire Közt.) az oxidációs ásványok társaságához tartozik.

FÜGGELÉK

VANADÁTOK NEM TETRAÉDERES KOORDINÁCIÓJÚ ÖSSZETETT ANIONNAL

Rossit, $\text{Ca}[\text{V}_2\text{O}_6] \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$, triklin; szemcsés, csomós képletek, metarossitos külső kéreggel. Sárga szemcsék a carnotitos homokkőben, Colorado (USA); *metarossit* csökkent ($2 \text{H}_2\text{O}$) víztartalmú változat.

Hewettit, $\text{CaH}_2[\text{V}_6\text{O}_{17}] \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$, rombos (?) Mikroszkopikus finom tűk gumós halmaza. Telt vörös, selyemfényű, rendkívül erős fény- és kettőtöréssel. Valószínűleg csökkent víztartalmú (meta-) alakban is stabilis. Kevés molibdántartalma is van. — Cerro de Pasco-n (Peru) patronitból keletkezik. — A carnotitos homokkőben (Montrose, California, USA) is megjelölhető; lehetséges, hogy a ferganai (SZU) *alait* azonos a hewettittel (vagy a meta-hewettittel).

Pascoit, $\text{Ca}_3[\text{V}_{10}\text{O}_{28}] \cdot 16 \text{H}_2\text{O}$. Monoklin prizmás, $C_{2h}^3 - C2/m$. $\beta \sphericalangle 93^\circ 20'$. $Z = 2$. Gömböcskés, lemezes halmaz, narancssárga. Víztartalma változó. Minas Ragra (Cerro de Pasco mellett, Peru).

Rauvit, $\text{Ca}[(\text{UO}_2)_2\text{V}_6\text{O}_{17}] \cdot 16 \text{H}_2\text{O}$, rombos. Rétegszerkezetűnek látszik; fanerokristályosan eddig nem ismeretes. Sajátságai nagyon változók. Vöröses-kékes, fekete; mikroszkópban parányi kristályok, kristálytöredékek. Temple Rock (Emery County, Utah, USA) homokkőében carnotittal fordul elő.

Uvanit, $[(\text{UO}_2)_2\text{V}_6\text{O}_{17}] \cdot 15 \text{H}_2\text{O}$, rombos. Formulája még bizonytalan. Finom-kristályos halmaz, vékony bevonat. Barnássárga, $n_\beta \sim 1,88$. Erősen pleokroós. — Az arizonai (USA) Chinle-formáció Shinarump homokkőében, carnotittal, rauvittal, hewettittel, gipsszel társul.

SZULFÁTOK ÉS ROKON VEGYÜLETEK

A szulfátok osztályába tartozó kristályvegyületek oxigéndús környezetben, a Föld felszínén vagy annak közelében jönnek létre. A tetraédes koordinációjú $[\text{SO}_4]^{2-}$, $[\text{CrO}_4]^{2-}$, $[\text{WO}_4]^{2-}$ és $[\text{MoO}_4]^{2-}$ összetett anionok térigénye közelítőleg (636. old.) megegyezik az előbb tárgyalt $[\text{RO}_4]$ -gyökökével, de az anionvegyérték itt már csak 2. Ez a kötéstávolságban is nagy különbséget okoz, s a gyökion izoláltsága még kifejezettebb lesz, a vegyület határozottabban anizodézmikussá (sótermészetűvé) válik. Így a szulfátásványok keménysége is kisebb, uralkodóan 2—4; és csak néhány 3,5-nél nagyobb keménységű szulfátot ismerünk. Olvadáspontjuk általában szintén kisebb az eddig tárgyalt gyökionos vegyületekéénél. A legellenállóbb szerkezetek a nagy, kétértékű (Ba, Sr, Pb) kationokkal való kapcsolódás esetén jönnek létre. A kisméretű kationok legtöbbször csak hidratált állapotban, azaz H_2O -molekulákkal körülvéve épülnek be a szerkezetbe. Ebben az osztályban különösen gyakori jelenség, hogy ugyanaz a vegyület különböző számú vízmolekulával kapcsolódva változó szerkezeti felépítést mutat. Pl. a Fe^{2+} -ion szulfátjai közül ismerünk 1, 5, 6, 7 vízmolekulával kialakult kristályvegyületet is.

Az egyvegyértékű alkálifémeknek egyszerű szulfátjai vannak, melyek gyenge kötésű szerkezetek, vízben könnyen oldódnak, éppen úgy, mint a kétértékű, kisméretű kationok szulfátjai is. A háromértékű fémek csakis víztartalmú vagy OH-tartalmú vegyületekben szerepelhetnek. A különböző, 1—2—3-vegyértékű kationok egy szerkezetbe épülésekor kettős, ill. összetett sók keletkeznek. Kettős só úgy is képződhet, hogy a szulfátion mellett a vele egyező méretű foszfát vagy a nála némileg kisebb, de azonos töltésű CO_3^{2-} -gyök is részt vesz a rács felépítésében. Ez a jelenség úgy is értelmezhető, hogy a rácssemlegesítés túlkompensálása esetén, az egyébként itt általános OH^- , Cl^- , F^- beépülésének mintájára a CO_3^{2-} - és PO_4^{3-} - gyökök pótanionként szerepelnek.

A különböző szulfátvegyületek száma a természetben igen tekintélyes. Itt is csak a fontosabb szerkezeti típusok, illetőleg rokonsági sorok bemutatására szorítkozhatunk. A kromátok, molibdátok és volframátok aránylag kisebb csoportjából is csak a lényegesebb ásványokat ismertetjük.

Áttekintés

118. táblázat

A. alosztály. Vizmentes szulfátok

- a) csoport. Pótanion nélküli szerkezetek
 - α) Alkáli-szulfát-sor
 - β) Barit-sor
- b) csoport. Pótanionnal kiegyenlített szerkezetek
 - α) Brochantit-félék
 - β) Linarit—alunit-félék
 - γ) Kettős (szulfát—foszfát-) anionú sor
 - δ) Két pótaniont tartalmazó szulfátok
 - ϵ) Karbonát—szulfát- (hanksit-) sor

B. alosztály. Víztartalmú szulfátok

- a) csoport. Pótanion nélküli szerkezetek
 - 1. alcsoport. Kieserit-félék
 - 2. alcsoport. Gálic-félék
 - 3. alcsoport. Timsók
 - 4. alcsoport. Gipsz és rokonsága
 - 5. alcsoport. Asztrakanit-félék
- b) csoport. Pótanionnal kiegyenlített szerkezetek
 - α) Aluminit-sor
 - β) Kainit-sor
 - γ) Vegyes sorozat
 - δ) Uranil-szulfátok

C. alosztály. Kromátok, volframátok és molibdátok

- a) csoport. Kromátok
- b) csoport. Volframátok, molibdátok

A. ALOSZTÁLY

VÍZMENTES SZULFÁTOK

a) csoport.

Pótanion nélküli szerkezetek

119. táblázat

Név	Összetétel	Tércepoport	a_0	b_0	c_0	Z
<i>α) Alkáli-szulfátok</i>						
Thenardit	$\alpha\text{-Na}_2\text{SO}_4$	$D_{2h}^{24}\text{-Fddd}$	9,77	12,31	5,86	8
Mascagnin	$(\text{NH}_4)_2[\text{SO}_4]$	$D_{2h}^{13}\text{-Pmcn}$	5,98	10,62	7,78	4
Glaserit	$\text{K}_3\text{Na}[\text{SO}_4]_2$	$D_{3d}^3\text{-P3m1}$	5,66	—	7,30	1
Vanthoffit	$\text{Na}_6\text{Mg}[\text{SO}_4]_4$	monoklin (?)	—	—	—	—
Langbeinit	$\text{K}_2\text{Mg}_2[\text{SO}_4]_3$	$T^4\text{-P2}_13$	9,98	—	—	4
Glauberit	$\text{Na}_2\text{Ca}[\text{SO}_4]_2$	$C_{2h}^6\text{-C2/c}$	10,01	8,21	8,43	4
Anhidrit	$\text{Ca}[\text{SO}_4]$	$D_{2h}^{17}\text{-Cmmm}$	6,23	6,97	6,98	4
<i>β) Barit-sor</i>						
Cölesztin	$\text{Sr}[\text{SO}_4]$	$D_{2h}^{16}\text{-Pnma}$	8,38	5,37	6,85	4
Barit	$\text{Ba}[\text{SO}_4]$	$D_{2h}^{16}\text{-Pnma}$	8,87	5,45	7,14	4
Anglesit	$\text{Pb}[\text{SO}_4]$	$D_{2h}^{16}\text{-Pnma}$	8,47	5,39	6,94	4
Kerstenit	$\text{Pb}[\text{SeO}_4]$	$D_{2h}^{16}\text{-Pnma}$	—	—	—	—

α) ALKÁLI-SZULFÁTOK

Vízben oldódnak, kis keménységűek, aránylag kis mennyiségben keletkeznek, főleg sótelepeken.

Thenardit, $\alpha\text{-Na}_2\text{SO}_4$. Rombos dipiramisos. Kristályai csak az (111) dipiramisból állnak. Főleg szemcsés-földes halmazokban, sivatagi vidékek sóstavainak száradásakor keletkezik. Rendszerint egyéb sóvegyületek kísérik. Szintelen. Íze gyengén sós, $K = 2,5$.

Mascagnin, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Szintén rombos, de nem izomorf a thenardittal. $K = 2$. Néha lágaközeteken szálladék; guanotelepeken is keletkezik.

Glaserit, $\text{K}_3\text{Na}[\text{SO}_4]_2$, ditrigonális szkalenoéderez. Bázis szerint táblás kristálya üvegfényű. Szintelen vagy kékes. $K = 2,5$. Egyes sótelepeken, néha vulkánok lágáin is megjelenik.

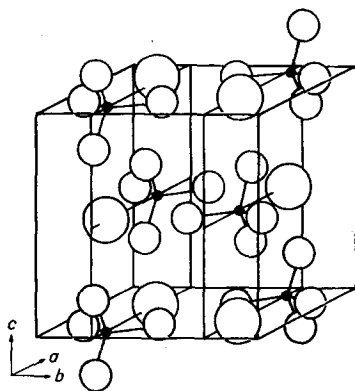
Vanthoffit, $\text{Na}_6\text{Mg}[\text{SO}_4]_4$, valószínűleg monoklin, csak tömött-vaskos gumók alakjában egyes sótelepekből ismerjük.

Langbeinit, $\text{K}_2\text{Mg}_2[\text{SO}_4]_3$, szabályos negyedes. Sótelepek másodlagos ásványa. Szemcsés. Szintelen vagy fehér. $K = 4$. Kristályokban ritka.

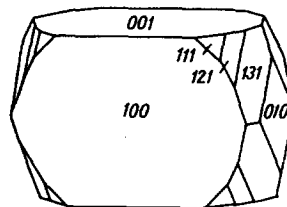
Glauberit, $\text{Na}_2\text{Ca}[\text{SO}_4]_2$. Monoklin prizmás. A (001) sz. táblás kristályai színtelenek, néha enyhén színezettek. Kérges-gumós halmazokat is alkot. $K = 2,5-3$, $S = 2,75$. Zsíros üvegfénye van, áttetsző. Íze sós—keserű. Sótelepek másodlagos ásványa. Perkupán (Borsod-Abauj m.) az anhidrites gipsztelep feltárásakor is előkerült.

*

Anhidrit, CaSO_4 . Rombos dipiramisos. Szerkezete torzult kősórácsnak tekinthető, melyben a Ca- és SO_4 -ionok a Na- és Cl-ionok helyét tölti be. A Ca-ionokat közelítőleg egyenlő (2,5 Å) távolságban 4 + 4 oxigén veszi körül. A tetraéderek itt is a rombos tükörsíkoknak megfelelő szimmetriával rendeződnek (685. ábra). A szerkezetből eredően a hasadása is kockaszerű: a rombos 3 véglap, (001), (010), és (100) sz. hasadási alak állítható elő, de ezek felülete nem egyenlően tükröző, legkitűnőbb a (001) lapé (gyöngyházfény), legkevésbé fény-



685. ábra. Anhidrit-szerkezet



686. ábra. Anhidrit

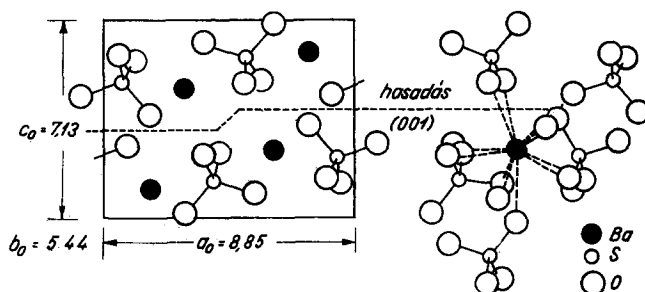
lő az (100) lap. A kristálytermet is lehet kockához hasonló: alpesi típus (686. ábra) vagy a b -tengely szerint nyúltabb prizmás: stassfurti típus. $K = 3-3,5$. $S = 2,95$. Színtelen, de gyakran kissé kékesre, ibolyásra, sárgára színezett. Üvegfényű, áttetsző, opt. pozitív, $n_\alpha = 1,569$, $n_\beta = 1,575$, $n_\gamma = 1,613$ (Na-fényben); $b = \beta$. Finomra porítva cc. H_2SO_4 oldja, kissé HCl-ban is oldódik. Pora vízfelvétellel gipsszé alakul át.

Képz. Túlnyomóan tengervízből válik le kőso kíséretében. A sótelepek képződésének első szakaszához tartozik, s így szemcsés szövetű kőzetformában a kősótelep alsó részét alkotja. Rendszerint gipsz kíséri. Később vízfelvétellel maga is gipsszé alakulhat, ami 60%-os duzzadással jár, s ilyenkor rétegei a mirigyszövet módjára erősen meggyűrődnek (*mirigykő*). Kőzetalkotó szemcsés tömegben és üregek falán fennőtt kristályok sótelepekben: Ocna Sibiului (Vízakna, Erdély) és Ocna Slatina (Aknaszlatina, Máramaros, Románia);

Stassfurt (Németország), Salzburg (Ausztria). Hidrotermásan is keletkezik némely érctelérben, pl. Capnicon (Kapnikbányán, Gutin-hegység, Románia). Vulkanokon exhalációs termék is lehet: Vezuv.

β) BARIT-SOR

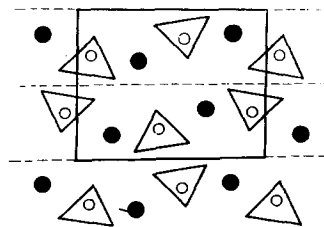
Szoros rokonság és azonos rácsszerkezet csak a Sr, Ba, Pb nagyméretű kétértékű kationok szulfátjai között van. A kisebb ionrádiusú Ca szulfátja egészen más tércsoportban kristályosodik, és sajátosságai is merőben eltérők. A baritsor szerkezetét a 687. és 688. ábra mutatja be. A rajz az elemi cellát oldalról, a



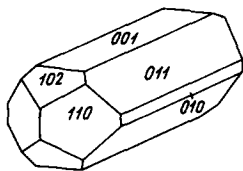
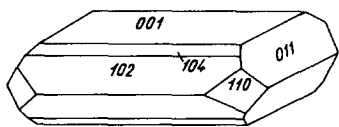
687. ábra. Barit szerkezete. Balról: elemi cella a b -tengely felől nézve; jobbról: koordinációk

b -tengely irányából ábrázolja. A Ba-ionok a $[\text{SO}_4]$ -tetraéderek között helyezkednek el, éspedig a cella egyik felében $1/4$, a másik felében $3/4$ b_0 mélységben. A tetraéderek S^{6+} központi kationjai hasonló, de ellentétes elhelyezkedésűek. Az $[\text{SO}_4]^{2-}$ -komplexek két-két oxigénje ugyancsak a központi kationnal azonos síkban, míg a másik kettő erre merőleges irányban rendeződik. Így a Ba-nak 12-es oxigénkörnyezete van, melyek egyidejűleg különböző $[\text{SO}_4]^{2-}$ -hoz tartoznak. E rácsszerkezetben a két (Ba, Sr) földfém egymást korlátlanul helyettesítheti. Mindhárom izomorf tagnak hevítéskor $\alpha \rightarrow \beta$ alakulása van. A nagy hőmérsékletű szerkezet a baritnál 1149, a cölesztinnél 1152 és az anglezitrnél 860 $^\circ\text{C}$ -on áll elő. Ezek rácsrendje a jelek szerint megegyezik az anhidrit 1100 $^\circ\text{C}$ feletti β - CaSO_4 módosulatával, e hőszinten már a Ca- és Ba-szulfát között hézagatlan elegyedés tapasztalható.

688. ábra. Barit-szerkezet vázlatosan, az előbbi képnek megfelelő ábrázolásban. A szaggatott vonal a (001) sz. hasadást jelzi



Cölesztin, SrSO_4 . Rombos dipiramisos. A kristályok termete gyakran (001) sz. táblás (689. ábra) vagy az a -tengely szerint nyúlt oszlopos (690. ábra). Rostos, lemezes vagy szemcsés halmazokat is alkot. Hasadás (001) sz. igen jó, (110) sz. kevésbé jó. $K = 3-3,5$. $S = 3,9-4,0$. Üvegfényű, kissé gyöngyházszerű, áttetsző. Leginkább színtelen vagy kék, égkék (coelum = az ég), de lehet zöldes, vöröses is. Optikája megegyezik a baritével, de fénytörése némileg kisebb: $n_\alpha = 1,621$, $n_\beta = 1,623$, $n_\gamma = 1,630$, (Na-fényben) viszont a $2V$ nagyobb, $= 50^\circ$. Lángban pattogzik és fehér gyönggyé olvad. cc. H_2SO_4 -ban pora feltáródik, de hígítás után újra kicsapódik. — *Képz.* Ritkább ásvány a



689—690. ábra. Cölesztin

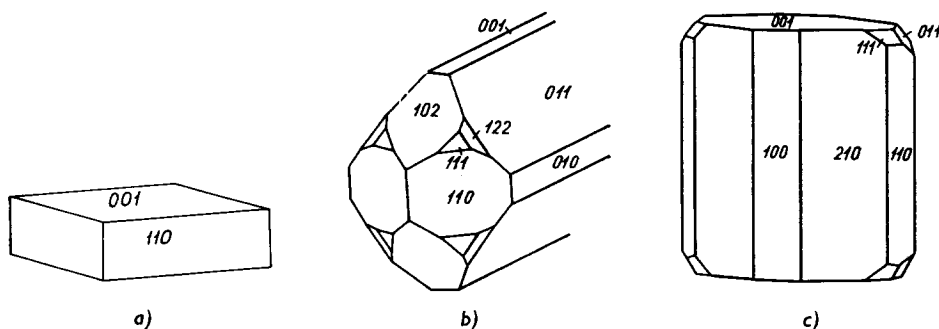
baritnál. 1. Egyes hidrotermás érctelepekben szép, kristályos kialakulása van. Gyöngyösoroszi a Mátrában, Špana Doliná (Úrvölgy, Szlovák Érchg.), Băița (Rézbánya, Bihar hg., Erdély, Románia). 2. Sokkal gyakoribb és tömeges kialakulású is lehet karbonátos kőzetekben: mészkő, márga, valamint gipszkőzetek hasadékaiban. Így Erdélyben (Románia): Szind, Bács, Kopánd és Turda (Torda). Sziciliában (Olaszorsz.) a kéntelep márgájában terméskén és gipsz kíséri. — *Alk.* A vegyiparban Sr-vegyületek, színes fény előállításához (nyomjelző lövedék, tűzijáték) keresett nyersanyag.

Barit, *súlypát*, BaSO_4 . Rombos dipiramisos.

A kristálytermet a keletkezési viszonyok szerint változik. Szilikátok társaságában inkább izometrikus kifejlődésű kristályai vannak. Idősebb hidrotermás érctelepeken az a -tengely sz. kissé nyúlt, (001) sz. táblás kristályok keletkeznek (691/d ábra). A harmadkori érces telérekben antimonittal társul baritnak (001) sz. táblás, rombikus alaprajzú kristályai vannak (691/a ábra), karbonátos ásványtársulásban az a -tengely sz. nyúlt oszlopos kifejlődés tapasztalható (691/b ábra), míg közönséges hőmérsékleten a c -tengely szerint oszlopos, ún. *wolny*n típusú kristályok jönnek létre (691/c ábra). Cseppkőszzerű, gumós halmazokat, kőzetszerű szemcsés betelepülést, önálló telérkitöltést is alkot. Hasadása (001) sz. kitűnő, (110) sz. jó, (010) sz. kevésbé jó. $K = 3-3,5$. $S = 4,49$ (!). Üvegfényű. Színtelen, legtöbbször sárga, néha barnás, kékes vagy vöröses. Átlátszó—áttetsző. Optikailag pozitív. $n_\alpha = 1,636$, $n_\beta = 1,637$, $n_\gamma = 1,648$, $2V_\gamma = 37^\circ$ (Na-fényben), $b = \beta$, $c = \alpha$. Porát cc. H_2SO_4 feltárja, hígítással kicsapható.

Képz. Jellegzetes hidrotermás ásvány, kiválása mindenkor a kisebb hőmérsékleten jön létre, illetőleg a szulfidos érctelének kialakulásának befejező szakaszára esik. Önállóan is alkot telérkitöltéseket; de elterjedtebb a más ásványokhoz társulása. — Buda környékén melegvízforrások terméke: a mészkövek hasadékaiban legtöbbször kalcit kíséri. A Velencei-hegységben Sukoró felett kisebb telérszerű barittest alakult ki a gránitban. Egyike a legszebb kristályos

kifejlődéseknek Baia Sprie (Felsőbánya, Gutin-hegység, Románia) teléréből előkerülő barit, mely rendszerint az antimonitot gallérszerűen növi körül. — Gyöngyösoroszin, a Börzsönyben és egyebütt is a gyakori ásványok közé tartozik. A wolyn típusú kristálytermet a Rožňava (Rozsnyó, Szlovák Érchg.) környéki oxidációs övből ismeretes. Üledékes eredete van márgákban, mészkövekben pl. Koppánd (Erdély, Románia), Meggen (Wesztfália, Németorsz.) stb.



691. ábra. Barit

Alk. A barit keresett ipari nyersanyag: mélyfúrások öblítőszapjának nehezítéséhez, festégyártáshoz (Ba-fehér). Utóbbi célra BaS-dá redukálják, majd ZnSO₄-tal visszaalakítják: $BaS + ZnSO_4 = BaSO_4 + ZnS$. Az így keletkezett anyag „litopon” néven általánosan felhasznált fehér fedőfesték. Papírgyártáshoz, színesfény-előállításához, röntgenernyőkhöz, stb. is alkalmazzák.

Anglezit, PbSO₄. Kristálytermet a baritéhoz igen hasonló: táblás vagy nyúlt prizmás. Lapokban gazdagabb kristályain az uralkodó formák is a baritéval egyezők. Hasadása is ugyanaz, mint a barité. $K = 3$. $S = 6,35$. Színtelen vagy enyhén barnára-sárgára színezett. Erősen csillogó gyémántfénye van (Pb!), átlátszó, áttetsző. Fénytörése nagy: $n_\beta = 1,883$, $\gamma - \alpha = 0,016$. — Kálilúgban oldódik, szóddával szénen Pb-szemmé redukálható.

Képz. Másodlagos keletkezésű ásvány. A galenitből oxidáció útján képződik. Gyakran pseudomorfóza galenit után. Ólomérctelepeken általánosan elterjedt, bár nem olyan gyakori, mint a cerusszit. Ez utóbbi nem ritkán anglezitből keletkezik. Nagyszámú lelőhelyei közül Rudabánya, valamint a Gutin hegységi, Bánsági-bányák (Románia), továbbá Anglesey-sziget (Anglia), Szardínia (Olaszorsz.), Harz-hegység (Németorsz.) ólomérctelepei említhetők.

Kerstenit, Pb[SeO₄]. A jelek szerint az anglezittel egyező szerkezetű. Gömbös-rostos gumók. Kénsárga, zsírfényű. $K = 3-4$. Egy irányban jó hasadás tapasztalható. — Friedrichsgluck (Thüringia, Németorsz.). Másodlagos ásvány.

b) csoport.

Pótanionnal kiegyenlített vízmentes szulfátok

120. táblázat

Név	Összetétel	Szimmetria	Tércsop.
-----	------------	------------	----------

 α) Brochantit-félék

Dolerofanit	$\text{Cu}_2[\text{O} \cdot \text{SO}_4]$	monoklin prizmás	$C_{2h}^3 - C2/m$
Antlerit	$\text{Cu}_3[(\text{OH})_4\text{SO}_4]$	rombos dipiram.	$D_{2h}^{16} - Pnam$
Brochantit	$\text{Cu}_4[(\text{OH})_6\text{SO}_4]$	monoklin prizmás	$C_{2h}^5 - P2_1/a$

 β) Linarit—alunit-félék

Linarit	$\text{PbCu}[(\text{OH})_2\text{SO}_4]$	monoklin prizmás	$C_{2h}^2 - P2_1/m$
Natroalunit	$\text{NaAl}_3[(\text{OH})_6(\text{SO}_4)_2]$	} ditrig. piramisos	$C_{3v}^5 - R3m$
Alunit	$\text{KAl}_3[(\text{OH})_6(\text{SO}_4)_2]$		
Jarosit	$\text{KFe}_3^{3+}[(\text{OH})_6(\text{SO}_4)_2]$		
Natrojarosit	$\text{NaFe}_3^{3+}[(\text{OH})_6(\text{SO}_4)_2]$		
Argentojarosit	$\text{AgFe}_3^{3+}[(\text{OH})_6(\text{SO}_4)_2]$		
Plumbojarosit	$\text{PbFe}_3^{3+}[(\text{OH})_6(\text{SO}_4)_2]$	ditrig. szkalenoéderez	$D_{3d}^5 - R\bar{3}m$

 γ) Kettős (szulfát—foszfát) anionú sor

Woodhouseit	$\text{CaAl}_3[(\text{OH})_6\text{SO}_4 \cdot \text{PO}_4]$	} romboéderez	$C_{3i}^2 - R\bar{3}$
Svanbergit	$\text{SrAl}_3[(\text{OH})_6\text{SO}_4 \cdot \text{PO}_4]$		
Hinsdalit	$\text{PbAl}_3[(\text{OH})_6\text{SO}_4 \cdot \text{PO}_4]$		
Corkit	$\text{PbFe}_3^{3+}[(\text{OH})_6\text{SO}_4 \cdot \text{PO}_4]$		

 δ) Két pótaniont tartalmazó szulfátok

Sulfohalit	$\text{Na}_6[\text{F} \cdot \text{Cl} \cdot (\text{SO}_4)_2]$	szabályos	$O_h^5 - Fm\bar{3}m$
Schairerit	$\text{Na}_3[\text{F}, \text{Cl} \cdot \text{SO}_4]$	trigonális	$D_{3d}^1 - P\bar{3}1m$
Lanarkit	$\text{Pb}_2[\text{O} \cdot \text{SO}_4]$	monoklin	$C_{2h}^3 - C2/m$

 ϵ) Karbonát—szulfát-(hanksit-) sor

Burkeit	$\text{Na}_6[\text{CO}_3(\text{SO}_4)_2]$	rombos holaéderez	$D_{2h}^{13} - Pmnm$
Hanksit	$\text{KNa}_{22}[\text{Cl}(\text{CO}_3)_2(\text{SO}_4)_9]$	hexag. dipiramisos	$C_{6h}^2 - P6_3/m$
Caledonit	$\text{Pb}_5\text{Cu}_2[(\text{OH})_6\text{CO}_3(\text{SO}_4)_3]$	rombos dipiramisos	$D_{2h}^{13} - Pmnm$
Leadhillit	$\text{Pb}_4[(\text{OH})_2\text{SO}_4(\text{CO}_3)_2]$	monoklin prizmás	$C_{2h}^5 - P2_1/a$

Dolerofanit, $\text{Cu}_2[\text{O} \cdot \text{SO}_4]$, monoklin, $a_0 = 9,41$, $b_0 = 6,31$, $c_0 = 7,64$ Å. $\beta \simeq 122^\circ 54'$. $Z = 4$. Kis kristályok, b -tengely szerint nyújtott prizmák, hosszanti rostozással. Cseresznyepiros, barnásvörös. $n_\beta = 1,820$, erősen pleokroos. — Vulkáni szublimációs termék.

Antlerit, $\text{Cu}_3[(\text{OH})_4 \cdot \text{SO}_4]$, rombos holoéderes, $a_0 = 8,24$, $b_0 = 11,99$, $c_0 = 6,03$ Å. $Z = 4$. — Vastag táblás vagy zömök prizmás kristályok, rostos, tús halmazok. Hasadás (010) sz. $K = 5$, $S = 3,9$. Smaragdzöld—feketészöld.

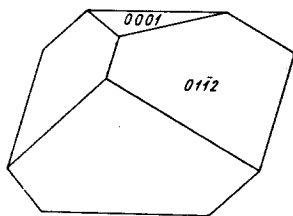
Képz. Másodlagos ásvány, oxidációs-zónában más réz-ásványok társaságában képződik. Eredeti lelőhelye Antler (Ariz., USA). Jelentős mennyiségben Chuquicamata (Chile).

Brochantit, $\text{Cu}_4[(\text{OH})_6 \cdot \text{SO}_4]$. Monoklin prizmás, $a_0 = 13,08$, $b_0 = 9,85$, $c_0 = 6,02$ Å, $\beta \simeq 103^\circ 22'$. Kristályai c -tengely sz. nyúlt tűk, oszlopok. Rostos-vaskos halmazokat is alkot. $K = 3,5$. Smaragd- és sötétzöld, áttetsző. Rézérccek oxidációs övének másodlagos ásványa.

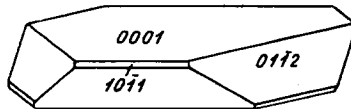
Linarit, $\text{PbCu}[(\text{OH})_2 \cdot \text{SO}_4]$. Monoklin, $a_0 = 9,7$, $b_0 = 5,6$, $c_0 = 4,7$ Å, $\beta \simeq 102^\circ 40'$. A b -tengely sz. nyúlt apró, lapgazdag kristályok. $K = 2,5$ —3. Hasadás (100) sz. — Égkék, áttetsző üvegfényű. Rézbányákban oxidációs termék.

Natroalunit, $\text{NaAl}_3[(\text{OH})_6(\text{SO}_4)_2]$, álszabályos, ditrigonális piramisos. Apró, színtelen kristályok vagy szemcsés, tömött halmaz. Önállóan ritkán, inkább kárialunittel együtt képződik, ill. ebben elegyösszetevőként társul.

Alunit, $\text{KAl}_3[(\text{OH})_6(\text{SO}_4)_2]$. Ditrigonális piramisos, $a_0 = 6,97$, $c_0 = 13,38$ Å. Kristályai romboéderek, közel állnak a kockához (692. ábra). Hasadása (0001) sz. kitűnő. Szemcsés-földes tömegeket is alkot. $K = 3,5$ —4. $S = 2,7$. Üvegfényű, színtelen vagy enyhén színezett. Kiizzítás után vízzel timsóoldat lúgozódik ki belőle (timsókő). H_2SO_4 , KOH oldja. — *Képz.* Vulkáni utóműködés hatására riolit-trachit-andezitkőzetek földpátjából keletkezik. Nagyobb mennyiség Beregovo (Beregszász, Kárpát-Ukrajna, SZU) környékén. Kisebb képződéssel a Parád körüli vulkanitban, a Velencei hegységben; Rosia Montana-n (Verespatak, Erdély, Románia). Pirit—markazit elmállásakor képződő kénsav hatására agyagos üledékekben is létrejöhet. Így dunántúli bauxitjainkban, pl. Iszka-szentgyörgyön is megtalálható.



692. ábra. Alunit



693. ábra. Jarosit

Jarosit, $\text{KFe}_3^+[(\text{OH})_6(\text{SO}_4)_2]$, ditrigonális piramisos, álszabályos, $a_0 = 7,21$, $c_0 = 17,03$ Å, $Z = 3$; izomorf az alunittel. Kristályai (0001) sz. táblásak (693. ábra) vagy romboéder jellegűek; szemcsés bekérgezősként, cseppkőszerű ki-

alakulásban is gyakori. (0001) sz. hasadása kivehető, $K = 2,5-3,5$. $S = 2,9-3,2$. Üvegfényű, törési felülete gyantafényű. Okkersárga—sötétbarna. Karca sárga. $\varepsilon = 1,715$, $\omega = 1,820$. Opt. negatív, gyakran anomálishan kéttengelyű; erősen pleokroós. Vízben nem oldódik, sósav oldja.

Képz. Másodlagos ásvány. Szulfidos ércek oxidációs övében, néha nagyobb mennyiségben is képződik („sárgavasérc” vagy „misy”). Elterjedt és közönséges bázisos vas-szulfát. — Fiatal (pannon) homokkő kötőanyagaként (Szendrő mellett) is ismeretes.

Argentojarosit, $\text{AgFe}_3^{3+}[(\text{OH})_6(\text{SO}_4)_2]$. Finomszemcsés, kisebb-nagyobb halmazok, kérgék. Sárga-barna, pleokroós. — Másodlagosan anglezit, barit és más oxidációs övbéli ásványokkal, egyes érctelepeken jelentős mennyiségben is képződik, pl. Tintic (Utah, USA).

