

M. ZEMPLÉN JOLÁN (1911–1974):
A FIZIKA SPECIÁLIS FEJEZETEI A FELVIDÉKI FIZIKAI
IRODALOMBAN 1850 ELŐTT

A szöveget sajtó alá rendezték a Magyar Tudománytörténeti Intézet munkatársai,
Gazda István vezetésével.

Azok közül a felvidéki tudósok közül, akikkel eddig foglalkoztunk, csak Segner András volt igazán olyan, aki az egyetemes fizikatörténet alakulásában szerepet játszott. Ilyet a XVIII. században a már eddig sűrűn részletezett okok miatt nem is fogunk találni. Inkább azt vizsgáltuk a jegyzeteken, tankönyveken, disszertációkon keresztül, miképpen terjednek a fizika új eredményei, mikor melyik kap helyet az oktatásban.

A fizika egyes területei közül a mechanika ért el legjelentősebb eredményeket. Igaz, a newtoni mechanika a XVIII. században még nagy harcot vívott a karteziánizmussal, de a század végére már nem maradt különösebb probléma. Az erő kérdése ugyan nem oldódott meg véglegesen, a „távolba hatásról” még igen sokat hallunk, de a vita éle eltompult és más felfedezésekkel kapcsolatos problémák kerültek előtérbe.

Így a XIX. század írott forrásaiban inkább ezek után kutattunk, pedig a fényelméletek, a flogiszonelmélet, a hő és az elektromosság problémái kerültek előtérbe. Sikerült is egy többé-kevésbé összefüggő képet alkotnunk megoldott és megoldásra váró kérdésekről, amelyek a felvidéki fizika helyzetét megfelelőnek, a kor színvonalán állónak mutatták.

Mindez mégis némi kiegészítésre szorul. Igaz, hogy nem volt önálló felvidéki kutató a XVIII. században, aki csak a mechanikával foglalkozott volna (Kéry B. Ferenc, Lipsitz), hanem a fizika más területeivel, fénytannal, hőtannal, meteorológiával és elektromosságtannal is.

A tankönyvek esetében az átmenet XVIII. és XIX. század között többé-kevésbé fokozatos volt, e speciális területeken azonban a változás ugrásszerű, mert a legfeljebb eredeti gondolatokat tartalmazó dolgozatok mellett most már megjelenik az eredeti kutatás is Petzval József és Jedlik Ányos munkásságában. Igaz, mindkét tudós munkásságának túlnyomó része már választott korszakunkon túlmutat, röviden mégis be kell majd azt mutatnunk.

Ami a XVIII. századi speciális dolgozatokat illeti, ebben a számban nem nagy, de tartalmilag jellemző és műfajilag változatos anyagban megtaláljuk a XVIII. századbeli értekezésnek eddig megismert mind a két jellegzetes típusát. Az egyik a professzor által egy vagy több jelölt avatására írt disszertáció. Ilyenek készültek Nagyszombatban, néha az akadémiákon, valamint a német egyetemeken is. A másik a külföldön, elsősorban Németországban készült disszertáció, amelynek szerzője vagy respondens (vagy mindkettő) felvidéki. Van azután egy-két olyan értekezés, amely mint önálló monográfia jelenik meg. Számuk persze azért sem túl nagy, mert tartalmilag vegyes disszertáció jellegűket, valamint a mechanikai tárgyúakat már az oktatásnál megtárgyaltuk.

A kérdések bizonyos tisztázatlansága miatt néha nem könnyű a mai felosztásba besorolni egy-egy dolgozatot, vagy szerzőt, mégis megpróbáljuk a ma szokásos csoportosítást követni.

Fénytan

A fénytani elméleti problémái a XVIII. században

Az optika fejlődése a XVIII. században nem az elmélet vonalán keresendő, hanem az egyre tökéletesedő fénytani eszközök készítésében. Erre azonban a Felvidéken nem sok lehetőség volt. Mikroszkópot, távcsövet külföldről vásároltak, ha volt rá pénz, legfeljebb az ezekkel kapcsolatos számításokban fejtettek ki aktivitást, mint a hogy a XIX. században Kovács-Martiny Gábor is.

Maradt tehát az elmélet. A fénytani területén azonban sokkal szegényebbek az eredmények, mint mondjuk a mechanikáén, mert a fény mibenlétének volta még nem volt központi kérdés. Ezért mindössze egy fénytani munkát találunk a felvidéki irodalomban, Kéry B. Ferencét, akiről azonban tudjuk, hogy gyakorlati téren is működött: tükrös teleszkópot próbált készíteni. Ide kell sorolnunk Segner néhány fény- illetve hőtani dolgozatát is, mert ezeken ő is csak elméleti kérdésekkel foglalkozott, mivel azonban – éppen egyéb teljesítményei miatt – ilyen jellegű munkáira is felfigyelt a nemzetközi tudományosság, érdemes ezekről is megemlékezni, ha színvonaluk miatt nem is tükrözik a mechanikai munkái időtállóságát.

Kéry B. Ferenc egyetlen, 37 oldalas dolgozata érdekes példa a kartézianus fényelmélet és Newton emissziós elméletének keverékére. 'A fényről' szóló mű szintén promóciós disszertáció, amely névtelenül jelent meg, mint Kéry majdnem mindegyik munkája, s körülbelül hasonló gondolatokat tükröz, mint Kéry mechanikai értekezései.

A kartézianus fényelméletnek összegegyeztetése Newton emissziós elméletével azt eredményezi, hogy szinte „mai” módon mutatja be a részecske-rezgés problémát. Persze itt nincs szó a hullámelméletről, még a Huyghensi értelemben sem, mert Descartes szerint az éter a fény közvetítője és az éter részecskék különböző sebességű forgó mozgása hozza létre a színeket. Mindenesetre néhány érdekes következtetésre jut, amelyek igen jellemzőek a XVIII. századbeli tisztázatlan hőtani és fénytani problémákra. A dolgozat gondolatmenete röviden a következő:

A fény elsősorban egy olyan közeg (medium), amelyről a természet teremtője azt akarja, hogy megismerjük, de mégis a legkevésbé ismerjük. Pillanatnyi terjedése, visszaverődése, törése olyan csodálatos jelenségek, hogy alig tudjuk megmagyarázni. Nem szabad azonban kedvünket veszíteni, ezért maga a kutatás is hasznos.

Az első eldöntendő kérdés, amelyről a filozófusok már a múltban is sokat vitatkoztak, hogy test-e a fény vagy csak minőség. Mivel a fény és tűz azonosak, a tűz pedig test, tehát a fény is szubsztanciális jellegű. Ennek ellent látszik mondani, hogy van hideg fény. A hő keletkezéséhez azonban a fényen kívül szükségesek a salétromos, kénes éghető részecskék, valamint a mozgás.

Ha viszont a fény természettől fogva tüzes test, akkor nem terjedhet végtelen nagy sebességgel (már a mechanikában leszögezte, hogy végtelen sebességű mozgás nem létezik). Szemünkkel azonban nem tudjuk megállapítani a valóságot, mint a hang terjedésénél, ahol a fülünket szemünkkel ellenőrizzük. Olof Römer kísérlete ellen azt az ellenvetést lehet tenni, hogy a rövid, 8 perces idő, míg a fény a Naptól hozzánk ér, túl nagy impulzust (mv) vagy túl nagy eleven erőt (mv) jelentene, v nagyságát viszont ellensúlyozza m kicsi volta. További vitatható kérdés: ha a fény vékony test, nyomást kellene gyakorolnia a Föld felületére a vízhez és a levegőhöz hasonlóan. Ezt azért nem észleljük, mert a tűzrészecskék benyomulnak a testek hézagai közé, míg a nagyobb levegő és vízrészecskék nem tudnak behatolni.

A fény-folyadék kicsi, gömb alakú, merev, rugalmas részecskékből áll, amelyek azonban rezgőmozgást is végeznek. Hogy ez a rezgés nem észlelhető, azt azzal magyarázza, hogy vízben a hanghullámok terjedését sem lehet látni. A fényrészecskék rugalmasságára nem tud magyarázatot adni, valamint arra se, hogyan értelmezhető a fényrészecskék rezgését feltételezve a visszaverődés (Huyghens optikáját úgy látszik nem ismeri). Ebben mégis részben Newton elméletét kell elfogadnia.

A Nap maga forog a saját tengelye körül, és közben tüzes részecskéket bocsát ki, ezek a centrifugális erő hatására rezgésbe jönnek, a legtüzesebbek a leghevesebben mozognak. Visszaverődéskor a visszaverő felület taszítóereje hat rájuk, töréskor pedig az új közeg részecskéinek a vonzása. Sűrűbb közeg esetén nagyobb a vonzóerő, ilyenkor tehát – állapítja meg helyesen – a merőlegeshez törik a fény, tehát e ponton ismét nem Newtonnak van igaza. A színek kérdésében viszont Newton színelmélete a helyes, míg Descartes-é téves, ő maga azonban a színek kérdésébe már nem megy bele. Kéry e dolgozata eléggé tipikus példája a XVIII. században a fény- és hőelméletek terén megnyilvánuló zűrzavarnak: helyesen értelmezett kísérleti eredmények, részben helyes megsejtések keverednek tévedésekkel úgy, hogy a szerző nem egyszer kénytelen saját mechanikai nézeteivel is ellentétbe kerülni.

Kéry munkájának tévedései és hibái a kor tévedései, egyébként igen nagy tájékozottságról, eredeti nézetekről tesz tanúságot éppúgy, mint mechanikai értekezéseiben. Érdekes azonban, hogy nagy tájékozottsága ellenére – bár sűrűn emlegette a fény „oszcillációs” mozgását – Huyghens és Euler neveit meg sem említi.

Más a helyzet a külföldön élő Segner András esetében. Nem mintha híve lenne Eulernek, de elméletét jól ismeri.

Euler fénytani nézetei összefoglalva egy német hercegnőhöz intézett leveleiben jelentek meg 1768 és 1772 között, de Segner már előző folyóiratcikkekből ismerhette azokat, mert már 1740-ben vitatkozik Euler egyik ellenvetésével egyetlen jelentős fénytani dolgozatában 'A fény ritkaságáról' címűben.

Segnernek ezenkívül még két kisebb fénytani munkája ismeretes, az egyik inkább geometriai fénytani jellegű, s az „Az arkhimédészi tükrökről” szól. Ebben a geometriai fénytani alaptörvényeinek levezetése után a parabolikus és kúpos tükröket tárgyalja, és ezekkel kapcsolatban felveti a kérdést, tudott-e Arkhimédész a monda szerint neki tulajdonított tükröket csinálni, és ha igen, elérhette-e azokkal a kívánt hatást t. a római hajóhad felgyújtását. Segner egyedül a parabolikus tükröket tartja alkalmasnak nagyobb hőhatás elérésére, és nem tartja lehetetlennek, hogy Arkhimédész tudott ilyeneket csinálni, a hajóhad felgyújtását azonban nem hiszi valószínűnek.