Plumbojarosit, $\text{PbFe}_3^{3+}[(\text{OH})_6(\text{SO}_4)_2]$, ditrigonális szkalenoéderez. Kérgék, csomós-tömött halmazok, mikroszkópban hexagonális pikkelyek vagy porszerű és földes bevonatok. Aranysárga, sötétbarna, tompafényű vagy selymes. Nagy a fénytörése és kettőtörése. $\omega = 1,875$, $\varepsilon = 1,786$, erősen pleokroós. — Savakban nehezen oldódik. — Nagy elterjedtségű másodlagos ásvány ólomérceken, arid klímaövbén; pl. Törökország anatóliai bányáiban, Bolívia Potosi kerületében, az USA-ban Arizona, Új-Mexikó, Nevada államok bányáiban.

Karfosziderit, $\text{H}_2\text{OFe}_3^{3+}[(\text{OH})_5\text{H}_2\text{O} \cdot (\text{SO}_4)_2]$, izomorf a jarosittal. Apró, hexagonális lemezek, romboéderez kristálykák, főként földes, cseppkőszerű kiválások. $K = 4-4,5$. Tompa gyantafényű, enyhe csillogással. Aranysárga, sötét szalmasárga. Fénytörés, kettőtörés erős. Sósavban oldódik. Elsősorban pirites érc mállásterméke; kvarccal, limonittal, más jarosítféllel társul a „vaskalapövbén”. Eredeti lelőhelye Upernavik (Grönland, Dánia); nagyobb mennyiség Otravaara (Finnorsz.); Kynussa (Ciprus).

Woodhouseit, $\text{CaAl}_3[(\text{OH})_6 \cdot \text{SO}_4 \cdot \text{PO}_4]$, trigonális romboéderez, $a_0 = 6,97$, $c_0 = 16,30$ Å, $Z = 3$, romboéderez rács: $\alpha_r = 6,76$, $\alpha_r = 62^\circ 04'$ és $Z = 1$. — Apró kristályok, kockaszerű (10 $\bar{1}2$) romboéderek, táblás, pikkelyes. Hasadás (0001) sz. igen jó. $K = 4,5$, $S = 3,0$. Húspiros, színtelen, fehér. Optikailag anomális, $2V \sim 20^\circ$, fénytörés $\sim 1,64$. — Andalúzitos palákat átszelő kvarcteléreken topáz, lazulit, pirofillit tartozik a kíséretéhez.

Svanbergit, $\text{SrAl}_3[(\text{OH})_6 \cdot \text{SO}_4 \cdot \text{PO}_4]$, izomorf a woodhouseittel. Romboéderez, pszeudoszabályos (kockaszerű) kristályok, szemcsés halmazok. $K = 5$, $S = 3,23$. Színtelen, sárga, rózsás vagy vörösbarna, gyémántfényű. Fénytörés: $\omega = 1,631$, $\varepsilon = 1,646$. Savakban oldhatatlan. — Jó kristályok, kristálycsoportok diszténnel, pirofillittel és más Al-ásvánnyal: Wärmland (Svédorsz.). Kaolin, diaszpor, pirofillit társaságában gránitkvarcitban Chalmoux (Franciaország.); foszfátkavicsként gyémánttorlatban: Bahia állam (Brazília).

Hinsdalit, $\text{PbAl}_3[(\text{OH})_6 \cdot \text{SO}_4 \cdot \text{PO}_4]$, a woodhouseit izomorf sor tagja, romboéderez. $\alpha_r = 89^\circ 40'$. Az (10 $\bar{1}1$) romboéder közel kockaalak, a kristályok felszíne érdes, egyenetlen; bázis szerint táblás lemezkék, még inkább tömeges-szemcsés. Hasadás (0001) sz. $K = 4,5$. $S = 3,65$. Színtelen, kissé zöldes árnyalással; üveg—zsírfényű. Optikailag mindig anomális, $\omega = 1,671$, $\varepsilon = 1,689$. Golden Fleece (Hinsdale County, Colorado, USA); viszonylag ritka ásvány.

Corkit, $\text{PbFe}_3^{3+}[(\text{OH})_6 \cdot \text{SO}_4 \cdot \text{PO}_4]$, trigonális romboéderes, álszabályos-romboéderes kristályok. Hasadása (0001) sz. kitűnő. $K = 3,5$ — 4 , $S = 4,3$. Sötétzöld, sárgászöld, halványsárga. Zsírfenyű. Opt. negatív, $n \sim 1,96$. Gyengén kettőtörő. Forró, tömény HCl oldja.

Másodlagos érctelepek oxidációs övében piromorfit, limonit, barit, ezüsthallidok kísérik. Corcaigh (Cork, Írország); Dernbach (Westerwald, Németország); Ljubija (Jugoszl.); Kazahsztán (SZU); Szardínia (Olaszország).

Sulfohalit, $\text{Na}_6[\text{F} \cdot \text{Cl}(\text{SO}_4)_2]$, szabályos holoéderes. $a_0 = 10,10 \text{ \AA}$, $Z = 4$. — Rendszerint rombdodekaéderes vagy oktaéderes termetű, egyszerű kristályok. $K = 3,5$. $S = 2,5$. Színtelen, halványzöld vagy szürke. Íze sós. Áttetsző. Vízben forralva lassan oldódik. — Bóraxtavak sókiválásaiiban leginkább hanksittal, néha több cm-es kristályokban találják. San Bernardino (California, USA); Otavi (DNY-Afrika).

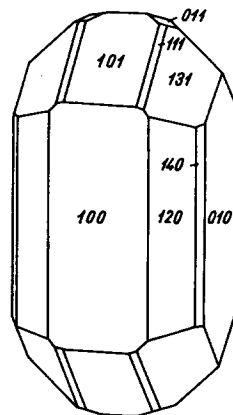
Schäferit, $\text{Na}_3[(\text{F}, \text{Cl})\text{SO}_4]$, trigonális; valószínűleg dimorf, hegyes romboéderes kristályok. $K = 3,5$. $S = 2,6$. Színtelen, üvegfénnyel. $\omega = 1,440$, $\varepsilon = 1,445$. Vízben feloldódik. — Bóraxtavak ásványa, gaylussit, thenardit, hanksit, kalcit kíséri.

Lanarkit, $\text{Pb}_2[\text{O} \cdot \text{SO}_4]$, monoklin prizmás. $a_0 = 13,76$, $b_0 = 5,69$, $c_0 = 7,08 \text{ \AA}$, $\beta \simeq 115^\circ 48'$, a b -tengely sz. nyúlt, oszlopos, prizmás kristályok. Hasadás (201) sz. igen jó, $K = 2,5$. $S = 6,9$. Gyémántfénybe hajló gyantafényű; szürke, zöldesfehér, halványsárga. Fénytörés: $n_\alpha = 1,928$, $n_\beta = 2,007$, $n_\gamma = 2,03$, negatív, $n_\beta = b$, $n_\gamma \wedge c \sim 30^\circ$. — KOH-ban, HNO_3 -ban oldódik. — Ólomérctelepek oxidációs ásványa, cerusszit, caledonit, leadhillit a társai. Kéves lelőhelyen találják.

Burkeit, $\text{Na}_6[\text{CO}_3(\text{SO}_4)_2]$, rombos holoéderes, $a_0 = 5,17$, $b_0 = 9,23$, $c_0 = 7,06 \text{ \AA}$. $Z = 4$. — Táblás, egyenetlen, érdes felületű kristályok, pikkelyes kristályok halmazai, tömött, vastos. $K = 3,5$, $S = 2,57$. Gyenge üvegfényű, emlékeztet a kriolitra; fehér, szürke, átlátszó. $n_\beta = 1,489$, negatív, kéttengelyű, $2V \sim 34^\circ$. — Vízben jól oldódik. Bóraxtavak sókiválásai közé tartozik.

Hanksit, $\text{KNa}_{22}[\text{Cl}(\text{CO}_3)_2(\text{SO}_4)_9]$, hexagonális paramorf, $a_0 = 10,48$, $c_0 = 21,22 \text{ \AA}$. $Z = 2$. — Nagy, jól fejlett kristályai hexagonális prizmák dipiramissal, vagy (0001) sz. táblás egyszerű kombinációk. Hasadása (0001) sz. jó. $K = 3$ — $3,5$. $S = 2,56$. Bágyadt üvegfényű, színtelen, halványsárga, szürke. Belseje zárványos, agyagrészecskéktől zavaros, átlátszó. Íze sós, ultraibolya fényben gyengén fluoreszkál. Egytengelyes, negatív, $\omega = 1,481$, $\varepsilon = 1,461$. Híg savakban gyengén pezseg, vízben is oldódik. — Egyik leggyakoribb sókiválás a bórax-tavakban. Ismételt hanksitszintek települnek a bórax-agyag-kőso-trona üledék közé. Californiában Searles Lake (San Bernardino-körzet) és Death Valley (Inyo-körzet).

Caledonit, $\text{Pb}_5\text{Cu}_2[(\text{OH})_6\text{CO}_3(\text{SO}_4)_3]$, rombos holoéderes. A harmadik tengely irányában nyúlt, prizmás-oszlopos, tús, szétágazó kristálycsoportok. A [001] öve hosszant rostozott, vicinális lapokkal borított (694. ábra). Hasadás (010) sz. tökéletes, (100) és (101) sz.



694. ábra. Caledonit.

kevésbé jó. $K = 2,5-3$. $S = 5,76$. Gyantafényű, szürkészöld, kékeszöld. $n_\beta = 1,866$, $2V \sim 86^\circ$, negatív. Gyengén pleokroós. HNO_3 -ban pezsegve oldódik és ólom-szulfát marad vissza. — Másodlagos ásvány, réztelepek oxidációs övében eléggé elterjedt. Băița (Rézbánya, Bihar hg., Románia); Berezovszkij (Ural, SZU); Iglesias, (Sardinia, Olaszorsz.); Leadhills (Skócia, Anglia), Atacama (Chile), Butte (Montana, USA).

Leadhillit, $\text{Pb}_4[(\text{OH})_2\text{SO}_4(\text{CO}_3)_2]$, monoklin (a karbonátok közé is szokták sorolni.). Álhexagonális, zömök-oszlopos vagy romboéder jellegű egyszerű kristályok. Gyakori az iker (140) sz. és (340) sz. Hasadás (001) sz. tökéletes, kissé engedékeny, vágható. $K = 2,5$. $S = 6,5$. Színtelen, fehér, szürke, zöld, kékeszürke, sárga. Fénytörése erős, $n_\alpha = 1,87$, $n_\beta = 2,00$, $n_\gamma = 2,01$ opt. negatív. Forró vízben szétlevedzik. Ultraibolya fényben sárgán fluoreszkál. — Másodlagos ásvány, ólomérctelepek oxidációs övében cerusszit, piro-morfit, anglezit, lanarkit, linarit s egyéb másodlagos ásványok kísérik. — Leadhills (Skócia, Anglia). Számos lelőhelye közül említhető: Bleiberg (Karintia, Ausztria), Nyercsinszk (K-Szibéria) és Berezovszkij (Ural, SZU); Tsumeb (DNY-Afrika), Tasmania (Ausztrália); Joplin (Missouri, USA).

B. ALOSZTÁLY

VIZTARTALMÚ SZULFÁTOK

a) csoport.

Pótanion nélküli szerkezetek

1. ALCSOPORT. KIESERIT-FÉLÉK

121. táblázat

Név	Összetétel	Szimmetria	Tércsop.	$\beta \angle$
Kieserit	$\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	}monoklin }prizmás	$C_{2h}^6 - C2/c$	116°05'
Szomolnokit	$\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$			116°14'

2. ALCSOPORT. GÁLIC-FÉLÉK

a) sor (triklin)

122. táblázat

Név	Összetétel	Tércs.	a_o	b_o	c_o	$\alpha \angle$	$\beta \angle$	$\gamma \angle$	Z
Kalkantit	$\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$	$C_i^1 - P\bar{1}$	6,12	10,69	5,96	97°35'	107°10'	77°33'	2
Siderotil	$\text{FeSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$	$C_i^1 - P\bar{1}$	—	—	—	—	—	—	2

 β) sor (monoklin)

Név	Összetétel	Tércsoport	a_o	b_o	c_o	$\beta \angle$	Z
Melanterit	$\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	$C_{2h}^5 - P2_1/c$	14,11	6,51	11,02	105°15'	4
Bieberit	$\text{CoSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	$C_{2h}^5 - P2_1/c$	14,13	8,55	11,00	105°05'	4
Boothit	$\text{CuSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	monoklin	—	—	—	105°36'	—
Mallardit	$\text{MnSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	monoklin	—	—	—	104°51'	—

 γ) sor (rombos)

Név	Összetétel	Tércsoport	a_o	b_o	c_o	$\beta \angle$	Z
Epsomit	$\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	$D_2^4 - P2_12_12_1$	11,96	12,05	6,88	—	4
Goslarit	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	$D_2^4 - P2_12_12_1$	11,87	12,11	6,84	—	4
Morenosit	$\text{NiSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	$D_2^4 - P2_12_12_1$	11,80	12,00	6,81	—	4
Fauserit	$\text{MnSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	$D_2^4 - P2_12_12_1$	—	—	—	—	4

3. ALCSOPORT. TIMSÓK

 α) sor (monoklin)

123. táblázat

Név	Összetétel	Tércsop.	a_o	b_o	c_o	$\beta \angle$	Z
Pickeringit	$\text{MgAl}_2(\text{SO}_4)_4 \cdot 22 \text{H}_2\text{O}$	$C_2^1 - P2$	20,8	24,2	6,18	96°33'	4
Halotrichit	$\text{Fe}^{2+}\text{Al}_2(\text{SO}_4)_4 \cdot 22 \text{H}_2\text{O}$	$C_2^1 - P2$	20,51	24,28	6,18	100°06'	4
Dietrichit	$\text{ZnAl}_2(\text{SO}_4)_4 \cdot 22 \text{H}_2\text{O}$	monokl.	—	—	—	—	—

(123. táblázat folytatása)

 β) sor (monoklin és szabályos)

Név	Összetétel	Tércsop.	a_0	b_0	c_0	$\beta \angle$	Z
Mendozit	$\text{NaAl}[\text{SO}_4]_2 \cdot 11\text{H}_2\text{O}$	monoklin		—	—		4
Kalinit	$\text{KAl}[\text{SO}_4]_2 \cdot 11\text{H}_2\text{O}$	monoklin		—	—		—
Kálitimsó	$\text{KAl}[\text{SO}_4]_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	$T_2^s - Pa3$	12,15	—	—		4
Tschermigit	$\text{NH}_4\text{Al}[\text{SO}_4]_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	$T_2^s - Pa3$	12,23	—	—		4

Név	Összetétel	Szimmetria
Alunogen	$\text{Al}_2[\text{SO}_4]_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$	triklin
Coquimbit	$\text{Fe}^{3+}[\text{SO}_4]_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	hexagonális
Romboklász	$\text{Fe}^{3+}\text{H}[\text{SO}_4]_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	rombos
Römerit	$\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}[\text{SO}_4]_4 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$	triklin
Voltait	$\text{K}_2\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}[\text{SO}_4]_{12} \cdot 18\text{H}_2\text{O}$	szabályos
Kröhnkit	$\text{Na}_2\text{Cu}[\text{SO}_4]_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	monoklin

4. ALC SOPORT. GIPSZ ÉS ROKONSÁGA

124. táblázat

Név	Összetétel	Tércsop.	a_0	b_0	c_0	$\beta \angle$	Z
Gipsz	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	$C_{2h}^s - A2/n$	5,68	15,18	6,29	$113^\circ 50'$	4
Szingenit	$\text{K}_2\text{Ca}[\text{SO}_4]_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	monoklin	—	—	—	—	—
Mirabilit	$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	monoklin	—	—	—	—	—
Koktait	$(\text{NH}_4)_2\text{Ca}[\text{SO}_4]_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	monoklin	10,17	7,15	6,34	$102^\circ 45'$	—
Ardealit	$\text{Ca}_2\text{H}[\text{PO}_4 \cdot \text{SO}_4] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	monoklin	5,68	14,67	6,29	113°	2

5. ALC SOPORT. ASZTRAKANIT-FÉLÉK

(Alkáli-magnézium-szulfátok)

125. táblázat

Név	Összetétel	Szimmetria
Löweit	$\text{Na}_2\text{Mg}[\text{SO}_4]_2 \cdot 2\frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$	trigonális
Asztrakanit	$\text{Na}_2\text{Mg}[\text{SO}_4]_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	} monoklin
Leonit	$\text{K}_2\text{Mg}[\text{SO}_4]_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	
Schönit	$\text{K}_2\text{Mg}[\text{SO}_4]_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	} prizmás
Polihalit	$\text{K}_2\text{Ca}_2\text{Mg}[\text{SO}_4]_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	
		triklin-álmrombos

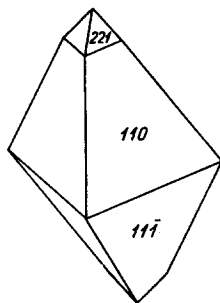
Kieserit, $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Monoklin prizmás. Kristályosan ritka, inkább finom szemcsés halmazokat alkot. Színtelen, fehér vagy kissé sárgás. $K = 3,5$. $S = 2,57$, $n_\beta = 1,53$. Vízen oldódik, nedves levegőn epsomittá alakul át. Hevítve pattogzik, vizet veszít.

Képz. Tengervízből válik le, de nem közvetlenül: keserűsóból vízvesztéssel keletkezik. Stassfurt (Németország).

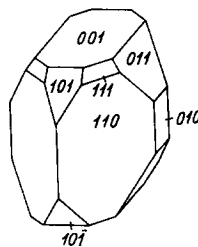
Szomolnokit, $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Izomorf a kieserittel. Hegyes dipiramis jellegű kristályok (695. ábra). Rendszerint gumós-cseppkőszerű. Sárgásbarna, vörösbarna. Erősen kettőtörő. Smolnik (Szomolnok, Szlovák Érchg.) oxidációs övéből KRENNER J. írta le.

Kalkantit, rézgálic, $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$. Triklin véglapos. A természetben cseppkőszerű bekéregzések, szemcsés-földes halmazokban képződik. Hasadása rossz. $K = 2,5$. $S = 2,28$. Üvegfényű, áttetsző. Kék—éggék, kissé zöldes. $n_\alpha = 1,514$, $n_\beta = 1,539$, $n_\gamma = 1,543$. Vízen oldódik. Szódával színrézzé redukálható. Szulfidos rézérccek oxidációs terméke. Gyakori ásvány. Száraz, sivatagi klíma alatt nagyobb tömegben is felszaporodik és fontos rézérc. Bányavízben oldottan a legelterjedtebb; ebből kellő töménység esetén fémvassal cementreztet termelnek.

Siderotil, $\text{FeSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$. Valószínűleg izomorf a kalkantittal. Ritka és nem állékony ásvány.



695. ábra. Szomolnokit



696. ábra. Melanterit

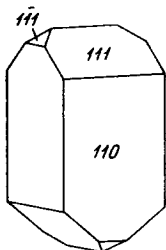
Melanterit, vasgálic, $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$. Monoklin prizmás, fanerokristályosan ritka. A természetben bekéregzésként, cseppkőves képletekben, tús-szálás halmazokban képződik. Mesterséges kristályai zömök oszlopok (696. ábra). Hasadása (001) sz. jó. $K = 2$. $S = 1,85$. Üvegfényű, zöld-zöldesfehér, áttetsző. Levegőn piszkosfehér színűvé változik. Vízen oldódik, íze édeskés, összehúzó. Kiizzítva barnászvörös mágneses vas-oxid marad vissza. — Szulfidos vasérckekől oxidáció útján másodlagosan képződik. Kőszéntelepeken és timsós agyagpalákon is keletkezik.

Bieberit, $\text{CoSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$. Monoklin prizmás. Csak mesterséges kristályait ismerjük, melyek termetre is a melanterithez hasonlóak. Cseppkőszerű bekéregzés, lisztszerű bevonat, Co-érceken eritrin, annabergit társaságában lelhető.

Boothit, $\text{CuSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$, monoklin, rostos-tömött, cseppkőszerű. Kristályokban ritka. Kék, de sokkal halványabb a kalkantitnál. Nem stabilis, előbb kalkantittá dehidrálódik, száraz levegőn pedig porrá hull szét. — Rézérctelepeken ritka oxidációs termék.

Mallardit, $\text{MnSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$. Szálas-rostos vagy tömött kéreg. Kristályalakja (001) sz. táblás, de csak mesterséges előállításból ismeretes. Világos rózsaszín, levegőn gyorsan dehidrálódik, porrá omlik. Nem gyakori ásvány.

Epsomit, *keserűsó*, $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$. Rombos diszfenoidos. Áltetragonális kristályai csak mesterséges előállításban tanulmányozhatók (697. ábra). Rendszerint kivirágzásként, földes halmazokban jelenik meg. $K = 2-2,5$. $S = 1,68$. Üvegfényű, színtelen. Vízen oldódik, íze sós-keserű.



697. ábra.
Epsomit

Képz. Keletkezése többféle: 1. Kálisótelepekben kieseritből alakult át, pl. Stassfurt (Németország). 2. Agyagon, márgán, gipsztelepeken kivirágzásos bevonat. 3. Érctelepek oxidációs övében, más szulfátsók társaságában is létrejön. — Vulkanai fumarolák lerakódásában is megtalálható. — Névadó lelőhelye Epsom (Surrey, Anglia); Idrija (Jugoszlávia) higanyércen hajszerű kivirágzás (hajsó), Špana Dolina (Úrvölgy) és Hodrusbánya (Csehszlovákia); de Kladlo (Csehszl.) barnakőszéntelepén és számos más lelőhelyen is megtaláljuk. (Oldott állapotban egyes gyógyvizek—keserűvizek hatóanyaga pl. Buda, Igmánd.)

Goslarit, cinkgálic, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$. Üvegfényű, áttetsző. Színtelen tűk, hajszerű kristályok. Vesés-gumós bekéregzésekben is keletkezik. Szfaleritből az oxidációs övben képződik.

Morenosit, $\text{NiSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$. Zöld színű, tús-szálas vagy földes kivirágzás nikkelérceken.

Fauserit, $(\text{Mg}, \text{Mn})\text{SO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$. Izomorf elegy. Egyéb kationokat is tartalmazhat. Špana Dolina (Úrvölgy, Csehszlovákia) egyik ismert lelőhelye.

Cinkfauserit, összetételében a Mn és Mg mellé izomorf módon Zn társul. TOKODY L. ismertette Baia Sprieről (Felsőbánya, Gutin-hg., Románia).

Pickeringit, $\text{MgAl}_2[\text{SO}_4]_4 \cdot 22 \text{H}_2\text{O}$. Monoklin. Színtelen, fehér vagy sárgás. Rostos-szálas halmaz, laza bekéregzés.

Halotrichit, $\text{FeAl}_2[\text{SO}_4]_4 \cdot 22 \text{H}_2\text{O}$. Monoklin. Selyemfényű, fehér vagy zöldes hajszerű rostos halmaz. $n = 1,49$, Szulfidos vasérc oxidációs terméke. Recsk a Mátrában, Banska Štiavnica (Selmezbánya, Selmeci-hg., Csehszlovákia). Kivirágzásként barnakőszéntelepeken is megtalálható.

Dietrichit, $\text{ZnAl}_2[\text{SO}_4]_4 \cdot 22 \text{H}_2\text{O}$. Szintén monoklin. Finom rostos, szálas kivirágzás. Piszkos fehér—barnássárga, selyemfényű. Baia Sprie (Felsőbánya, Gutin-hegység, Románia).

Mendozit, *nátrontimsó* $\text{NaAl}[\text{SO}_4]_2 \cdot 11 \text{H}_2\text{O}$. A természetes nátrontimsó monoklin prizmás, $2/m$, $\beta \angle 109^\circ 01'$. Szálas, rostos, prizmás, színtelen vagy

fehér, ha dehidrálódik: 6 H₂O-val új fázis: a *tamarugit* áll elő, mely szintén monoklin prizmás, $\beta \simeq 94^\circ 49,5'$. — Első lelőhelye Mendoza (Argentína). Számos szulfidos feltárás oxidációs övéből ismeretes, instabilis. Mesterségesen („nátrontimsó”) 12 H₂O-val szabályos diszdodekaédes.

Kalinit, KAl[SO₄]₂ · 11 H₂O, monoklin, rostos, szálas. Pirittartalmú agyagon, márgán, főleg égő kőszéntelepeken kivirágzásként, ugyanígy lávákön, vulkáni tufákön is megjelenik. — Vegyipari termékként mint közönséges timsó ismeretes; ennek kristályai szabályosak, KAl(SO₄)₂ · 12 H₂O összetételűek, egyszerű oktaéderek. — $K = 2-2,5$, $S = 1,757$. Színtelen, üvegfényű, kagylósan törik. $n_{(Na)} = 1,4562$. Izotrop, de néha gyengén kettőtörő. — Íze fanyar, összehúzó. Már 91°-on saját vizében megolvad. A kálitimsónak az iparban széles körű alkalmazása van.

Tschermigit, (NH₄)Al[SO₄]₂ · 12 H₂O. Ammóniumtimsó, csakis szabályos (dodekahidrát) alakban ismeretes. — A természetben rostos-szálas, néha oszlopos tömeg, vagy laza kivirágzásként jelenik meg. Mesterséges kristálya oktaédes forma. Üvegfényű, színtelen. $K = 1,5$, $S = 1,645$. Izotrop. — Lignit felületén, bitumenes üledékek repedéseiben, barnakőszén hasadékaiban pl. Tokodon. De vulkáni kráterfalon is található pl. az Etnán (Olaszorsz.).

Alunogén (*keramohalit*), Al₂(SO₄)₃ · 18 H₂O, triklin véglapos. Lemezes, pikkelyes kristályok, szemcsés-réteges bekérgezés. $K = 1-2$. Selymes fényű, fehér vagy kissé színezett. Szolfatárák hatására vagy szulfidos érctelepek oxidációs övében keletkezik. Smolnik (Szomolnok), Špana Dolina (Úrvölgy, Szlovák Érchg.). Pirites széntelepeken keletkező kénsav és agyagos mellékkőzet egymásra hatásából is gyakran létrejön.

Coquimbit, Fe₂³⁺[SO₄]₃ · 9 H₂O. Hexagonális. Kristályai rövid prizmák vagy piramisok. Rendszerint szemcsés-vaskos. $K = 2$, $S = 2,1$. Fehér, sárga, barna. Hideg vízben oldódik. Oxidációs termék. Smolnik (Szomolnok, Szlovák Érchg.), Chile, a Vezúvön (Olaszorsz.) is előfordul.

Romboklász, Fe³⁺H[SO₄]₂ · 4 H₂O. Rombos dipiramisos (698. ábra). A (001) sz. táblás kristálykái ugyancsak (001) sz. jól hasadnak. $K = 1,5$. Színtelen. KRENNER J. fedezte fel Smolnikon (Szomolnok, Szlovák Érchg.).



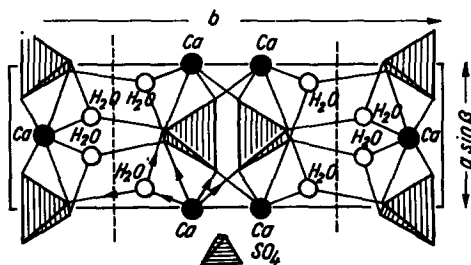
698. ábra. Romboklász

Römerit, Fe²⁺Fe₂³⁺[SO₄]₄ · 14 H₂O. Triklin. Lemezes, pikkelyes apró kristályai (001) sz. jól hasadnak. Üvegfényű, barna. A Fe²⁺ helyett kevés Zn-et is tartalmaz. Goslar (Harz-hegység, Németorsz.).

Voltait, K₂Fe₃²⁺Fe₄³⁺[SO₄]₁₂ · 18 H₂O. Szabályos holoédes. Apró zöldesfekete oktaéderek. $K = 3$, $S = 2,7$. Erős üvegfényű. Smolnik (Szomolnok, Szlovák Érchg.), Kremnica (Körmöcbánya, Csehszlovákia) oxidációs ásványa.

Kröhnkit, $\text{Na}_2\text{Cu}(\text{SO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, monoklin prizmás, $C_{2h}^s - P2_1/c$. $\beta \angle = 108^\circ 30'$. Formákban gazdag, zömök prizmás kristályok, de rostos kérgekben, szemcsés bevonatokban gyakoribb. Hasadás (010) sz. tökéletes. $K = 2,5-3$. $S = 2,9$. Égkék, halvány zöldeskék, üvegfényű. Vízen oldódik. — Másodlagos ásvány, főleg a chilei bányákban otthonos; ERDÉLYI J. a nagybörzsönyi feltárásban is megtalálta.

Gipsz, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Monoklin prizmás. Szerkezete sajátos rétegrács: a (010) sík szerint CaSO_4 - és H_2O -rétegek következnek egymás után. A CaSO_4 -rétegnek láncszerű összefűződése van, mely Ca^{2+} és SO_4^{2-} -csoport váltakozó sorakozásából áll mind a c -, mind az a -tengely irányában. Ily módon, mint azt a 699. ábra bemutatja, kettős CaSO_4 -rétegek jönnek létre, melyek tagjai a

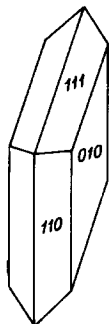


699. ábra. A gipsz szerkezete a c -tengelyre merőleges sík szerinti ábrázolásban. Szaggatott vonalak a kitűnő hasadás nyomát jelölik

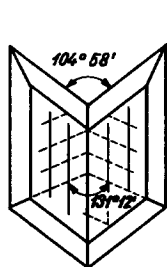
monoklin tükörsík szerint szimmetrikusak. Ezeket a kettős rétegeket ugyancsak két sík szerint rendezett vízmolekulák rétege kapcsolja össze. Az ábrából ki-vehető, hogy egy-egy H_2O -molekula egy rétegben 1 Ca-hoz és a SO_4 -csoport 1 O-jéhez, ugyanakkor a szomszéd CaSO_4 -réteg SO_4 -tetraéderének 1 oxigénjéhez van kötve. Ez utóbbi O—H—O szimmetrikus kötés és az egész szerkezet leggyengébb kapcsolódása, aminek könnyű felszakadásával jön létre a gipsz jól ismert, (010) sz. kitűnő hasadása. A Ca-nak 8-as a koordinációja: 6 O + 2 H_2O tartozik a környezetéhez.

Krist. A kristályok többnyire (010) sz. táblásak vagy (110), illetőleg (111) sz. prizmásak, esetleg tú alakúak. A termetről általában a keletkezési viszonyok leolvashatók: ércelérekben inkább c sz. nyúlt prizmás; agyagokban izometrikus lencse alakú vagy (010) sz. kissé táblás kristályok és kristálycsoportok jönnek létre (700. ábra). — Gyakori az ikerkristály. Leggyakoribb az (100) sz. „fecskefark” alakú iker, mely átnövéses és hozzánövéses formában egyaránt megjelenik. Az (101) sz. összenövés (párisi típus) szintén fecskefarkra emlékeztet (701. ábra). Hasadása az említett (010) sz. kitűnő, a hasadási felület gyöngyházfényű; jó hasadása van egyenetlen felületű üvegfénnyel az (100) sz.; elég jól hasad még az (111) sz. is, ennek felülete selymes-rostos. A (010) egyúttal

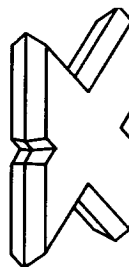
transzlációs sík is, a transzláció iránya [001]. Ezért a kristályok néha görbültek, hullámosak, sőt csavarszerűen torzultak. $K = 1,5-2$. $S = 2,32$. Üvegfényű, átlátszó-áttetsző. Színtelen, fehér vagy sárgára, barnára, vörösre színezett. Optikailag pozitív. $n_\alpha = 1,5205$, $n_\beta = 1,5226$, $n_\gamma = 1,5296$, $b = \beta$. —



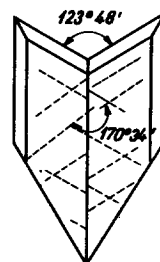
700. ábra.
Gipsz



a)



b)



c)

701. ábra. Gipsziker: a — (100) szerinti iker az oldallap felől; b — átnövéses iker ugyancsak (100) szerint; c — az (101) szerint összenőtt iker az oldallap felől

Izzítva vizet veszít, később fehér, zománcszerű anyaggá olvad. Kálilúg oldja. Szemcsés-kristályos tömeges változata az *alabástrom*; finom rostos gipsz a *szaténpát*, melynek gyöngyházfényű színjátéka a holdkörere emlékeztet.

Képz. A gipsz elsősorban mint tengervízből kivált sóanyag kőzetalkotó ásvány, és önállóan nagyobb tömegeket, telepeket alkot. A CaSO_4 csekély oldhatósága folytán a töményülő tengervíz legelső lecsapódási terméke, de kiválása csak hidegebb (25°C -nál kisebb) és kevésbé tömény tengervízből következik be. Ellenkező esetben anhidrit válik ki, mely utólagos vízfelvétellel részben vagy egészen gipsszé alakulhat. Perkupa (Abaúj m.), Erdélyben (Románia) Koppánd. Wieliczka (Lengyelország). Ausztriában Hall, Hallstatt, Hallein és Salzburg; Montmartre, Párizs (Franciaorsz.).

Másodlagosan a gipsz mindenütt képződik, ahol szulfidásványok oxidálódnak és a Ca nem hiányzik a környezetből. Így Gánton (Vértes-hg.) a bauxit pirites fedőagyagjából pompás, víztiszta, 5—8 cm-nyi kristályok kerültek elő, a budai kiscelli agyagból hasonlóan több dm-es kristályos gumók, lencsék. — Érctelepeken az oxidációs folyamat egyik leggyakoribb ásványa.

Alk. Az alabástromot dísz tárgyak, szobrok készítésére használják. A tömeges gipszkőzetet elsősorban mint égetett gipszet alkalmazzák.

Hevítéskor fázisfokozatok állnak elő: gipsz \rightarrow bassanit $\rightarrow \gamma\text{-CaSO}_4 \rightarrow$ anhidrit. — A *bassanit*, $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$ (hemihidrát) hexagonális, $D_6^h - P6_2/22$, $a_0 = 6,83$, $c_0 = 6,25$ Å. Tűs-szálak kristályokban — ritkaságként — a természetben is előfordul. A $\gamma\text{-CaSO}_4$ valószínűleg triklin. Az iparban a 120° — 180° -on dehidrált gipsz a *stukkógipsz* (bassanit) megőrölve kerül forgalomba. Bő vízzel keverve percek alatt megkeményedik, újra (finom szemcsés összeilleszkedéssel)

monoklin dihidráttá regenerálódik. A következő dehidrálnási termék a γ -CaSO₄, mely 800—900 C°-on áll elő. Ez az „esztrich”-gipsz, mely porrá őrlt formában csak napok múlva vesz fel újra vizet, viszont a kristályszemcsék viszonylag nagyobb térfogatnövekedése és ezáltal szoros összeilleszkedése folytán előbbinél jóval keményebb anyaggá szilárdul.

Ardealit, Ca₂H[PO₄ · SO₄] · 4 H₂O. Monoklin; rácsállandói és szögértékei is a gipszotípiát jelzik. Finom szemcsés, porszerű anyag. Fehér—sárgásfehér. Sajátságai a brushíthoz [CaH(PO₄) · 2 H₂O] állnak közel, mellyel ugyancsak izostrukturális. Az erdélyi (Románia) Cioclovina (Csoklovina) cseppkőbarlangból került elő. Más denevérlakta mészkőbarlangban is észlelték.

Szingenit, K₂Ca[SO₄]₂ · H₂O. Monoklin prizmás. A *c*-tengely szerint nyúlt, (100) sz. táblás, fehér-tejfehér kristályai kálisótelepeken szilvin + anhidritből keletkeznek. *K* = 2,5. Kalus (Ukrajna, SZU).

Mirabilit, *glaubersó*, Na₂SO₄ · 10 H₂O. Monoklin prizmás. Kristályai *b*-tengely szerint nyúlt természetűek, de ritkák. Inkább kivirágzásként, földes-rostos bevonatként mutatkozik. Hasadás (100) sz. kitűnő. *K* = 1,5—2. Üvegfényű, átlátszó. Íze gyengén sós—keserű, hűtő érzést kelt. Levegőn vízének 4/5 részét elveszti, és porszerű anyaggá változik. Egyes talajvizekből és keserűvíztelepek környékén kivirágzásként, alföldi szikeseken hasonlóan megtalálható. Mesterségesen is előállítják, a szulfátcellulóz-gyártásban fontos segédanyag.

Koktait, (NH₄)₂Ca[SO₄]₂ · H₂O, monoklin. A jelek szerint egyező szerkezetű a szingennel. Tűs, lemezes, rostos. Színtelen vagy fehér. Opt. kéttengelyű, negatív. Vízben oldódik és gipsz válik ki. — Barnakőszén és lignittelep fejtéseiben kivirágzás. Žeravice (Csehszl.).

Löweit, Na₂Mg[SO₄]₂ · 2½ H₂O. Trigonális. *K* = 2,5. Sótelepeken másodlagos. Stassfurt (Németorsz.).

Asztrakanit, *blödit*, Na₂Mg[SO₄]₂ · 4 H₂O. Monoklin. Kristályai zömök prizmásak, de leginkább tömött szemcsés halmazokban képződik. *K* = 2,5, *S* = = 2,25. Színtelen. Hevítve vizet veszít, 100 C°-on löweitté változik. Kálisótelepek másodlagos ásványa, Chilében a salétromtelepeket vastag rétegben kíséri, Asztrahya (SZU) környéki sótavak szélén kivirágzás.

Leonit, K₂Mg[SO₄]₂ · 4 H₂O, izomorf az asztrakanittal. Kálisótelepeken másodlagosan képződik.

Schönit, (*pikromerit*), K₂Mg[SO₄]₂ · 6 H₂O. Monoklin prizmás. Keletkezése kálisótelepeken ugyancsak másodlagos.

Polihalit, K₂Ca₂Mg[SO₄]₄ · 2 H₂O. Triklin véglapos, álrhomos. $\alpha \nlessgtr 90^\circ 39'$, $\beta \nlessgtr 90^\circ 06'$, $\gamma \nlessgtr 90^\circ 53'$, Rendesen *c*-tengely szerint nyúlt kristályok halmaza, de még inkább vaskosan, rostos-leveles tömegekben találják. *K* = 3—3,5. *S* = = 2,77. Kissé zsíros fényű, áttetsző. Vas-oxid allokromásán vörösre színezi. — Kálisótelepek fontos ásványa. Kősóval váltakozó rétegeket alkot. Stassfurt (Németország), Salzkammergut (Ausztria), Sztyebnik (Stebnik, Ukrajna), ill. Szaratov környéke és Ny-Kazahsztán (SZU).

b) csoport.

Pótanionnal kiegyenlített víztartalmú szulfátok

126. táblázat

Név	Összetétel	Szimmetria
<i>α) Aluminit-cianotrichit-sor</i>		
Minasragrit	$V_3^{3+}[(OH)_2(SO_4)_3] \cdot 15 H_2O$	monoklin prizmás
Aluminit	$Al_2[(OH)_4SO_4] \cdot 7 H_2O$	monoklin
Felsőbányit	$Al_4[(OH)_{10}SO_4] \cdot 5 H_2O$	rombos dipiramisos
Cianotrichit	$Cu_4Al_2[(OH)_{12}SO_4] \cdot 2 H_2O$	rombos
Botriogen	$MgFe^{2+}[(OH)(SO_4)_2] \cdot 7 H_2O$	monoklin prizmás
Copiapit	$MgFe_2^{2+}[(OH)(SO_4)_3]_2 \cdot 20 H_2O$	triklin véglapos
<i>β) Kainit-sor</i>		
Kainit	$KMg[Cl \cdot SO_4] \cdot 3 H_2O$	monoklin prizmás
Úrvölgyit	$CaCu_4[(OH)_6(SO_4)_2] \cdot 3 H_2O$	monoklin prizmás
<i>γ) Vegyes sorozat</i>		
Langit	$Cu_4[(OH)_6SO_4] \cdot H_2O$	rombos dipiramisos
Vernadszkijit	$Cu_4[(OH)_2(SO_4)_3] \cdot 4 H_2O$	rombos (?)
Klebelsbergit	bázisos Sb-szulfát	monoklin
Ettringit	$Ca_6Al_2[(OH)_4SO_4]_3 \cdot 24 H_2O$	dihex. dipiramisos
<i>δ) Uranil-szulfátok</i>		
Uranopilit	$[(UO_2)_6(OH)_{10} \cdot SO_4] \cdot 12 H_2O$	monoklin
Zippeit	$[(UO_2)_6(OH)_6(SO_4)_3] \cdot 12 H_2O$	rombos
Johannit	$Cu[UO_2(OH)SO_4]_2 \cdot 6 H_2O$	triklin

Minasragrit, $V_3^{3+}[(OH)_2(SO_4)_3] \cdot 15 H_2O$, monoklin prizmás, $\beta < 110^\circ 57'$. — Finom kristálykák kivirágzásos csoportosulásban, szemcsés-szemölcsös-szferulitos formák. Kék, üvegfényű, $n_\beta = 1,525$, erősen pleokroós. Vízben oldódik. — Minas Ragra (Peru). Másodlagosan patronitból, VS_4 -ből képződik.

Aluminit, $Al_2[(OH)_4SO_4] \cdot 7 H_2O$. Monoklin. Földes-gumós, cseppkőszerű halmaz. $K = 1$. $S = 1,7$. Fehér, kissé áttetsző, HCl-ban oldódik. Szulfidok oxidációjából származó kénsavval átjárt agyagkőzetekben keletkezik. Pl. a gánti (Vértes-hg.) bauxittelep felső részén alunittal.

Felsőbányit, $Al_4[(OH)_{10} \cdot SO_4] \cdot 5 H_2O$, rombos dipiramisos. Gumók, szferulitok, belsejükben koncentrikusan rendezett kristálylemezkek halmaza. A szferulitok felülete fehéressárga. A rombos lemezekén (001) sz. tökéletes a hasadás, de a másik két véglap, (100) és (010) sz. is jó hasadás észlelhető. $K = 2$. $S = 2,35$, $n_\beta \sim 1,518$, kettőtörés pozitív. — Baia Sprie (Felsőbánya, Gutin hegys., Románia) másodlagos ásványa.

Cianotrichit (*lettssomit*), $\text{Cu}_4\text{Al}_2[(\text{OH})_{12}\text{SO}_4] \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$, rombos; finom szálak plüss-szerű sorakozása, szálak-kötegek halmaza, túszerű kristályok. $S = 2,9$. Selyemfényű, azúrkék-éggék. Pleokroós, $n_\beta = 1,617$. Opt. pozitív. Savakban oldódik. — Másodlagos, oxidációs termék. Moldova noua (Újmoldova, Bánság, Románia); Laurion (Görögorsz.); Elba és Traversella (Piemont, Olaszorsz.), ill. Tintic (Utah, USA).

Botriogen, $\text{MgFe}^{3+}[(\text{OH})(\text{SO}_4)_2] \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$. Monoklin. Ritkán kristályos, rendszeren fűrtös-
-vesés. $K = 2$. Sárga vagy vörösbarna. A pirit átalakulási terméke.

Copiapit, $\text{MgFe}_2^{3+}[(\text{OH})(\text{SO}_4)_2] \cdot 20 \text{H}_2\text{O}$. Triklin, (001) sz. lemezes-pikkelyes halmaz vagy tömött szemcsés bekéregzés. A vaskalapöv ásványa. Copiapo (Chile).

Kainit, $\text{KMg}[\text{Cl} \cdot \text{SO}_4] \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$. (Régi írásmód sz.: $\text{KCl} \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$.) Monoklin prizmás. Többnyire vaskos-szemcsés. Egyes kristályok ritkák. (100) sz. hasad. $K = 1$. Áttetsző, fehér vagy sárga, $n_\beta = 1,506$. Hevítve a Cl sósav alakjában távozik el belőle. Oldatából *schönit* válik ki. Német kálisótelepeken (Stassfurt) jelentős mennyiségű sófajta, carnallitból utólag keletkezett.

Úrvölgyit, (*devillin*), $\text{CaCu}_4[(\text{OH})_6(\text{SO}_4)_2] \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$, monoklin prizmás, $\beta \sphericalangle 91^\circ 10'$. Kristályai vékony táblások, apró halmazokat, gömbös—szferulitos csoportokat alkotnak. Hasadás (001) sz. $K = 2,5$. $S = 3,13$. Sötét smaragdzöld, kékeszöld. $n_\beta = 1,649$, opt. negatív, pleokroós. HNO_3 -ban teljesen feloldódik. — Másodlagos ásvány. SZABÓ J. fedezte fel Úrvölgyön (Špana Dolina, Szlovák Érchg.). Nem sokkal előbb a francia F. PISANI is leírta Cornwallból (Anglia) *devillin* néven, s a korábbi közlés jogán ezt a nevet használják inkább.

Langit, $\text{Cu}_4[(\text{OH})_6 \cdot \text{SO}_4] \cdot \text{H}_2\text{O}$. Rombos, rostos-lemezes, kék-zöldeskék. Apró kristályos bekéregzés rézérctelepeken.

Klebelsbergit. Hidroxiltartalmú antimon-szulfát kevés kristályvízzel. Valószínűleg monoklin. Apró szálak, tű alakú, kénsárga kristálykák antimoniton. Baia Sprie (Felsőbánya, Gutin-hg., Románia).

Éttringit, $\text{Ca}_6\text{Al}_2[(\text{OH})_4\text{SO}_4]_3 \cdot 24 \text{H}_2\text{O}$, hexagonális holoéderes, $D_{4h}^6 - P6_3/mmc$. $a_0 = 11,26$, $c_0 = 21,49$ Å. Szerkezete lánchrács. $Z = 2$. Kristályok aprók, prizmásak, tetőzőformák nélkül. Prizma sz. kitűnően hasad. $K = 2-2,5$. $S = 1,77$. Színtelen, átlátszó. Részleges vízvesztéskor átlátszatlaná válik. $\omega = 1,465$, $\varepsilon = 1,462$. Dehidrálnál a törésmutatók növekszenek, és pedig az ε erősebben, így a jelleg pozitívrá fordul. Híg savak oldják. — Eredetileg a Laachi-tó környékén (Németorsz.) a leucitfritbe zárt metamorf mészkő üregeiből került elő. Írországban dolerit—mészkő kontaktusán is előfordul, másodlagos ásványként ércfejtésekben is találjuk. — Szulfátos vízzel átjárt cementben, betonban is képződik.

Uranopilit, $[(\text{UO}_2)_6(\text{OH})_{10}\text{SO}_4] \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$, monoklin. Csakis mikroszkópos kristálykákban ismeretes. Vékony kérégek, finomszemcsés, gumós-vesés halmazok; a felnagyított lemezek tű alakúak monoklin határvonalal. Hasadása (010) sz. tökéletes, $S \sim 3,9$. Élénk citromsárga, a tömött kérégek szalmasárgák. $n_\beta \sim 1,623-1,625$. Opt. pozitív. — Már $60-70^\circ$ -on víztartalmának felét elveszíti és fénytörése 1,7—1,8-re növekszik. Ultraibolya fényben zöldessárgán fluoreszkál. — Másodlagosan képződik uraninites és szulfidos telepek oxidációjakkor. Bányafejtésekben kivirágzásként is megjelenik; gipsz és zippeit a leg-

gyakoribb kísérői. — Jachymov (Csehszl.) és Johanngeorgenstadt (Németorsz.) az Érchg.-ben; Cornwall (Anglia); Shinkolobwe (Katanga, Zaire Közt.); Nagymedve-tó (Kanada). — *Meta-uranopilit* természetesen dehidrált változat. Tűs-léces. Szürke—zöld—barna.—Jachymov (Csehszl.).

Zippeit, („uránvirág”), $[(\text{UO}_2)_6(\text{OH})_6(\text{SO}_4)_3] \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$, rombos, $a_0 = 17,34$, $b_0 = 7,14$, $c_0 = 4,43 \text{ \AA}$. — Vékony bevonatokban, kis gömböcskékben, de földes, néha rostos halmazokban is megjelenik. Az egyes mikroszkópos kristálykák orsó, ill. lencse alakúak, néha lécesek. Ikerlemezség gyakori és a hasadás is jól megmutatkozik. Narancssárga, aransárga. Az optikai adatok több változatra engednek következtetni; ferde kioltások is mérhetőek, s a törésmutatók eléggé változóak. — Az ultraibolya-fluoreszcencia is erősen ingadozó. — Másodlagos ásvány, gipsz, uranopilit a leggyakoribb társai. — Jachymov (Csehszl.), Nagymedve-tó (Kanada). Fruita (Utah, USA).

Johannit, („uránvitriol”), $\text{Cu}[\text{UO}_2(\text{OH})\text{SO}_4]_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$. Triklin álmonoklin. $a_0 = 16,5$, $b_0 = 6,8$, $c_0 = 18,02 \text{ \AA}$, $\alpha \sphericalangle 90^\circ 54'$, $\beta \sphericalangle 110^\circ 37'$, $\gamma \sphericalangle 90^\circ 38'$. $Z = 4$. Prizmás, léces, kissé táblás kristályok, vesés-gumós képződmények, jó hasadási felülettel. $K \sim 2 - 2,5$. $S = 3,32$. Smaragdzöld—sötétzöld, a rostos-szálal kötegek világosabbak. Vízen oldódik, íze keserű—sós. Ultraibolya fényben nem fluoreszkál. Jachymov (Joachimsthal, Érchg., Csehszl.) az eredeti lelőhelye, több más uránérclelőhely másodlagos ásványai közt is megtalálható.

C. ALOSZTÁLY

KROMÁTOK, VOLFRAMÁTOK, MOLIBDÁTOK

a) csoport.

Kromátok

127. táblázat

Név	Összetétel	Tér csoport	a_0	b_0	c_0	$\beta \angle$	Z
Tarapacait	$K_2[CrO_4]$	$D_{2h}^{16}-Pmcn$	5,92	10,40	7,61	—	4
Krokoit	$Pb[CrO_4]$	$C_{2h}^5-P2_1/n$	6,82	7,48	7,16	102°33'	4
Lopezit	$K_2[Cr_2O_7]$	triklin	7,52	13,43	7,39	90°51'	4

b) csoport.

Volframátok, molibdátok

128. táblázat

Név	Összetétel	Tér csoport	a_0	b_0	c_0	$\beta \angle$	Z
<i>α) Wolframit-sor</i>							
Ferberit	$Fe[WO_4]$	C_{2h}^4-P2/c	4,71	5,70	4,94	90°	2
Wolframit	$(Mn, Fe)[WO_4]$		4,79	5,74	4,99	90°26'	2
Hübnerit	$Mn[WO_4]$		4,85	5,77	4,98	90°53'	2
<i>β) Scheelit-sor</i>							
Powellit	$Ca[MoO_4]$	$C_{4h}^6-I4_1/a$	5,24	—	11,46	—	4
Scheelit	$Ca[WO_4]$		5,25	—	11,40	—	4
Stolzit	$Pb[WO_4]$		5,45	—	12,03	—	4
Wulfenit	$Pb[MoO_4]$	tetrag. piram.	5,42	—	12,10	—	4
Umohoit	$[UO_2 \cdot MoO_4] \cdot 4 H_2O$	hexagonális	8,60	—	14,45	—	4

Tarapacait, $K_2[CrO_4]$. Rombos dipiramisos. Vastag táblás kristályok, az álhexagonális (110) sz. ikrek az aragonitéhoz hasonlóak. Hasadás (001) sz. jó. $S = 2,7$. Élénk kanárisárga, áttetsző, vízben oldódik. — A chilei nitráttelepeken lopezittel, dietzeittel társul. Tarapaca és Antofagasta (Chile).

Krokoit, vörösólomérc, $Pb[CrO_4]$. Monoklin prizmás. Kristályai c -tengely sz. nyúlt, prizmás termetűek (702. ábra). Hasadása (110) sz. elég jó $K = 2,5-3$. $S = 5,95$. Áttetsző, zsíros gyémántfényű. Sárgászöld, $n_\beta = 2,36$, erősen kettőtörő, $b = \beta$, optikailag pozitív. Sósavban oldódik, miközben $PbCl_2$ válik le. KOH is oldja. Szénezen megolvad, ólom szem nyerhető.

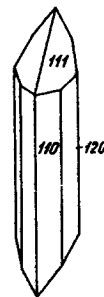
Képz. Másodlagosan keletkezik ólomérceken krómtartalmú oldatok hatására. Nem gyakori ásvány. Moldova noua (Újmoldova, Bánság, Románia); Băița

(Rézbánya, Bihar-hg., Románia), Nyizsne Tagil (Szverdlovszki terület, Ural, SZU). Egyedül Tasmániában volt jelentősebb mennyiségű felszaporodása, krómércként fejtették.

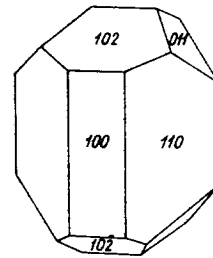
Lopezit, $K_2[Cr_2O_7]$, triklin véglapos. $a_0 = 7,52$, $b_0 = 13,43$, $c_0 = 7,39$ Å, $\alpha < 98^\circ$, $\beta < 90^\circ 51'$, $\gamma < 96^\circ 13'$. $Z = 4$ (mesterséges kristályon mért adatok). Rendszerint mm-es golyószerű halmazok, a mesterséges kristályok rövid prizmák. $K = 2,5$, $S = 2,69$. — Narancspiros, hajnalpiros, $n_\beta = 1,732$. Kéttengelyű, pozitív. — A chilei salétromtelepben tarapacaittal, dietzeittel, ulexittel mutatkozik, Tocopilla és Rosario (Chile).

Wolframit, $(Mn,Fe)[WO_4]$. Monoklin prizmás. Szerkezetében a Mn és Fe egymást helyettesítik, s így elegykristályok keletkeznek Tiszta $MnWO_4$ *hübnerit* és $FeWO_4$ *ferberit*, a természetben egészen ritka. A gyakorlatban a 20

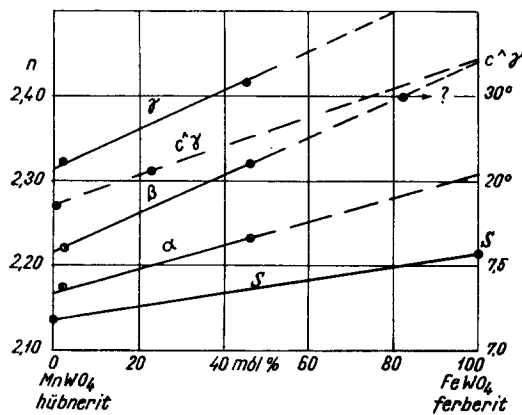
súly% $MnWO_4$ -ot tartalmazó elegyet még ferberitnek és a 20%-ot meg nem haladó $FeWO_4$ -ot tartalmazót hübneritnek szokás mondani. Geokémiailag figyelemre méltó, hogy a wolframit rácsába egyéb ritkább elemek, főleg Sc, kevés Nb, Ta is rejtőzhetnek, sőt közönségesebbek: Ca, Mg, Cu és Si is szerepelhetnek. A wolframit majdnem mindig kristályos kifejlődésű. Kristályai a



702. ábra.
Krokoiit



703. ábra.
Wolframit



704. ábra. A wolframitsor fénytani és sűrűségi értékeinek változása

WO_3 válik ki. A hübnerit-összetételt kivéve a wolframit gyengén mágneses. Fontos volfrámércásvány.

Képz. A savanyú mélységi magmákhoz kapcsolt pegmatitos és pneumatolitos önkőparagenezis jellegzetes tagja. Érc Hegység (Németország, Csehszl.), Corn-

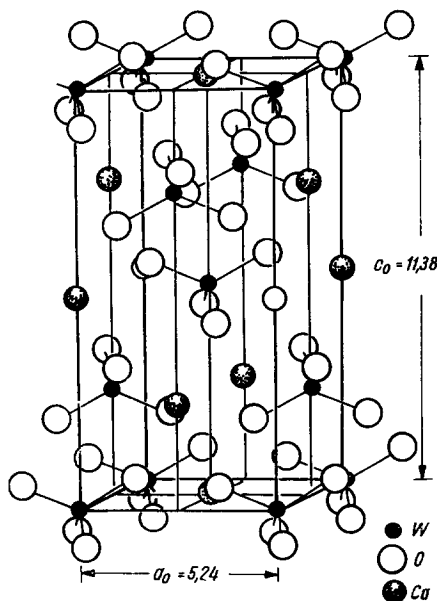
c -tengely szerint kissé nyúlt, zömök prizmás termetűek, a végeken véső alakú kiéleződéssel (703. ábra). Hasadása (010) sz. igen jó, $K = 5-5,5$. Zsírfényű, hasadási lapján gyémántfényű, a Fe-dúsabb változatok félig fémes fényűek. Sötétbarna-fekete, majdnem opak. Vékony lemezben átetsző. A fénytani és fajsúlyváltozás adatait a 704. ábra foglalja össze. *Ércm.* reflexiója közepes, kb. a szfaleritével egyező, anizotropiája is kevésbé élénk, olajimmerzióban barnás-vörös belső reflexe bőségesen mutatkozik. — Sósavban forralva elbomlik és sárga

wall (Anglia), Indonézia, Altáj-hegység (SZU), Kína. Hidrotermás érctelérek mélyebb szintjein, ill. nagyobb hőmérsékletű kiválásként is megjelenik kisebb mennyiségben: Baia Sprie (Felsőbánya, Gutin-hegység, Románia).

Alk. A volfrám keresett acélnemesítő fém, jelentős mennyiség kell belőle az izzólámpák fémszálához, a csiszoló- és fűrőfelületek gyémánt keménységű volfrám-karbidjához.

Powellit, $\text{Ca}[\text{MoO}_4]$, tetragonális paramorf, izostruktúras a scheelittel. Kristálya rendszerint egyszerű piramis vagy vékony táblás-lemezes termet. $K = 3,5-4$. $S = 4,2$. Sárga, barna, sárgászöld. — Fénye erős ($\omega = 1,967$, $\varepsilon = 1,978$). — Sósav, salétromsav elbontja. — Ultraibolya fényben krémsárga—aransárga színben fluoreszkál. — Másodlagos ásvány; a molibdenit átalakulási terméke. — Minuszinszk (Szaján-hg.), Altáj-hegység, Transzbajkália (SZU). — Kaza Keszkin (Ankara mellett, Törökorsz.). Az USA-ban az utahi Seven Devils körzet. Kis mennyiségben számos egyéb lelőhelyről is ismeretes.

Scheelit, $\text{Ca}[\text{WO}_4]$. Tetragonális paramorf. Szerkezete nagyon hasonlít a cirkonéhoz. A fő különbség az, hogy míg a ZrSiO_4 -ben az SiO_4 -tetraéderek az (100) prizmalapokkal párhuzamosak, a scheelit WO_4 -tetraéderei az (110) prizma szerinti (átlós) helyzetűek és a c_0 is 2-szeres. A Ca-nak 8-as oxigénkörnyezete van, és a cellatérben függőleges tetrahelikogírek vannak (705. ábra). Kristályai

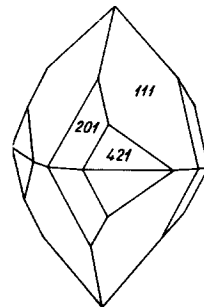


705. ábra. Scheelit-szerkezet

főleg dipiramisos, ritkán (001) sz. táblás termetűek. Jellemző a trito-dipiramisos megjelenése (706. ábra). Hasadása (111) sz. kivehető. $K = 4,5-5$. $S = 6,10$. Zsírfényű, gyakran gyémántfénybe hajló. Áttetsző. Sárgásfehér, szürke vagy

gyengén színezett. Optikailag pozitív. $\omega = 1,920$, $\varepsilon = 1,936$. Sósavban sárga WO_3 -kiválás közben oldódik. Fontos W-ércásvány.

Képz. Nagyobb hőmérsékletű paragenézisek tagja. Pegmatitos—pneumatolitos képződésekben néha nagyobb tömegeket alkot: DNy-Afrika. Kontakt-pneumatolitosan is keletkezik, pl. Ciclova (Csiklova, Bán-sági kontaktvidék, Románia); Pitkjaranta (Finnország). Ónérctelepekben wolframittal: Ércheység (Németország, Csehszl.), Cornwall (Anglia). A Gutin-hegységben (Románia) Baia Sprie-n (Felsőbánya) nagyobb hőmérsékletű hidrotermás kiválásként ugyancsak megtalálható. Az USA volfrámszükségletét főleg a scheelittelepekből fedezi: Mill City és Mina (Nevada), ill. Bishop (Kalifornia).



706. ábra. Scheelit

Wulfenit, sárgaólomérc, $Pb[MoO_4]$. Tetragonális. Rácsszerkezetileg a scheelittel egyezik, külseje azonban csak piramisos szimmetriát árul el. Kristályai többnyire táblásak vagy hegyes piramisok. Szemcsés-vaskos, kéregszerű kifejlődés is gyakori. Hasadása (111) sz. elég jó. $K = 3$.

$S = 6,5-7$. Erős csillogású, gyantaszzerű fénye van. Kissé áttetsző. Kénsárga—narancssárga, néha kissé zöldes. $\omega = 2,40$, $\varepsilon = 2,28$. Lángban megolvad, széne Pb-gömbbé redukálható. Erős savak oldják.

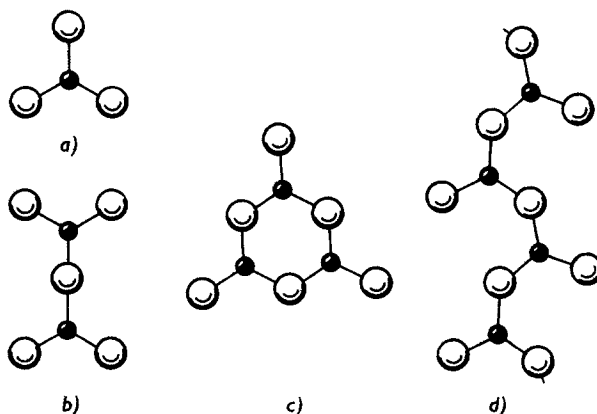
Képz. Másodlagos ásvány. Főleg metasomatikus galenittelepek oxidációs övében keletkezik. Bleiberg, Miess (Karintia, Ausztria). De pneumatolitos—teléres-hidrotermás galenitből is képződik, Băița (Rézbánya, Bihar-hg.) és Moldova noua (Újmoldova, Bán-ság, Románia); Utah és Arizona államok (USA).

Stolzit, $Pb[WO_4]$. Tetragonális paramorf. Scheelit-rácsú. Hegyes dipiramisok, az éleken gömbölyödtek, aprószeműek. $K = 3$. $S = 7,8-8,1$. Zsírfehér, sárga vagy vörös, könnyen megolvad. — Ónérctelepeken kisebb mennyiségben, pl. Cinovec (Zinnwald, Ércheység, Csehszl.). — Trópusokon az ónkőtorlatokba is belekerül. Nigéria; Indonézia.

Umohoit, $[UO_2 \cdot MoO_4] \cdot 4 H_2O$, hexagonális, rácsszerkezete még nem ismeretes. Táblás, leveles csoportok, a felületen háromszögű vonalazottsággal. $K \sim 2$. $S = 4,5-4,6$. Fekete, kékesfekete, opak. — *Ércm.*: erősen anizotrop, savakkal könnyen étetődik. — Nem gyakori Marysvale (Utah); Fremont (Wyoming, USA).

BORÁTOK, KARBONÁTOK, NITRÁTOK

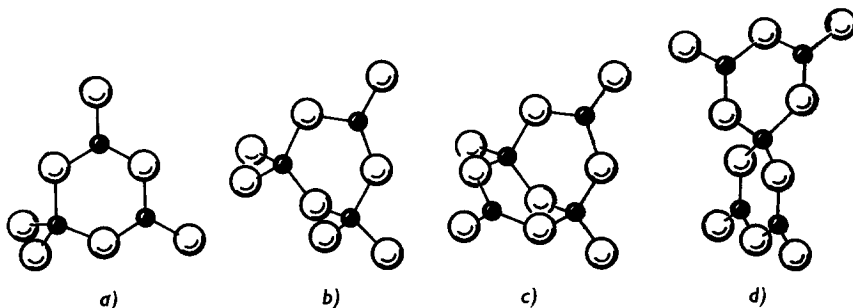
Az osztály a $[\text{BO}_3]^{3-}$, $[\text{CO}_3]^{2-}$ és $[\text{NO}_3]^-$ összetett anionokkal felépített kristályvegyületeket foglalja egybe. E komplexek központi kationjai: B^{3+} , C^{4+} , N^{5+} az ismert legkisebb (0,2—0,1 Å) ionrádiuszú elemek, melyeket az O^{2-} -ion általában hármas koordinációban fog körül, és az együttes (a borátok egy részét kivéve) 120° -os vegyértékszögű sík- (planáris) gyököt alkot. E gyököknek közel egyenlő a mérete, ill. térigénye (636. old.), és különböző a vegyértéke, így a $\frac{v}{r}$ hányadosban is különbségek vannak, és ilyen értelmű különbség nyilvánul meg az elektrovalenciákban is (l. 635. old.). Ha e jellegeket egybevetjük, kiderül, hogy a borátgyök kristálykémiailag analóg természetű a szilikátgyökkel. Alább látni fogjuk, hogy a borátvegyületek is kapcsolt gyökös szerkezetek lehetnek, és sajátágaik jelentősen eltérnek a másik két, egymással kristálykémiailag is jobban egyező karbonát- és nitrátióntól. Ily módon a borátok alosztályát első helyen kell tárgyalnunk, majd a karbonátokat, s utána a nitrátokat vesszük sorra. Ezzel ismét a főelvet, a sójelleg fokozódását, azaz a heteropolaritás erősödése szerinti sorrendet tartjuk szem előtt.



707. ábra. A planáris (BO_3) (a) és ennek összekapcsolásából előálló nagyobb borátkomplexek; b — $[\text{B}_2\text{O}_5]^{4-}$, c — $[\text{B}_3\text{O}_6]^{3-}$, d — $[\text{B}_4\text{O}_7]^{2-}$

A *borátok* sajátos kristálykémiai csoportot alkotnak. Rendszerezésükkor figyelembe kell venni a bór koordinációs sajátosságait, a komplexgyök-képzés variációit, s e szerkezetekben az esetleges OH- és H₂O-tartalom helyét, ill. helyezkedését is.

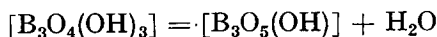
A bór az oxigénnel egyrészt — a rezonanciakötésű CO₃ és NO₃ mintájára — BO₃-csoportot alkot, másrészt az [SiO₄] és [GeO₄]-hez hasonlóan tetraédes [BO₄]-komplexet tart össze. A planáris BO₃-ban a B—O-távolság 1,37 Å, a BO₄-tetraéderben 1,47 Å. A BO₃-ban a kötése-erő-megoszlás folytán az oxigén újabb bórhoz kapcsolódhat, és közös oxigéneken keresztül nagyobb borát-komplexek képződnek: az egyszerű BO₃-ból B₂O₅ kettős háromszög, B₃O₆-os síkgyűrű vagy B₂O₄-lánc jöhet létre (707. ábra). A nagyobb komplexek képzésébe azután bekapcsolódik a [BO₄]-, ill. [B(OH)₄]-tetraéder is. Ilyen szerkezeti csoport pl. a B₃O₇ = két háromszög és egy tetraéder, a B₃O₈ = egy háromszög és két tetraéder, vagy pl. a B₄O₉-csoportú bóraxban 2 háromszög és 2 tetraéder, illetőleg a B₅O₁₀ komplexben 1 központi tetraéder és 2 × 2 háromszög (708. ábra).