Másik fénytani, helyesebben hőtani munkája Segnernek egy rövid értekezés a Tűzről. Ebből ugyancsak a hő anyagi és mozgáselméletének összefonódása tűnik ki, mint tankönyvének ennél lényegesen részletesebb fejezetéből. Itt mindössze néhány mondatban mondja el, hogy a tűz anyag, finom folyadék, amely behatol a testek részecskéi közé, és azokat mozgásra készíti. Hangsúlyozza azt is, hogy a hő hidegebb testről melegebbre nem mehet, és hogy az égéshez levegő kell.

Euler nézeteit röviden a következőképpen lehet összefoglalni. A Newton-féle emissziós fényelméletet, bármilyen különös is, sokan elhiszik. Ez bizonyos fokig érthető és jogos, mert Newtonnak az égi mechanika kidolgozása terén igen nagy érdemei vannak. Éppen az égi mechanikával kapcsolatos azonban az egyik legnagyobb ellentmondás. Hogy ui. az égitestek a Newton által nekik tulajdonított mozgással mozoghassanak, ahhoz a térnek éppen üresnek kellene lennie, nem pedig fényanyaggal tele, amellet a fényrészecskék nagy sebességük miatt is akadályoznák az égitestek mozgását. Azonkívül rettentő nagy erő kellene ahhoz, hogy a Naptól kilökött fényrészecskék 8 perc alatt ideérjenek. Bármily nagy ember volt tehát Newton, ezekben a kérdésekben tévedett.

Míndezekből két fontos következtetést von le Euler. 1. A világűr végtelen finomságú anyag, az éter tölti ki; 2. A fényrészecskék nem valóságos kiáramlással lépnek ki a Napból, csupán impulzust adnak az éternek. Az éter a levegőhöz hasonló, de végtelenül finomabb, rugalmas test, amely a testek legapróbb hézagaiba is behatol. A Torricelli-úr világitása mutatja, hogy a vákuumban is van éter. A puszkapor robbanásánál éppúgy, mint az elektromos jelenségeknél is az éter játszik szerepet. Ahogyan a levegő rugalmasságánál fogva alkalmas a hangrezgések továbbítására, ugyanúgy alkalmas az éter, hogy a fényrezgések hordozója legyen. Ebben az esetben megszűnik az a probléma is, hogy a Nap a fényrészecskék kiáramlása következtében elfogyna, mert a Nap éppúgy nem fogy el, mint a rezgő húr.

Mielőtt Segner válaszával foglalkoznánk, mint érdekességre mutatunk rá a fordító Friedrich Kries megjegyzésére, amelyet Euler fenti elmefuttatásához fűz lábjegyzetben. Ma már a puszkapor erejét nem a levegő összenyomásával magyarázzuk, tehát az éter rugalmasságára sem lehet ebből következtetni, írja, majd így folytatja: „Egyáltalában bármilyen fontos is volt az a szerep, amelyet az éter e levelek szerzőjének rendszerében és a régi természetkutatók tanaiban játszott, ezt az újabb fizikusok rendszerében teljesen elvesztette.” 1792-ben a fény hullámelméletének és az éter újraéledésének előestéjén ez nem tartozott éppen a legtalálhatóbb megállapítások közé.

Segner azonban még 1740-ben ír a kérdéstről, és nem is tart igényt sem arra, hogy Newton emissziós elméletének a maga teljes egészében védelmére keljen (több ellentmondást ennek maga is látta), sem arra, hogy Euler egész éterelméletével vitába szálljon, csupán „szellemesen megvédte” a newtoni elméletnek egy Euler szerinti ellentmondását. A fényrészecskékkel telt világűrhez hasonlóan, amely akadályozza az égitestek mozgását, ugyancsak nehéz elképzelni, miképpen fér át annyi fényrészecske egy keskeny nyíláson, hogy egy sötét szobába behatoljon.

Segner a különféle véleményekkel kapcsolatos nehézségek tárgyalása során elveti természetesen a momentán terjedést, de elvetendőnek találja a mindent betöltő folyadékot is, amelyben a fény nyomás útján terjedne. Egyszerűbbnek érzi, ha maga a mozgó fényanyag távozik a világitó testekből, és jut el a szemünkhöz. Itt azonban a következő nehézséggel találja magát szemben: ha a fénysugarakat a vízsugarakhoz hasonlóan folytonosnak képzeljük, akkor merőleges visszaverődéskor a beeső sugárrészecskéknek találkozni kellene a visszavert részecskékkel, és akkor örvények keletkeznének.

Ez a nehézség eltűnik, ha a fényt nem fogjuk fel folytonosnak, hanem feltételezzük, hogy a fénysugár igen ritka, az egyes részecskék közötti távolság igen nagy.

Kérdés azonban az, megadható-e számszerűen a ritkaságnak, illetve e távolságnak a mértéke. Kísérleteinkből erre vonatkozólag nem várhatunk felvilágosítást.

Segner megkísérli a kérdést számítással „vitán felül” eldönteni. Két adat használható fel: az egyik az, hogy a szemet nem kell állandó fényhatásoknak érniük, mert a fénybenyomások 1/10 sec-ig megmaradnak, a másik a fény terjedési sebességének ismerete. Ezekkel az adatokkal Segner kiszámítja, hogy a fény „ritkasága” éppen öt földátmérő, azaz ilyen távolságra van egymástól a valóságban két fényrészecske! Persze nincs rá remény, hogy akármilyen jó mikroszkóppal egy fényrészecskét meg lehessen figyelni.

Segner elmefuttatása valóban szellemes. Hamis aktualizálás lenne itt azt mondani, hogy Segner már megsejtette az energia diszkrét eloszlását a fényben és a fotonok létezését. Inkább arra a következtetésre kell jutnunk – és ebben megerősít Kéry B. Ferenc dolgozata is – hogy a XVIII. század élemben látó felvidéki fizikusai megsejtettek valamit azokból a súlyos problémákból, amelyeket a fény természetének kérdése felvet, és amelyek a XX. század fizikusait is foglalkoztatták.

Az összefoglaló művek fénytani fejezetein kívül már alig tudunk más fénytani jellegű, külön ezzel a kérdéssel foglalkozó értekezést felmutatni. Egyébként a probléma irodalmát még nem merítettük ki, mert előbukkan az inkább „hőtaninak” nevezhető dolgozatokban is.

Egy XIX. századi optikus: Petzval József

A XIX. század nemcsak a nagy elméleti felfedezések, hanem a jelentős gyakorlati találmányok százada is. Olyan találmányok születnek ekkor, amelynek létét mai életünkben már természetesnek tartjuk, és el sem tudnánk képzelni, hogy nincsenek. Amikor a természettudomány legnagyobbjai a természetben uralkodó összefüggéseket kutatták, amikor a hő, a fény, az elektromosság mibenlétéről vitatkoztak, felfedezéseikre épülve vagy gyakran megelőzve azokat megszületett a XIX. század technikája: az elektromos generátor, a dinamó és a motor, a táviró, új elemek egész sorát tárták fel, felfedezték a gáz- majd a villanyvilágítást, színeképelemzést stb.

Ezek közé a találmányok közé tartozik a fényképezés. A fényképezést, mint olyat, nem találta fel senki. Komplex művelet lévén, fokozatosan fejlődött különböző tudomány- és technikai ágak szerencsés összetalálkozásaként. Néhány elem már régen ismeretes volt, mint például a sötétkamra, sőt az abban elhelyezett lencse már régen ismert volt. Ismeretes volt az a tény is, hogy egyes gyantafajták fény hatására színüket változtatják. Ehhez járult azután a fénysugarak kémiai hatásának felfedezése különféle ezüst vegyületekre, végül az ultraibolya sugarak felfedezése.

Mindezek eredményeképpen jött létre a daguerrotypia, a fényképezés őse, amelyet Niépce fénymásológészülékének és az ún. Chevalier-(párizsi optikus) lencsének az egyesítéséből Daguerre hozott létre. A gyenge fényerejű lencsével készült képek fakók voltak, hosszú expozíciós időket igényeltek, így arcképfelvételekre nem is voltak alkalmasak. 1839-ben a francia kormány a világ rendelkezésére bocsátotta a nem szabadalmaztatott találmányt, és a feltalálóknak évdíjat fizetett.

Ez volt a helyzet, amikor a szegény szepesbélai kántortanító, majd késmárki, azután löcsei organista fia, aki pesti mérnök, bécsi egyetemi tanár volt, magakészítette objektívjével egy csapásra forradalmasította a fényképezést, hogy az minden időkből a tudomány, a technika, a művelődés és a szórakozás nélkülözhetetlen eszközévé váljon.

Petzval József öccsének, Ottónak életpályáját már ismertettük. Nem vitás, hogy a két Petzval fivér a szülői házból hozta magával a tudomány, a technika és a zene iránti érdeklődést. Anyagi támogatást úgyis keveset kaptak. Míg azonban Ottó mellett már ott állt az idősebb testvér, Petzval Józsefnek magának kellett utat törnie.

Petzval József (1807–1891) elemi tanulmányait Késmárkon és Lőcsén végezte. Mint fennmaradt ifjúkori naplójában írja, a matematika tanulása eleinte nagy nehézségeket okozott neki, nyilván a rossz tanítási módszer miatt, úgyhogy szülei suszterinasnak akarták adni. Utolsó nyári vakációjában kezébe került Hauser 'A matematika elemeinek analitikai tárgyalása' című könyve, és ebből nemcsak pótolta az elmulasztottakat, hanem egész életére eljegyezte magát a matematikával, amelynek lényegében minden későbbi sikerét köszönhette.

A bölcsészeti tanfolyamot Kassán végezte, ahol matematikát Barlay Mihály tanította. Mindenesetre a kassai oktatás ebben az időben elég jó lehetett, mert Petzval 1826-ban simán felvételt nyert az Institutum Geometricumba (ahol a felvételi a bölcsészeti tanfolyam elvégzése és felvételi vizsga volt), és már 1828-ban mérnöki oklevelet kapott. Ezután a bölcsészkaron folytatta tanulmányait, mivel elsősorban a matematikában akarta magát továbbképezni. Repetensi minőségében tanított is, 1831-ben adjunktusnak is kinevezték a fizika tanszékére. Ez azonban csak egyik féle elfoglaltsága volt, mert diplomája megszerzésekor elfogadta Pest város megbízását, hogy mint városi mérnök működjék.