708. ábra. Planáris BO₃- és tetraédes [BO₄]-csoportok kapcsolódási variációi (az O vagy OH elkülönítése nélkül). a — B₃O₇ (2△ + 1□), b — B₃O₈ (1△ + 2□), c — B₄O₉ (2△ + 2□); d — B₅O₁₀ (4△ + 1□).

A hidrogén helyzete ezekben a szerkezetekben nincsen meghatározva, de valószínű, hogy a szélső helyzetű oxigének helyére OH-ion kapcsolódik. A hidroxilok adnak további lehetőséget arra, hogy a vázolt szerkezeti elemek — H₂O kilépésével — láncokká kötődjenek, s további vízkilépés útján háromdimenziós állványzattá épüljenek egybe.

Erre a *meyerhoferit* → *colemanit* → Ca[B₃O₅·OH] sémáját lehet bemutatni:



Hasonló sorozat a *bórax* [B₄O₅(OH)₄] építményéből a *kernit* [B₄O₆(OH)₂] komplexen át a mesterséges Li₂[B₄O₇]-ig vezethető le.

A borátok rendszerezésének alapelveül — a vázolt gyökkapcsolódás felhasználásával — a szilikátok csoportosítását választjuk. Tehát: nezo-, szoro-, ino-,

fillo- és tektoborát-szerkezeteket különítünk el. Minthogy a nagyon ritka vagy kevésbé lényeges borátvegyületeket nem szükséges felsorolnunk, el kell tekintenünk attól, hogy minden kategóriának kellő számú, ill. típusos képviselőjét tárgyaljuk. A borátok általában kevésbé elterjedt ásványok, főleg sótelepeken, bóraxtavakban és azok környékén gyakoribbak. Néhányuk magmás vagy metamorf képződésekben is megjelenik.

A *karbonátok* a természetben igen elterjedt kristályvegyületek. A CO_3^{2-} -ion főleg közepes vagy nagy rádiuszú, kétértékű kationokkal kapcsolódik. Ezek: Ca, Mg, Fe, Zn, Mn, Ba, Sr, Pb. A kisebb méretű, háromértékű fémek ritkábbak, és rendszerint egyéb fémekkel együtt épülnek be víztartalmú vegyületekbe. A négy- és ötvegyértékű fémeknek nincsen karbonátja. A vízmentes karbonátok keménysége 3 és 5 között van. Vízben csak egyes kis vagy nagy kationú, főleg OH-t tartalmazó, valamint víztartalmú karbonátok oldódnak. Minthogy átmeneti jellegű kationok is részt vehetnek a rácsfelépítésben, egyes karbonátok színesek, a többiek színtelenek, esetleg allokromásak.

A *nitrátok* közül legfontosabb a Na és K nitrátja. Vízben könnyen oldódnak, kis keménységűek, a legerősebben ionos, azaz sótermészetű vegyületek. Különösen sivatagi vidékeken gyakori bepárlási képződmények.

A felsorolt gyökökkel alkotott sóvegyületek osztályát az elmondottak értelmében borát, karbonát, nitrát alosztályokra tagoljuk. Ezen belül az eddigiekben is szereplő vízmentes, víztartalmú, pótanion nélküli vagy pótanionos szerkezetek szerinti beosztást követjük.

A) ALOSZTÁLY

BORÁTOK

a) Nezőborát-szerkezetek
[önálló B(O,OH)₃- vagy B(O,OH)₄-gyökökkel]α) PLANÁRIS B(O,OH)₃-CSOPORT
(pótanion nélkül)*

127. táblázat

Név	Összetétel	Szimmetria	a ₀	b ₀	c ₀	Z
Szábélyit (ascharit)	Mg[BO ₂ (OH)]	} rombos	—	—	—	—
Sussexit	Mn[BO ₂ (OH)]		10,70	12,72	3,25	8
Roweit	CaMn[BO ₂ OH] ₂		8,29	9,03	6,63	4
Nordenskjöldin	CaSn[BO ₃] ₂	C _{3i} ² —R3	4,86	—	15,95	1
Jeremejevit	Al[BO ₃]	C _{6h} ² —P6 ₃ /m	8,56	—	8,18	12
Kotoit	Mg ₃ [BO ₃] ₂	D _{2h} ¹² —Pnmm	5,42	8,44	4,52	2

* Mint egyszerű B(OH)₃-szerkezetet a triklin sassolint ide is be lehetne sorolni. Minerológiai hagyományoknak megfelelően azonban a hidroxidok közé illesztettük be (l. ott).

β) PLANÁRIS BO₃-CSOPORT
(pótanionnal kiegyenlített szerkezetek)

128. táblázat

Név	Összetétel	Tércsop.	a ₀	b ₀	c ₀	Z
Ludwigit	(Mg, Fe ²⁺) ₂ Fe ³⁺ [O ₂ ·BO ₃]	D _{3h} ⁹ —Pcma	9,14	3,05	12,45	4
Pinakiolit	(Mg, Mn ²⁺) ₂ Mn ³⁺ [O ₂ ·BO ₃]	{ D _{2h} ¹² —Pnmm	18,45	6,07	12,70	8
Warwickit	(Mg, Fe) ₃ Ti[O·BO ₃] ₂	{ C _{2h} ² —P2 ₁ /m	5,36	5,98	12,73	4
Nocerin	Mg ₃ [F ₃ ·BO ₃]	D _{2h} ¹² —Pnam	9,20	3,01	9,45	2
Fluoborit	Mg ₃ [(F, OH) ₃ BO ₃]	C _{6h} ² —P6 ₃ /m	8,86	—	3,13	2
Szulfoborit	Mg ₃ [SO ₄ (BO ₂ OH) ₂]·4 H ₂ O	C _{6h} ² —P6 ₃ /m	9,06	—	3,06	2
		D _{2h} ¹⁶ —Pcmn	7,79	12,54	10,14	4

γ) TETRAÉDERES [B(O,OH)₄]-CSOPORT
(pótanion nélkül)

129. táblázat

Név	Összetétel	Tércsop.	a ₀	b ₀	c ₀	Z
Sinhalit	MgAl[BO ₄]	D _{2h} ¹⁶ —Pmcn	5,67	4,33	9,88	4

δ) TETRAÉDERES B(O,OH)₄-CSOPORT
(pótanionnal kiegyenlített vegyületek)

130. táblázat

Cahnit	Ca ₂ [AsO ₄ ·B(OH) ₄]	S ₄ ² -I4	7,11	—	6,20	2
--------	---	---------------------------------	------	---	------	---

b) Szoroborátok (kapcsolt planáris B(O,OH)₃ és tetraéderes B(O,OH)₄-csoportok)

α) KAPCSOLT PLANÁRIS B(O,OH)₃-CSOPORTOKKAL
FELÉPÍTETT VEGYÜLETEK

131. táblázat

Név	Összetétel	Tércsop.	a ₀	b ₀	c ₀	Z
Lüneburgit	Mg ₃ [(PO ₄) ₂ ·B ₂ O(OH) ₄]·6 H ₂ O	monoklin	9,81	7,62	10,10	2

β) KAPCSOLT PLANÁRIS B(O,OH)₃
ÉS TETRAÉDERES B(O,OH)₄-CSOPORTOKKAL
FELÉPÍTETT SZERKEZETEK

Kurnakovit	Mg[B ₃ O ₃ (OH) ₅]·5 H ₂ O	triklin	8,14	10,47	6,33	2
Inderit	Mg[B ₃ O ₃ (OH) ₅]·5 H ₂ O	C _{2h} ⁵ -P2 ₁ /a	12,12	13,18	6,83	4
Inderborit	MgCa[B ₃ O ₃ (OH) ₅] ₂ ·6 H ₂ O	monoklin	—	—	—	—
Meyerhofferit	Ca[B ₃ O ₃ (OH) ₅]·H ₂ O	C _i ¹ -P1	6,61	8,35	6,49	2
Inyoit	Ca[B ₃ O ₃ (OH) ₅]·4 H ₂ O	C _{2h} ³ -P2 ₁ /a	10,63	12,06	8,40	2
Bórax	Na ₂ [B ₄ O ₅ (OH) ₄]·8 H ₂ O	C _{2h} ⁶ -C2/c	11,84	10,63	12,32	4
Ulexit	NaCa[B ₅ O ₆ (OH) ₆]·5 H ₂ O	C _i ¹ -P1	8,73	12,75	6,70	2
Pandermit	Ca ₂ [B ₅ O ₆ (OH) ₇]	monoklin	—	—	—	—
Kaliborit	KMg ₂ [B ₃ O ₃ (OH) ₅] ₂ · ·[B ₅ O ₆ (OH) ₄]·2 H ₂ O	monoklin	19,00	8,62	15,00	—

γ) CSAK TETRAÉDERES [B(O,OH)₄]-KOMPLEXEKBŐL ÉPÜLT SZOROBORÁT

Pinnoit	Mg[B ₂ O(OH) ₆]	C ₄ ³ -P4 ₂	7,62	—	8,19	4
---------	--	--	------	---	------	---

c) Inoborátok; (planáris $B(O,OH)_3$ és tetraéderes $B(O,OH)_4$ -csoportokkal egybekapcsolt láncszerkezetek)

132. táblázat

Név	Összetétel	Térccsoport	a_0	b_0	c_0	Z
Colemanit	$Ca[B_3O_4(OH)_3] \cdot H_2O$	$C_{2h}^5 - P2_1/a$	8,74	11,26	6,10	4
Kernit	$Na_2[B_4O_6(OH)_2] \cdot 3 H_2O$	$C_{2h}^4 - P2/a$	15,68	9,09	7,02	4

d) Filloborátok; kétdimenziós, lemezes szerkezet mindkét $[B(O,OH)_3]$ és $B(O,OH)_4$ koordinációs csoport részvételével

133. táblázat

Név	Összetétel	Térccsoport	a_0	b_0	c_0	Z
Hilgardit	$Ca_2[Cl \cdot B_5O_8(OH)_2]$	$C_1^4 - Cc$	6,31	11,33	11,44	4
Parahilgardit	$Ca_2[Cl \cdot B_5O_8(OH)_2]$	$C_1^1 - P1$	6,31	6,48	17,50	3

e) Tektoborátok; térhálós építmények mindkét $[BO_3^-]$ és BO_4^- csoport részvételével

134. táblázat

Név	Összetétel	Térccsoport	a_0	b_0	c_0	Z
<i>1. típus: Hambergit*</i>						
Hambergit	$Be_2[OH \cdot BO_3]$	$D_{2h}^{15} - Pbca$	9,75	12,20	4,43	8
<i>2. típus: Boracit</i>						
Boracit	$Mg_3[Cl \cdot B_7O_{13}]$	$C_{2v}^5 - Pca2_1$ $T_2^2 - F43c$	8,54 12,00	8,54 —	12,07 —	4 8

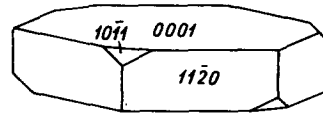
* Térhálózat egyedül planáris BO_3 -csoportokból nem jöhet létre. Kivételnek tekinthető a hambergit, mely ugyan a nezoborátoknak megfelelő, elkülönült BO_3 -csoportokat tartalmaz, de oxigénjei a tetraéderesen koordinált Be-kationhoz $[BeO_3(OH)]$ tartoznak, s ezzel olyan állványzat jön létre, melyben a „tekto-elv” valósul meg.

Szajbélyit, ascharit, $MgBO_2(OH)$, rombos. Szerkezete típusos nezoborát. Tű alakú kristálykákból összeálló sárgásfehér, sugaras gumók. $K = 3-3,5$. $S = 3,3$. Sósavban oldódik. — Első lelőhelye Băița (Rézbánya, Bihar-hg., Románia): gumós konkréciók kristályos mészkőben. Stassfurton és Aschersleben (Németorsz.) melletti sótelepben (*ascharit*) is megtalálták. Az Inder-tó (Inderborszkij mellett, Kazahsztán, SZU) borátüledékében jelentős tömegek.

Sussexit, $MnBO_2OH$, rombos, izostrukturális a szajbélyittal (Mn-szajbélyit). Azbeszt-szerű, sárgásfehér. Első lelőhelye Franklin (Sussex County, New Jersey, USA), ahol más Mn-ásványokkal (rodokrozit, pirokroit) együtt hidrotermás termék.

Roweit, $CaMn(BO_2OH)_2$. Rombos, a szajbélyittal izomorf. Összetételében Zn és Mg is helyettesíthet. $K \sim 5$. Világosbarna, áttetsző. — Franklin (New Jersey, USA).

Nordenskjöldin, $CaSn(BO_3)_2$. Trigonális romboédes. Szerkezete a dolomitrács felépítésével egyező. A bázislap szerint táblás kristályok (709. ábra), szubparalel összenövés, szemcsés halmazok. Orientált összenövés kalcittal, sziderittel eléggé gyakori. — Hasadás (0001) sz. tökéletes, (1011) romboéder sz. kivethető. $K = 5,5-6$. $S = 4,2$. Színtelen, borsárga—kénsárga. Fénytörés és (várhatóan) a kettőtörés is nagy. $\omega = 1,778$, $\varepsilon = 1,660$. Sósav elbontja. — Alkálipegmatitból a Langesund-fjord szigeteiről (Norv.) került elő. De gránitkontaktus pneumatolitos paragenézisben is megtalálták: Arandis (DNY-Afrika).



709. ábra. Nordenskjöldin

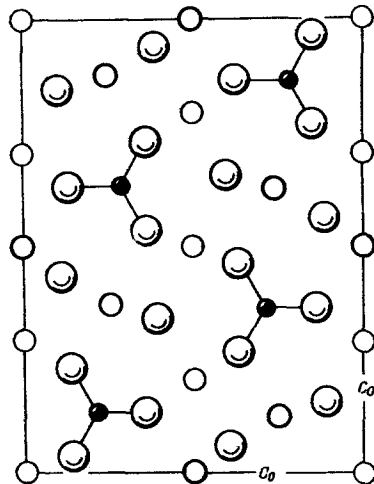
Jeremejevit, $Al(BO_3)$. Hexagonális dipiramisos. Kristályai hexagonális prizmák, a végeken legömbölyödött elhatárolással. $K = 6,5$. $S = 3,28$. Színtelen, halványsárga, barna. Rendszerint öves (kettős) felépítése van: a külső optikailag egytengelyű, a belső mag kéttengelyű, ferde kioltással. — Nagy, egyes kristályok; társai: ortoklász, kvarc: Nyercsinszk (Csitai terület, K-Szibéria, SZU).

Kotoit, $Mg_3(BO_3)_2$, rombos dipiramisos. Gömbölyödött szemek, főként tömeges-szemcsés, közetszerű. $K = 6,5$, $S = 3,10$. Színtelen, áttetsző, vastos, a felület szürkésfehér. Transzláció is észlelhető. Opt. kéttengelyű, pozitív; $n_\beta = 1,653$. — Olv. p. 1340° . HCl-ban és H_2SO_4 -ban oldódik. — Dolomitba nyomult gránitintrúzió kontaktusán forsterit, spinell, ludwigit, szajbélyit, fluoborit társaságában: Hol Ton bánya (Korea). — Szajbélyit mellett Băița-n (Rézbánya, Bihar-hg., Románia) is megtalálható.

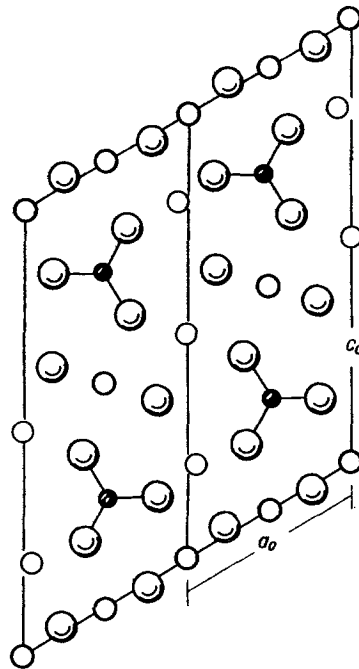
Ludwigit, $(Mg, Fe^{2+})_2Fe^{3+}(O_2 \cdot BO_3)$, rombos dipiramisos. Szerkezetében a Mg- és Mn-nak a koordinációja oktaédes (710. ábra). Selymes, üvegfényű, fekete-zöldesfekete rozetták, sugaras-rostos tömegek. $K = 5$. $S = 4$. Nagy a fény- és kettőtörése: $n_\alpha = 1,85$, $n_\beta = 1,86$, $n_\gamma = 2,02$. Ércm.: reflexiója gyenge, bireflexiója erős és élénk, világos rózsás, szürke, kékeszöld, barna. Anizotrópiája is színes (vörös—ibolya). — Kontaktpneumatolitos eredettel a magnetit kísérője. Eredeti lelőhelye a Bánságban (Románia) Ocna de Fer (Vaskő) és

Dognacea (Dognácska). Az ásványtársulás tagjai franklinit, kotoit, szájbélyit, pirit, szfalerit, kalcit. — Lelőhelyei közé tartozik Hol Ton (Korea), Yauli (Peru), a Jakut-földi Cserszkij-hg. (SZU) és Utah, Colorado, Alaszka államokban (USA) több bányahely.

Pinakiolit, $(\text{Mg}, \text{Mn}^{2+})_2\text{Mn}^{3+}(\text{O}_2 \cdot \text{BO}_3)_2$, dimorf (711. ábra). Monoklin és rombos módosulatban ismeretes. A rombos forma (Mn-ludwigit) vékonytáblás, derékszögű körvonalakkal, általában rosszul fejlett, töredezett kristályok. Iker (011) sz. mellé- és átnövéses alakban egyaránt gyakori. Hasadás (010) sz. $K = 6$, $S = 3,88$. Fémés fényű, különösen a hasadási lapon; gyakran fénytelen és opak. — Långban-on (Svédorsz.) más Mn-ásványok társaságához tartozik.



710. ábra. Ludwigit; típusos neozoborát-építmény; a rombos rács b -irányból vetített képe (a kis üres körök a kationpozíciókat jelzik). A koordinációs oktaéderek ugyanazok, mint a pinakiolit-szerkezetben; közös éllel csatlakoznak és láncokká fűződnek



711. ábra. Pinakiolit; előbbi (ludwigit-rács) monoklin változata. A MgO_6 és MnO_6 koordinációs oktaéderek közös éllel (láncokká) csatlakoznak

Warwickit, $(\text{Mg}, \text{Fe})_3\text{Ti}(\text{O} \cdot \text{BO}_3)_2$, rombos, a ludwigit izomorf sor tagja. Karcshú, nyúlt prizmák, gömbölyödött végződéssel. Törékeny, $K = 3,5$, $S = 3,35$. Bágyadt, fénytelen. Hasadás (100) sz., ennek lapján kissé fémés. Sötét hajbarna, rézvörös. Kénsav elbontja. Kristályos mészkőben kondrodit, spinell, grafit, ilmenit a társai. Warwick (New York, USA).

Nocerin, $Mg_3(F_3 \cdot BO_3)$, hexagonális, paramorf. Egyes rendszerezők a nagy fluortartalom miatt inkább a haloidokhoz osztják be; típusos (pótanionos) nezoborát. — Nyúlt, szálas, tűs-rostos halmaz. $S = 2,96$. Színtelen, fehér, néha zöldes. — Vulkáni tufába ágyazott, metamorfizált mészkörögökben, Nocera és Sarno (Campania, Olaszorsz.).

Fluoborít, $Mg_3[(F,OH)_3 \cdot BO_3]$. Szerkezete izotíp a nocerinnel. Hexagonális. Karcsú, tűs-szálas kristályok, legyezőszerű csoportok. Színtelen, fehér, $K = 3,5$. $S = 2,98$. Kontaktpneumatolitos magnetittelep kísérvásványa; ludwigittel, kondrodittal társul. Norberg (Svédorsz.). — Sterling (New Jersey, USA); Hol Ton (Korea) boráttelepein is megtalálják.

Szulfoborít, $Mg_3[SO_4(BO_2OH)_2] \cdot 4 H_2O$. rombos. Prizmás vagy kis, vastag táblás kristályok. $K = 4,5$. Színtelen, ha vas-oxid színezi, vörös—húspiros. Vízben elbomlik, savak oldják. — Sótelepben szórványosan boracit, cölesztin, kieserit mellé társul.

Sinhalit, $MgAl[BO_4]$, rombos dipiramisos. Rácsa csakis boráttetraederekéből épül fel, melyeket az Al és Mg fűz össze. — Korábban szilikátnak (olivinnak) nézték, s áttetsző fajtáit ékkőnek csiszolták. Rácsdimenziói is közel állnak az olivinéhez. Halványsárga, telt barna. — $n_\beta = 1,697$, $S = 3,5$. — Genezise nem tisztázott. Ceylon.

Cahnit, $Ca_2[AsO_4 \cdot B(OH)_4]$. Tetragonális diszfenoidos. Leggyakrabban zömök prizmák, ikerkristályok. — Színtelen, fehér. Franklin (New Jersey, USA).

Lüneburgit, $Mg_3[(PO_4)_2 \cdot B_2O(OH)_4] \cdot 6 H_2O$, monoklin. Szerkezete a szoroborátok egyik típusa, álhexagonális. Lemez, csomós halmaz, rostos vagy földes belső alkattal. Fehér, barnásfehér. Lüneburg (Németorsz.): gipszes márgában boracittal; New Mexicóban (USA) a permi sótelep agyagkőzetében kisebb gumók.

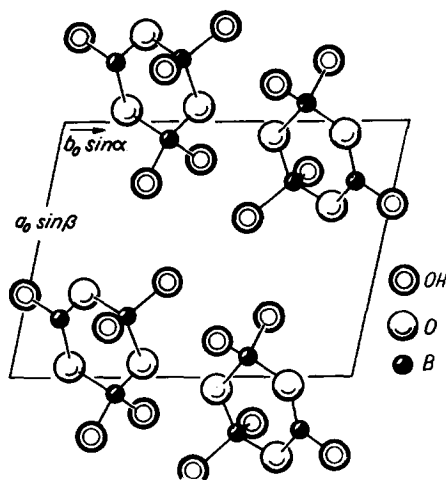
Kurnakovit, $Mg[B_3O_3(OH)_5] \cdot 5 H_2O$. Triklin. Szoroborát. Tömött, durván szemcsés. $K = 3$. $S = 1,85$. Fehér, üvegfényű. — Meleg savak oldják. Kazahsztánban (SZU) az Inder-tó körüli boráttelepben szájbélyittel társul.

Inderit, $Mg[B_3O_3(OH)_5] \cdot 5 H_2O$, monoklin prizmás, a kurnakovittal, inderborittal és meyerhofferittel együtt a szoroborátok külön csoportját alkotja. A szerkezet 1 háromszög + 2 tetraéder koordinációjából kapcsolt elemi egységekből épül fel. Kristályalak nem ismeretes. Táblás, véglapos hasadásszerű elválás a szőlős-fürtös, gumós aggregátumban jól észlelhető. $K = 3$, $S = 1,86$. A hasadási felület gyöngyházfényű. Színtelen, áttetsző, ha tömeges, akkor fehér vagy halványrózsaszín. $n_\beta = 1,508$. Híg, meleg sósav oldja. — Eredeti lelőhelye az Inder-tó környéke (Kazahsztán, SZU), ahol a finomszemű vörös agyagban hidroboraacittal társul. Később a kaliforniai bóraxtavak környékén is felismerték.

Inderborit, $MgCa[B_3O_3(OH)_5]_2 \cdot 6 H_2O$. Monoklin prizmás. Sajátságaiiban az inderithez hasonló; értékes bórásvány. Inderborszki (Kazahsztán, SZU).

Meyerhofferit, $Ca[B_3O_3(OH)_5] \cdot H_2O$, triklin véglapos. A c -tengely irányában nyúlt táblás, lécszerű kristályok, a természetes formák legömbölyödöttek. Rostos-szálas halmazok. Hasadás (010) sz. $K = 2$. $S = 2,12$. Színtelen, fehér, selymes v. üvegfényű. Savak könnyen oldják. Kalifornia boráttelepein inyoitból alakul át. Death Valley (Inyo County, Kalifornia, USA).

Inyoit, $\text{Ca}[\text{B}_7\text{O}_{13}(\text{OH})_5] \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$, monoklin prizmás. A szerkezet típusos szoroborát; felépítése a mellékelt vázlaton látható (712. ábra). Zömök prizmák vagy (001) sz. táblás termetű kristályok. Tömeges-szemcsés, szferulitos halmazokban gyakoribb. Hasadás (001) sz. $K = 2$. $S = 1,87$. Szintelen, részleges dehidrációkor fehér és zavaros. Forró vízben és híg savakban oldódik. Eredeti lelőhelye a Death Valley környéke (Inyo County) Kaliforniában (USA), de a kazahsztáni (SZU) Inder-tó vidékén is nagyobb tömegek ismertek.



712. ábra. Szoroborát-szerkezet. A borátcsoportot egy $\text{BO}_2(\text{OH})_3$ -háromszög és két $\text{BO}_2(\text{OH})_2$ -tetraéder alkotja. Az összetett csoport belsejében a H_2O molekulák helyezkednek

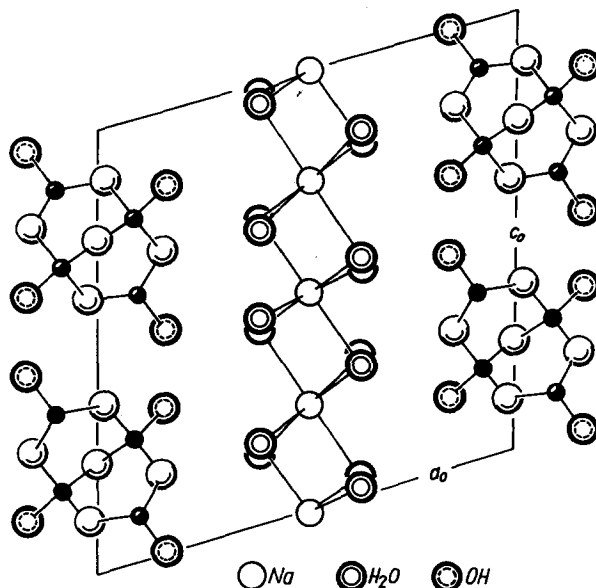
Bórax, $\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$, monoklin prizmás (713. ábra). Kristályalakra a piroxénekéhez hasonlít. Iker (100) sz. Hasadása (100) sz. kitűnő, (110) sz. jó. $K = 2-2,5$. $S = 1,75$. Üvegfényű. Átlátszó-áttetsző. Szintelen, fehér vagy sárgás. $n_\beta = 1,469$. Opt. neg. $b = \alpha$. Vízben oldódik, íze édes—lúgos, összehúzó. Hévítéskor vizet veszít, majd víztiszta gyönggyé olvad, mely a fém-oxidokat oldja (bóraxgyöngy).

Képz. A tibeti (Kína), kashmiri (India, Pakisztán) sóstavakban tekintélyes lerakódásai vannak, ugyanígy Kaliforniában és Nevadában (USA) is. Ez üledékek számos más borátásványt is tartalmaznak.

Alk. A tisztított, illetőleg iparilag gyártott bóraxnak többféle gyakorlati alkalmazása van: üvegyártásban, fénymázakhoz, húskonzerváláshoz stb. használják.

Ulexit, $\text{NaCa}[\text{B}_5\text{O}_6(\text{OH})_6] \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$, triklin véglapos. Apró csomók, kerek, lencseszerű halmazódások, párhuzamos-rostos sorakozás. — Hasadás (010) sz. tökéletes, $K = 2,5$. $S = 1,96$. Tiszta fehér, egyes kristályok szintelenek, víz-

tiszták. A tömeges anyag felülete selymesfényű. Vízben szétbomlik. — Típusos borátvegyülete az arid klímájú lefolyástalan területeknek. Kalifornia, Nevada (USA) államokban a leggyakoribb borát-evaporitok közé tartozik. Chile, Argentína területén és a kazahsztáni (SZU) Inder-tó környékén is megtalálható.



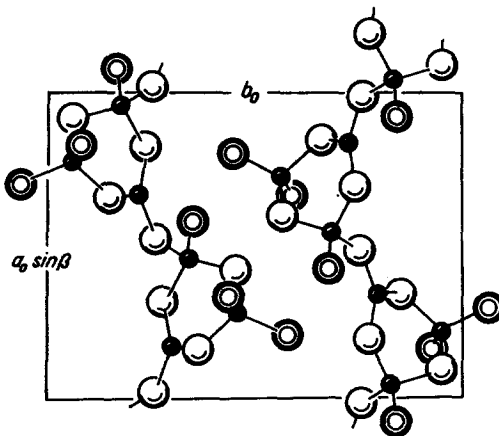
713. ábra. Bóraxszerkezet. Az építmény főeleme $2 \text{BO}_3(\text{OH})$ -háromszög és $2 \text{BO}_2(\text{OH})_2$ -tetraéder, amelyeket hidrogénkötések fűznek össze, ezzel a rácselemmel párhuzamosan helyezkedik el az $[\text{Na}(\text{H}_2\text{O})_6]$ koordinációs oktaéderlánc

Pandermit, $\text{Ca}_2[\text{B}_5\text{O}_6(\text{OH})_7]$, monoklin. Márványhoz hasonló apró szemecskékből alkotott tömegek vagy gumós képződmények gipsztelepben. A kisázsiai partokon Bandirma (Panderma, Törökorsz.), mellett nagy mennyiségben fejtik. Az ipari bórvegyületek nyersanyaga.

Kaliborit, $\text{KMg}_2[\text{B}_3\text{O}_3(\text{OH})_5]_2 \cdot [\text{B}_5\text{O}_6(\text{OH})_4] \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$, monoklin. Kettős szorocsoportokból felépített borátszerkezet. Apró kristályok, gyakran kristályos-csomós halmazok, torzult lapokkal. Hasadás (001) sz. Üvegfényű, fehér—vörös-barna. $n_\beta = 1,525$. Savakban könnyen feloldódik. — Egyes sótelepeken a felső, kainitos rétegekben boracittal együtt található: Aschersleben és Stassfurt, (Németorsz.), Inder-tó környéki telepben (Kazahsztán, SZU).

Pinnoit, $\text{Mg}[\text{B}_2\text{O}(\text{OH})_6]$. Tetragonális, tetartoédes vagy paramorf. Ritkán kristályos, termete rövid prizmás; inkább szemecskés, rostos, gumós. Kénsárga, szalmasárga, halványzöld. Stassfurti (Németorsz.) sótelep boracitos gumóival együtt kerül elő.

Colemanit, $\text{Ca}[\text{B}_3\text{O}_4(\text{OH})_3] \cdot \text{H}_2\text{O}$. Monoklin prizmás. A láncszerű, inostrukturális kapcsolódást a 714. ábra mutatja be. Rövidprizmás, jól kialakult kristályok, a termet álromboéderes. Hasadás (010) sz. $K = 4,5$. $S = 2,42$. Színtelen, tejfehér, sárgásfehér, $n_\beta = 1,592$. Kalifornia bóraxtavainak ásványa; Nevada, Arizona (USA) boráttelepeiben és az Inder-tó környékének (Kazahsztán, SZU) kiválásaiban is megtalálják.



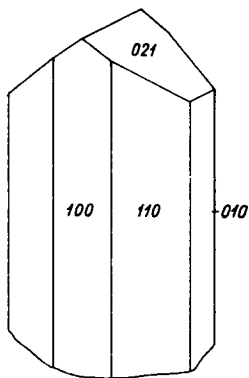
714. ábra. Colemanit. Inoborát-típus. Gyűrű alakú $\text{B}_3\text{O}_4(\text{OH})_3$ szerkezeti elemek kapcsolódnak össze láncokká

Kernit, $\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_6(\text{OH})_2] \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$. Monoklin prizmás. Zömök, izometrikus kristályok. Szemcsés-rostos, földes tömegek. Hasadás (100) sz. tökéletes, $K = 2,5$. $S = 1,9$. Selymesfényű, bágyadt, $n_\beta = 1,472$. Fehér, szürkés—kékesszfehér, átlátszatlan. — Forró víz és híg savak oldják. — Kern County (Kalif., USA), más bórásványokkal vastag telep palás agyagban.

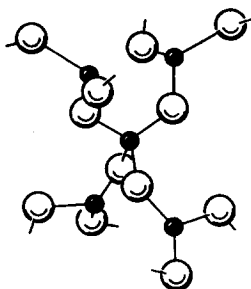
Hilgardit, $\text{Ca}_2[\text{Cl} \cdot \text{B}_5\text{O}_8(\text{OH})_2]$. Monoklin dómás, a *parahilgardit* triklin pedionos. A filloborát-szerkezetek képviselője. A monoklin hemimorf kristályok táblásak, jó hasadással. $K = 5$. $S = 2,7$. Színtelen, áttetsző. — A kristályok c -tengelyének negatív végéhez hozzánövessel csatlakozik a parahilgardit, mely az *egyetlen* természetes triklin pedionos ásvány. — Louisiana (USA) sótelepeiből anhidrit, boracit, danburit, dolomit, kalcit társaságában került elő.

Hambergit, $\text{Be}_2[(\text{OH})\text{BO}_3]$, rombos dipiramisos. Valójában $[\text{BeO}_3(\text{OH})]$ -tetraéderek és planáris BO_3 -csoportok tektoszerkezete. Egyszerű c -tengely szerinti oszlopos prizmák (715. ábra). Nagy kristályok, hosszanti rostozással. Hasadás (010) sz. $K = 7,5$. $S = 2,36$. Színtelen, szürkés—sárgásfehér, $n_\beta = 1,587$. Vízben, savakban nem oldódik. — Lelőhelye alkálipegmatit: Langesund-fjord (Norvégia); Malgas (Madagaszkár); Kashmir (India, Pakisztán).