Petzval mind a matematika és fizika oktatásában, mind a mérnöki munkájában (csatornázás, árvízvédelem) kiváló képességekről tett bizonyosságot. Bármilyen jó munkát végzett is azonban, kitűnő terveit – pénz és megértés hiányában – nem tudta megvalósítani, ezért 1832-ben kilépett a város szolgálatából és megszerezte a bölcsészdoktorátust. 1833-ban

pályázatot hirdettek a felső mennyiségtan tanszékre. Petzval szerepelt a legjobban a versenyvizsgán, de – szokás szerint – csak bizonyos huzavona után, 1835-ben nevezték ki. Ugyanebben az évben a bécsi egyetemen is megüresedett a felső mennyiségtan tanszéke. A pályázók közötti versenyvizsgán Petzval dolgozata volt messze a legjobb, úgyhogy a bizottság első helyen jelölte. Hozzájárult ehhez az a jó hírnév is, amelyet Petzval addig szerzett magának. Az ún. Tanügyi Bizottmány azonban nem jó szemmel nézte, és mindent elkövetett kinevezése megakadályozására, annál is inkább, mert akadt volna másik, megfelelő német pályázó. A. V. Ettingshausen, a fizika professzora lépett azonban közbe, és így V. Ferdinánd császár 1836-ban kinevezte az ifjú professzort, aki miután pesti tanszékét öccsének átadta, 1837-ben elfoglalta új állását.

Petzval életművét az optika keretében tárgyaljuk, de már eddig is megmutatkozott technikai sokoldalúsága. A matematika mellett a fizika, illetve a matematikai fizika vagy alkalmazott matematika igen sok területét művelte. Nem utolsósorban azonban rendkívül ügyes üvegcsiszoló és finommechanikus is volt.

Egyetemi előadásairól 1850-ig nem sokat tudunk, mert – mint maga panasolta – a szigorúan előírt tantervtől és tankönyvektől nem volt szabad eltérni. Ez számára szokatlan volt, mert ő mint végzett mérnök látogatta a pesti bölcsészkart, azt hallgatott, amit akart, és nyilván előadásaiban sem volt ennyire megkötve.

1850 után a bécsi egyetem bölcsészkarán is élet belépett a tanszabadság, és Petzval most már nagyobb lelkesedéssel adott elő az önként tanuló hallgatóságnak.

Bármily kiváló matematikus is volt, a matematikát nem tekintette öncélnak, hanem a fizika és a műszaki tudományok legfontosabb segédeszközének. Kedvelt stúdiuma volt ezért a lineáris differenciálegyenletek, amelyeknek rendkívüli fontosságát nemcsak felismerte, hanem azokat alkalmazta is. A lineáris differenciálegyenletekről az első rövid, 79 oldalas közleményen kívül egy nagyobb könyvet akart írni, de ez sohasem készült el, mint ahogy – sajnos – Petzval egyetlen nagyobb terjedelmű összefoglaló munkát sem írt. Az analitikai mechanikai előadásaiban is bemutatta a mérnöki alkalmazásokat. Kedvelt stúdiumai közé tartoztak még az akusztika (húrok rezgése, rezgő húr differenciálegyenlete; hangszerek matematikai elmélete) és a ballisztika. Mindezek közül egy-egy terület is híres professzorrá és tudóssá tehettek volna, de optikai felfedezéseivel egyedül állott a maga korában.

Túlságosan messzire vezetne Petzval objektívjének részletes bemutatása, ez teljesen nem is volna lehetséges, mert Petzval számításait, amelyek alapján az objektív készült, nem publikálta. Csupán rövid, szűkszavú közleményekben számolt be eredményeiről.

A lényeg: éles képet kis nyílással lehet kapni, minél nagyobb a nyílás, annál fényesebb is a kép, és a lencsék hibái annál szembetűnőbbek. Petzval objektívje az ún. kromatikus hibára és a gömbi eltérést korrigált négy lencséből álló rendszer volt. Ehhez Petzval kroma- és flintüveget használt és ennek fényereje 16-szorosa volt az ún. Chevalier-lencsének.

Tudomásunk szerint – Petzval Pesten még nem foglalkozott a lencsékkel, hogy Bécsben mikor kezdett hozzá, az sem tudjuk. Ettingshausen 1839-ben járt Párizsban, hogy a fényképezést tanulmányozza, és Petzval már 1840 májusában elkészült az objektívvel, amelyet azután Voigtländer bécsi optikus egy készülékbe beépített, melyet már ugyanezen évben forgalomba hozott. 1841-ben pedig már az egész világ megismerte a „portrait” objektívet.

A tájobjektív, az ortoszkóp kidolgozása tovább tartott, de az is sikerült. Ezek mellett még szerkesztett egy vetítőgépet, amelyet „ködkamrának” nevezett. Ebben a készülékben alkalmazta a tükrös Petzval-lámpát, amely a fényenergia 100%-os kihasználását biztosította.

Fent említett tevékenysége mellett objektívjét mikroszkópok, távcsövek tökéletesítésére is felhasználta.

Sajnos az a munka, amelyben optikai kutatásait szándékozott három kötetben kiadni, nem készült el, sőt a kéziratok egy része még Petzval életében elpusztult. Így a gazdag életművet néhány önálló cikk mellett akadémiai beszámolók és egyéb folyóiratok közleményei jelzik csak.

Alkotása így is időtálló. A legmodernebb XX. századi filmfelvevőgépek és vetítőgépek készítésénél még ma is Petzval munkásságát tekintik mintának.

A hőtan elméleti kérdései

Spekulatív hőtan a XVIII. században

A XIX. század szellemóriásának életműve után térjünk vissza egyelőre a XVIII. századi Felvidékre. Tűz, hő és fény problémája nemcsak Kéry B. Ferenc és Segner fizikájában fonódnak egybe, hanem általában az egész XVIII., sőt XIX. századi fizikában, amint ezt a tankönyveknél láttuk is. Csodálkozni persze nem kell azon, hogy olyan kiemelkedő fizikus, mint Euler, vagy olyan jó szakember, mint Segner megsejtett valamit a kétféle jelenségcsoport mögött rejlő valóságból, több mint 100 esztendővel az elektromágneses fényelmélet megszületése előtt, és akkor, amikor a fény kettős természetének felfedezésétől még százötven évvel is több választotta el a kutatókat.

Bonyolította azonban a kérdést a flogiszonelmélet, az égés problémája is. Bár ez elsősorban kémiai diszciplína volt, amelyet a kémia meg is oldott a XVIII. század végén, de a fizika sem mondhatott le arról, hogy választ adjon az égés mechanizmusának kérdésére, különösen, ha figyelembe vesszük, hogy a XVIII. század végén milyen nagy teret foglalt el általában a kémia a fizikai tankönyvekben.

Eppen a tankönyvek alapján elsősorban azt állapíthatjuk meg, hogy a flogiszonelmélet a Felvidéken nemigen talált talajra. Az itteni fizikusok éleslátását dicséri-e ez a tény, vagy egyszerűen elmaradás volt ez az általános európai szemlélettől, amelynek még olyan kémikusok is életük végéig hívei maradtak, mint Priestley? Ma már ezt nehéz lenne eldönteni. Annyit mindenesetre láttunk, hogy a flogiszonelmélet a Felvidéken rövid életű volt: Horváth és követői Lavoisier felfedezéseinek hírére hamar feladták. Valószínű, hogy még a XVIII. század közepén is bizonyos fáziskeresés figyelhető meg a tan elterjedésében. A Felvidéken a század utolsó évtizedeiben, a francia forradalom idején, nemcsak a történelem tempója gyorsul fel, hanem a tudomány elterjedése is. Így történik, hogy a Kárpát-medencébe késve érkezett flogiszonelmélet hamar le is tűnik a tudománytörténet színpadáról.

Ha a flogiszonelmélet nem is terjedt el, a hőre vonatkozó, nemegyszer fantasztikus elméletekben nem volt hiány. A XVIII. századi spekulációk annyiban érdekesebbek, mint a régiek, hogy a kísérletezés fontosságát, jogosságát már senki nem tagadja, és így mindenféle hipotézist igyekeznek valamiféle kísérleti módszerrel vagy tapasztalattal összeegyeztetni.

A hőtani értekezések között tehát elsősorban ilyen elméleti munkákat találunk. Másik típust – sokszor egy szerző munkájaként – a hőtani-meteorológiai megoldások alkotnak, tárgyuk rendszerint a légkör különféle jelenségeinek vizsgálata. Végül a XVIII. században vetik meg a meteorológiai megfigyelések alapjait, bár önálló meteorológia létrejöttéről még nem beszélhetünk (l. Kováts-Martiny Gábor) ez csak a XIX. században következik be.

Érdekes módon a fizikának ezen a területén, azaz a XVIII. századbeli hőtanban és meteorológiában igen nagy szerep jut az orvosoknak. Talán azért, mert hőtan és kémia, kémia és orvostudomány kapcsolata eléggé szoros, mert például a hőmérséklet pontos mérése az orvost közelről érdekli? A meteorológiai megfigyeléseket is többnyire orvosok végzik és írják le. Ez már annyiban érthetőbb, mert az időjárásnak az összefüggése a különféle betegségekkel mindig nyilvánvaló volt. Pl. Hatvani is komolyan foglalkozott az időjárás és a járványok oksági kapcsolatával.

Akárhogy is van, a XVIII. század elején időrendben az első hőtani, illetve hőtani-meteorológiai munkák szerzői orvosok. Egyik Fischer Dániel, akinek fizikajegyzetével már találkoztunk, és aki nemcsak egy terjedelmes hőtani munkát írt, hanem foglalkozott a dörgés és villámlás okaival is egy rövid dolgozatban.

Fischer Dániel, Késmárk, illetve Liptó megye érdemes főorvosa, több gyógyszer feltalálója, aki tudományos folyóiratot is szeretett volna alapítani 1722-ben adta ki ezt a tanulmányát, amelynek címe: 'Fizikai megjegyzések a légkör melegéről, amely nem a Naptól, hanem a forró kovakőtől (pyrittől) származik', elég mehökkentően hangzik, mint ahogy elég meglepő annak tartalma is.

Fischer Dániel 68 oldalas könyve csodálatos keveréke egy sereg fizikai ismeretnek, amelyeket nem is mindig indokolt helyen ad elő; a kartézianus és arisztotelészi fizika elemeinek, néhány – ma már jórészt ismeretlen – kortársa nézetének, amelyekből saját fantasztikus hipotézisét kihozza. Oldalakat lehetne megtölteni az idézett ókori, középkori nevek, valamint a korabeli nevek és művek bibliográfiájával, ezért reménytelen vállalkozás lenne kinyomozni, hogy elméletének melyik elemét vette át például a talán legtöbbet idézett Bergertől, Liebknechtől vagy Listertől, és mit talált ki ő maga. Alapgondolata eredetiségéhez azonban nem fér kétség, a sok-sok idézet csak egy-egy részletkérdés alátámasztására szolgál.

„A meglehetősen bonyolult szerkezetű, „téves” állításokat rendre cáfoló, a „helyeseket” posztulátumokként felállító munkából megpróbáljuk röviden a lényegét kihozni. A Nap maga nem meleg, csak fényes. Létezik a háromféle kartézianus anyag, a fényanyag (amely a hőnek nem anyaga!), a rugalmas éter, amely a fényhatásokat közvetíti és a szögletes, piramis alakú részecskékből álló levegő. Maga a levegő sem meleg, csak akkor melegszik fel, ha belejutnak a hőanyag (materia vagy vis calorifica) részecskéi, amelyeket azután a Napnak az éter által közvetített fénye gerjeszt.

Honnan származik tehát ez a materia calorifica? Ennek forrása a pirit, a kénes kovakő, amelynek részecskéi párolgás útján jutnak a levegőbe. A Föld mélyében rejlő forró piritbe befolyik a víz, fellazítja, és a kénes pára kiszabadulva fesháll. A kén elengedhetetlen alkotórésze a hőnek.

Nemcsak hőanyag van, hideg anyag is létezik (ez is részben arisztotelészi maradvány), amelynek alapanyaga a nitrium. Egész pontosan nem tudni, mit ért Fischer ezalatt, mert a régi írók nitrummal jelöltek meg minden szilárd alkáliát, de hogy a hidegnek a salétromhoz van valami köze Fischer szerint, az nyilvánvaló. A természetüktől fogva meleg testek meleg, a hidegek hideg effluviumokat bocsátanak ki.

Végeredményben tehát, hogy a levegőben létrejőjön a vis calorifica, ahhoz a következő feltételek összejártsága szükséges: forró pirit, napfény, éter, amely heves mozgásba hozza a piritből felszálló kénes párákat.

Még mindig fennmarad persze a kérdés, hogy a természettől fogva meleg, illetve hideg testek honnan erednek. Fischer az akkor elég gyakran felhasznált kibúvót választja, a teremtésre hárítja a felelőséget. Itt azonban a természettudományosan képzett orvos meglepően materialista nézetekről tesz tanúságot: Az őskháosról szerinte ui. nincs szó Mózes könyveiben, tehát az öröktől megvolt, abból fejlődött ki a világ, Isten csak a lelket adta hozzá a teremtéskor. Jellemző módon ezen a ponton Fischer Démokritoszra, a materialista természetszemlélet ősré hivatkozik, tehát a fenti gondolatmenete nem véletlen, hanem tudatos.

Fischer Dániel felfogása nem lesz annyira meglepő, ha közelebbről megvizsgálunk néhány hőről vallott felfogást a XVII–XVIII. századból azoknak a természetfilozófusoknak a munkáiból, akiket Fischer maga is idéz. Így Cardano szerint a tüzet a hő, a hőt a tűz hozza létre, lényeg a mozgás. Gilbert finom folyadéknak, Galilei a hőt a tűzrészecskék tényleges heves mozgásának tartja, Descartes elmélete szerint a harmadik elem rugalmas, hajlékony részecskéinek gyorsuló mozgása révén hő, lassuló mozgásából hideg jön létre. Gassendi

atomelméletében apró kerek atomok, amelyek önmagukban nem melegek, behatolnak a testek hézagaiba, és ott mozgásba hozzák a test atomjait. Míg Gilbert szerint a hideg csupán a hőanyag hiánya, Gassendi rendszerében vannak hideget okozó (frigorificae) atomok is. Digby Arisztotelész követője: melegek a száraz testek, hidegek a nedvesek és sűrűk, mert ezekből a könnyű, száraz részecskék eltávoznak. Boyle a hőt nem tartja a testek alapvető tulajdonságának, míg Hooke szerint ismét mozgás. Leibniz az éter mozgásának tartja a hőt, de szerinte az éter különböző finomságú lehet, a legfinomabb részecskék mozgása adja a hőt, a hideg is mozgás eredménye, de olyané, amely összehúzódot okoz. Látható tehát, hogy a XVII. század hőelméletei a különféle speciális atomelméletek függvényei, a sajátos hőanyag talán a XVIII. század elején Wolff felfogásában jelenik meg először, ebből alakul ki a század során a hőanyagelmélet: a hő sajátos anyag, amely egyik testről a másikra átmegy. A hőanyag a test apróbb hézagaiban gyűlik össze, egyikben több, a másikban kevesebb. Ha a hézagok nagyok, a test csak annyira tud felmelegedni, mint a levegő. Önmagában a hőanyag nem meleg, csak mozgás által válik azzá.

Fischer Dánielnek tehát a XVIII. század elején volt miből válogatnia, csak éppen a komoly kísérleti alap és az egységes nézőpont hiányzott, amelyet azután a XVIII. illetve a XIX. század létrehozott.

Ezek után már nem kell meglepődnünk, ha egy másik felvidéki orvosnál ismét egy másikkal szembe találjuk a hőelméletre bukkanunk. Perliczy János Dániel (1705–1778) szintén késmárki származású volt, Fischer Dániel fiatalabb kortársa, aki osztozott annak haladó törekvéseiben. Holland, francia egyetemeken tanult, 1726-tól pedig Wittenbergbe iratkozott be, ahol 1726-ban filozófia, 1727-ben pedig orvosdoktori címet szerzett. Hazatérésekor Selmeceen lett orvos, majd Nógrád megye főorvosa volt egészen 1754-ig.

Szétágazó tudományos tevékenységet folytatott orvosi gyakorlata mellett. A berlini tudományos akadémia tagjává választotta, és itt számos értekezése jelent meg a legkülönbözőbb tárgykörből: építészet, bányagépészet, orvostudomány, meteorológiai észlelések, hazai fürdők, hévizek leírása stb. Ő is foglalkozott tudományos társaság alapításával: 'Egy irodalmi és művelődési társaság felállításáról Magyarországon...' című röpiratáról nem tudjuk, hogy megjelent-e. 1751-ben emlékiratot adott be Mária Teréziához orvosi kar alapításáról, amelynek részletes tervezetét is kidolgozta. Írt azonkívül népszerű orvosi munkákat is magyarul, általában mint orvos igen híres és keresett volt. Nyomtatásban megjelent munkáinak mennyisége azonban távolról sem ad hű képet nagy tudományos munkásságáról, amelynek igen nagy része, különösen az, amin nyugalomba vonulása után dolgozott, kéziratban maradt.

Élete, ismert művei mindenesetre a hazai művelődéstörténet nagy alkotói közé emelik, s akinek emléke oly sok máséval együtt ma már szinte a feledés homályába merült.

Ebből a gazdag életműből kerestük ki azt a néhány kimondottan fizikai tárgyú értekezést, amelyeket még fiatal korában, wittenbergi diákoskodása idején írt.

Az egyik 1728-ban Wittenbergben megjelent munkájának címe: „A hő matematikai elmélet új orvosi módszerrel alkalmazva.”

Ennek a dolgozatnak jellegzetessége az, hogy a felsorolt hőelméletekből, Descartes-tól Wolffig jóformán mindegyikből van benne egy kevés, de lényegében a hő és a mozgás kapcsolatára épít. A „matematikai” jelzőt (amelyért a bevezetésben az orvosoktól bocsánatot kér!) az indokolja, hogy a hő terjedésére a newtoni dinamika alapelveit használja, sőt alkalmaz néhány egyszerűbb képletet is. Érdekesebb azonban ennél, hogy a hőtannak és a mechanikai hőelméletnek jóformán mindegyik fogalma szerepel már, nála, természetesen általában pontos definíciók nélkül, de helyenként egészen közel jár a jelenségek helyes értelmezéséhez. Ezek a fogalmak: mértéke (mensura), fok (gradus), nagysága (magnitudo), mennyisége (quantitas), erőssége (intensitas), sebessége (celeritas) és ezeken kívül (nem

ezekkel a szavakkal, hanem körülírva) tágulási együttható, hővezetés, rossz és jó hővezetők, sugárzó hő stb.

Az elmélet lényege, hogy a hő az éterhez hasonló finom folyadék, amelynek részecskéi valamilyen oknál fogva gerjesztve nemcsak áthatolnak mindenben, hanem mozgásukat meg is tartják. A hőmérséklet arányos a mozgást létrehozó erővel, de egy test felmelegedése függ annak tömegétől és sűrűségétől. Érintkezéskor a melegebb test átadja a hőt a hidegebbnek, ez a hőmérőkészítés alapja. Perliczy le is írja egy orvosi célra alkalmazható borszeszhőmérő készítését.

Ha részleteiben vizsgáljuk ezt a munkát, szembetűnik, hogy mennyire szükségszerű volt a fizikában a fajhő, a hőmennyiség, a latens hő stb. fogalmainak egzakt megállapítása, mégpedig függetlenül a fogalmak alapjául szolgáló elmélet helyességétől. Amíg a fizikusnak nem álltak rendelkezésére jól mérhető, matematikailag valóban definiálható fogalmak, addig a legszellemesebb elmélet is üres spekuláció maradt.

Ezt érzi Perlitzy is, amikor egyrészt a hőmérséklet mérésének olyan nagy fontosságot tulajdonít, ez neki mint orvosnak is lényeges, de ez volt azonkívül az egyetlen abban az időben jól mérhető adat. Másrészt ez készteti arra, hogy a hő terjedésére, a testek felmelegedésére képleteket próbáljon konstruálni, figyelembe véve valamiképpen a jelenségeknek az anyagi minőségtől való függését. Példáit természetesen az orvostudomány köréből veszi és a hőtani megállapításokat igyekszik az emberi testre alkalmazni, amelyet „gépnek” tekint.

A mérések fontosságának felismerését, valamint későbbi meteorológiai érdeklődését mutatja Perliczynek egy évvel korábbi, minden valószínűség szerint doktori értekezése, amelyet 1727-ben védett meg Weidler professzor elnöklete alatt mint szerző. Ebben egy újfajta csapadékmérő szerkezetét ismerteti, amely nyilván az ő találmánya.

A bevezetésben Perliczy hangsúlyozza is, hogy a természetet ma már csak matematikával és műszerekkel lehet tanulmányozni.

A légkör jelenségeinek, felhő, eső, zápor, felhőszakadás, dér, hó stb. rövid ismertetése után egy olyan berendezést, hyostocopiumot írt le, amellyel meg lehet mérni az eső mennyiségét, majd egy másikat, amely a harmat mérésére szolgál: a doroscopiumot. Maguk az eszközök – ha egyáltalában megcsinálta azokat – nem lehettek túl pontosak, itt inkább a törekvés az érdekes.

Perlitzy wittenbergi tartózkodása alatt még egy kis asztronómiai értekezést is írt a Jupiter holdjairól, illetve azoknak Cassini által adott magyarázatáról, de ennek különösebb jelentősége nincs.