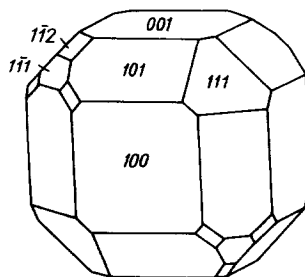
Boracit, $Mg_3[Cl \cdot B_7O_{13}]$. Eredetileg szabályos hexakisztetraéderes, de 265 C° alatt enantiotrop módon rombos α -boracittá változik át. Szerkezete típusos tektoborát-rács: B_5O_{12} -es csoportokból épül fel (716. ábra), melyben két-két háromszög „szabad” oxigénjei további két tetraéderhez kapcsolódnak. Kristályait kocka, tetraéder és rombdodekaéder határolja, de a kristályok



715. ábra.
Hambergit



716. ábra. A tektoborát
típusú boracit-szerkezet
(B_5O_{12})-es állványzata



717. ábra.
Boracit

belseje anizotrop lemezrendszerből áll. E lemezeknek orientált elhelyezkedésük és ikres rendezettségük van. $K = 7$. $S = 2,9-3$. Hasadása nincsen. Üvegfényű, átlátszó—áttetsző. Színtelen, sárgás, barnás, kékes. Felületét vékony, zavaros kéreg vonja be. $n_\beta = 1,667$. Piroelektromos. Pora HCl-ban oldódik. Összetételében a Mg-ot részben Fe helyettesítheti: az így képződő vasboracit enantiotrop hőfoka jóval 265 C° fölött van.

Az α -boracit kisebb hőmérsékleten elsődlegesen is kiválhat; krétaszerű vagy rostos-gumós tömegek, külön névvel *stassfurtit*-nak is nevezik. Valószínűleg a β -módosulat ebből kristályosodott át hő- és nyomásnövekedés hatására. — Kálisótelepekben, főként a gipsz—anhidrit-öbven találják: Stassfurt, Lüneburg (Németország); Yorkshire (Anglia); Louisiana (USA).

B. ALOSZTÁLY

KARBONÁTOK

a) csoport.

Vízmentes karbonátok

α) PÓTANION NÉLKÜLI SZERKEZETEK

A Mg, Ca, Sr, Ba, Zn, Mn^{2+} , Fe^{2+} , Pb kétértékű fémeknek a CO_3 -anionnal alkotott kristályvegyületei morfortrop sorozatot alkotnak. A rácstípus morfortrop átváltozása a legközségesebb karbonátnál, a $CaCO_3$ -nál következik be. A Ca^{2+} -nál kisebb méretű kationok ditrigonális szkalenoéderez, míg a nagyobb méretűek a rombos holoéderez szimmetria szerint épülnek össze a CO_3 -anionnal. Tehát a Ca^{2+} rádiusza az a határ, melynél a rácsrend módosulni kényszerül. Az említett elemeknek kationméretük szerinti sorrendje a következő:

135. táblázat

Trigonális	Mg	Zn	Fe^{2+}	Mn^{2+}	Ca				
	0,78	0,83	0,83	0,91	1,06	1,27	1,32	1,43	
Rombos						Ca	Sr	Pb	Ba

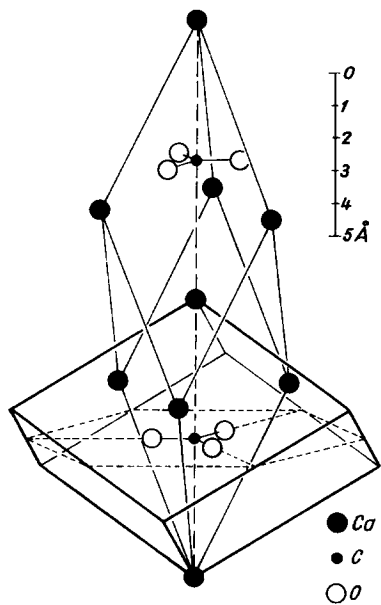
Amint látható, a $CaCO_3$ mindkét szerkezeti típus szerint alkothat kristályvegyületet, vagyis a szereplő fémek közül a Ca karbonátja dimorf, amelyhez az alábbi sorok csatlakoznak:

136. táblázat

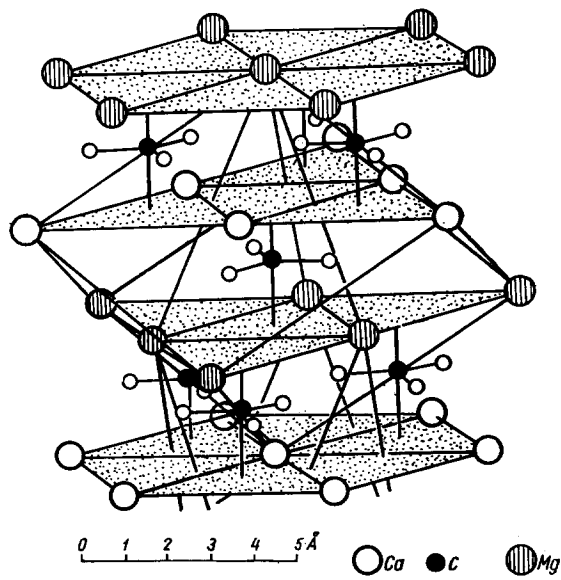
$D_{3d}^6 - R\bar{3}c$					$D_{2h}^{16} - Pmcn$					
Név	Összetétel	a_r	α_r	Z	Név	Összetétel	a_0	b_0	c_0	Z
Kalcit	$CaCO_3$	6,41	$101^\circ 55'$	4	Aragonit	$CaCO_3$	4,94	7,94	5,72	4
Rodokroazit	$MnCO_3$	6,01	$102^\circ 50'$	4	Stroncianit	$SrCO_3$	5,12	8,40	6,08	4
Sziderit	$FeCO_3$	6,02	$103^\circ 05'$	4	Cerussit	$PbCO_3$	5,14	8,45	6,10	4
Smithsonit	$ZnCO_3$	5,87	$103^\circ 30'$	4	Witherit	$BaCO_3$	5,25	8,83	6,54	4
Magnezit	$MgCO_3$	5,84	$103^\circ 20'$	4						
$C_{3i}^2 - R\bar{3}$					$C_{2h}^2 - P2_1/m$					
Dolomit	$CaMg(CO_3)_2$	6,18	$102^\circ 50'$	4	Baritokalcit	$BaCa(CO_3)_2$	8,15	5,22	6,58	2
Ankerit	$CaFe(CO_3)_2$	6,18	$102^\circ 31'$	4						

A természetben a trigonális sor a gyakoribb, és mennyiségre is ezek az ásványok vannak túlsúlyban, a legelterjedtebb közöttük a kalcit.

A kalcit szerkezetét az 718. ábrán mutatjuk be. A rács tényleges elemi cellája a (4041) hegyes romboédernek felel meg, melynek középpontjában és minden csúcán Ca^{2+} -ok vannak. A főtengely hosszának $1/4$ - és $3/4$ -ében pedig a planáris



718. ábra. A kalcit-szerkezet valódi, $-4R$ elemi cellája

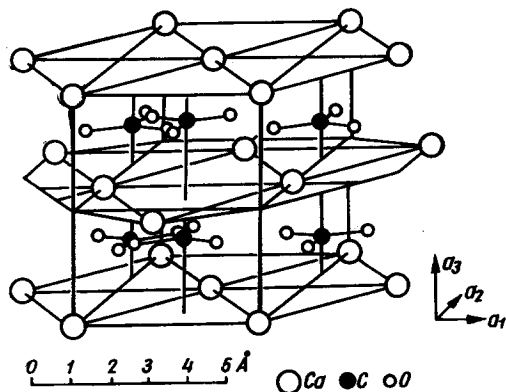


719. ábra.
Dolomit-szerkezet

CO_3 -csoportok helyezkednek el. Az ilyen cellában $Z = 2$. Tanulmányozás céljából azonban sokkal előnyösebb az (1011) törzsromboédert elemi cellaként felvenni (718. ábra); ez teljesen a kősótípusnak felel meg, ha a Na helyére Ca-ot, a Cl helyére pedig a CO_3 síkgyököt helyezzük, ugyanakkor a pólusélek szögét 90° helyett 102° -nak választjuk. Itt $Z = 4$. (l. 136. táblázatot). A planáris CO_3 -gyökök a bázissal párhuzamosak, ami a szerkezetnek némileg réteges jelleget kölcsönöz. Innen ered a trigonális sor tagjainak nagy kettőstörése, de egyben, a kősó mintájára, a kockának megfelelő törzsromboéder szerinti kitűnő hasadása is. Minthogy e kationsorban az ionrádiusz $< 1,06$, a kalcitrács kationkoordinációja 6, a kationokat kissé torzult oktaéder formájában hat oxigén veszi körül. A rácspontok elhelyezkedését illetően a szerkezet a szabályos tömött illeszkedésnek felel meg.

Fontos jelenség, hogy a szerkezeten belül a kationhelyettesítés nem korlátlan, illetőleg csak a közeli ionméretű kationok pótolhatják egymást a rácsszimmetria.

módosulása nélkül. Pl. a $\text{Ca} = \text{Mn}$, ill. a $\text{Mn} = \text{Fe}$ helyettesítés bármely arányban létrejöhet, és így különböző átmeneti tagok keletkezhetnek, de már a $\text{Ca} \rightarrow \text{Mg}$ beépülése csak meghatározott arányérték, és pedig az 1 : 1 viszonyszám szerint lehetséges: dolomit $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. Ilyen esetben a Mg^{2+} -ok és Ca^{2+} -ok a bázislap-pal párhuzamos síkokon váltakozva helyezkednek el, vagyis egymás után csak Ca-ionból, ill. csak Mg-ionból álló kationsíkok sorakoznak (719. ábra). Ezzel természetesen a szimmetria is csökken $C_{3i} \rightarrow \bar{3}$ -ra. Ugyanez a helyzet a $\text{Ca} \rightarrow \text{Fe}$ helyettesítésnél is [ankerit, $\text{CaFe}(\text{CO}_3)_2$]. Innen ered, hogy a trigonális soron belül külön csoportként mint nem izomorf „kettős sókat” kell megjelölnünk a dolomit- és ankerit-ásványokat.



720. ábra. Aragonit-szerkezet

A rombos sorozat szerkezetében a CO_3 -gyökök síkja a (001)-gyel párhuzamos, a rácspontok elhelyezkedése a hexagonális rendnek felel meg (720. ábra). Ezért van a rombos karbonátoknak, különösen az aragonitnak álhatszögös jellege. E rácsepítményben, a nagyobb ionrádiusz követelménye szerint, a kationkörnyezet 9 oxigénből áll. A kalcit-hoz viszonyítva az aragonitrács elrendezése

jobb térkitöltést biztosít, s ezért a fajsúlya is (2,95) viszonylag nagyobb a kalciténál (2,71). A planáris CO_3 -ionok miatt itt is erős kettőstörés tapasztalható. Az aragonitsorban is létrejöhet különböző, de szintén nem korlátlan kationhelyettesítés. Ha a két szélső (Ca—Ba) kation 1 : 1 arány szerint épül be a rácsba, a szimmetria itt is lecsökken monoklin prizmásra; (barito-kalcit). A rombos szimmetriájú karbonátok hasadása (010) vagy (110) sz. következik be, de minőségre korántsem olyan kitűnő, mint a kalcitsoré.

A két sor fénytani, fajsúly- és keménységi adatainak áttekintése:

Trigonális sor				137. táblázat	
Név	ϵ_{Na}	ω_{Na}	$\epsilon - \omega$	S	K
Kalcit	1,486	1,658	—0,172	2,71	3
Dolomit	1,501	1,680	—0,179	2,85	3,5—4
Magnezit	1,509	1,700	—0,201	2,96	3,5—4
Rodokrozit	1,595	1,818	—0,223	3,68	3,5—4,5
Sziderit	1,633	1,878	—0,245	3,89	3,5—4
Smithsonit	1,618	1,818	—0,200	4,45	4,5

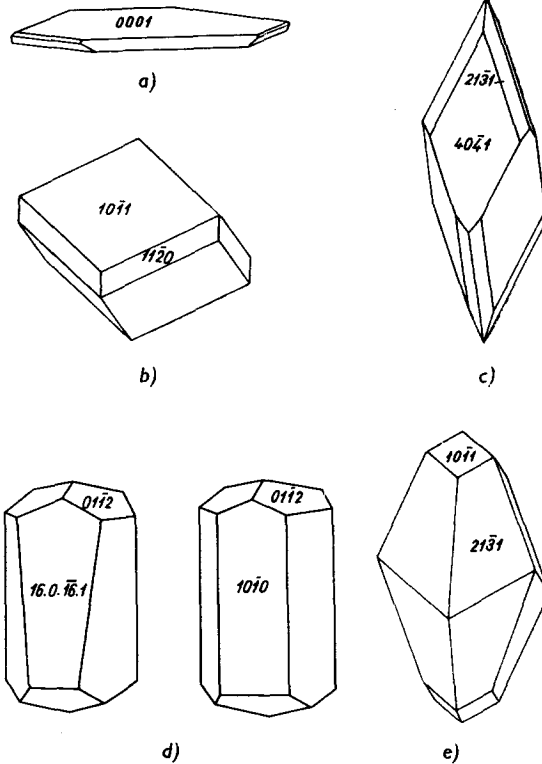
Rombos sor

138. táblázat

Név	Na-fényben					Tengely- sík	S	K
	n_α	n_β	n_γ	$\gamma - \alpha$	$2V$			
Aragonit	1,531	1,682	1,686	0,155	-19°	(100)	2,94	3,5—4
Stroncianit	1,520	1,667	1,668	0,148	-7°	(010)	3,74	3,5—4
Witherit	1,529	1,676	1,677	0,148	-16°	(010)	4,29	3,5
Cerusszit	1,804	2,076	2,078	0,274	-8°	λ szerint változó	6,6	3—3,5

Kalcit-sor

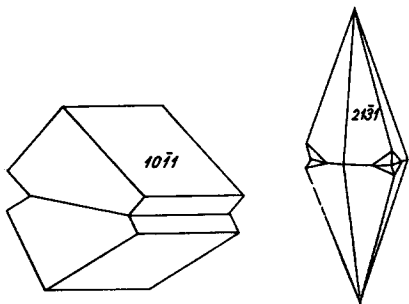
Kalcit, mészpát, CaCO_3 . Ditrigonális szkalenoéderez. Kristályai rendszerint fennőttek, formákban igen gazdagok. Sokszáz kristályformáját ismerjük. A kombinációk nagy számában nincsen hozzá fogható más ásvány. A termeti alakulás a hőmérséklettől és társoldatoktól függ. Pegmatitos-pneumatolitos viszonyok közt létrejött kristályok rendszerint bázis szerint táblások, keskeny romboéderlapokkal kombinálva (721/a ábra). Nagyobb hőmérsékletű hidrotermás folyamatok során az $(10\bar{1}1)$ alapromboéder uralkodik rajta az $(11\bar{2}0)$ prizma vékony lapjaival (721/b ábra). Kisebb hőmérsékletű hidrotermás kiválásokban, pl. mészkőhasadékok falán a természet szkalenoéderez, az $(12\bar{3}1)$ forma a leggyakoribb, ennek csúcsát a törzsromboéder tetőzi (721/e ábra) vagy a hegyesebb szkalenoédereket a $(01\bar{1}2)$ lapjai zárják le. Érctelérekben sokféle természet alakulhat ki, de leggyakoribb az $(10\bar{1}0)$ prizma és $(01\bar{1}2)$ kombinációjából álló „ágyúpát”-forma, ugyanitt a protoprizma helyett nagy indexű protoromboéder is szerepelhet (721/d ábra). Oxidációs övekben a lapos,



721. ábra. Kalcit: a — lemezes természet; b — törzsromboéder a másodrendű prizmával; c — hegyes (4R) romboéder szkalenoéderezrel; d — „ágyúpát”-formák; e — a $(21\bar{3}1)$ szkalenoéder a törzsromboéderezrel

lencseszerű romboéderek, langyos vizes vagy egyszerű hidrikus viszonyok között cseppkőszerű képződmények és hegyes romboéderek uralkodnak (721/c ábra).

Ikerkristályok gyakoriak. Legfontosabb a $(01\bar{1}2)$ sík szerinti iker (722. ábra), mely egyúttal a nyomási ikresedés síkja is, továbbá a tektonikai nyomásnak kitett szemcsés mészkövek szemcséi szerint többszörösen összetett ikrek. Gyakori még a bázis szerinti iker (722/b ábra), valamint az $(10\bar{1}1)$ romboéder lapja szerinti ikresedés is.



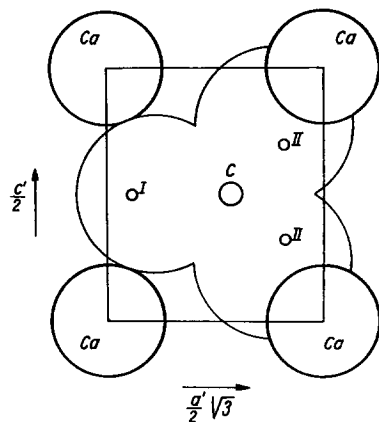
722. ábra. Kalcitiker: a — a $(01\bar{1}2)$ sz. összenövés; b — bázis szerinti iker

A kalcit vastos, szemcsés, szálas, rostos, földes vagy monomineralikusan kőzetalkotó tömegekben is gyakori. Van pizolitos, oolitos kifejlődése, ezenkívül gyakran alkot más ásványok után pszeudomorfózákat. Szintelen vagy gyengén színezett. Kitűnő hasadását fentebb említettük. $(01\bar{1}2)$ sz. siklatása is jól ismert jelenség. Üvegfényű. —

Gyenge savakban, organikusakban is, pezsgéssel oldódik. Vizes oldatból közönséges hőmérsékleten kalcit, $29\text{ }^\circ\text{C}$ felett aragonit válik ki. Az oldatban levő egyéb ionok esetén azonban már $20\text{ }^\circ\text{C}$ -on aragonit válhat le, nagy hőmérsékleten azonban mindig kalcit képződik. — Közönséges nyomáson a kalcitnak nincs olvadáspontja, mert ennek elérése előtt $910\text{ }^\circ\text{C}$ -on termikusan CaO -ra és CO_2 -ra disszociál (mészkőégetés). Azonban 110 atm. -án CO_2 -ban $1290\text{ }^\circ\text{C}$ -on megolvad.

Vaterit a kalcit ritkább módosulata. Hexagonális. $a_0 = 7,16$. $c_0 = 16,38\text{ \AA}$, $Z = 12$. Szerkezetét mesterségesen kristályosított anyagon állapították meg (723. ábra). Mikroszkopikus lemezek, hexagonális táblák, vázak, hópehelyszerű kristályok. De sferulitos-sugaras formában is képződik. $S \sim 2,64$. Optikailag egytengelyű és pozitív. $\omega = 1,550$, $\varepsilon = 1,64\text{—}1,65$. Biogén üledékekben, gasztropodák héjában lehetett észlelni. A jelek szerint természetes karbonátkiválásokban gyakran keletkezik, de instabilis, és aragonittá, még inkább kalcitá válik át.

Lublinit, a kalcit szálas, fehér, vattára emlékeztető megjelenési formája. Röntgenelemzéssel kalcitszerkezetnek



723. ábra. Vaterit-szerkezet részlete. A c -tengellyel párhuzamos vetület; a karbonátgyök és a Ca-atomok helyzetkedése

bizonyul. Leginkább nagy párateltségű mészkőbarlangokban találjuk. Egyes jelek arra mutatnak, hogy a fonalas-szálas kristályosodás amorf kovasav, ill. hidrokovagél, avagy szerves anyag hatására jön létre.

A kalcit igen elterjedt és nagy mennyiségekben szereplő ásvány. Az összes magmás folyamatokból, hévforrásokból, szárazulati és tengeri üledékek képződése során sokféle módon és különböző megjelenési formában keletkezhet. A víztiszta, nagy kristályos kalcitnak *izlandi pát* a neve. Forrásvizekből, kőzet-hasadékokban sajátos kifejlődésű, tömött-réteges kalcit válik ki (pl. a Korond [Corund] melletti „aragonit”). Ugyancsak forrásvíz terméke a *borsókő* = pizolit. Sekélytengeri hullámveréses partok üledéke az apró-gömbös *oolit*. Mészkő-hegységek barlangüregeiben a *cseppkő* (a függő sztalaktit és az aljazaton levő sztalagmit) is kristályos kalcitból áll. Legnagyobb jelentősége az apró szemcsés, néha egészen tömör kristályos *mészkőnek* van, mely a földtani idők során különböző korokban és nagy tömegben képződött. A mészkőből metamorfózis hatására létrejött durvább szemű, szép fehér vagy enyhén színezett, CaCO_3 -kristályokból álló kőzetet *márványnak* nevezik.

A kalcit és mészkő felhasználása igen sokféle. A víztiszta izlandi pátból a polarizációs optika nikol-ja készül. A tiszta, kristályos kalcit és mészkő szénsavfejlesztésre, a különböző mészkőfajták építő-, díszítőkönek, a márványfélék szoboranyagul szolgálnak. A fehér, tömött mészkőből égetett mész készül. Nagyobb mennyiség kell a cementgyártáshoz, üveglvadékokhoz, festék-, kréta-, csiszoló- és tisztítószerek készítéséhez stb.

Rodokrozit, mangánpát MnCO_3 . Ditrigonális szkalenoéderez. Rózsaszínű, málnaszínű kristályain a romboéderek uralkodnak. Az (10 $\bar{1}$ 1) lapjai gyakran görbültek, domborúak vagy nyeregszerűen torzultak. Apró szemcsés halmazokat, bekérgezést is alkot. Üvegfényű, kissé gyöngyházszerű. Tömeges kifejlődésben barna vagy szürke. Összetételében a Mn-t főleg Fe helyettesítheti. Forró sósavban pezsgéssel oldódik. Szubvulkáni, hidrotermás ércteléseknek jelentős ásványa. Capnic (Kapnikbánya), Baia Mare (Nagybánya, Gutin-hegység, Románia). Rodonittal és kalcittal önálló telepeket is alkot. Oxidációs övekben néha másodlagosan keletkezik.

Sziderit, vaspát, FeCO_3 . Ditrigonális szkalenoéderez. Fennőtt kristályai az alapromboéderekből állnak, melynek lapjai többnyire görbültek, nyeregszerűen íveltek. Egyéb romboéderez vagy szkalenoéderez forma ritka. Vaskosan, különböző szemcsenagyságú pátos tömegekben a leggyakoribb. Sugaras szerkezetű, gömbös-veseszerű kifejlődése a *szferosziderit*. Kitűnően hasad. Üvegfényű, gyengén gyöngyházfénybe hajló. Sárgásfehér, borsósárga, hosszabb idő múltán levegőn megbarnul. Gyakran Mn-tartalmú, ilyenkor barnásfeketére színeződik. Kevés Ca-ot és Mg-ot is tartalmazhat; a több Mn-t tartalmazót *oligomit*nek is nevezik. Forró HCl-ban pezsgéssel oldódik, kiizzítva mágnesezhető. Fontos vasérc. Tiszta állapotban 48,3% Fe-at tartalmaz.

Képz. Pegmatitos-pneumatolitosan kisebb jelentőségű előfordulásai vannak, pl. Cornwall (Anglia), Grönland. Hidrotermás telésekben más ércekhez kisebb

mennyiségben társulhat: Herja (Herzsabánya, Gutin-hegység, Románia). Legnagyobb jelentősége a *hidrotermás-metaszomatikus* kialakulásoknak van, amikor karbonátos kőzetek átváltozásával nagyobb tömegek halmozódnak fel. Ide tartozik hazánk egyetlen vasércbányája a Rudabánya—tornaszentandrás vonulatban, ahol alsó és középső triász (campili, anizuszi) karbonátkőzetek szideritesedtek. Fontos telepek vannak a Szlovák Érchg.-ben: Rožňava (Rozsnyó), Nadabula (Sajóháza), Dobšina (Dobsina); Erdélyben (Románia) Hunedoara (Vajdahunyad—Alsótelek), Ghelar (Gyalár) Ruszkica környékén. Eisenerz (Stájerorsz.), Bilbao (Spanyolorsz.). F fiatal üledékes képződmény a tőzegtelepeken felszaporodó gélserű sziderit, a „fehérvasérc”, mely levegőn hamarosan megbarnul.

Alk. A sziderit az oxidációs zónában könnyen limonitosodik, „vaskalappá” alakul. A vaskalapérc könnyebben kohósítható, ezért bányászatiilag nagy fontossága van.

Smithsonit, cinkpát, gálma, $ZnCO_3$. Ditrigonális szkalenoéderez. Ritkán kristályos, s a sziderithez hasonlóan leginkább csak az alapromboéderezben mutatkozik. Rendszerint cseppköves, vesés-gumós halmazokban, bekérgezésekben keletkezik. Kitűnően hasad. Erős üvegfényű, kissé gyöngyházszerű. Ritkán szintelen, többnyire sárga, zöld, barna, szürke. Forró sósavban pezsgéssel oldódik. Összetételében nagyobb mennyiségben csakis Fe helyettesíthet. A többi kationok csak néhány százalékban társulhatnak.

Képz. Másodlagos ásvány. Szfalerites érctelepek oxidációs övében keletkezik. Bánsági bányák, Băița (Rézbánya, Bihar-hg., Románia), Bleiberg (Karintia), Laurion (Görögorsz.). Régebbi időkben a gálma és kovagálma (hemimorfit) a cinkkinyerés egyedüli nyersanyaga volt. Nagyobb tömegben ma is értékes cinkérc.

Magnezit, $MgCO_3$. Ditrigonális szkalenoéderez. Kristályai alapromboéderek, ritkán prizmásak. Üvegfényű, kissé áttetsző. Sárgás vagy szürkésfehér, vasok tömegben barnás. Kitűnően hasad. Pora forró sósavban pezsgéssel oldódik.

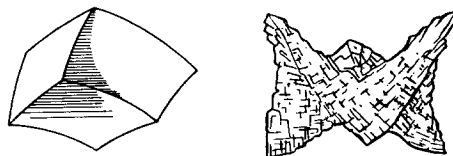
Több-kevesebb vasat tartalmazhat. Vannak átmeneti tagok is; ha a $MgCO_3$: $FeCO_3 = 1:1$, akkor *pisztomezit*nek hívják, az ennél kevesebb vasat tartalmazónak *breunnerit*, a bővebb vastartalmúnak *mezitit* vagy meztinipát a neve.

Képz. Metamorf és metaszomatikus folyamatok útján keletkezik, és nagyobb tömzsöket, telepeket alkot. A metamorf kőzetek felső (epi-) zónájában Mg-ásványokat tartalmazó kőzetekből, szénsavas forróvizek közreműködésével tömött gélserű magnezit képződik, mely később finomszemcsés tömeggé alakul. Gyakran szteatit kíséri. Jelšava (Jolsva, Szlovák Érchg.), Kraubat (Stájerorsz.). A metamorf hatás fokozódásával durvább kristályos magnezit jön létre, mely talk- és kloritpalába ágyazódik: Zillertal (Ausztria), Vizzate (Pfitsch, Olaszorsz.). Ugyancsak kristályos tömegek alakulnak ki metaszomatikus úton finomszemcsés dolomitokból és mészkövekből: Ratkovská Suchá (Ratkószuha), Dobšíná (Dobsina), Košice (Kassa, Szlovák Érchg.). Radenthein, Veitsch az Alpok (Ausztria) magzónájában.

Alk. A magnezitet az iparban főleg tűzálló téglák, kohófalazatok készítésére használják. Hevítéskor már 550 C°-on disszociál, és CO₂ eltávozásával periklásszá, MgO-dá alakul. A Mg-nak és vegyületeinek egyik fontos nyersanyaga.

Dolomit, CaMg(CO₃)₂. Trigonális romboédes. Rácsában a Ca- és Mg-kation síkok (892. old.) váltogatva sorakoznak, vagyis normális felépítés esetén a Ca: Mg viszony 1:1. Ezért kémiai értelemben egyenlő arányú kettős sónak is szokták tekinteni. De a rácsépítmény feltételei nem ilyen szigorúak, mert vannak kristályok, melyekben minden harmadik kationsík áll Mg²⁺-ból, vagyis a vegyület 2 CaCO₃ + MgCO₃-nak felel meg, sőt az újabb vizsgálatok szerint az arány más módon is eltolódhat: *huntit* Mg₃Ca(CO₃)₄.^{*} De ezek csak jelentéktelen kivételek.

Kristályai egyszerűbb külsejűek, mint a kalcitéi. Túlnyomóan csak az alapromboéder szerepel, rendszerint horpadt-görbült, nyeregyszerű lapokkal (724. ábra). Ikrék elég gyakoriak, főleg közbeiktatott lemezek alakjában. Hasadása kitűnő. Áttetsző, üvegfényű. Fehéressárga, szürke, barna.



724. ábra. Dolomit

Hideg HCl is kissé oldja, forró sósavban heves pezsgéssel oldódik. Hevítéskor a kalcitnál kisebb hőmérsékleten bomlik.

Fennőtt kristályai ércelérekben gyakoriak, pl. Gyöngyösoroszi, Nagyborzsöny, Banska Štiavnica (Selmecebánya, Csehszl.), Capnic (Kapnikbánya, Gutin hg., Románia). Dolomitzóvet repedései falán: Kis-Gellérthegy; márvány üregeiben: Carrara (Olaszország).

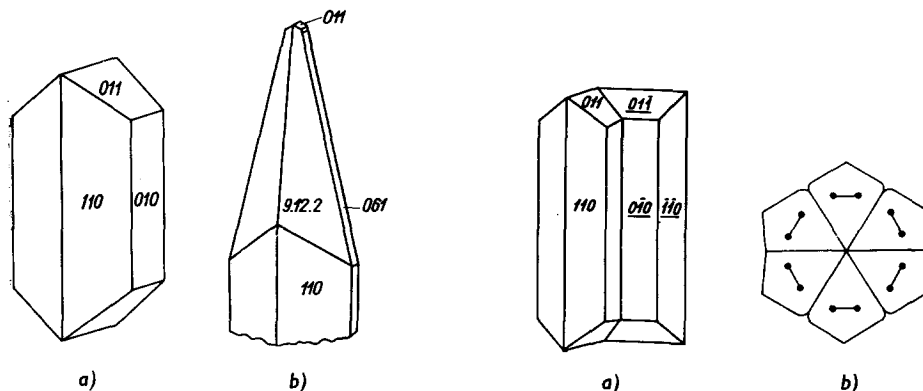
A dolomit mint szemcsés karbonátkőzet hazánkban is hegységeket alkot: triász földolomit a Bakonyban, Vértesben, Budai-hegységben, Bükkben. A dolomitot CO₂-fejlesztésre, üveggyártáshoz, a kohászatban, vegyiparban, műtrágya- és tűzállóanyag-iparban, betonkavicsként, legújabban fém-Mg kinyerésére használják fel. Pora csiszoló- és tisztítószernek alkalmas.

Ankerit, trigonális romboédes, rácsa a dolomitével egyező. Valójában vastartalmú dolomitnak tekinthető: Ca(Fe,Mg)(CO₃)₂ melyben a Mg: Fe arány 1:1 körül van, de Mn-t is tartalmazhat. Ha a vas aránya ennél kisebb, akkor *barnapát* a neve. Leginkább metasomatikus sziderittelepeken keletkezett mint átmenet a dolomit (vagy mészkő) és a sziderit között. Rudabánya, Dobšín (Dobsina, Szlovák Érchg.) Eisenerz (Stájerorsz., Ausztria).

^{*} A ritka vegyület 1953-ban amerikai lelőhelyről került elő. Még ez évben hazai kutatók (KOBLENZ V. és NEMECZ E.) is felismerték: a dorogi X. aknából származó foltos, mészisapszerű kőzet ugyancsak huntitnak bizonyult.

Aragonit-sor

Aragonit, CaCO_3 . Rombos dipiramisos. Kristályai álhatszögesek, c -tengely szerint nyúlt, prizmás termettel. Ismert formáinak száma százon felül van, ezeknek zöme az $[100]$ -övhez tartozik. Jellemzők a meredek $(0kl)$ formák, melyeknek véső alakú végződése van (725/a és b ábra). Ikreket gyakran alkot, ikertörvény (110), mely szerint egyszerű, valamint lemezes ikrek és hármas átnövések egyaránt gyakoriak (726/a és b ábra). Utóbbinak, ha a beugró szögek (illetőleg csatornák) is kitöltődnek, teljesen hatszögese külseje lehet, és csak a (001) lapon jelentkező sávózás árulja el, vagy optikai úton állapítható meg, hogy



725. ábra.
Aragonit

726. ábra. Aragonitiker: a — egyszerű hoz-
zánövés (110) sz; b — hármas átnövés bá-
zismetszetben, a tengelykép bejelölésével

ikerkristály. Hasadása (010) sz. jó. Üvegfényű, színtelen, sárgás, vöröses, néha ibolyás. Rácsszerkezetéből eredően kevésbé stabilis, mint a kalcit, és hevítés során 445 C° -on, víz jelenlétében már 100 C° -on kalcitá alakul. Az átalakulás monotrop. Ugyancsak az aragonitszerkezet kevésbé stabilis viselkedése miatt vízben is aránylag jobban oldódik a kalcitnál; ezen alapszik a *Meigen-* és *Leitmeier—Feigl*-féle reakció, mellyel a két ásvány egymástól megkülönböztethető (*Meigen-próba*: a kérdéses ásvány porát híg $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ -oldatban főzve, az aragonit ibolyaszínű lesz, míg a kalcit színtelen marad, illetőleg hosszasan főzve gyengén kékesre színeződik. *Leitmeier—Feigl-próba*: Mn^{2+} -t és Ag -öt tartalmazó, gyengén lúgos oldattól az aragonit pora azonnal megfeketedik, a kalcité jóval később szürkül és csak órák múlva feketedik meg). HCl -ban heves pezsgéssel a kalcitnál is jobban oldódik.