Wittenbergben úgy látszik továbbra is kedvelték a meteorológiai és ahhoz hasonló témákat, mert a század közepe után két ilyen kimondottan meteorológiai-fizikai jellegű munkával is találkozunk.

Ezeknek a szerzői éppúgy az ismeretlenség homályába vesznek, mint a XVII. század legtöbb fizikai disszertációjának írója. Nem válnak belőlük itthon jelentős egyéniségek, mint Fischer Dánielből vagy Perlitzyből. Műveik tartalma is ennek megfelelően igénytelenebb.

Két okból azonban mégis érdemes ezeket megemlíteni. Először azért, mert így alkalmunk nyílik összehasonlítást tenni az átlagos wittenbergi színvonal és a hazai között, másodsor pedig azért, mert valamivel hozzájárul a XVIII. századbeli értelmiség átlagának megismeréséhez. Hiszen oly sok életrajzban olvashatjuk, hogy egy-egy professzor vagy orvos „külföldi egyetemeken tanult”, de ennek a tanuláshoz még kevesebb dokumentuma maradt a XVIII. századból, mint a XVII. századból.

Casparides M. Andrásnak még születési és halálozási évszámai sem ismeretesek. Annyit lehet tudni róla, hogy a Hont megyei Almásról származik, tanulmányait Németországban végezte, és 1755. május 1-jén iratkozott át Halléból Wittenbergbe. 1757-ben tért haza, és

tanító lett a Hont megyei Ivánkán. Ismertető meteorológiai munkáján kívül még egy metafizikai értekezést is adott ki Wittembergben.

Casparides munkája: 'A köd természetéről és eredetéről' szól, elnöke Bose professzor, aki elektromos kutatásairól volt nevezetes. A dolgozatban még némi skolasztikus maradványok is felfedezhetők, mint a jelenségnek az anyag és a forma szempontjából való tárgyalása, de lényegében helyesen ismerteti a ködképződés folyamatát. Téves megállapítások természetesen akadnak, így a hideg vonzza a párákat, a levegőben levő idegen anyagok nem a lecsapódást segítik elő, csak egészségünkre károsak stb.

Kissé nagyobb igényű az előzőnél Sztupkay Gottfried, löcsei származású orvosdoktor (ennél többet nem tudni róla) értekezése az atomszférikus levegőről, amely 1763-ban Jénában jelent meg. Az elnöklő Basilius Wideburgról sem lehet nagyon sokat tudni. Nincs egészen kizárva, hogy az értekezés az ő munkája, mert a címlapon Sztupkay csak mint respondens szerepel.

Ismét a régi hiedelmek, új felfedezések sajátos, nem túl érdekes keverékével állunk szemben. A szerző hosszadalmas történeti áttekintés után, rengeteg szerző idézése mellett elemzi a levegőre vonatkozó nézeteket, azután kiköt a következő felfogásnál: a levegő három részből áll a benne levő párákon és kigőzöléseken kívül: 1. a durvább (crassior) levegő, amely közepes finomságú, nagyon könnyen összenyomható részecskék összessége, 2. a finomabb (subtilior) levegő, amelyet tehát sokkal finomabb, de még könnyebben összenyomható részek alkotnak. Nyilvánvaló, hogy az elsónél a szerző a vízgőzre, a másodiknál magára a levegőre gondol, míg a 3. alkotórész az éter. Az éter az előző kettőnél finomabb, súlytalan anyag.

Végeredményben tehát a levegő az éterrel keveredve veszi körül az egész Földet. Igaz ugyan, írja, hogy az éter létezését újabban a fizikusok, különösen Angliában igyekeznek kétségbe vonni, pedig az rendkívüli finomsága miatt az égitestek mozgását nem zavarja, és feltétlenül szükség van rá (tehát létezik!), mert a fény visszaverődését és törését közeg nélkül nem lehet magyarázni. Mivel a fizika és a mechanika elvei szerint semmiféle távolba hatásnak helye nem lehet.

Az ezután következő hosszú és körülményes, ugyancsak idézetekkel teletűzdelt elmefuttatások lényege, hogy az atmoszférikus levegő telve van effluviumokkal és három, csökkenő sűrűségű rétegben veszi körül a Földet. Ha ezt tudjuk, valamint az éter tulajdonságait ismerjük, az atmoszférikus levegő minden tulajdonsága megismerhető. Ezzel kapcsolatban sor kerül olyan kérdésekre is, mint a levegő súlyának mérése, a légnyomás, a légszivattyú, a levegő rugalmassága stb., tehát: helyes kísérleti eredményeket erőltet bele a maga többé-kevésbé kartézianus elméletébe.

A dolgozat ismét jó példa volt arra, milyen mértékben gátolják a még meg nem oldott kérdések a fizikában egy sereg kísérletileg is ellenőrizhető, jól ismert jelenség fogalmi tisztázását.

A tankönyveknél láttuk, hogy Black elmélete sokat segített a hőtani fogalmak tisztázásában. A XIX. században Tomcsányi és Kováts-Martiny Gábor már nyíltan kimondják, hogy a hő mibenléte kérdésének megoldása nélkül is lehet jó hőmennyiséget mérni. Ezzel szemben a XVIII. század új kémiai felfedezései, a különféle „levegők”, a víz összetett volta stb. egyes fizikusok fejében újabb zavart támasztott.

Jó példa erre Szarka József professzor (1764–1827) egy dolgozata 1799-ből 'A Föld légkörében felszálló gőzök változásairól'.

Szarka József Pozsonyban született. Eredetileg papnak készült, aztán a tanári pályát választotta. Horváth János nyugdíjazásakor 1791-ben a pesti egyetemen a fizika helyettes tanára lett, innen Pécsre, majd Győrbe került akadémiai tanárnak. 1819-ben ismét Pesten tanít, ezúttal számviteltant. 1826-ban rektor is volt. Horváth könyvének 1807-es kiadását ő rendezte sajtó alá. Pécssett fizikai téziseket adott ki, majd egy kétkötetes számviteli munkát is írt, amellyel pályadíjat is nyert.

Dolgozatában Szarka élesen kikel a flogiszton ellen, de a hőanyaghoz ragaszkodik. A gőz képződését úgy akarja magyarázni, hogy a vízben a hidrogén és oxigén uniója felbomlik és az alkotórészek vegyülnek a tűzfolyadékkal. Ez három fokozatban történik és az így keletkező gőzök fajsúly a kisebb, mint a levegőé, tehát felszállnak. Segít ebben a tűzzel együttjáró elektromos folyadék is, amely felfelé irányuló taszító hatást gyakorol a gőzökre. Ezzel az elmélettel azután már minden jelenséget ellentmondás nélkül lehet magyarázni.

A XVIII. század eleje óta a különféle folyóiratok szívesen közölnek felvidéki szerzőktől is egyes érdekesebb meteorológiai jelenségekre vonatkozó rövid leírásokat. Nagy viharok, rendkívül hideg vagy forróság stb. mellett ezek tárgyai igen gyakran nevezetes villámcsapások vagy zivatarok. A már eddig tárgyalt szerzőknek is vannak ilyenfajta kisebb dolgozatai, sőt ez a műfaj tovább él a XIX. században is. Ilyen munkája volt például Tomcsányinak Kitaibel Pállal írt dolgozata a móri földrengésről. Nem foglalkozunk azonban ezekkel, mert – amennyiben csak az esemény leírásáról van szó – az általános fizikai képen nem változtatnak. Az ilyen leírások tudományos jelentősége abban nyilvánul meg, hogy ilyenekből nő ki később a rendszeres meteorológiai megfigyelés, a meteorológiai állomások felállítása, a középhőmérsékletek mérése stb. A XIX. század első felében azonban ilyesmire még nem kerül sor. Az Országos Meteorológiai Intézetet csak 1870-ben állítják fel.

Fuchs Albert XIX. századi dolgozata a hőről

A XIX. században a hőtani területén nem találunk egy Petzvalhoz vagy Jedlikhez mérhető egyéniséget, de hőtani dolgozatok szemléjét érdemes lezárni azzal a XIX. századi munkával, amelyet Fuchs Albert már az energia-elv felfedezése után írt 1858-ban. Igaz, hogy ez már a választott korszak határán túl van, de ismertetésére több okunk is van. Először az, hogy Fuchs Eperjesen és Pozsonyban még a feudalizmus korában kezdte meg működését, tankönyvének első kiadása is 1845-ben jelent meg. Másodsor, hogy az elég rövid életű pozsonyi folyóirat, amelynek mellékleteként Fuchs cikke megjelent csak 1856-ban indult meg, és így nem tudhatjuk, pontosan mikor is írhatta Fuchs azt. Nyilván a szabadságharc és az azt követő évek nem voltak Pozsonyban sem alkalmasak az elmélkedő munkára. A harmadik és legfontosabb ok: Itt tudjuk lemérni, hogy azoknak a bizonyos alapelveknek és alapfogalmaknak tisztázása, amely a tankönyvíróknak és a XVIII. századi tudósoknak oly sok fejtörést okozott, az 1840–1850 közötti időszakban ment végbe, mennyi problémát megold, amelyek a tankönyvíróknak és a többi XVIII. századi tudósoknak oly sok fejtörést okoztak.

Fuchs munkája, mint címe is mutatja „népszerű értekezés”, de abban az időben ez igen fontos, mindennél fontosabb feladat volt, és feltehetőleg a tanulmány megírása előtt Fuchs magában is tisztázott egy sereg problémát.

Ma ugyanolyan döntő időket élünk – kezdi Fuchs az előadását –, mint Newton korában. Akkor mindent az általános gravitáció törvényére vezettek vissza. Ma is egyetlen elv: a molekuláris mozgás, amellyel minden értelmezhető. Ismertetve a hullámelmélet kialakulásának történetét, most már teljesen annak álláspontjáról, kifejti, hogy az elektromosság sem lehet anyag, hanem csupán a testnek egy állapota, amely azonban kapcsolatban áll a hővel.

Célja azonban a hőelmélet ismertetése, amelyben a legjelentősebb lépések:

1. Nincs hőanyag, csak molekuláris rezgés.
2. „Mechanikai erő [energia] és hő tetszés szerint alakulhat át egymásba.”

Rámutat ezután a hőszugárzás és a fény azonos jellegére, ismertetve az erre, valamint a teljes színekre vonatkozó kísérleteket és a különböző színű látható fény rezgésszámait, Lelkesedésében a hangot is ideveszi, mondván: szeget kalapálunk, először csak a 16000/s rezgésszámú hangrezgések keletkeznek, majd 300 billio/s-mal forró lesz, és végül elérve a 400 billio/s-ot világítani fog. Itt persze még némi tisztázatlanság van: tudja, hogy a

hanghullámokhoz közeg kell, és hogy a fény éterrezgés, de nem különbözteti meg a sugárzó hőt a testek molekuláris mozgásától.

Ez körülbelül a bevezetés. Most tér rá a lényegre: Minden mozgás oka: az erő. A mechanika tárgya a mozgás. A hőtan tehát a mechanikába tartozik, és vonatkoznak rá a mechanika törvényei.

A továbbiakban nem mindig könnyen követhető gondolatmenetét megkíséreljük a ma használatos kifejezésekkel visszaadni. Rámutat arra, hogy az erő mibenlétét nem ismerjük, hatását azonban igen, az a munka, amelynek egysége a fontláb. De ha nem akarjuk, hogy szerepeljen a munka kifejezésben a magasság, mérhetjük azt a test eleven erejével is. Itt most szavakban ismerteti a mechanikán belül a helyzeti és mozgási energia egymásba való átalakíthatóságát, amely szerint az energia $K=MC$ -tel, a test eleven erejével. Ez az új fizikában az erő [energia] megmaradásának elve. Az energia a világegyetemben állandó, nem semmisülhet meg, csak átalakulhat. Ezt most több példán igazolja és rámutat, hogy a sűrűlődkor látszólag elveszett eleven erő hővé (esetleg hanggá és fénné) alakulhat. Hő is átalakulhat munkává, a kettő között egyenes arány áll fenn.

Érdekes, hogy Mayert itt még nem említi, csak Carnot, Joule, Thomson, Regnault szerepel név szerint. A ma már számunkra érthetetlen egységekben megadja az átszámítási számot. 1 Kal (nem így mondja, de ez a lényeg) = 1367 lábfont. Beszél a kémiai reakcióhőről is, ahol szintén pontos számszerű összefüggések állnak fenn.

Ismét egy kissé bonyolult (és nem mindig helytálló) következtetés lánc során jut el az elektromosság és a hő kapcsolatához, amelyet számos példán be is mutat. Ismerteti a Joule-Lenz törvényt, amelynek a „herrlich” (isteni) jelzőt adja. Majd levonja a konklúziót, amelyet érdemes szóról szóra idézni, mert valóban a XIX. század klasszikus mechanisztikus fizikájának a csúcspontját jelzi: „Ha meggondoljuk, hogy egy meghatározott munka meghatározott hőmennyiség által, hogy egy meghatározott hőmennyiség egy pontosan meghatározott elektromos áram által keletkezhet; hogy ez az elektromos áram pontos összefüggésben áll a kémiai erővel és ezen keresztül a fénnel és mágnesességgel: meggyőződhetünk róla, hogy a természetben minden erő a tömeg és súly által meghatározott csodálatos kölcsönhatásban áll egymással.” Nincsenek „erőanyagok” – folytatja (Kraftstoffe), csak egy erő van. Mayer ezt már régen sejtette, csak nem merte kimondani. Pedig még nagyobb jelentőségű gondolatról van szó, mint a newtoni általános gravitáció. A továbbiakban mindezt még példákön illusztrálja.

Fuchsnak e kötetben levő másik, 'A zivatarról' szóló előadása a fent említett meteorológiai jellegű cikkek közé tartozik. Különösebben nem jelentős, hiszen 1858-ban már nem újdonság a légköri elektromosság helyes értelmezése. Van még e pozsonyi értekezések között egy kisebb, elektromos tárgyú is, erről a következőkben lesz szó.

A Dörzsölési elektromosságtól Voltáig

Elektrosztatika a XVIII. században

Az elektromos jelenségek iránt a XVIII. században igen nagy volt az érdeklődés világszerte. Előkelő szalonokban, vásártereken egyaránt népes közönségre talált a kísérletező, aki szikrákat tudott az emberek ujjából kicsalni, szelíd izgalmat okozó elektromos láncot alkotott a nézőkből stb. Új játékszert kapott az emberiség, amellyel mulatságos dolgokat lehetett produkálni.

Az elektromosságnak ezt a szórakoztató jellegét két esemény változtatta meg a század derekán: a leydeni palack az időközben egyre tökéletesedő elektrosztatikai gépek segítségével lehetővé tette nagyobb mennyiségű elektromos töltés felhalmozódását, és ezzel igen nagy

szikrák előállítását. Így már könnyebb volt az elektromos szikra és a villámlás közötti rokonság megállapítása, és a villámhárító igen nagy gyakorlati haszna mellett már kezdték megsejteni, hogy sokkal többről van szó, mint játékról: komoly energiaforrás került az emberiség kezébe. A játék komolyra válását egyébként Richman tragikus halála is jelezte 1753-ban. Mindez megmagyarázza Franklinnak, a légköri felfedezéseinek népszerűségét és gyors elterjedését. Ehhez persze hozzájárult rokonszenves egyénisége mellett politikai szereplése is, ezek a felvilágosodásra váró emberiség szemében a XVIII. század egyik legkiemelkedőbb személyiségévé tették Franklint.

Ha most a Felvidéken az elektromos ismeretek terjedését vizsgáljuk, itt is élesen elválík egymástól a Franklin előtti és a Franklin utáni korszak. Valamiféle érdeklődés már megmutatkozik ugyan a XVIII. század elején is, de a korai tankönyvekben az elektromosság valahol a „kövek” közt kerül említésre, míg a villámlásról rendszerint a „tüzes meteorok” keretében esik szó, együtt a repülő sárkánnyal, a hullócsillaggal és a lidérccel.

Franklin felfedezése a Felvidéken is rendkívül gyorsan terjedt el. A tankönyvszerzők nagy része sürgősen feladja a jezsuita Nollet effluviumos elméletét, és elfogadja a Franklin-féle egyfolyadékos hipotézist, ismerteti a sűrítőt és villámhárítót.

Ezen túlmenően azonban létrejön egy elég gazdag, csak az elektromossággal foglalkozó irodalom, amely valamivel nagyobb, mint a fénytani és hőtani, színvonalban pedig elég korszerű, ha nincs is szó itt sem jelentős eredeti alkotásokról.

A Franklin előtti időkből való Fischer Dánielnek 'A villámcsapásról, mennydörgésről és villámlásról' szóló latin nyelvű munkája, amely hely és év nélkül jelent meg ugyan, de mivel a címlapon a szerző még késmárki gyakorló orvosnak nevezi önmagát, tehát a megjelenési dátuma kb. 1717-re tehető. Fischer itt sem elégszik meg teljesen a kartézianus magyarázattal. Mint a hőtanban is, itt is egyéni véleménye van: mivel a villámot mesterségesen is elő lehet állítani, mint kén, salétrom és timsó megfelelő arányú keverékét, tanulmányozni lehet, mikor, milyen típusú jelenség jön létre. Így például, ha a levegőbe emelkedő, hevesen mozgó részecskék között több a kénes, mint a salétromos, akkor csak gyenge dörgés jön létre, de nagyobb lesz a tűz stb. Minden tudományos igénye mellett Fischer nem lát egyéb védekezést, mint az imádkozást.

Fischer e munkájának tehát tulajdonképpen semmi köze sincs még az elektromossághoz. Azért kíváncszott mégis e pont elejére, mert mintegy jelzi, honnan indul el a légköri elektromosság megismerése a XVIII. század elején. Ugyanis, mint látni fogjuk, és mint ahogy már említettük is, Franklin felfedezésének döntő hatása volt a Felvidéken az elektromos kutatások fellendítésében.

1751 előtt, amikor még a tankönyvekben is csak elvétve szerepel az elektromosság, tulajdonképpen egyetlen munkát ismerünk, amely elég részletes és korszerű ismertetést ad az elektromos jelenségekről, még hozzá hexameterekben! Ez Purgine János (1719–1748) nagyszombati tanárnak 1746-ban megjelent tankölteménye 'Az elektromos erőkről...'

Az életrajzi adatai szerint igen fiatalon elhalt szerzőről csak annyit tudunk meg, hogy nagyszombati születésű, 1736-ban lépett a rendbe, tanított Nagyszombatban az alsóbb osztályokban, majd ugyanott tanult teológiát. Úgy is írja magát alá, hogy „nagyszombati költő”.

A tanköltemény három részből áll. Az első a „saját” (propria) elektromosságról, azaz a később ideo-elektromosságnak mai kifejezéssel a szigetelőknek nevezett testekről, azaz a dörzsölési elektromosságról szól. A második a „közölt” (communicata) vagy symper-elektromos erőről, azaz a vezetőkről szól. Végül a harmadik rész 'Az elektromos testek fényéről és tüzeről' szól.

A hexameteres részeket egy-egy pózban megírt „Argumentum” előzi meg. Ezekben röviden elmondja a költő, miről fognak szólni a versek.

Az elsőben a dörzsölés, vonzás és taszítás alapjelenségeit írja le, és azt ígéri, hogy fel fogja sorolni a dörzsöléssel elektromossá tehető testeket, kísérletekkel fogja illusztrálni a kétféle elektromosságot (üveg és gyanta), és meg fogja magyarázni ennek a jelenségnek okát.

Költőien adja elő ezután, hogy a régiek ismerték ugyan az elektromos erőt, de büszkén vallja, hogy a „mi korunk” hozta napfényre az idők mélyéből. Vergiliusi hasonlatokkal írja le, amint a megdörzsölt üveg (legyen az bármilyen alakú) magához vonzza az apró tárgyakat, majd hirtelen eltaszítja.

A dörzsöléssel elektromossá tehető testek közül a porcelánban lehet szerinte a legnagyobb erőt létrehozni.

Nem tudni, miért, de a kísérleti tények azt mutatják, hogy „a gyantás test kölcsönösen szereti az üvegből álló részecskéket, de méltatlankodva taszítja el azokat, amelyek gyantás természetet mutatnak.”

Ennek hosszú részletezése után következik a jelenségek magyarázata, amely szerint az üvegből apró effluviumok szállnak fel, ezek örvényekké alakulnak, és magukkal ragadják az apró tárgyakat. De szó sincs róla, hogy ugyanaz történe, mint a mágnesnél! Az elektromos test a legkülönfélébb testeket vonzza, a mágnes csak egyet!

A „közlött” elektromos testek csak dörzsöléssel nem hozhatók elektromos állapotba. Ebben a részben egy elektromos gépet ismertet, és elmondja, hogyan kell a vezetőkhöz szigetelő lábakat alkalmazni.

A harmadik részben a megdörzsölt elektromos testek gyenge fényéről, illetve az elektromos szikrákról beszél.

A fiatal költő valóban mindent megtanult és elmondott, amit 1746-ban erről a tárgyról tudni lehetett. Purgine nagyszombati poéta írta tehát az első tanulmányt a Felvidéken az elektromosságról, az utána következőknek már lényegesen nagyobb anyag áll rendelkezésükre, hiszen éppen 1746-ban publikálták Musschenbroek és Kleist felfedezésüket a leydeni palackról, illetve a sűrítőről, és mintegy öt év múlva pedig Franklin „lehozta a villámot az égről”.