Képz. Az aragonit sokkal kisebb elterjedésű ásvány a kalcitnál. Kőzetszerű kifejlődését nem ismerjük. Kristályosan: bázisos eruptív kőzetek üregeiben pl. Somoskő, Korlát (Nógrád, Csehszl.), Badacsony. Érctelérekben számos helyen. Legszebbek pl. Špana Dolinán (Úrvölgy, Szlovák Érchg.), Banska Štiavnicán (Selmecbánya, Csehszl.), Bánsági- (Románia) bányákban. Sajátos alakulás az

ágasbogas, hófehér *vasvirág*, mely főleg sziderittelepeken, így Nadabulán (Sajóháza, Szlovák Érchg.), Eisenerzen (Stájerorsz., Ausztria) képződik. A *pizolít* vagy *borsókő* melegvízforrások gömbös-réteges kiválása, Buda, Karlovy Vary (Karlsbad, Csehszl.).

Izomorf változatai: *tarnowitzit*, Pb-tartalmú aragonit; *alstonit*, Sr-ot és Ba-ot tartalmazó rombos elegykristály.

Stroncianit, SrCO_3 . Rombos dipiramisos. A *c*-tengely szerint nyúlt, tús, ritkán (010) sz. táblás természetű kristályai szintelenek vagy enyhén színezettek. Rostos-szálas kifejlődés is gyakori. Üvegfényű, átlátszó, áttetsző. Hasadása (110) sz. alig kivehető. Összetételében a Sr-ot kevés Ca helyettesítheti. Sósavban erős pezsgéssel oldódik, a lángot bíborvörösre festi.

Képz. Hidrotermás érctelepekben a legutolsó kiválások közé tartozik, de ugyanitt másodlagos is lehet. Băița (Rézbánya, Bihar-hg., Románia), Skócia (Anglia). Üledékes karbonátkőzetekben önálló teléreket alkot: Sibiu (Szeben, Erdély, Románia), Münster (Wesztfália, Németorsz.).

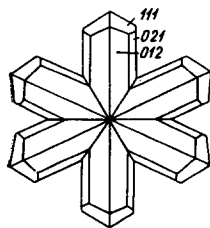
Színesfény készítéséhez, cukorgyártáshoz alkalmazzák.

Witherit, BaCO_3 . Rombos dipiramisos. Kristályai a dihexaédres kvarc természetére emlékeztetnek (727. ábra) vagy az aragonitéhoz hasonlók. Aragonitkerrel azonos 3-as összenövésük gyakoriak. Sugaras-fürtös kialakulás is jellemző. Erős üvegfénye van, esetleg fénytelen. Áttetsző, fehér, szürke vagy sárgás. Sósavban oldódik. Hevítéskor $811\text{ }^\circ\text{C}$ -on hexagonálissá alakul, majd $982\text{ }^\circ\text{C}$ -on szabályossá lesz, ez a módosulat $1740\text{ }^\circ\text{C}$ -on olvad meg.

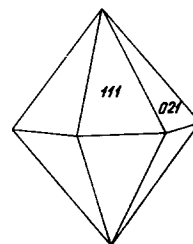
Képz. Hidrotermás érctelepek ásványa: Alston Moor (Anglia), El Portal (Kalifornia, USA). Általában sokkal ritkább a baritnál.

Baritokalcit, $\text{BaCa}(\text{CO}_3)_2$. Monoklin prizmás. Kettős sónak tekinthető. Alston (Anglia).

Cerussit, PbCO_3 . Rombos dipiramisos. A kristályok termete különböző: oldallap szerint táblás, *c*-tengely szerint nyúlt prizmás, de gyakran az *a*-tengely szerint oszlopos kifejlődésű. Igen gyakori az ikerkristály (110) sz., nemritkán csillag alakú hármas átnövésük keletkezik (728. ábra). Rostos, vaskos, földes kifejlődésben is szerepel. Hasadása (110) és (021) sz. rossz. Gyémántfényű (Pb!). Átlátszó, szintelen, fehér, sárga, szürke vagy barna. HCl, HNO_3 , KOH oldja. Hevítve pattogzik, és már $400\text{ }^\circ\text{C}$ -on $\text{CO}_2 + \text{PbO}$ -ra bomlik. Szélen könnyen Pb-szem nyerhető. Néha kevés Zn-et, sőt Ag-öt is tartalmazhat.



728. ábra. Cerussit-iker



727. ábra. Witherit

Képz. Ólomérccek oxidációs övében másodlagosan keletkezik. Szűzvár (Velencei-hegység), Banská Štiavnica

(Selmecbánya, Csehszlovákia), Plesivec (Pelsöc, Szlovák Érchg.), Băița (Réz-bánya, Bihar-hg., Románia), Ocna de Fer (Vaskő), Dogașea (Dognácska, Bánság, Románia), Příbram (Csehszlovákia), Iglesias (Szardínia, Olaszorsz.). Megőrölve közvetlenül fehér fedőfestékek (ólomfehér) alkalmas.

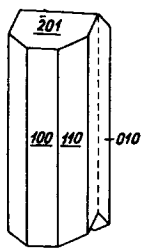
β) SOR. PÓTANIONNAL KIEGYENLÍTETT VÍZMENTES
KARBONÁTOK

139. táblázat

Név	Összetétel	Térceport	a_0	b_0	c_0	$\beta \angle$	Z
Azurit	$\text{Cu}_3[\text{OH} \cdot \text{CO}_3]_2$	$C_{2h}^5 - P2_1/c$	4,96	5,83	10,27	92°24'	2
Malachit	$\text{Cu}_2[(\text{OH})_2 \cdot \text{CO}_3]$	$C_{2h}^5 - P2_1/a$	9,38	11,98	3,18	91°03'	4
Hidrocinkit	$\text{Zn}_5[(\text{OH})_3 \cdot \text{CO}_3]_2$	monoklin					
Aurichalkit	$(\text{Zn}, \text{Cu})_5[(\text{OH})_3 \cdot \text{CO}_3]_2$	» (?)					
Bastnäsit	$(\text{Ce}, \text{La}, \text{Nd})[\text{F} \cdot \text{CO}_3]$	$D_{3h}^4 - P6_2c$	7,09	—	9,72	—	6
Hidrocerusszit	$\text{Pb}_3[\text{OH} \cdot \text{CO}_3]_2$	hexagonális					
Foszgenit	$\text{Pb}_2[\text{Cl}_2 \cdot \text{CO}_3]$	tetragon.	8,14	—	8,86	—	4
Leadhillit	$\text{Pb}_4[(\text{OH})_2 \cdot \text{SO}_4 \cdot (\text{CO}_3)_2]$	monoklin					

Azurit, $\text{Cu}_3[\text{OH} \cdot \text{CO}_3]_2$. Monoklin prizmás. A b -tengely szerint kissé nyúlt, lapos kristályai vannak. Fürtös-vesés, kéregszerű bevonatokban is képződik. Hasadása (011) sz. jó. $K = 3,5$, $S = 3,8$. Üvegfényű, színe sötét azurkék. Tömött szemcsés alakban világosabb kék, kissé áttetsző. Erős fény- és kettőtörő: $n_a = 1,730$, $n_y = 1,838$. Karca is kék. Hosszabb idő után átváltozik malachittá (antik képeken az ég zöld színű, mert a kék festékül használt azurit malachittá változott).

Képz. Rézérctelepek oxidációs övének ásványa. A keletkezett réz(II)-szulfát-oldat és a jelenlevő karbonátok cserehatásának terméke. Majdnem minden rézérctelepen megtalálható, bár a malachitnál jóval ritkább. Rudabánya, Recsk, Szlovák Érchg., Bánság (Románia), Băița (Réz-bánya, Bihar-hg., Románia), Katanga (Zaire Közt.).



729. ábra.
Malachit-iker

Malachit, $\text{Cu}_2[(\text{OH})_2 \cdot \text{CO}_3]$. Monoklin prizmás. Rendszerint rostos-szálás, vesés-fürtös halmazokban képződik. Jól fejlett, ép kristályok ritkák, inkább a c -tengely szerint nyúlt, hajszálvékony, tús kristálykák kéve-ecetszerű halmaza. Ikerkristályt (100) sz. alkot (729. ábra). Hasadása (001) sz. igen jó. $K = 3,5-4$. $S = 3,9$. Erős üvegfényű, a szálás kötegeknek selyemfényű van. $n_a = 1,703$, $n_y = 1,909$, pleokroós. Sósav pezsgéssel oldja. Hevítve megfeketedik, és szénen színrézzé redukálható.

Képz. Rézérctelepek oxidációs övének egyik leggyakoribb ásványa, genezise megegyezik az azuritéval. Sokszor azuritból

keletkeznek, s ilyenkor szép pszeudomorfózákat alkot. Rudabánya, Recsk, Dobšiná (Dobsina), Nadabula (Sajóháza) Rožnava (Rozsnyó), Špana Dolina (Úrvölgy, Szlovák Érchg.), Banská Štiavnica (Selmezbánya, Csehszl.), bányási és erdélyi (Románia) bányák. Chessy (Franciaország), Cornwall (Anglia), Uralban (SZU) Nyizsnye Tagilszk. Katanga (Zaire Közt.), Otavi (DNY-Afrika, Namib terület), Chile, Peru. Tömött fajtája jól faragható, fényezhető; dísz tárgyak, burkolatok készülnek belőle.

Hidrocinkit, $Zn_5[(OH)_3 \cdot (CO_3)_2]$. Főleg gészerű, tömött alakban ismeretes. $K = 2$. Fehér vagy sárgás. Gálmákból, különösen smithsonitból utólagosan keletkezik. *Aurichalkit*, $(Zn,Cu)_5[(OH)_3 \cdot (CO_3)_2]$. Réztartalmú hidrocinkit. Apró tűk vagy bekérgezések. Halványzöld—égkék. Réz- és cinkérccek oxidációs övében képződik. *Bastnäsit*, $(Ce,La,Nd) \cdot [F \cdot CO_3]$. Ditrigonális dipiramisos. Prizmás kristályai vannak bázis szerinti hasadással. $K = 4,5$. Sárga—sárgászöld. Bastnäs (Svédország), Mountain Pass (Kalifornia, USA), xenotimmal társul, ritka.

Hidrocercusszit, $Pb_3[OH \cdot CO_3]_2$. Dihexagonális dipiramisos. Színtelen vagy fehér. $S = 6$; $\omega = 2,09$, $\varepsilon = 1,95$. Termésólom felületén és galeniten. Csak néhány lelőhelye van.

Foszgenit (ólomszaruérc), $Pb_2[Cl_2 \cdot CO_3]$. Ditetragonális dipiramisos. Kristályai prizmásak vagy bázis szerint táblásak. Hasadás (110) sz. $K = 3$. $S = 6$. Fehér, szürke vagy sárga. Ólomércbányák másodlagos ásványa. Laurion (Görögország).

Leadhillit, $Pb_4[(OH)_2 \cdot SO_4 \cdot (CO_3)_2]$. Monoklin prizmás. A szulfátok között is szerepelt mint kettős anionú vegyület. (001) sz. táblás kristályai álhatszöges külsejűek. $K = 2,5$, $S = 6,5$. Gyöngyház-gyantafényű, sárgás vagy zöldesfehér. Oxidációs övben ólomércbányák keletkezik. Leadhills (Skócia, Anglia), Szardínia (Olaszország).

b) csoport.

Vízartalmú karbonátok

140. táblázat

Név	Összetétel	Tér csoport	a_0	b_0	c_0	$\beta \angle$	Z
Termonátrit	$Na_2CO_3 \cdot H_2O$	$D_{2h}^1 - Pmmm$	10,72	6,44	5,24		4
Szóda	$Na_2CO_3 \cdot 10 H_2O$	monoklin					
Trona	$Na_3H(CO_3)_2 \cdot 2 H_2O$	«					
Nesquehonit	$MgCO_3 \cdot 3 H_2O$	$D_{2h}^1 - Pmmm$	7,68	11,93	5,39	101°45'	
Lansfordit	$MgCO_3 \cdot 5 H_2O$	monoklin	12,48	7,55	7,34		
Gaylussit	$Na_2Ca(CO_3)_2 \cdot 5 H_2O$	monoklin					
Hidromagnezit	$Mg_5[OH \cdot (CO_3)_2]_2 \cdot 4 H_2O$	$D_{2h}^1 - Pmmm$					
Sjögrenit	$Mg_6Fe_2[(OH)_{16} \cdot CO_3] \cdot 4 H_2O$	hexag.					

Termonátrit. Rendszerint lisztszerű kivirágzás Egyiptom, India (Kalifornia, USA), nátrontavai környékén.

Szóda, nátrit, sziksó. $Na_2CO_3 \cdot 10 H_2O$. Monoklin prizmás. A természetben többnyire szemcsés, lisztszerű, kéregszerű bevonat alakjában vagy vízben oldottan ismeretes. Kristályosítva (100) sz. hasad, $K = 1-1,5$. $S = 1,45$. Üveg-

fényű. Levegőn porrá (termonátrittá) hull szét. 32°-on saját vizében megolvad. Alföldünkön, Duna—Tisza között szikes kivirágzás. Egyiptom, Amerika nátrontavaiból is kiválik. Friss lávakőzeteken is keletkezik.

Trona, monoklin prizmás. Ortotengely szerint nyúlt kristályok ritkák, inkább rostos bekéregzés. Levegőn eléggé állékony. Nátrontavakban és azok partjain sós kiválás. Venezuelában bővebben is keletkezik (urao).

Nesquehonit, rostos halmaz, lansforditból keletkezett.

Lansfordit, a pennsylvániai (USA) Lansford antracitbányájában cseppkőszerű képződmény. *Gaylussit*, a monoklin klinotengely szerint nyúlt kristályai vannak. Hasadása (110) sz. igen jó. Üvegfényű, színtelen. $K = 2,5$. Szódás tavak partján és a levált iszapban. főleg a venezuelai uraoval (tronával) keverten.

Hidromagnezit $Mg_3[OH \cdot (CO_3)_2]_2 \cdot 4 H_2O$. Rombos dipiramisos. Hótehér, cseppkőszerű bekéregzések, gumók. $K = 3,5$. Savakban pezsgéssel oldódik. Szerpentin átalakulási terméke. Berzasca (Berzászka, Bánság, Románia); Kraubat (Stájerorsz., Ausztria). Periklásból utólagosan is keletkezik. Predazzo (Dél-Tirol, Olaszorsz.). *Sjögrenit*, inkább hidroxidnak tekinthető. Fehér vagy sárga, bázis szerint táblás kristályok. $K = 2,5$. Hidrotermás termék, Långban (Svédorsz.).

C. ALOSZTÁLY

NITRÁTOK

Kizárólag a Föld felszínén keletkezett vegyületek, melyeknek a gyökionos szerkezetek között a legkifejezettebben heteropoláros természete van. A kis elektrovalenciájú NO_3 -anion méretre a CO_3 -ionnal egyezik, s így rácsszerkezeti-
leg a nitrátok egészen a karbonátok mintájára épülnek fel. A két legfontosabb nitrát: a NaNO_3 és KNO_3 teljesen izotíp a kalcittal, illetőleg aragonittal. A kis ionrádiuszú Na^+ nitrátja kalcitrácsú, a nagy K^+ -ion pedig az NO_3 -ionnal rombos szerkezetté épül össze. De a kisebb vegyértékviszonyok folytán a keménység az izotíp karbonátokénál lényegesen kisebb; külsejükben söneműek, víztiszták, vízben könnyen oldódnak. Néhány természetes jodátvegyület szintén a nitrátok alosztályába sorolható be.

Nátronsalétrom (nitratin), NaNO_2 . Ditrigonális szkalenoéderes. $D_{3d}^6 - R\bar{3}c$. Izotíp a kalcittal. A rácállandók: $a_r = 6,48$, $\alpha_r = 102^\circ 40'$ (vö. kalcit). A természetben szemcsés-kristályos halmazokban ismeretes. Mesterséges kristályain csak az $(10\bar{1}1)$ törzsromboéder és esetleg a (0001) lap jelenik meg. Hasadása $(10\bar{1}1)$ sz. kitűnő, (0112) sz. ikersiklatása van. $K = 1,5$. $S = 2,25$. Üvegfényű, színtelen. Negatív kettőtörése erősebb a kalciténál. $\omega_{Na} = 1,587$, $\epsilon_{Na} = 1,336$. Vízben könnyen oldódik, 308°C -on megolvad.

Legnagyobb felszaporodása Chilében van, ahol az Atacama-sivatagban közel 600 km hosszan 1,5—2 m vastag telepet alkot. Más sönemű anyagok is társulnak vele, különösen jodátok emelik az értékét. Korábban a belőle készült kálisalétrom- (illetőleg lőpor-) gyártás miatt a legkeresettebb ásványi nyersanyagok egyike volt. Újabban a mesterségesen (levegőből) gyártott salétromsav és nitrátok előállítására főleg jódkinyerés és műtrágya céljaira fejtik. Hasonló de kisebb telepek vannak a Szovjetunióban, Egyiptomban, Kaliforniában (USA). Nedves falakon, vakolaton, nátronban dús talajok felszínén fehér kivirágzásként ismeretes.

Kálisalétrom, KNO_3 . Rombos dipiramisos. $D_{2h}^{16} - Pcmn$. Az aragonittal egyező rácsa van. $a_o = 5,42$, $b_o = 9,17$, $c_o = 6,45$ (vö. aragonit-sor). Természetben tű alakú, hajszálszerű halmazokban vagy lisztszerű bevonatokban keletkezik. A mesterséges kristályok termete egészen az aragonitéhoz hasonló. Ikrek (110) sz. Hasadás (110) és (010) sz. $K = 2$. $S = 1,9$ — $2,1$. Üvegfényű, színtelen, $\alpha = c$, $\gamma = b$, negatív, $n_\beta = 1,504$. Vízben oldódik, de kevésbé jól, mint a NaNO_3 . Melegítéskor 128° -on metastabilis kalcitrácsú módosulatba változik át, további hevítéskor megolvad.

Meleg éghajlatú területeken mint felszíni kivirágzás gyakori ásvány: India, Egyiptom, Spanyolország. Némileg nagyobb telepet Bolíviában alkot. Nálunk az Alföld egyes tájain kivirágzásként megtalálható. Lőporgyártás és számos ipari alkalmazás céljaira korábban nátronsalétromból szilvinnel állították elő. Ma túlnyomóan mesterséges úton, kálisókból készül.

Mészsalétrom, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$. Monoklin. Némely mészkőbarlang falán selymesfényű kivirágzás. *Baritsalétrom*, $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$, szabályos, chilei salétromhoz társul.

Darapskit, $\text{Na}_3[\text{SO}_4 \cdot \text{NO}_3] \cdot \text{H}_2\text{O}$, monoklin. Ugyancsak a chilei salétromtelepek ásványa.

Jodátok

Lautarit, $\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$. Monoklin. Sárgás, tús kristályok a chilei Atacama salétromtelepében. A jódkinyerés egyik fontos ásványa.

Dietzeit, $\text{Ca}_2[\text{CrO}_4 \cdot (\text{IO}_3)_2]$. Monoklin. Rostos-szálás, sötét aranyárga halmazok a chilei salétromban.

HALOGENIDEK

A természetes halogenidek túlnyomó többségében majdnem teljesen ionos kapcsolódás valósul meg. Az anion egyértékű halogén, melyhez főképpen a periódusos rendszer két bal szélső oszlopában levő alkáli- és alkáliföldfém-ionok kapcsolódnak. E könnyűfémek közepes méretük és kis töltésük következtében az anionra polarizáló hatást alig gyakorolnak, s így „valódi” heteropoláros kapcsolódás jön létre. Ezek az ásványok viselkedésükben egészen söneműek, színtelenek vagy gyengén színezettek, vízben nagy részük könnyen oldódik; kis fajsúlyúak és fénytörésük is gyenge.

A sokkal kisebb jelentőségű nehézfém-halogenidekben a kisebb kationméret (és esetleg nagyobb töltés) folytán bizonyos ionpolarizáció is érvényesül, tehát némi kovalens kötésjelleg is mutatkozik. Ezeket a ritka halogenideket nagyobb fajsúly, esetleg idiokromás színeződés, nagyobb törésmutató, s így erős fény, valamint kisebb oldékonyság jellemzi.

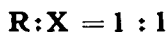
A halogénvegyületek viselkedésében az anion minősége szerint is vannak fokozatok; viszonylag ellenállóbb és nagyobb szilárdságú szerkezet a legkisebb rádiuszú F-ionnal (1,33 Å) jön létre. A többi halogén ionrádiusza mind nagyobb, és vegyületeik kémiai stabilitása általában a $\text{Cl}^- < \text{Br}^- < \text{I}^-$ ionrádiusz-növekedés szerint csökken. Egyébként a fluoridok keletkezése eltér a többi halogénvegyületekétől. A fluor, főképpen Ca-mal alkotott önálló haloidsóként magmás (pneumatolitos—hidrotermás) folyamatok terméke. A klór ugyanakkor e magmás folyamatok során legfeljebb pótanionként kerül egyes kristályvegyületekbe, és nagyobb mennyiségű elsődleges felszínrejutása csak a vulkáni exhalációk során következik be. Nagyrészt ebből származik a tengervíz klórtartalma, ill. a bepárlódásos sótelepekben önálló vegyületként történő másodlagos felhalmozódása. A másik két, lényegesen kisebb jelentőségű halogén elem ugyancsak másodlagos képződésekből ismeretes.

A halogénvegyületek kristálykémiaiailag egyszerű és kettős vagy összetett haloidsókra oszthatók, és ide kell besorolni — harmadik alosztályként — az oxidos és hidroxidos haloidsókat is.

A. ALOSZTÁLY

EGYSZERŰ HALOGENIDEK

a) csoport.



Az egyszerű halogenidek fém: halogén = 1:1 arányú vegyületcsoportjában az AB típusú kristályszerkezetek gyakoribb illeszkedései valósulnak meg. Legjellemzőbb természetesen a kősórács, de ezenkívül a szfalerit- és wurtzit-, valamint a CsCl-típus is képviselve van.

 α)-sor. Kősórácsúak

141. táblázat

Név	Összetétel	Tér csoport	a_0	Z
Kősó	NaCl	} $O_h^s - Fm3m$	5,628	4
Szilvin	KCl		6,28	4
Kerargirit	AgCl		5,54	4
Bromargirit	AgBr		5,76	4
Villiumit	NaF		4,62	4

 β)-sor. Szfalerit-rácsúak

Név	Összetétel	Tér csoport	a_0	c_0	Z
Nantokit	CuCl	$T_d^2 - F\bar{4}3m$	5,41		4
Marshit	CuI	$T_d^2 - F\bar{4}3m$	6,05		4
Jodargirit	AgI	$C_{6v}^4 - P6_3mc$	4,58	7,49	2

 γ)-sor. Vegyes rácsúak

Név	Összetétel	Tér csoport	a_0	c_0	Z
Szalmiák	NH_4Cl	$O_h^s - Pm3m$	3,86		1
Kalomel	HgCl	$D_{6h}^{17} - I4/mmm$	4,45	10,89	4

Kősó, halit, NaCl. Szabályos holoéderes. Rácsszerkezete egyike a legismertebbeknek (165. old.). Kristályain leggyakoribb forma a hexaéder. Más kristályformák alárendelten és legtöbbször az oldatban levő idegen társionok jelenlététől függően alakulnak ki. Gyors növekedés esetén bemélyedt lapú vázkristályok keletkeznek. Nagyobb tömegekben szemcsés, leveles-rostos kialakulás gyakori. A tömeges kősó és a fennőtt kristályok folyadék- és gázzárványokat tartalmaznak. Hasadása kocka szerint kitűnő. Az (110) forma lapjai transzlációs síkok. Ezért a kősó, különösen nagyobb (200 C°) hőmérsékleten, képlékeny viselkedést tanúsít. $K = 2$. $S = 2,1-2,2$. Üvegfényű, átlátszó, színtelen, de különféle anyagok színezhetik: finom eloszlású agyagtól szürke, vasvegyületek rózsásra, sárgára, vörösre, barnásra, a bitumen feketére festi. Nagyon gyakori a foltos ultramarinkék színeződés, a jelek szerint ezt szabad nátriumionok okozák. E szín mesterségesen is előidézhető Na-gőzben való hevítéssel. Fénytörése közepes, $n_{\text{Na}} = 1,545$. Olv. p. 800 C°. Vízben jól oldódik. A kék színű kősó fluoreszkál. Tiszta állapotban nem higroszkópos, de ha Mg-sókkal szennyezett, erősen nedvszívó.

Képz. A kősó tömegesen a kősótelepekben halmozódik fel. E telepek fekvőjét rendszerint gipsz és anhidrit rétegek alkotják, majd a fedőrést Mg- és K-sók kristályosodnak ki. A Kárpát-övezeten belül és kívül a miocén tenger üledékeként jelentős felhalmozódás történt. Ocna Slatina (Aknaszlatina), Ocna Șugatag (Aknasugatag, Máramaros), Rónaszék (Coștiui) Dej (Désakna), Ocna Mureș (Marosújvár), Turda (Torda), Parajd, Szováta, Ocna Sibiului (Vízakna, Erdély, Románia). Lengyelországban Wieliczka; Kalus (Kalusz, Ukrajna, SZU), Románia olajvidéke. Triász időszakból valók az alpesi Salzkammergut (Ausztria) telepei, a spanyolországi sótelepek egy része. Európa egyik legnagyobb sótelepe a németországi Magdeburg—Stassfurt környékén levő permkori, kálisókat is tartalmazó üledékösszet. Az Ural környékiek közül ugyancsak permkori Szolikamszk sótelepe.

Sivatagos területeken kivirágzásként szintén jelentős kősófelhalmozódás történhet: Kirgiz-sztyeppék, Kaspi-tó környéke (SZU).

Kisebb mennyiségű vulkánok exhalációs termékeként is keletkezhet.

Szilvin, KCl. Kősórácsú, szabályos holoéderes, kockás termetű kristályain gyakrabban megjelenik az oktaéder is. Rendesen vaskos, pátos, szemcsés, (100) sz. kitűnően hasad. $K = 2$. $S = 1,9-2,0$. Üvegfényű, átlátszó, gyengén opalizáló. Színtelen, néha vörösre, sárgára színezett. Na-gőzben ibolyáskékre változik. Fénytörése kisebb a kősóénál: $n_{\text{Na}} = 1,490$. Olv. p. 771 C°. Vízben oldódik, nem nedvszívó. NaCl-dal közönséges hőmérsékleten nem alkot elegykristályt, de olvadékban vagy 460 C°-on felül hézag nélküli elegykristály-képződés jön létre.

Képz. Egyes kősótelepek fedőréstében nagyobb mennyiségben mint az anyalúg utolsó kiválási terméke szaporodott fel: Stassfurt (Németorsz.), Kalus (Kalusz, Ukrajna), Szolikamszk (Ural, SZU), Barcelona (Spanyolorsz.), Chile, Peru.

Kerargirit, AgCl. Kősórácsú, szabályos. Lágú, vágható, kalapálható. A könnyű transláció miatt képlékeny, de nem hasad. $K = 1,5$. $S = 5,5$. Gyémántos zsírfényű (szaruezüstérc). Frissen víztiszta, színtelen, napfényen szürkessé, fénytelené válik. Rendesen kéregszerű bevonat. Ezüstérctelepek oxidációs övében, főleg száraz éghajlat alatt gyakoribb. Rodna (Radna, Erdély, Románia), Érchegység (Németorsz., Csehszl.), Mexikó, Peru, Chile.

Bromargirit, AgBr, szabályos, kősórácsú. Külsejében hasonlít a HgCl-hoz. Többnyire kéregszerű bevonat. Engedékeny, vágható. $K = 2$. $S = 5,9$. Erős viaszfénye van; borostyánkőszárga, néha zöld vagy fekete. Gyakoribb nála az Ag(Cl,Br) *embolit*, mely a kerargirit és bromargirit izomorf elegye. Chile, Mexikó ezüstércsein néha nagyobb tömegben is képződik.

Villiaumit, NaF. Gyengén torzult kősórácsa van, karminvörös vagy ibolyás színű. $n = 1,328$. Los-sziget (Guineai Közt.) eleolitszienitjében fordul elő.

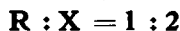
Nantokit, CuCl. Szabályos, szfalerit-rácsú. $K = 2-2,5$. $S = 3,9$. Színtelen, zöldesszürkés. Gyantafényű. Levegőn megzöldül és atakamittá alakul át. Chile.

Marshit, CuI, ugyancsak szfalerit-szerkezetű. $K = 2-3$. $S = 5,7$. Sárga—barna—tégla-vörös. Fénytörése erős ($n = 2,35$). Chile, Ausztrália.

Jodargirit, AgI. Wurtzit-rácsú, hexagonális hemimorf. $K = 1-1,5$. $S = 5,6$. Sárga-zöld-barna. Erős csillogású, gyantafényű. 146°C -on szfalerit-rácsúvá változik át. Chile, Mexikó, Broken Hill (Ausztrália).

Kalomel, HgCl. Tetragonális holoéderes. Apró kristályai prizmás, táblás vagy dipiramisos termetűek. Leginkább bekérgezés. Vágható, gyémántfényű, színtelen, levegőn barnásszürkére változik. Erős diszperziója és kettőtörése van $\omega_{Na} = 1,974$, $\epsilon_{Na} = 2,656$. Cinnabariton keletkezik. Avala-hegy (Jugoszlávia), Almaden (Spanyolorsz.).

b) csoport.



142. táblázat

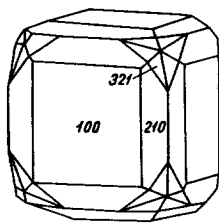
a)-sor. Fluorit-rácsúak

Név	Összetétel	Tér csoport	a_0	Z
Fluorit	CaF ₂	$O_h^c - Fm 3m$	5,45	4
Yttrifluorit	(Ca, Y)F ₂₋₃	$O_h^c - Fm 3m$	5,49	4

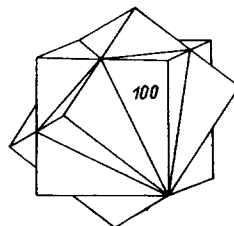
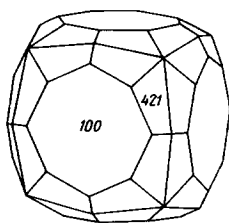
b)-sor. Vegyes rácsúak

Név	Összetétel	Tér csoport	a_0	c_0	Z
Sellait	MgF ₂	$D_{4h}^{17} - P4/mmm$	4,64	3,06	2
Lawrencit	FeCl ₂	$D_{3d}^6 - R\bar{3}m$	7,15	17,52	1
Scacchit	MnCl ₂	$D_{3d}^6 - R\bar{3}m$	7,35	17,45	1
Matlockit	PbFCl	ditetragonális dipiramisos			
Cotunnit	PbCl ₂	rombos dipiramisos			
Bischoffit	MgCl ₂ · 6 H ₂ O	monoklin prizmás			

Fluorit, folypát, CaF_2 . Szabályos hexakiszoktaéderes. A rácsszerkezet gyakori mintája az AX_2 arányú vegyületeknek (l. 166. old.). Szépen fejlett fennőtt kristályainak alakzata és bizonyos fokig színeződése is a keletkezés körülményeitől függ. Kisebb hőmérsékleten világosabb színárnyalású egyszerű kockákban jelenik meg. Pegmatitos-pneumatolitos ásványtársulásban lapokban gazdagabb kristályok keletkeznek, teltebb színeződéssel. Az ilyen kristályokon főleg az oktaéder, rombdodekaéder, tetraakiszhexaéder kombinációi szerepelnek (730. ábra). A negyvennyolcas megjelenése néha gömbszerű külsőt kölcsönöz a kristályoknak. Az oktaéderlapok felszíne legtöbbször érdes, a kockalapok parketázottak, ami apró kockaegyének tökéletlen összenövéséből ered. Ikerkristály gyakori. Ikertörvény (111), amely szerint leginkább átnövéses ikrek képződnek (731. ábra). Hasadás (111) sz. igen jó, az $\text{FCaF} \mid \text{FCaF}$ hár-



730. ábra. Fluorit



731. ábra. Fluorit-iker

mas rácssíkok szerint, az azonos töltésű fluorsíkok között jön létre. $K = 4$. $S = 3,15$. Gyenge üvegfénye van, mely rendszerint a nedves üveg felületére emlékeztet. Színe különböző. A legritkább esetben színtelen. Allokromás színezése gyakran zónás, réteges. $n_{\text{Na}} = 1,434$. Gyakori fluoreszcenciája miatt pl. áteső fényben zöld, ráeső fényben sötétibolya, a jelenséget a fluoritról nevezték el. Hevítéskor vagy röntgen- és rádiumsugárzás hatására foszforeszkál (sokszor hosszabb ideig is). Ultraibolya fényben lumineszcencia észlelhető. Hevítve pattogzik, töményebb kénsavban főzve fluorsav fejlődik.