Az elektromosság tanulmányozásának tehát a század közepe táján új szakasza kezdődött. A hatalmas szikrát adó leydeni palack és Franklin „levelei”, amelyeket rendkívüli gyorsasággal fordítottak le, (sőt franciául előbb jelentek meg, mint angolul) lázba hozták az európai fizikusokat, köztük a felvidékieket is. Az Újvilág felől valami olyan friss szellő kezdett fújdogni, amely elfújta még a maradék ködös spekulációkat is, amelyeket sem Descartes világos racionalizmusa, sem Bacon és Galilei kísérletezési programja, sem Newton matematikailag alátámasztott fizikája teljesen megszüntetni nem tudott.

A felvidéki fizika szempontjából talán a legfontosabb a kísérletezési kedv felébredése volt. Nem azért, mintha a felvidéki fizikusok általában és elvben nem osztották volna Francis Bacon programját. Erre már a XVII. században is igen sok példa akadt, nem is beszélve a különféle, aránylag korai törekvésekről, hogy a fizikát kísérletekkel lehessen tanítani.

A Felvidéken azonban a kísérleti fizika elterjedését gátolták olyan az objektív tényezők, mint az oktatási intézmények szegénysége, és – ahol ez nem állt fenn, mint pl. Nagyszombatban – a szubjektív tényezők: a hatalom urai nem kívánták, hogy itt virágzó természettudomány legyen, az értelmiség általában – gazdasági-társadalmi elmaradottság következtében – nem érdeklődött eléggé a kísérleti természettudomány és az ezzel kapcsolatos alkalmazások iránt.

Mit változtathat mindezen a leydeni palack és a légköri elektromosság felfedezése? Hogy mennyit változtat, azt már Purgine János tankölteménye megmutatta. Nem sokkal azután, hogy Nagyszombatban Akai Kristóf képtelen skolasztikus számárságait még kiadták, a „nagyszombati poéta” részletesen ismerteti az elektromos kísérleteket, amelyekből az alapjelenségekről világos képet lehet kapni, még akkor is, ha az ezekhez fűzött elmélet még részben a spekulatív kartéziánizmus talaján áll, és a vonzás és taszítás jelenségét örvényekkel

értelmezi. Arról van tehát egyszerűen szó, hogy míg az általános gravitáció okán, a hőanyag mozgásán vagy nem mozgásán, a légkör jelenségeinek értelmezésén el lehet elmélkedni olyan jelenségek alapján, amelyeket a természet készen nyújt számunkra, mint a szabadesést, az égitestek mozgását, a testek hőátadását, a harmat, eső, dér, hó stb. keletkezését, az elektromos jelenségeket magunknak kell előállítani, hogy megismerhessük azokat. Érzékeink általában nem adnak közvetlen felvilágosítást sem az elektromos, sem a mágneses jelenségekről, tehát kísérletezni kell ahhoz is, hogy felismerjük a dörzsölési elektromosság és villám azonosságát, kísérletezni kell ahhoz is, hogy az utóbbi ellen védekezni tudjunk.

Franklin felfedezésének, általában az elektromos kísérletek előtérbe kerülésének jelentősége tehát elsősorban abban áll, hogy az érdeklődés középpontjába olyan jelenségcsoportot állított, amely csak kísérletileg volt megközelítő.

A sztatikai elektromossággal foglalkozó értekezéseknek nem elsősorban a tartalma, tudományos mondanivalója a lényeges. Lényeges a tény, hogy ezek a művek egyáltalában létrejöttek, hogy színvonalban – nem az eredetiségre, hanem a korszerűsége gondolkodunk itt – egyáltalában meghaladják a XVIII. századi fizikai irodalom egyéb termékeit.

Figyelembe véve a fizika, ezen belül az elektrosztatika általános fejlődését, három szempont az, amelyeket mint jellemzőket a vizsgálat céljából kitűzünk. A három szempontnak tulajdonképpen sorrendje, helyesebben fontossági sorrendje nincs. A következőket érdemes egy-egy munkánál vizsgálnunk. Milyen elméletet fogad el az illető szerző, ha egyáltalában foglalkozik elmélet kifejtésével. Milyen önálló kísérleteket végzett el, vagy milyen kísérletek leírását tanulmányozta a jelenségek ismertetéséhez, végül milyen helyet kap művében a légköri elektromosság tanulmányozása. Nem arról van szó, mintha a szóban forgó dolgozatokat ezek szerint a szempontok szerint három csoportba lehetne osztani, mivel mindegyikben ezek közül legalább kettőt megtalálunk, ha nem mind a hármat, hanem csupán azt akarjuk kiemelni, hogy a tanulmányok rövid ismertetése során e három szempontot fogjuk szem előtt tartani, egyébként amennyire lehet, az időrendet fogjuk követni.

Horányi Elek Purgine János után az első, aki az elektromosságot önálló tanulmány tárgyává választja. Tézisgyűjteményének második felét alkotja az a munka, amely Rómában jelent meg, és ennek elméleti állásfoglalását illetőleg annyiban van jelentősége, hogy az olasz és az olaszokkal kapcsolatos kutatókra igen nagy hatása volt a piarista Beccariának. Horányi értekezése címében is hangsúlyozza, hogy Franklin elméletéről lesz szó, amelyet „kifinomított, megerősített és kibővített Beccaria”.

Beccaria ui. egyike volt azoknak a tudósoknak, akik Franklin fölfedezéseire fellelkesedve igyekeztek most már minden természeti jelenséget az elektromos vonzó- és taszítóerőkkel, illetve a kétféle elektromosság kiegyenlítődésével magyarázni. Így elektromos eredetűnek tartotta a földrengést éppúgy, mint a vulkánok kitörését. A zivatar keletkezését úgy értelmezte, hogy a Föld egyes pontjain nagyobb mennyiségű elektromosságfőlölesg gyűlik össze, az átmegy a felhőkbe, a felhők elszállítják az elektromosságot olyan helyekre, ahol hiány van (negatív elektromosság) akkoriban, és itt aztán a kisülés létrehozza a zivatart. A világos és egyszerű elmélet sok kortársának tetszését megnyerte, bár arra nem tudott választ adni, honnan származik a Föld egyes pontjain az elektromosságtöbblet.

Horányi 16 lapos tanulmányában tulajdonképpen nem tárgyal sokkal nagyobb anyagot, mint Purgine János, ő is csupán az alapjelenségek ismertetésére szorítkozik, de a tanköltemény megjelenése óta eltelt tíz esztendő újabb kísérleti felfedezései és elméleti megállapításai mégis merőben más, hozzánk lényegesen közelebb álló képet mutatnak.

Horányi kissé más elnevezéseket is használ. A természetes elektromosság a légköri elektromosság (evvel Horányi nem foglalkozik), a dörzsölési a mesterséges. Szigetelők elektromossága elsőfajú, vagy eredeti (primigeneris) vagy (ab origine), a vezetőké másodfajú, leszármaztatott, másodlagos vagy közlés útján létrejött (electricitas secundi generis, derivativa, secundaria vagy per communicationem). Az elektromos folyadék elnevezés még

nem szerepel, hanem az elektromos gőz, ennek megfelelően már megjelenik az elektromos testet körülvevő atmoszféra, amely követi a test alakját, de ahol csúcsok, illetve élek vannak, ott törést szenved. Ez az atmoszféra lehet fölösleg, vagy hiány atmoszféra. Egyébként azonban ez a gőz vég nélkül körben folyik a dörzsölési gép üveggömbjébe, a dörzsölő kéz és a konduktor között.

A kétféle elektromosság: a pozitív és a negatív (vagy defektív). Ebben már az elméleti állásfoglalás is benne van, a pozitív a felesleg, a defektív az elektromosság hiányát jelenti. A vonzás a kétféle elektromosság kiegyenlítődése, és szerinte a taszításra nem kell külön elméletet felállítani, mint Franklin tette, tudomásul kell venni, hogy az azonos állapotban levő testek taszítják egymást.

Az örvényelméletet éppúgy tagadja, mint Nollet ki- és beáramlási elméletét.

Nem ismeri el, hogy az elektromos effluviumok csak a vezető felületén vannak, illetve a környező levegőben. Szerinte belül is van elektromosság. Ennek ellenére a töltés felületi sűrűségének eloszlását helyesen adja meg.

Természetesen itt nem a szerző egyéni gondolatairól van szó, csak arról, hogy a korban már meglehetősen nagy mennyiségben rendelkezésre álló tapasztalatokat és az ezekre vonatkozó értelmezéseket meglehetősen jó kritikai érzékkel és ügyesen csoportosítja.

Érdekes azonban, hogy a fizikusokban akkor még olyan mélyen gyökerező négy-elem tana hogyan férkőzik be erre a teljesen modern területre. Horányi, miután a fentiekén kívül helyesen ismertette a leydeni palack működését, és megvédte Franklin elméletét Nollet ellenvetéseivel szemben, sorra veszi a négy elemet az elektromosság szempontjából.

A levegő szigetelő, a víz vezető, a tűz növeli az elektromosság terjedését, de a tűz és elektromosság kapcsolatában Horányi nem foglal állást. Végül a „föld”, azaz a szilárd testek közül a fémek, növények, állati és emberi testek jó vezetők. Ez utóbbi okból az elektromos gőzt gyógyításra is lehet használni.

Horányi tanulmánya tulajdonképpen alig részletesebb, mint az azt megelőző, már korábbiakban ismertett tézisgyűjtemény.

Lényegesen jobban kimeríti a kérdést, és igen gazdag fizikai ismertekekről, eredeti és érdekes nézetekről tesz tanúságot egy meglehetősen ismeretlen felvidéki származású kutató, Bucsányi (Butschani) Mátyás (1739?–1796?) disszertációja 'A villámlásról és mennydörgésről az elektromosság tünényéből magyarázva.' Életéről alig tudunk többet, mint amennyit disszertációjának címlapja elárul. Zólyomi születésű, Göttingában tanult, a szóban forgó mű éppen doktori értekezése. Azután állítólag magántanár volt Göttingában, legalábbis erre mutat egy ott megjelent logikai munkája, majd Hamburgban élt. Születésének és halálának évszámában sem értenek egyet a különböző források. Nevét egy algebrakönyv és néhány, ugyancsak a légköri elektromossággal, illetve meteorológiával foglalkozó dolgozat őrzi.

A két részből álló (24, illetve 44 lapos) disszertáció első része a doktori értekezés elnök nélkül, a második részt már egy orvos védi meg két hét múlva, az akkor már filozófiai doktor Bucsányi elnöklete alatt.