Képz. Magmás folyamatokból széles hőmérsékleti határok között képződhet. 1. Pneumatolitos kialakulásban gyakori ásvány. Főképp az ónérc-paragenézisben otthonos. Érchegység (Németorsz., Csehszl.), de a kontaktpneumatolitos kialakulásból is ritkán hiányzik: Bánsági-bányák (Románia). 2. Hidrotermás körülmények közt szintén gyakori képződmény, helyenként önálló vastos teléritöltéseket is alkot, pl. a Velencei-hegység gránitjában. Ugyanitt Nadap mellett az andezit zeolitos üregeiben és a gyöngyösorosi (Mátra) érctelérekben is megjelenik. Kisebb hőfokú hidrotermás eredete van Budán a gellérthegyi budai márga hasadékaiban, valamint a Martinovics-hegy eocén mészkövének üregeiben, ahol hévforrásból képződött. Híresek Capnic (Kapnikbánya, Gutinbg., Románia), Banska Štiavnica (Selmecbánya, Csehszl.) fluoritjai; Wölsendorf (Bajorország, Németorsz.), Cornwall, Cumberland (Anglia). Az Ural területén és másutt számos előfordulás van.

Alk. A fluoritot a kohászatban olvadáspont csökkentésére adagolják (folyópát). Vegyiparban fluorsav-, zománc-, opálüveggyártásra használják. Víziszta fluoritból akromatikus lencsét készítenek. *Yttriofluorit*, $(Ca, Y)F_{2-3}$, fluorittal izomorf, Ce-ot, Er-ot is tartalmazhat. Egyes pegmatitokban találják. Norvégia, DNy-Afrika (Dél-afrikai Unió).

Sellait, MgF_2 . Tetragonális, rutilrácsú. Prizmás kristályai színtelenek, áttetszők. Őnérctelenen: Nyercsinszk (K-Szibéria, SZU); anhidrittel: Savoie-tart. (Franciaorsz.). *Klorokalcit*, $CaCl_2$, ugyancsak rutilrácsú. Fehér bekéregzés a Vezúvon, Etnán (Olaszorsz.), levegőn szétfolyik. *Lawrencit*, $FeCl_2$, *Scacchit*, $MnCl_2$, ditrigonális szkalenoéderes. A lawrencit meteorvasak ritka elegyrésze. *Matlockit*, $PbFCl$. Tetragonális. Színtelen, áttetsző. Gyémántfényű, táblás kristálykái galenitből keletkeztek. Matlock (Derby, Anglia). *Cotunnii*, $PbCl_2$. Rombos. Szintén nyúlt kristályai erősen fénytörők. Könnyen megolvad. Vezúv (Olaszorsz.). *Bischofit*, $MgCl_2 \cdot 6 H_2O$. Monoklin, nyúlt termetű, víziszta kristályai kálisótelepekben képződnek. Stassfurt (Németorsz.).

B. ALOSZTÁLY

ÖSSZETETT HALOGENIDEK

143. táblázat

Név	Összetétel	Térceport	a_0	b_0	c_0	$\beta \angle$	Z
Kriolit	$\text{Na}_3[\text{AlF}_6]$	$C_{2h}^s - P2_1/n$	5,46	5,61	7,80	$90^\circ 11'$	2
Elpasolit	$\text{K}_2\text{Na}[\text{AlF}_6]$	$T_h^s - Pa3$	8,09				4
Kiolit	$3 \text{Na}[\text{AlF}_4] \cdot 2 \text{NaF}$	$D_{4h}^s - P4/mnc$	7,00		10,39		2
Pachnolit	$\text{NaCa}[\text{AlF}_6] \cdot \text{H}_2\text{O}$	monoklin					
Thomsenolit		prizmás monoklin					
Carnallit	$\text{MgCl}_2 \cdot \text{KCl} \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$	$D_{2h}^s - Pban$	9,53	16,08	22,25		12

Kriolit, $\text{Na}_3[\text{AlF}_6]$. Monoklin prizmás. Szerkezete a szabályos $\text{K}_2[\text{PtCl}_6]$ típusnak felel meg. Kristályai kockás természetűek. Lapjai rostozottak. Gyakori a poliszintetikus ikerképződés. Többféle ikertörvénye van. Az egyszerű kristály is felhevítve optikailag izotróppá válik, majd lehűlés után ikerlemezrendszer jelenik meg az előzőleg homogén kristályban. Nagyobb tömegben vasos kifejlődése van. Nem hasad, nagyobb kristályokon a különböző helyzetű ikerlemezek szerint elválás jön létre. $K = 2,5-3$. $S = 2,95$. Zsíros-nedves üvegfénye van. Fénytörése feltűnően gyenge: $n_\beta = 1,339$, kettőtörése is nagyon alacsony. Hőfémér, kékesfehér, sárga vagy vöröses. Könnyen megolvad (innen a neve: kriolit = jégkő). A cc. H_2SO_4 oldja. Keletkezése pneumatolitos eredetű. Kevés helyen, de nagy tömegben szaporodott fel. Ivigtut (Grönland), ahol kassziterites gránitban sziderit, kalkopirit, pirit, szfalerit, wolframit kíséri. Pike's Peak, (Kolorado, USA), Miassz (Ural, SZU). Az alumíniumelektrolízis fontos segédanyaga. Ehhez ma már mesterségesen gyártják.

Elpasolit, $\text{K}_2\text{Na}[\text{AlF}_6]$. Szabályos. K-tartalmú kriolit. El Paso, Pike's Peak (Kolorado, USA). *Kiolit*, $3 \text{Na}[\text{AlF}_4] \cdot 2 \text{NaF}$. Tetragonális, aprószemcsés kristályok a grönlandi és urali (Miass, SZU) krioliton. *Pachnolit* és *thomsenolit* $\text{NaCa}[\text{AlF}_6] \cdot \text{H}_2\text{O}$, azonos összetételű monoklin ásványok, de tengelyarányuk eltérő. Az említett lelőhelyeken kriolittól keletkezett szemcsés bekéregzést alkotnak.

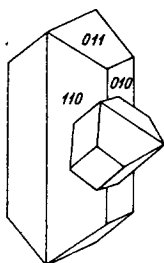
Carnallit, $\text{MgCl}_2 \cdot \text{KCl} \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$. Rombos dipiramisos. Ritkán jó kristályos, rendszerint szemcsés-vaskos halmazokban képződött. Hasadása nincsen. $K = 1-2$, $S = 1,60$. Bágyadt zsíros fénye van. Színe leggyakrabban húspiros, téglapiros, ami a benne levő hematit pikkelyéktől ered. Áttetsző, erősen kettőtörő: $n_a = 1,466$, $n_\beta = 1,493$. Vízen oldódik, sőt levegőn szétfolyik, oldata szintelen. Tömény oldatából a KCl kikristályosítható, míg a MgCl_2 tovább oldatban marad és eltávolítható. Br-ot és Rb-ot is tartalmaz, amit feldolgozásakor kinyernek.

Képz. Tengeri eredetű sótelepek felső szintjében kősóval és kieserittel jelentős rétegeket alkot (carnallit-régió). Stassfurt (Németorsz.), Szolikamszk (Ural), Kalus (Kalusz, Ukrajna, SZU).

FÜGGELÉK

OXI-HALOGENIDEK

Atakamit, $\text{CuCl}_2 \cdot 3 \text{Cu}(\text{OH})_2$. Rombos dipiramisos. Kristályai néha igen nagyok, (110) sz. prizmás természetűek. Gyakori a tús, szálas, szemcsés, vastok kifejlődés. Ikerkristály leginkább az (544) piramislap szerint képződik (731. ábra).



731. ábra.
Atakamit

Hasadás (010) sz. igen jó. $K = 3$. $S = 3,76$. Színe zöld szürkésfekete árnyalással. Gyémántos üvegfényű. $n_a = 1,831$, $n_y = 1,880$, opt. negatív, $\beta = a$. Sósavban, ammóniában oldódik.

Képz. Rézérc oxidációs övében, főleg száraz éghajlat alatt keletkezik. Helyenként értékes rézérc, többnyire malachit, brochantit, kalkozin kíséri. Chile, Peru, Bolívia, Mexikó, Tsumeb (DNY-Afrika). Gyakran malachittá változik. Így az Uralban (SZU) Karpinszk (Bogoszlovskij) mellett szép malachit pseudomorfózák kerülnek elő.

Mendipit, $\text{PbCl}_2 \cdot 2 \text{PbO}$. Rombos. Vékony, szálas kristályokból álló halmazok. Gyengén áttetsző. Ólomérceken másodlagos. Mendip Hills (Anglia).

Nadorit, PbSbO_2Cl . Az (100) sz. táblás kristályok sugarasan csoportosulnak. Gyantafénye és -színe van. Djebel Nador (Algír).

Boleit, $5 \text{PbCl}_2 \cdot 4 \text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{AgCl} \cdot 1\frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$. Tetragonális-álszabályos. Telt kék színű, erős fényű kristályok. Hasadás (001) sz. $K = 3-3,5$. Boleón, Mexikó rézérctelepén másodlagos ásvány.

ORGANIKUS VEGYÜLETEK

A szerves anyagokból álló ásványok a földkéreg felső részének képződményei. Keletkezésre a bioszféra termékei. Korszerű vizsgálatok szerint igen népes és a többi ásványosztállyal egyenrangú kategóriát alkotnak. Vannak közöttük önálló ásvány gyanánt szereplő vegyületek, melyek szerves savaknak valamely kationnal alkotott sói, de jelentős számban sorolhatók ide azok a szénhidrogének és egyéb szerves vegyületek, melyeket a szénközvetlen jól elkülöníthető elegyrészekként nevez meg. Tárgyalásukban csupán a nagyobb kategóriákra, illetőleg néhány fontosabb gyantaszzerű (bituminit) homogén anyag megemlítésére szorítkozhatunk.

A) SZERVES SAVAK SÓI

Oxalit, (humboldtin), $\text{FeC}_2\text{O}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$. Vas(II)-oxalát-dihidrát. Rombos. Kristályai prizmásak. Rendszerint hajszerű, szálás-rostos, szemcsés, földes bekegerezéseket alkot. Hasadás (110) és (010) sz. $K = 2$. $S = 2,28$. Sárga, bágyadt fényű, nem átlátszó. Karca is sárga. Opt. pozitív. $n_\alpha = 1,494$, $n_\gamma = 1,692$, $b = \beta$. Barnakőszénben: Bilina (Csehszlovákia), Almerode (Hessen, Németorsz.), Elba (Olaszorsz.), Kanada.

Whewellit, $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Kalcium-oxalát-monohidrát. Monoklin prizmás. Csakis kristályosan ismeretes. A függőleges prizmák lapjai rostozottak. Gyakori az (101) sz. szív alakú ikerkristály. Hasadás (001), (010) és (110) sz. Rideg, $K = 2,5$, $S = 2,23$. Zsírfehér-üvegfényű, színtelen, átlátszó, de szennyezés miatt gyakran opak. Opt. pozitív. $n_\alpha = 1,490$, $n_\gamma = 1,650$. $b = \beta$. Kőszéntelepeken: Dorog, Zwickau (Szászorsz., Németorsz.), Elzász (Franciaorsz.). Egyes érctelepeken is megtalálható: Recsk, Capnic (Kapnikbánya, Guttin-hg., Románia).

Oxammit, $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$. Ammónium-oxalát-dihidrát. Rombos (?). Sárgásfehér, selymes fényű apró pikkelykék. Lágú, könnyen megolvad. $n_\beta = 1,547$. Perui guanótelepeken keletkezik.

Mellit, mézkeő, $\text{Al}_2\text{C}_{12}\text{O}_{12} \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$. A benzol-hexakarbonsav (mellitsav) Al-sója. Tetragonális trapezoéderes. Kristályai zömök dipiramisok gyengén

fejlett prizma- és bázislapokkal. A bázislap felülete érdes-görbült. Hintésként, gumós-szemcsés bekérgezésben is keletkezik. Lágú, vágható. $K = 2-2,5$. $S = 1,6$. Mézsárga, gyantás üvegfényű, áttetsző. $\omega = 1,539$, $\varepsilon = 1,511$. Lángban megszenesedik, majd elég. HNO_3 és KOH oldja. Barnakőszéntelepeken: Csehszlovákia, Szászország (Németorsz.), Tula (SZU).

Julienit, $\text{Na}_2\text{Co}(\text{SCN})_4 \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$. Négyzetes. Tűs, apró kristálykái kékes színűek. $S = 1,594$. Erősen kettőtörő: $\omega = 1,556$, $\varepsilon = 1,645$. Talkpalában találják: Katanga (Zaire Közt.).

B) KŐSZÉNELEGYRÉSZEK

Részben szénhidrogének, nagyoobbrészt C-, H- és O-ból álló szerves vegyületek. SZÁDECZKY-KARDOSS E. rendszerezése szerint a fizikai sajátságok és kémiai összetétel alapján három csoportba sorolhatók.

1. Bituminitek. Elemi összetételükben kb. 8—11 s. % hidrogén van. Sárga színűek. Legkevésbé kemények, sűrűségük is kicsi. $S = 1,0-1,1$, a törésmutató kb. 1,50—1,55. Képlékenyek. Olv. p. 100—360 °C között.

E csoport egyik képviselője a *szukcinit* vagy *borostyánkő*. Összetétele kb. 78% C, 10% H és 11% O. Fenyőfélék fosszilis gyantája. Gyakran rovarzárványokat tartalmaz. Átlátszó-áttetsző. Színe mézsárga, barna, vörösbarna. A szicíliai (Olaszorsz.) darabok kékesen fluoreszkálnak. $K = 2-2,5$. $S = 1,0-1,1$, ezért a tengervízen úszik. $n = 1,53-1,54$. Dörzsöléskor negatív elektromossá válik. Hevítéskor megolvad és lánggal ég. Nagyobb mennyiségű előfordulása a Keleti-tenger partvidékén, Kalinyingrád (Königsberg, SZU) környékén van.

Hasonló, de 3—4 % ként is tartalmaz az *ajkait*. Ajka (Veszprém m.). A bituminitekhez tartozik a kristályos *fichtelit*, $\text{C}_{19}\text{H}_{34}$. Monoklin szfenoidos. Fehér, áttetsző gyöngyházfényű pikkelyekből álló halmazok és bekérgezések. $K = 1$. $S = 1,0$. Éterben oldható. Tőzegben képződik: Fichtel-hegység (Németorsz.). Hozzá hasonló a *hartit*: monoklin, fehér pikkelyek barnakőszén hasadákaiban.

2. Huminiték. Többnyire 5—6 s. % hidrogént tartalmaznak. $S = 1,2-1,35$, mikroszkópi vékonycsiszolatban barna színűek. Törésmutatójuk 1,6 körül van. A kőszének anyagának túlnyomó része a huminitékből kerül ki. A csoportot főleg *vitritfélék* alkotják.

3. Oxiniték. Kb. 3—5% H-t tartalmaznak. C-tartalmuk 61—70%, O: 20—25%. Vékonycsiszolatban feketék, átlátszatlanok. Keményebbek az előbbi csoportoknál, ridegek, sűrűségük is a legnagyobb: 1,4—1,8. Tőzeg- és kőszén-elegyrészekből oxidációval keletkeznek. Legjellegzetesebb képviselőjük a *fuzit* = fosszilis faszén.

NÉV- ÉS TÁRGYMUTATÓ*

A

- abernathyt 842, 845
achavalit 466, 482
achát 576
adamin 825, 825
adulár 780
aeschnit 615
afrosziderit 745
agalmatolit 729
aguilarit (α -, β -) 465, 470
aikinit 520, 521
ajkait 914
akantit 469
akmit 704
akroit 691
aktinolit 708, 711
akvamarin 687
alabandin 466, 477
alabástrom 867
alait 618, 848
alamosit 721
Al-andradit 656
alaskait 516
albit 781
aldanit 595
alexandrit, l. krizoberill 606
algononit 457, 458
alkáliamfibolok 708, 715
alkáliapatit, l. lewistonit
alkáliföldpátok 782
alkálituralin 690
alkáli-szulfátok 851, 851
allanit, l. ortit
allargentum 460
allemontit 441
allevardit 763
allofán 757
allopalládium 424, 435
alluaudit 816
almandin 654, 655
alsó-albit 772, 781
— (α -)krisztobalit 567, 581
— -szanidin 773
alstonit 899
altait 466, 477
aluminátszpinellek 597, 599
aluminit 869, 869
— -cianotrichit-sor 869
alumogél 625, 630
alunit 856, 857
alunogén 862, 865
amalgámok 424, 438
amazonit, l. mikroklin
ambligonit 826, 826
ametszt 575
amezit 741, 746
amfibol 713
amfibolazbeszt 712
amiant 712
amozit 710
ampangabeit 617
analbit 781
analcim 806, 806
— -phillipsit-chabazit-sor 806, 806
anapait 833, 834

* Az álló jegyekkel szedett számok az illető ásványnak a rendszerben elfoglalt helyét (táblázat oldalszámát) jelentik, a dőlt szedésűek az ásvány részletes tárgyalására utalnak.

- anataz 582, 589
 anauxit 756
 andalúzit 659, 660
 andezin, l. plagioklászok 770
 andorit 522, 522
 andradit 654, 656
 andreait 759
 anglezit 851, 855
 anhidrit 851, 852
 animikit 457, 460
 ankerit 890, 897
 annabergit 834, 836
 annit 738
 annivit 496, 497
 anoforit 715
 anomit 738
 anortit 783—788
 anortoklász 781
 — -kriptopertit 782
 antigorit 752
 antimon 425, 440
 antimonezüst 460
 antimonfakóérc 496
 antimonit 508, 508
 antimonokker 509
 antlerit 856, 857
 antofillit 708, 709
 apatit 819, 819
 — -sor 819, 819
 aplom 656
 apofillit 767
 aragonit 890, 898
 — -sor 890, 898
 arakawait, l. veszelyit
 aramayoit 466, 478
 arany 424, 429
 aranyamalgám 424, 438
 —, β - 438
 aranyberill 687
 aranykuprid 428, 432
 ardealit 862, 868
 ardennit 669
 arduinit, l. mordenit
 arfvedsonit 708, 716
 argentit (α -, β -) 465, 469
 argentojarosit 856, 858
 argentopirit 467, 486
 argirodit 466, 473
 argiopirit 467, 486
 arit 466, 480
 arizonarubin 655
 arkanzit 590
 arzenolamprit 425, 440
 arzenolit 555, 563
 — - rácsú szerkezetek 555, 563
 arzenopalladinit 457, 461
 arzenopirit 526, 535
 arzén 425, 440
 arzénfakóérc 496
 arzénkovand 535
 arzénvirág 563
 asbolan 611
 ascharit, l. szájbélyit
 aschroftin 811
 asmanit 578
 asztrakánit 862, 868
 — -sor 862
 asztrofillit 675, 679
 — -nasonit-sor 675, 679
 atakamit 912
 attapulgit, l. paligorszkit
 auerlit 658
 augelit 828, 829
 augit 697, 705
 — -félék 697
 aurichalkit 900, 901
 aurikuprid 424, 428, 432
 auripigment 539, 539
 aurostibit 525, 530
 aurozmirid 434
 austinit 827, 827
 autunit 842, 843
 avanturin 576
 aventurin 779
 awaruit 424, 436
 azbeszt, l. amfibolazbeszt,
 ill. l. krizotilazbeszt
 azurit 900, 900
 axinit 683, 684
 ákermanit 675, 676

B

- babérc 630
 babingtonit 721, 722
 baddeleyit 590, 591

- balasrubin 599
 Ba-muszkovit 734
 banalsit 789
 barilit 675
 báriumföldpátok 788—789
 bársonyvasérc 627
 bariszilit 675, 676
 barit 851, 854
 — -sor 851, 853
 baritokalcit 890, 899
 baritsalétrom 904
 barkevikit 708, 715
 barnakő 588
 barnaólomérc, l. piromorfit
 barnapát 897
 barnavasérc 629
 barnavaskobak 630
 barnavaskő 629
 bassanit 867
 bassetit 842, 843
 bastit 698
 bastnásit 900, 901
 batavit 765
 baumhauerit 515, 515
 bavalit 743
 bavenit 693
 bazaltos amfibol 708, 714
 — augit 705
 bayerit 622, 624
 becquerelit 631, 632
 beidellit 762
 benitoit 682, 682
 benjaminit 522, 523
 bentonit 762
 berill 685, 685
 berillonit 815
 — -sor 815, 815
 berlinit 815
 berthierit 519, 519
 bertrandit 722
 berzelianit 465, 470
 betafit 616
Betehtin, A. G. 475
 betechtinit 466, 475
 bieberit 861, 863
 billietit 631, 632
 biotit 728, 737
 — -sor 728, 736
 bischofit 908, 910
 bisszolit, l. amfibolazbeszt
 bituminitek 914
 bizmit 555, 564
 bizmut 425, 441
 bizmutfakóérc 496, 497
 bizmutin 508, 510
 bizmutokker 564
 bizmutotantalit 612, 613
 bizmut-tellurid 503, 507
 bixbyt 555, 565
 — -rácsú szerkezetek 555, 565
 blockit 529
 blomstrandin 615
 — -euxenit-sor 615
 blödit, l. asztrakanit
 bobierit 834, 834
 — vivianit-sor 834—836
 boleit 912
 bolivián 516, 517
 bolusfélék 758
 boothit 861, 864
 boracit 882, 889
 bórax 881, 886
 bornhardtit 468, 502
 bornit (α -, β -) 466, 473
 borostyánkő 914
 bórsav 624
 borsókő 895, 899
 bort 447
 botriogen 869, 870
 boulangerit 511, 513
 bournonit 520, 520
 bowlingit 649
 böhmit 625, 630
 braggit 468, 501
 brammalit 759
 brandisit 740
 brandtit 836
 brannerit 615
 braunit 555, 566
 bravoit 525, 529
 brazilianit 828, 830
 breithauptit 466, 480
 breunnerit 896
 brewsterit 805
 britholit 819, 824

brochantit 856, 857
 — -félék 856
 bromargirit 906, 908
 bromellit 551, 553
 bronzit 696, 698
 brookit 582, 590
 bröggerit 595
 brucit 620, 620
 brunsvigit 746
 brushit 837
 bucklandit 668
 bunsenit 551, 552
 burkeit 856, 859
 bustamit 717, 719
 bytownit, l. plagioklászok

C

Ca-amfibolok 710, 714
 cabrerit 836
 Ca-gránátok 654, 655—656
 cahnit 881, 885
 calaverit 458, 463
 caledonit 856, 859
 canaanit, l. diopszid
 cancrinit 795
 canfieldit 466, 473
 cannizarit 514, 514
 cappelenit 682, 683
 carnallit 911, 911
 carnegieit 791
 carnotit 846, 846
 carrolit 502, 502
 cattierit 525, 529
 celzián 789
 cementit 437
 cementréz 428
 cerianit 590, 591
 cerit 667, 669
 ceriumepidot, l. ortit
 cerusszit 890, 899
 cesarolit 611
 chabazit 806, 808
 chalkantit, l. kalkantit
 chalkostibit 519
 chamosit 741, 746

chathamit 526, 538
 chiaszolit 660
 childrenit 838
 chilénit 457, 460
 cianit 660, 661
 cianotrichit 869, 870
 cilindrit, l. kylandrit
 cinkfauserit 864
 cinkgálic, l. goslarit
 cinkit 551, 553
 — -sor 553
 cinkmellit, l. hardystonit
 cinkpát, l. smithsonit
 cinkspinell 600
 cinnabarit 468, 500
 cinóber 500
 ciprin 670
 cipruszi umbra 630
 cirkon 657, 657
 citrin 575
 clarkeit 631, 633
 claudetit 555, 564
 clausthalit 466, 477
 cleveit 595
 cliftonit 450
 clintonérc 560
 clintonit 728, 740
 coesit 567, 579
 coffinit 657, 659
 cohenit 424, 437
 colemanit 882, 888
 collinsit 836
 coloradoit 467, 490
 columbit, l. kolumbit
 colusit 468, 498
 cooperit 468, 501
 copiapit 869, 870
 coquimbit 862, 865
 cordierit 685, 687
 corkit 856, 859
 cornwallit, l. erinit
 coronadit 610, 611
 corvusit 618
 cosalit 514, 514
 cotunnit 908, 910
 coulsonit 604
 covellin 502, 505
 cölestin 851, 854

crandallit 828, 830
 crednerit 606
 crichtonit 561
 cronstedtit 741, 746
 crookesit 465, 472
 crossit 716
 cubanit 467, 486
 cummingtonit 708, 710
 — -sor 708, 709
 cuprit, l. kuprit
 cuprobizmutit 519, 519
 curit 631, 634
 cuspidin 675, 679
 cyrilovit 840

Cs

cseh gránát 655
 cseppkő 895
 csiklovait 503, 507
 csillanópát 698

D

d'Achiardit 805
 dafnit 741, 746
 dahllit 822
 dalyit 693
 danait 536
 danalit 795
 danburit 789
 dannemorit 710
 darapskit 904
 dárdakovand 533
 datolit 671, 671
 — és rokonsága 671
 daubrээelit 468, 502
 davyn 796
 delafossit 551, 554
 delessit 741, 746
 delorenzit, l. euxenit-sor 616
 demantoid 656
 descloizit 827, 828
 devindtit 845, 846
 dezmin 804, 805

diabantit 741, 746
 diaforit 522, 523
 diallág 697, 704
 diaszpor 625, 625
 dichroit 688
 dickit 754, 754
 didimolit 693
 dienerit 457, 458
 dietrichit 861, 864
 dietzeit 904
 digenit 471
 dillnit 627
 dimorfin 539, 539
 diopszid 697, 701
 — -félék 697
 dioptáz 685, 692
 dipir 796
 disanalit 607, 608
 diszkrazit 457, 460
 disztén 660
 djalmait, l. mikrolit 617
 dolerofanit 856, 856
 dolomit 890, 897
 domeykit (α -, β -) 457, 458
 drávit 690
 dúckvarc, l. jogarkvarc
 dufrenit 828, 829
 dufrenoysit 515, 515
 dumontit 845, 846
 dumortierit 672, 672
 — -félék 672
 durangit 827, 827
 duttonit 618

E

eastonit 738
 eckermanit 716
 edenit 708, 712
 edingtonit 802, 803
 egin 697, 703
 egininaugit 703
 elbait 690
 elektrum 424, 432
 eleolit 791
 ellestadit 819, 823
 elpasolit 911, 911

elpidit 693
 embolit 908
 emplektit 519, 519
 empressit 458, 462
 enalit 658
 enargit 467, 484
 enigmatit 709, 717
 ensztatit 696, 697
 enszteniit-sor 697—699
 eoszforit 838
Eötvös L. 518
 epidezmin, l. epistilbit
 epididimit 768
 epidot 667, 667
 — -sor 667, 667—670
 epiantinit 631, 631
 epistilbit 804, 805
 epistolit 665
 epsomit 861, 864
Erdélyi J. 621, 866, 751
 erinit 828, 829
 erionit 809
 eritrit 834, 835
 eschwegeit, l. euxenit-sor 616
 eskebornit 468
Eskola, P. 635
 eskolait 554, 561
 esztrich-gipsz 868
 ettringit 869, 870
 euchroit 837
 eudialit 682, 683
 eudidimit 768
 eukairit 466, 473
 euklász 768
 eukolit 683
 eukrazit 658
 eukriptit 645, 646
 eulit 699
 eulitin 659
 euxenit 616
Evans, R. C. 635
 evansit 839
 ezüst 424, 428
 ezüstamalgám (α -, γ -) 438
 ezüstfakóérc 496, 497
 ezüstkovandok 486
 ezüst-szulfosók 516

F

faheyit 831
 fairfieldit 836
 — -struvit-farmakolit-sor 836—837
 fakóércfélék 468, 495
 fakolit, l. chabazit
 falkmanit 513
 famatinit 494
 faopál 531
 farmakolit 837
 farmakosziderit 840
 fás ón 586
 fassait 697, 704
 faujasit 798, 810
 fauserit 861, 864
 faustit 839
 fayalit 648, 649
 fehér Ni-kovand 534
 fehér tellúrérc 463
 fehérvasérc 869
 fekete higanyszulfid 490
 feketerez 553
 fekete vasszurokérc 630
 felső-albit 772, 773, 781, 782
 felsőbányit 869, 869
 felső- (β -) krisztobalit 567, 568
 — (β -) kvarc 567, 568
 — -szanidin 773, 781, 782
 — (β_2 -) tridimit 567, 568
 fenakit 645, 645
 fengit 734
 ferberit 872, 873
 ferghanit 846, 846
 fergusonit 612, 612
 — -szerkezetek 612
 fermorit 823
 ferriákermanit 678
 ferriedenit 708
 ferrierit 805
 ferrihastingsit 708, 714
 ferripaligorszkit, l. pilolit
 ferritremolit 708, 714
 ferritpinellek 597, 600
 ferroaktinolit 711
 ferroedenit 708, 713
 ferrohastingsit 708, 713
 ferrohipersztén 699

ferrosalit, l. diopszid 701
 ferroselit 525, 534
 ferrotórit 658
Fersman, A. J. 621
 fersmanit 665
 fersmit, l. euxenit-sor 616
 fészűskovand 533
 fibrolit, l. szillimanit
 fichtelit 914
 fireclay 754, 756
 fizélyit 522, 522
Fjodorov, I. S. 787
 flint 576
 flogopit 728, 736
 flokit, l. mordenit
 fluoborit 880, 885
 fluorapatit, l. apatit
 fluorit 908, 909
 folypát, l. fluorit
 formanit 612, 613
 forsterit 648, 649
 foszfofillit 833, 833
 foszforit 823
 foszfulvanit 845, 846
 — -félék 845, 846
 foszgenit 900, 901
 fosszilis faszén, l. fuzit
 fourmarierit 631, 633
 fowlerit, l. rodonit 721
 franckeit 522, 524
 francolit 822
 franklinit 597, 602
 freboldit 466, 482
 freibergit 496, 497
 freieslebenit 522, 523
 frenzelit 510
 freyalit 658
 frieseit 467, 486
 fritzscheit 845
 frohbergit 526, 534
 frondelit 828, 829
 froodit 530
 fuchsit 735
 fulgurit 567, 580
 fuzit 914
 fülöppit 511, 511
 füstkvarc 575

G

gadolinit 671, 671
 gahnit 597, 600
 galaxit 597, 600
 galenit 466, 475
 galenobizmutit 514, 514
 gallit 467, 493
 ganofillit 748
 ganomalit 675, 680
 garnierit 649
 garrelsit 672
 gaylussit 901, 902
 gálicfélék 861, 863
 gálma, l. smithsonit
 gehlenit 675, 677
 gédrít 708, 709
 geikielit 554, 562
 gélpírit 529
 genthelvin 795
 geokronit 515, 516
 germanit 468, 497
 gersdorffit 525, 531
 gerstleyit 539, 541
 gibbsit 622, 622
 gibbsitit 624
 gipsz 862, 866
 — és rokonsága 862, 866
 gismondin 811
 gladit 520, 521
 glaserit 851, 851
 „Glaskopf” 630
 glauberit 851, 852
 glaubersó, l. mirabilit
 glaukochroit 650, 651
 glaukodot 526, 536
 glaukofán 708, 716
 — -félék 716
 glaukonit 728, 735
 gmelinit 806, 809
 goethit 625, 627
 gonnardit 802, 803
 gonyerit, l. kloritok 743
 gorceixit 828, 830
 gordonit 838
 goslarit 861, 864
 goyazit 828, 830
 grafit 425, 448

grafitit 450
 graftonit 817
 grammatit, l. tremolit
 grandidierit 672, 672
Grasselly Gy. 507
 gratonit 515, 516
 gránátok 653—656
 greenalit 741, 748
 greenockit 467, 484
 greenovit, l. titanit 665
 grochaut 716
 grosszulár 654, 655
 grothit, l. titanit 665
 groutit 625, 627
 grünerit 708, 710
 grünlingit 503, 507
 guadalcazarit 490
 guanajuatit 508, 510
 guarinit, l. hjordahlit
 gudmundit 526, 536
 guejarit 519
 gummit 633
 gümbelit, l. illit

Gy

gyepvasérc 630
 gyémánt 425, 445

H

haddamit, l. mikrolit 617
 hagendorfit 816
 — -sor 816
 haidingerit 837
 hajkovand 482
 halit 906, 906
 halloysit 754, 757
 halotrichit 861, 864
 hambergit 882, 888
 hamlinit, l. goyazit
 hammarit 520, 521
 hancockit 668
 hanksit 856, 859
 hardystonit 675, 676
 harmotom 806, 807

harstigit 675, 679
 hartit 914
 hastingsit 708, 712
 hastit 525, 534
 hauchecornit 457, 459
 hauerit 525, 530
 hausmannit 604, 605
 — -rácsú szerkezetek 604
 häüyn 794, 794
 hawleyit 467, 490
 heazlewoodit 457, 459
 hectorit, l. saponit
 hedenbergit 697, 702
 hedleyit 503, 507
 hegyiarany 430
 hegyibőr 712, 751, 766
 hegyikristály 575
 hegyiparafa 712, 766
 heliodor, l. berill 687
 hellandit 665
 heliotrop 576
 helvin 795
 hematit 554, 558
 hemimorfit 675, 680
 — -sor 675, 680
 hengleinit 529
 hercinit 597, 600
 herderit 826, 826
 — -ambligonit-sor 826, 826
 herzenbergit 466, 478
Hess A. 462
 hessit (β -) 457, 461
 hessonit 655
 hetaerolit 604, 605
 heteromorfit 511, 512
 heterozit 816
 heulandit 804, 804
 — -sor 803—805
 hewettit 848
 hexaedrit 437
 hexastannit 494
Hey, M. H. 743
 hiacint 657
 hialit 581
 hialofán, l. celzián
 hialosziderit 648, 650
 hiddenit, l. spodumen
 hidrargillit, l. gibbsit

hidrobiotit, l. illit
 hidrocalumit 637
 hidrocerussit 900, 901
 hidrocinkit 900, 901
 hidrofán 581
 hidroflogopit, l. illit
 hidromagnezit 901, 902
 hidromuszkovit, l. illit
 hidroparagonit, l. illit
 hidrotroilit 482
 hidroxilambligonit, l. montebrasit
 hidroxilapatit 819, 819
 higany 424, 438
 higányfakóérc, l. schwazit
 higánymájérc 501
 higginsit, l. konikalkit
 hilgardit 882, 888
 hinsdalit 856, 858
 hipersztén 695, 698
 hjortdahlit 665
 holdkő, l. adulár
 hollandit 610, 611
 holmquistit 708, 709
 Holzzinn 586
 homilit 671, 671
 hopeit 833, 833
 — -ludlamit-sor 833, 833
 horobetsuit 510
 horsfordit 457, 458
 hortonolit 648, 650
 högbomit 554, 558
 hörnesit 834, 834
 humboldtin, l. oxalit
 humit 651, 653
 — -sor 651
 huntilit 457, 460
 huntit, l. dolomit
 hurlbutit 816
 hutchinsonit 522, 522
 huttonit 657, 659
 hübnerit 872, 873
 hünerkobelit 816

I

iantinit 631, 631
 idokrász, l. vezuvián

ikrakő, l. oolit
 illidrocillám, l. illit
 illit 759
 ilmenit 554, 561
 ilsemanit 619
 ilvait, l. lievrit
 inderborit 881, 885
 inderit 881, 885
 indialit 685, 688
 indigolit 691
 inesit 722
 inyoit 881, 886
 írásérc, l. szilvanit
 iridium 424, 434
 ishikawait, l. samarskit
 isokit 827, 827
 itabirit 561
 ivaarit 656
 izlandi pát 895
 izostannit 494

J

jadeit 697, 703
 jaipurit 466, 482
 jakobsit 597, 602
 jalpait 466, 473
 jamesonit 511, 512
 jarosit 856, 857
 jáspis 576
 jafferisit 765
 jeffersonit 702
 jég 548
 jeremejevit 880, 883
 jodargirit 906, 908
 jodátok 904
 jogarkvarc 576
 johannit 869, 871
 johannsenit 697
 johnstrupit 666
 jordanit 515
 joseit 507
 josephinit, l. awaruit
 julienit 914

K

- kaersutit 715
 kahlerit 842, 844
 kainit 869, 870
 — -sor 869
 kainosit 683, 684
 kakoxén 838
 kalamin, l. hemimorfit
 kalaverit, l. calaverit
 kalcedon 576
 kalciotórit 658
 kalcit 890, 893
 — -sor 890, 892, 893—897
 kalciumamfibolok 708, 710
 kaledonit, l. caledonit
 kaliborit 881, 887
 káliföldpátok 777
 kalinit 862, 865
 kaliofilit 791
 kálsalétrom 903
 kálithomsonit, l. aschroftin
 kálitimsó, l. kalinit
 kalkantit 861, 863
 kalkofanit 630
 kalkofillit 839
 kalkolamprit, l. piroklor 617
 kalkopirit 467, 491
 kalkopirrhotin 492
 kalkostibit, l. chalkostibit
 kalkotrichit 550
 kalkozin 470
 kalkozin (α -, γ -) 465, 470
 kallait, l. türkisz
 kallilit 525, 532
 kalomel 906, 908
 kalszilit 791
 kamacit 437
 kämmererit 741, 746
 kankrinit, l. cancrinit
 kaolinit 754, 754
 kapnicit, l. wavellit
 kaprubin 655
 karbonádo 447
 karbonátapatit 819, 822
 karelianit 554, 561
 karfolit 722
 karfosziderit 858
 karnallit, l. carnallit
 karneol 576
 karnotit, l. carnotit
 kasoit 789
 kasolit 674
 kassziterit 582, 586
 katapleit 682, 683
 katoforit 715
 keatit 567, 579
 keilhauit, l. yttrotitanit
 kék agyag 835
 kék azbeszt, l. krokidolit
 kékkvarc 576
 kékpát, l. lazulit
 keleti gránát 655
 kelifit 655
 kén 443
 kén (α -) 425, 443
 kén (β -, γ -) 425, 443, 445
 kénkovand, l. pirit
 keramohalit, l. alunogén
 kerargirit 906, 908
 kerékérc, l. bournonit
 kermezit 541
 kernit 882, 888
 kerstenit 851, 855
 keserűsó, l. epsomit
 kieserit 861, 863
 — -félék 861
 kiolit 911, 911
 Kiss J. 766
 klaprothit 519
 klebelsbergit 869, 870
 klinoantigorit 752
 klinoedrit 675, 681
 klinoesztatit 696, 700
 klinoferroszilit 696, 701
 klinohipersztén 696, 700
 klinohumit 651, 653
 klinoklász 828, 829
 klinoklor 741, 745
 klinoptilolit 804
 klinostrengit 852
 klinovariscit 832
 klinozoizit 667
 kloantit 526, 537
 klockmannit 502, 506
 klórapatit 819, 819

kloritok 741, 741
 kloritoid 748
 — -félék 748
 klorokalcit 910
 klóropál 762
 knebelit 650, 650
 knopit 608
 kobaltcaberit 836
 kobaltin 525, 530
 kobalt-nikkel-kovandok 501
 kobaltvirág, l. eritrin
 kobellit 514, 514
Koblencz V. 897
Koch S. 484, 507, 511
 kockaérc, l. farmakosziderit
 „kockás” zeolitok, l. analcim-phillipsit-
 sor
 koechlinit 618
 kokkolit, l. diopszid
 koktait 862, 868
 kolbeckit 831
 — -faheyit-sor 831
 kollofán 822
 kolofonit 656, 670
 kolumbit, l. niobit-tantalit-sor 614
 kondrodit 651, 652
 kongsbergit 424, 438
 konikalkit 827, 827
 koppit, l. piroklor 617
 korallérc 501
 kordierit, l. cordierit
 kornerupin 663
 korund 554, 555
 — -hematit-ilmenit-sor 554
 korundofflit 741, 745
 korynit 532
 kotoit 880, 883
 kotschubeit 745
 koutekit 457, 458
 kovagálma, l. hemimorfít
 kovellin, l. covellin
 kősó 907
 kötött arany 431
 köttigit 834, 836
 kővelő, l. nakrit
 közép-mikroclin 779
 — (β_1 -) tridimit 567, 577
 krandallit, l. crandallit

kraurit, l. dufrenit
Krenner J. 463, 513, 518, 522, 618, 863,
 865
 krennerit 458, 463
 kriolit 911, 911
 kriptomelán 610, 610
 kriptopertit 773, 782
 krisztobalit (α -, β -) 567, 578
 krizoberill 605
 krizokolla 693
 krizolit 649
 krizoprász 576
 krizotilazbeszt 751
 krokidolit 716
 krokoit 872, 872
 krómepidot, l. tawmawit
 krómfengit 735
 krómgránát, l. uvarovit
 krómhercinit 597
 kromit 597, 603
 kromitspinellek 597, 603
 krómmuszkovit, l. fuchsit
 krómvaskő, l. kromit
 kronstedtit, l. cronstedtit
 kröhnkit 862, 866
 kubanit, l. cubanit
Kubovics I. 735
 kunzit 703
 kupfferit 708, 709
 kupletskit 679
 kuprit 549
 kuprosklodowskyt 673
 kurnakovit 881, 885
 kvarc 567, 571
 — (α -, β -) 567
 kvarcin 576
 kylandrit 522, 524

L

labradorit, l. plagioklászok 770
 lágy ezüstérc, l. argentit
 lágy mangánérc, l. polianit
 lamprofillit 666
 lanarkit 856, 859
 landsbergit 424, 438
 langbeinit 851, 851

langit 869, 870
 landsfordit 901, 902
 larnit 653
 larsenit 650, 651
 laueit 838
 laumontit 811
 laurit 525, 530
 lautarit 904
 lautit 467, 490
Laves, F. 778
 lawrencit 908, 909
 lawrowit, l. diopszid 702
 lawsonit 675, 681
 lazulit 828, 828
 lazúrit 794, 795
 lazúrka, l. lazúrit
 lángbanit 555, 566
 låvenit 665
 leadhillit 856, 860
 lechatelierit, l. fulgurit
 legrandit 831
 lencseérc, l. lirokonit
 lengenbachit 515, 515
 leonhardit, l. laumontit
 leonit 862, 868
 lepidokrokit 625, 628
 lepidolit 728, 739
 lepidomelán 738
 leptokloritok 741, 743, 746
 lettsomit, l. cianotrichit
 leuchtenbergit 741, 745
 leucit 791
 leukofán 689
 leukofillit 734
 leukopirit, l. löllingit
 leukoszfénit 693
 leukoxén 586
 leveles talk 729
 — zeolitok, l. heulandit-sor
 levélérc, l. nagyágit
 levyn 806, 809
 lewistonit 824
 libetenit 825, 825
 — -sor 825
 lievrit 675, 681
 — lawsonit-sor 675, 681
 limonit 629

linarit 856, 857—860
 — -alunit-félék 856, 857—860
 lindströmit 520, 521
 linneit 468, 502
 lirokonit 839
 litargit 551, 554
 litiofilit 816
 litioforit 624
 lítiumcsillám, l. lepidolit
 lítiumsaponit, l. saponit
 liveingit 515, 515
 livingstonit 516, 518
 lizardit 750, 751
 „lodestone”, l. magnetit 601
 lomonoszo vit 665
 loparit 607, 608
 lopezit 872, 873
 loranskit, l. samarskit
 lorándit 516, 518
 löllingit 526, 534
 löweit 862, 868
 lublinit 894
 ludlamit 833, 833
 ludwigit 880, 883
 lusakit 663
 lussatit-krisztobalit 578
 lutecit 576
 luzonit 467, 494
 luxullianit 692
 lüneburgit 881, 885

M

macskaszem 576
 maghemit 554, 563*
 mágnesvaskő, l. magnetit
 magnetit 597, 600
 magnetopirit, l. pirrhotin
 magnetoplumbit 607
 magnéziumcsillám, l. flogopit
 magnezioferrit 597, 600
 magneziokromit 597, 603
 magnezit 890, 896
 magnéziumgránát, l. pirop
 magnézium-montmorillonit, l. saponit
 magnézium-vascsillám, l. biotit
 magnéziumvermikulit 765

- májkovand, l. markazit
 malachit 900, 900
 malakolit, l. diopszid
 malakon 657
 maldonit 457, 461
 mallardit 861, 864
 manganit 625, 628
 manganofillit 738
 manganozit 551, 552
 mangánalloaudit 816
 mangánandalúzit, l. viridin
 mangánapatit 819
 mangángránát, l. spessartin
 mangánhab, l. waad
 mangánpát, l. rodokrozit
 mangánvoelckerit, l. oxiapatit
 mansfieldit 832, 832
 margarit 728, 736
 marialit 796
 marignacit, l. piroklor 617
 mariposit 735
 markazit 525, 533
 mármarosi gyémánt 575
 marmatit 488
 marshit 906, 908
 márvány 895
 martenzit 435
 martit 561, 602
 mascagnin 851, 851
 maskelynit 788
 massicot 551, 554
 masuyit 631, 632
 matildit, l. schapbachit
 matlockit 908, 910
 mátrait, l. wurtzit 484
 maucherit 457, 458
Mauritz B. 812
 medmontit 763
 mejonit 796
 melakonit 553
 melanit 656
 melanterit 861, 863
 melilit 675, 677
 — -sor 675, 676
 melinofán 675, 679
 mellit 913
 melnikovit 529
 melonit 502, 504
 mendelejevit, l. betafit 617
 mendipit 912
 mendozit 862, 864
 meneghinit 511, 513
 mennige, l. mńium
 merevcsillám, l. margarit
 meroxén 738
 mesabi-érc 560
 mesodialit 683
 meta-autunit 842, 843
 meta-bassetit 842, 843
 meta-cinnabarit 467, 490
 meta-halloysit 754, 758
 meta-kaolinit 756
 meta-novačekit 842, 844
 meta-rossit 848
 meta-torbernit 842, 842
 meta-torbernit—meta-autunit-sor 842
 meta-tujamúnyit 846, 847
 meta-uranitok 842
 meta-uranocircit 842, 844
 meta-uranopinit 842, 844
 meta-uranospinit 871
 meta-vauxit 838
 meta-zeunerit 842, 845
 meteoritásványok 437
 meteorkő 436
 meteorvas 436
 meztinpát, l. meztit
 meztit 896
 mezolit 802, 803
 meyerhofferit 881, 885
 mészgránát, l. grosszulár
 mészsalétrom 904
 mész- v. gyöngycsillám, l. margarit
 mézskő, l. mellit
 miargirit 466, 478
 michenerit 525, 530
 mikroklin 772, 777, 779
 mikrolit 616
 milarit 685, 688
 millerit 466, 482
 millisit 840
 mimetezit 819, 824
 minasragrit 869, 869
 mńium 606
 minnesotait 729
 mirabilit 862, 868

mirigykő 852
 mirmekit 783
 misy, l. jarosit 858
 mizzonit 796
 Mn-szajbélyit, l. sussexit
 modderit 466, 482
 molibdenit 502, 503
 molibdénokker, l. molibdit
 molibdit 619
 monacit 818
 monalbit, l. felső-albit 772
 monetit 817
 — -withlockit-sor 817
 monoklin amfibolok 708, 709
 — piroxének 696, 700
 montbrayit 458, 462
 montebrasit 826, 826
 monteponit 551, 552
 montesit 478
 monticellit 650, 651
 montmorillonit 762
 montroseit 627
 montroydit 551, 554
 mordenit 811
 morenosit 861, 864
 mórfej, l. turmalin 691
 mosandrit 666
 mosóarany 430
 mosóplatina 434
 mossit 613, 614
 mottramit 827, 828
 mullit 724
 murdochit 551
 murmanit 665
 muszkovit 728, 734
 — -sor 728, 734
 muthmannit 458, 462
 müllerin, l. krennerit

N

nadorit 912
 nagyágit 458, 464
 nakrit 754, 755
 nantokit 906, 908
 Náray-Szabó I. 662
 nasonit 675, 679

nátrit, l. szóda
 nátriumcsillám, l. paragonit
 nátriumgehlenit 677
 nátroalunit 856, 857
 nátrofillit 816
 nátrojarosit 856
 nátrolit 802, 802
 — -sor 800
 nátroncelzián, l. banalsit
 nátronföldpátok 781
 nátronsalétrom 903
 nátrontimsó, l. mendozit
 naumannit 469
 — (α -, β -) 465, 469
 navajoit 618
 nefelin 790
 nefrit 712
 Nelson, B. W. 746
 nemalit, l. brucit 621
 Nemeč E. 751, 763, 897
 nemeskorund 557
 nemesopál 581
 nemesspinell 599
 neodigenit 465, 471
 neptunit 683, 684
 nesquehonit 901, 902
 nigrin, l. rutil
 nikkell-antimon-kovand, l. ullmannit
 nikkelin 466, 479
 nikkelpirit, l. bravoit
 nikkelpirrhotin 459
 nikkelsaponit, l. pimelit
 nikkilvermikulit, 765
 nikkelvirág, l. annabergit
 niobit 613, 614
 — -és tapiolit-rácsú szerkezetek 614
 nitratin, l. nátronsalétrom
 nivenit 595
 nocerin 880, 885
 nolanit 618
 nontronit 762
 norbergit 651, 652
 nordenskjöldin 880, 883
 normál kloritok, l. kloritok
 novačekit 842, 844
 nozeán 794, 794
 nyevjanszkit 424, 434

O

ofikalcit 751
 oktaedrit (meteorvas) 437
 oktaedrit (anatóz) 589
 oktobolit, l. bazaltos augit
 oldhamit 466, 477
 oligoklász, l. plagioklászok
 oligonit 895
 olivenit 825, 825
 olivin 648, 648
 — -sor 647
 ólom 424, 432
 — -antimon-szulfosók 511
 — -arzén-szulfosók 515
 — -bizmut-szulfosók 514
 — -ezüst-szulfosók 522
 ólomparkerit 460
 ólom—réz-szulfosók 520
 ólomszaruérc, l. foszgenit
 omfacit 704
 ónix 576
 ónkovand, l. stannin
 ónkó, l. kassziterit
 onofrit 490
 oolit 630, 895
 ópál 567, 580
 — -krisztobalit 578
 orangit, l. tórit
 ortit 667, 668
 ortoferroszilit, l. hipersztén
 ortoklász 777, 778
 ortokloritok 741, 743, 745
 oruetit 507
 osannit 716
 osbornit 438
 otrélit 748
 osumilit 688
 owyhecit 522, 523
 ozmiridium 434
 ozmit 434
 ozmium 424
 oxalit 913
 oxammit 913
 oxiamfibolok 708, 714
 oxapatit 819, 822
 öllacherit, l. Ba-muszkovit

P

pachnolit 911, 911
 paligorszkit 766
 palladit 551, 554
 pallit 840
 palládium 424, 435
 palládiumplatina 424
 pandémit 881, 887
 para-celzián 789
 paragonit 728, 735
 para-guanajuatit 503, 507
 para-hilgardit 882, 888
 para-kalkozin 472
 para-krizotil, l. szerpentin
 para-rammelsbergit 526, 535
 para-szimplezit 834, 835
 para-tenorit 551, 554
 para-tórit 658
 para-vauxit 838
 para- (α' -) wollastonit 718, 719
 pargasit 712
 parkerit 457, 460
 parsettensit 759
 parsonsit 845, 846
 pascoit 848
 patridgeit 555, 565
 patrinit, l. aikinit
 patronit 539, 539
 pavonit 516, 516
 pearceit 517, 517
 pektolit 717, 720
 pennantit 743
 pennin 741, 745
 penroseit 525, 529
 pentlandit 457, 459
 periklász 551, 552
 — -sor 552
 periklin 781
 perovszkit 607, 607
 petalit 792
 petzit 457, 462
 phillipsit 806, 807
 pickeringit 861, 864
 piemontit 667, 668
 pigeonit 696, 701
 piknit 665
 piknoklorit 746

pikotit 597, 603
 pikrolit 751
 pikromerit 868
 pilolit 766
 pimelit 763
 pinakiolit 880, 881
 pinnoit 881, 887
 piralspit-sor 654, 655
 pirargirit 468, 498
 pirit 525, 527
 pirochroit 620, 621
 pirofanit 554, 562
 pirofillit 728, 729
 pirofizálit 664
 piroklor 616
 — -félék 616
 pirolúzit 582, 587
 piromorfit 819, 824
 — -sor 819, 824
 pirop 654, 655
 pirostibit, l. kermezit
 pirostilpnit 468, 499
 piroxmagit 721, 722
 pirrhotin 466, 480
Pisani, F. 870
 pisztacit, l. epidot
 pisztomezit 896
 pizolit, l. borsókő
 plagioklászok 783—788
 plagionit 511, 512
 platina 424, 433
 platinit 468, 501
 plattnerit 582, 589
 plazma 576
 pleonaszt 600
 plesszit 437
 plumboferrit 607
 plumbojarosit 856, 858
 plumozit, l. boulangerit
 polianit 587
 polibázit 516, 517
 polidimit 468, 502
 polihalit 862, 868
 polikrász 616
 polimignit 615, 615
 polixén 424, 433
 pollucit 792
 porpezit 424, 432

portlandit 620, 622
 potarit 438
 powellit 872, 874
 prazem 576
 predigit 653
 prehnit 768
 priderit 611
 priorit, l. blomstrandin
 prizmatin 663
 prjevalszkit 845
 proklorit 741, 745
 protoensztatit 697
 proustit 468, 498
 pszeudo-brookit 609
 pszeudofit 745
 pszeudo-malachit 828, 829
 pszeudo-thüringit 741, 746
 pszeudo- (β -) wollastonit 718, 719
 pszilomelán 610, 610
 — -félék 610
 ptilolit, l. mordenit
 pumpellyit 682
 purpurrit 816

Q

quenselit 630

R

ramdohrit 522, 522
 rammelsbergit 526, 534
 ramsdellit 589
 rencieit 611
 rankinit 675, 676
 rathit 515, 515
 rauvit 848
 realgár 539, 540
 renardit 845, 846
 renierit 498
 réz 424, 427
 rézbányit 520, 521
 réz — bizmut-szulfosók 519, 519
 rézgálic, l. kalkantit
 rézhab, l. tirolit
 rézindigó, l. cowellin

rézkovand, l. kalkopirit
 rézszurokérc 551
 rézvirág 550
 rhabdit 437
 rhäticit 661
 rhodit 424, 432
 rhönit 717
 richetit 634
 rickardit 502, 505
 ridegezüstérc, l. stefanit
 riebeckit 708, 716
 — -félék 716
 rinkit 665
 ripidolit 741, 745
 risörít 612, 613
 rittingerit, l. xantokon
 robinsonit 511, 512
 rockbridgeit 828, 829
 ródiium 424
 rodokrozit 890, 895
 rodonit 721, 721–722
 — -piroxmangit-sor 721, 721
 roepperit 651
 rombföldpát 782
 romboklász 862, 865
 rombos amfibolok 708, 709
 — piroxének 696, 697
 roscoelit 728, 736
 roselit 836
 rosenbuschit 665
 rosickyit, l. γ -kén 443, 445
 rossit 848
 „rostos” zeolitok, l. nátrólit-sor
 rózsaberill 566
 rózsakvarc 576
 roweit 880, 883
 Roy, R. 746
 römerit 862, 865
 rubellit, l. turmalin 691
 rubicell, l. spinell
 rubin 557
 rubincsillám, l. lepidokrokit
 rubin-spinell, l. spinell
 rumpfit, l. sheridanit
 russelit 555, 565
 ruténium 424, 433
 rutil 582, 585
 — -típusú szerkezetek 582, 585

S

sabugalit 842, 843
 safflorit 526, 534
 saléit 842, 843
 salit, l. diopszid 701
 samarskit 617
 sampleit 840
 saponit 763
 sárgaólmérc, l. wulfenit
 sárgavasérc, l. jarosit 858
 sárgavaskő, l. xantosziderit
 sárospatakit, l. illit 759
 sartorit 515, 515
 sassolin 622, 624
 Sasvári K. 662
 sauconit 763
 saussurit 763
 scacchit 908, 910
 scawtit 721
 schafarzikit 617
 — és rokonsága 617
 schairerit 856, 859
 „Schalenblende” 488
 schapbachit (α -, β -) 466, 479
 scheelit 872, 874
 — -sor 872
 schefferit 702
 Schillerspat 698
 schirmerit 522, 523
 schizolit 720
 Schneiderhöhle, H. 544
 schoepit 631, 632
 scholzit 831
 — -volborthit-sor 831
 schorlomit 656
 schönit 862, 868
 schreibersit 437
 schultenit 817
 schwazit 496, 497
 searleasit 693
 seladonit 735
 selenolit 582, 590
 seligmannit 520, 520
 sellait 908, 910
 semseyit 511, 512
 senarmontit 555, 564
 sengierit 846, 848

sérandit 720
 seyberthit, l. clintonit
 shandit 457, 460
 sheridanit 741, 746
 shungit 450
 sicklerit 816
 siderotil 861, 863
 siegenit 468, 502
 sillenit 555, 564
 silvestrit 438
 simplotit 618
 simpsonit 614
 sincosit 845
 sinhalit 880, 885
 sitaparit 555, 565
 sjögrenit 901, 902
 sklodowskyt 673
 skolecit 802, 802
 skorodit 832, 832
 skutterudit 526, 537
 smaltin 526, 537
 smaragd, l. berill 687
 smirgel, l. korund 557
 Smith, I. V. 732
 smithit 516, 516
 smithsonit 890, 896
 soddyit 673
 souesit 424, 436
 sörl, l. turmalin 691
 sötét-vörösezüstérc, l. pirargirit
 „Speiskobalt” 537
 sperrylit 525, 530
 spessartin 654, 655
 spinell 597, 599
 spodumen 697, 703
 sporogélit 625, 630
 stannin 467, 493
 stassfurtit, l. boracit
 staurolit 662
 stefanit 516, 517
 sternbergit 467, 486
 Stevens, T. 726
 stibarzén 425, 441
 stibioenargit 467, 486
 stibiolumonit 467, 494
 stibioniobit 612, 613
 stibiopalladinit 457, 461
 stibiotantalit 612, 613

stibnit, l. antimonit
 stilbit, l. dezmin
 stilleit 467, 490
 stishovit 567, 580
 stokesit 693
 stolzit 872, 875
 strengit 832, 832
 stromeyerit 466, 473
 stroncianit 890, 893, 899
 Strunz, H. 421, 759
 struvit 836
 stukkógipsz 867
 stützit 458, 462
 sugárkovand, l. markazit
 sugárkő, l. aktinolit
 sulfohalit 856, 859
 sulvanit 468, 498
 súlypát, l. barit
 sursassit 663
 sussexit 880, 883
 svabit 819, 823
 svanbergit 856, 858
 sylvanit, l. szilvanit

Sz

szabad arany 431
 Szabó J. 870
 szalmiák 906
 szanidin 772, 777
 szaténpát, l. gipsz 867
 szaruezüstérc, l. kerargirit
 szarukő 576
 Szádeczky-Kardoss E. 914
 szájbélyit 880, 883
 szeladonit, l. seladonit
 szelén (α -, β -, γ -) 425, 443
 szeléntellúr 443
 szemikloritok, l. szeptekloritok
 szepiolit 766
 szeptekloritok 741, 746
 szericit 734
 szerpentin 749
 szerpentinít 749
 szfalerit 467, 487
 szferosziderit, l. sziderit
 szfén, l. titanit 665

sziderit 890, 895
 sziderofillit 738
 sziderolit 436
 sziksó, l. szóda
 szilikátapatit-sor 819, 823
 szillimanit 723
 szilvanit 458, 462
 szilvin 906, 907
 szimplezit, l. para-szimplezit
 szingenit, 862, 868
 szisszerszkit 424, 434
 szkapolitok 796
 szkleroklás 515
 szóda 901, 901
 szodalit 794, 794
 szomolnokit 861, 863
 szpekularit, l. hematit
 szteatit, l. talk
 sztilpnómelán 759
 sztilpnosziderit 630
 sztalogmit, l. cseppkő 895
 sztalaktit, l. cseppkő 895
Sztrókey K. I. 507
 szukcinit 914
 szulfoborit 880, 885
 szürke mangánérc, l. pirolúzit 588

T

taaffeit 606
 táblapát, l. wollastonit
 tajtékkő, l. szepiolit
 talk 728, 729
 tamarugit 865
 tantalit 613, 614
 tantálokker 618
 taosit, l. hőgbomit
 tapalpit 516, 517
 tapiolit 613, 614
 taramellit 722
 tarapakait 872, 872
 tarka rézkovand, l. bornit
 tarnowitzit 899
 tavistockit 828, 830
 tawmawit 668
 teallit 466, 479
 tefroit 650, 651
 — -sor 650

téглаérc 551
 tejkvarc 576
 tejopál 581
 teléraryan 430
 telérkvarc 576
 „teljes” mikroklin, l. mikroklin
 tellúr 425, 442
 tellurit 582, 590
 temiskamit, l. maucherit
 ténit 437
 tennantit 468, 496
 tenorit 551, 553
 termésaryan 430
 terméskén 444
 termésólom, l. ólom
 termésrész 427
 terméstellúr, l. tellúr
 termonátrit 901, 901
 tetradimit 503, 506
 tetradrit 468, 496
 thalenit 675, 676
 thaumasit 812
 thenardit 851, 851
 thomsenolit 911, 911
 thomsonit 801, 803
 thoreaulit 617
 thorianit 590, 591
 thortveitit 675, 676
 — -sor 675, 676
 thulit 669
 thüringit 741, 746
 tiemannit 467, 490
 tigrisszem 576
 tilasit 827, 827
 — -descloizit-sor 827, 827
 tilleyit 675, 679
 timsók 861, 862, 864, 865
 timsókő 857
 tinzenit 685
 tirolit 839
 titanit 664
 titanomagnetit 601
 titánaugit 705
 titángránát, l. schorlomit
 titánhematit 560
 toddit, l. kolumbit 614
 todorokit 589
Tokody L. 864

tollérc, l. boulangérit
 topazolit, l. andradit
 topáz 663
 torbernit 842, 842
 — -autunit-sor 842, 842
 tórit 657, 658
 torlatarany 430
 torogummit 658
 trechmannit 516
 tremolit 708, 710
 trevorit 597, 603
 tridimit (α -, β -) 567, 577
 — (β_1 -, β_2 -) 567, 577
 trifan, l. spodumen
 trifilin 816
 — -sor 815, 816
 trikalcium-foszfát, l. whitlockit
 trikalkit 833, 833
 triklin amfibol 709, 717
 triplit 825, 826
 trippkeit 618
 tritomit 682, 683
 trogtalit 525, 529
 troilit 481
 trona 901, 902
 troostit 645, 646
 trögerit 842, 845
Tschermak, C. 743
 tschermigit 862, 865
 tsumebit 840
 tungstenit 502, 504
 tungstit 619
 turmalin 685, 689
 türkisz 838
 tűvasérc 627
 tűzkő 577
 tűzopál 581
 tujamunyt 846, 847

U

ugrandit-sor 654
 uhligit 608
 ulexit 881, 886
 ullmannit 525, 532
 ultramarin, l. lazúrit
 ulvit 597, 604

ulvöspinell, l. ulvit
 umangit 465, 472
 umohoit 872, 875
 ungvárit 762
 uranil-szulfátok 869, 870
 uraninit 590, 592
 uranit 841
 — -félék 842, 842
 uranocircit, l. meta-uranocircit
 uranofán, l. uranotil
 — (β -) 673
 uranospilit 869, 870
 uranosferit 634
 uranospáthit 845
 uranospinit 842, 844
 urao, l. trona
 uránkorom 593
 uránniobit 595
 uranotil 672
 — (β -), l. uranofán (β -)
 uranotórit 657, 658
 uránszurokérc 592
 uránvanadátok 846, 846—848
 uránvirág, l. zippeit
 uránvitriol 871
 úrvölgyit 869, 870
 uvanit 848
 uvarovit 654, 656
 uvit 690

Ű

üvegopál 581
 üzbekeit, l. volborthit

V

vad, l. waad
 vaesit 525, 529
 valentinit 555, 564
 valleriit 502, 505
 valuevit, l. clintonit
 vanadinit 819, 824
 vanádiumgoethit, l. montroseit
 vanádiummuszkovit 736
 vanádiumokker 618

vanadomagnetit 601
 vandenbrandeit 631, 633
 vandendriesscheit 631, 633
 vanoxit 618
 vanthoffit 851, 851
 variscit 832, 832
 — -skorodit-sor 832, 832
 varulit 816
 vas 435
 — (α -, β -, γ -, δ -) 424, 435
 vasalabandin 477
 vascsillám, l. hematit
 vascsillámpala 561
 vasgehlenit 677
 vasgránát, l. almandin
 vashegyit 839
 vashortonolit 648, 650
 vas-karbid 436, 437
 vasknebelit 650
 vaskovand, l. pirit
 „vasköves” ferri-chamosit, l. chamosit
 — ferro-chamosit, l. chamosit
 vas-nitrid 436
 vasokker 630
 vaspát, l. sziderit
 vasplatina 433
 vastalk, l. minnesotait
 vastit 698
 vasturmalin, l. sörl
 vasvermikulit 765
 vasvirág, l. aragonit 898
 vaterit 894
 vauxit 838
 Vendel M. 762
 Vendl A. 421, 762
 vermikulit 764
 vernadszkijit 869
 Verneuil-korund 558
 „veronai zöld”, l. seladonit 736
 veszelyit 839
 vezuvián 670
 viaszopál 581
 világos-vörösezüstérc, l. proustit
 villiaumit 906, 908
 violarit 468, 502
 violán 701
 viridin 660
 visnyevit 795

vitrit-félék 914
 vivianit 834, 834
 víz 549
 voelckerit, l. oxiapatit
 volborthit 831
 volfrámokker, l. tungstit
 volkonszkoit 763
 voltait 862, 865
 voltzin 511
 vöröscinkérc, l. cinkit
 vörösezüstérc 468, 498
 vörösnikkelérc, l. nikkelin
 vörösólomérc, l. krókoit
 vörösrézérc, l. kuprit
 vörösvaskobak 558
 vörösvaskő, l. hematit
 vrbait 516, 518
 vredenburgit (α -, β -) 604, 605

W

waad 589
 wabanaérc 560
 wadeit 682, 683
 walpurgin 810
 wardit 810
 warwickit 880, 884
 wavellit 838
 wagnerit 825, 825
 — -triplit-sor 825, 825
 wehrlit 507
 weissit 502, 505
 whewellit 913
 whitlockit 817
 whitneyit 457, 458
 wilkit, l. betafit 617
 wilkeit 819, 824
 willemit 645, 646
 willyamit 525, 532
 wiluit, l. vezuvián
 Winchell, W. 654
 witherit 890, 899
 wittichenit 519, 519
 wolfeit 816
 wolframit 872, 873
 — -sor 872
 wolfsbergit 519, 519

wollastonit (α -) 717, 717
 — -pektolit-sor 717, 717
 wolnyn, l. barit
 woodhouseit 856, 858
 wöhlerit 665
 wulfenit 872, 875
 wurtzit 467, 483

X

xantofillit 728, 740
 xantokon 468, 499
 xantosziderit 630
 xenotim 817
 — -monacit-csoport 817
 xonotlit 717, 721

Y

Yoder, H. S. 732
 yttrofluorit 908, 910
 yttrotantalit 617
 yttrotitanit 665
 yugawaralait 812

Z

zaffirin 663
 zafir 557
 zeunerit, l. meta-zeunerit
 zinckenit 511, 512
 zinnwaldit 728, 739
 zippeit 869, 871
 zoizit 669
 zöldólomérc, l. piromorfit
 zunyit 670
 zwieselit 825, 826
 zsírkő, l. talk