A disszertáció szerkezeti felépítése nagyon világos és áttekinthető. Minden egyes paragrafusa egy kísérlet leírását tartalmazza (nem derül ki, hogy a szerző ezeket elvégezte-e), ebből azután egy vagy több következtetés von le, vitás kérdésekben szillogisztikus formában bizonyítja, majd példákkal illusztrálja állításait. Igaz, hogy ezáltal elég sűrűn ismételi, de ez egyrészt szokás is volt e korban, másrészt itt valóban annyira új területről van szó, hogy szükséges volt a jelenségeknek különféle oldalokról való megközelítésére, és ma már triviálisnak tűnő állítások többszöri igazolására.

Bucsányi már elektromos folyadékról beszél, amely dörzsöléskor keletkezik. A szigetelők a nem elektromos testek (tenax), a vezetők, amelyekben nincs elektromosság (exsors); ez utóbbiak közé Bucsányi már a földet is besorolja. A pozitív töltésű testek elektromosságot megtartó, „tenax” testeknek, a negatívakat „exorsnak”, azaz hiányosnak nevezi. Az

elektromos folyadékkal telt teret ő is „elektromos atmosphaerának” hívja. A vezetők úgy nyernek elektromosságot, ha valamely elektromos test atmoszférájába kerülnek.

Az első résznek a lényege az elektromos szikra előállítása, tulajdonságainak tanulmányozása, összehasonlítása villámlással. „Radius electricusnak” nevezi elsősorban azt a távolságot, amelyet a két ellentétes, azaz egy tenax és egy exsors elektromosságú test között a szikra át tud ütni, de azután ezt magával a szikrával, azt pedig magával az elektromos folyadékkal azonosítja. Ebből következik azonban, hogy mivel az elektromos folyadék nem meleg (akármilyen sokáig elektromozunk egy testet, nem melegszik fel), a szikra sem meleg, tehát nem is tűz. Gyújtó hatása onnan származik, hogy a testek részecskéit igen gyors mozgásra készíti. Két összedörzsölt fadarab sem tűz, mégis felmelegítik egymást! Tehát a szikrának elsősorban a mechanikai hatása nagy, ez fontos a villámcsapás szempontjából.

Ezután az ugyancsak a radius electricusszal azonos villám (fulgus) és az azt kísérő hanghatás (tonitru) leírása következik, részletes elemzésüket a második részben adja, és itt találunk néhány érdekes és eredeti fizikai megállapítást.

Villám csak felhő, egy tenax és egy exsors között, vagy egy tenax felhő és az exsors föld között (villámcsapás) keletkezhet. A magas hegyek, tornyok azért vannak kitéve a villámcsapásnak, mert kisebb a radius electricus. Kisülési kísérletek alapján kiszámítja, hogy három láb hosszú villám hatása 27 milliószor nagyobb, mint az egyvonalnyi távolságot átütő szikráé.

Általában – mint mondtuk – rendkívül részletesen foglalkozik mindenféle lehetőséggel. Miért van nyáron zivatar, milyen hatással van a villám a különféle anyagokra, milyen legyen a jó villámhárító stb. Hosszan cáfol régi babonás hiedelmeket és meséket. A legérdekesebbek azonban villámlással és a dörgéssel kapcsolatban kifejtett hőtani, fénytani és hangtani nézetei.

Tévedés azt hinni – írja –, hogy a mennydörgés a visszhang eredménye. Ahány hangot hallunk, annyi kisülés történik. A rendkívüli erősségét a hangnak a rezonancia okozza, mert: „A dörgés rezgésbe hozza azokat a testeket, amelyeket a dörgés érint, és amelyek alkalmasak arra, hogy ugyanolyan hangot adjanak, mint amilyen magának a dörgésnek a hangja.”

Régi hit szerint a zivatar fokozza a föld termékenységét. Ezen újabbak mosolyognak, mert szerintük a zivataros szél inkább árt a termésnek. Pedig nincs igazuk, mert lényegesen más a szél és más a dörgés okozta mozgás.

Evvel a kérdéssel kapcsolatban is láthatjuk, hogy Bucsányinak milyen tiszta fogalmai voltak a különféle mozgásokról. Így elmélkedik: A szél a saját irányában haladó mozgást produkál, a dörgés rezgő mozgást hoz létre. A szél az egész testet mozgatja, de nem a részecskéit, a dörgés viszont a legkisebbeket. Ha a szél nem heves, nagy tárgyakat, épületeket vagy köveket meg sem mozdít, a dörgés viszont igen. A termékenységet úgy segíti elő a dörgés, hogy rezonancia útján számtalan növényt, fát hoz rezgésbe. Képzeljünk el ui. egy olyan kapillárist, amely tele van valamely folyadéknak apró cseppjeivel, amelyek között levegő van. Ennek rugalmas erejét a hő növeli ugyan, de a csőben levő cseppek adhéziója miatt kitágulni nem tud. Ha azonban ez a rendszer rezgő mozgásba jön, szükségképpen csökken az adhéziós erő, a levegő kiterjedhet és a cseppek mozoghatnak. Ilyen kapillárist alkotnak a növények és a tavasszal megjelenő meleg és a zivatarok létrehozta rezgés növeli azok termékenységét.

A dörgés nélküli villámlásnál felmerül hang és fény fizikai különbözőségének kérdése. A tűzzel kapcsolatos megállapításaiból már kiderült, hogy Bucsányi a hő létrejöttéhez elegendőnek tartja a heves mozgást. A tűz létrejöttéhez pedig éghető anyag jelenlétét, itt kitűnik, hogy a fénytán – mint e korban igen kevesen – nemcsak osztja Euler fényelméletét, hanem azt értelmesen és meggyőzően elő tudja adni.

A hang a levegőnek, a fény egy sokkal finomabb folyadéknak rugalmas rezgése. Ahogy tehát a hangnak nincs anyaga, hanem csupán a levegőnek egy „modifikációja”, úgy nincs a fénynek sem. A hasonlóság köztük az, hogy mindkettő rezgőmozgás, egyébként annyiban

különböznek egymástól, amennyiben a levegő különbözik az étertől. Mindebből következik – zárja le ezt a gondolatmenetet –, hogy Euler elmélete helyes.

Konkrét eseményhez kapcsolja a légköri elektromosságról való mondanivalóját Schaffrath Lipót báró (1734–1808), Horányi Elek mellett a másik kiemelkedő arisztokrata piarista 'Az égi elektromosságról és az épületeknek a villámcsapástól való védelméről...' szóló, 1778-ban megjelent értekezésében, amelyben elmondja, milyen volt az 1778. július 30-án a karmeliták kolostorát sújtó villámcsapás, és mit javasol védekezésül hasonló esetek elkerülésére.

A piaristák, amikor rendjük történetéről írnak, büszkék szoktak lenni: „eklektikus” filozófiájukra, és „gyakorlati” természettudományos szemléletükre. Míg az elsőről volt alkalmunk meggyőződni, a második csak részben igaz. Az oktatásban valóban korán vittek reális elemeket, de fizikai – természettudományos munkáik – Horányit sem egészen kivéve – mindennek nevezhetők, csak gyakorlatinak nem. Schaffrath talán az egyetlen a XVIII. századi piaristák közül, aki valóban alkalmazni tudja és akarja az elméletet egészen konkrét gyakorlati esetekre.

Schaffrath Pozsonyban született, 1751-ben lépett be a piarista rendbe, itthon és Pisában tanult (ő is nagy tisztelője az olasz Beccariának), azután a pesti piarista gimnázium filozófia és fizika tanára, majd igazgatója, 1785-ben pedig a pesti bölcsészkar dékánja lett. Természettudományos munkája sajnos csak ez az egy van, pedig komoly érdeklődését mutatja a Merkur von Ungarn 1787-es évfolyamában megjelent közlemény: „Schaffrath Lipót saját költségén természettudományos kabinetet gyűjtött össze, de nem azért, hogy szórakozzék, vagy tudós látszatát keltse, hanem kabinetjét a tanuló ifjúság és más érdeklődők rendelkezésére bocsátotta. Ezért különleges dicséretet érdemel, mert ha nem is az elsők közül való volt, akik hazánkban ilyen gondolatra jutottak. Most a királynő halála miatt – aki támogatásban részesítette – kénytelen eladni gyűjteményét, lehetőleg tanintézet számára. A gyűjtemény tartalmazza: ég- és földgömbök, angol teleszkóp, különböző fajta mikroszkópok, különféle optikai tükrök, barométerek, termométerek, Torricelli-cső, különböző légszivattyúk, elektromos gép, egyszerű gépek stb.” A gyűjtemény további sorsát nem ismerjük.

Schaffrath a már eddig megismert conductor, ideelectricum symperoelectricum, ab origine, per communicationem kifejezések mellett a pozitív elektromosságú testet fölösleg által (per excessum), a negatívot hiány által (per defectum) elektromosnak nevezni.

Az értekezés elméleti része pontos, világos, lényegesen újat az eddigiekhez képest nem tartalmaz, csak annyiban, hogy a zivatar saját élménye volt, és tartama alatt mint egy fizikai laboratóriumban kísérletezett. Figyelmezteti az olvasót, hogy ilyenkor földelésről mindig gondoskodni kell, okulva Richmann tragikus halálából.

Az elektrosztatikával foglalkozó disszertációk sorát egy műkedvelő munkája zárja. Valentini János znióvárallyai plébános, aki saját bevallása szerint az egyetemen (még Nagyszombatban) nem tanult elektromosságot, de most öregkorára összeszedte a könyveket, és ezek alapján 31 kísérletet állított össze. Ezeket írja le 1810-ben Budán megjelent 'Exercitatio electrica' című művében. A kísérletek legtöbbször primitív és nem mind elektromos jellegű.

Az első pillanatra tehát az időben való előrehaladás nem jelentette az elektromossággal foglalkozó dolgozatok színvonalának emelkedését. Ez azonban csak látszat. Éppen egy ilyen műkedvelő munka mutatja, milyen hallatlanul megnövekedett a természettudományok iránti érdeklődés a századforduló után, és ebben nem kis része volt éppen az elektromosságnak. Hiszen ebben az időben már megszületett Jedlik Ányos aki az itt ismertetett szerény kezdeteket folytatni fogja.

A galvanizmus

A XIX. században már alig jelenik meg felvidéki szerzőtől elektrosztatikai monográfia (Valentini munkácskája megjelenhetett volna a XVIII. században is) de a tankönyvekben az elektrosztatikát körülbelül a most megismert színvonalon tárgyalják továbbra is. Az elektrosztatikában ugyanis most már elsősorban nem kísérletekkel, hanem matematikával, a jelenségek kvantitatív tárgyalásával lehetne továbblépni. De a tankönyv – és jegyzetírók még csak a Coulomb-törvényt sem ismerik (legalábbis nem ismerhetik) és a magasabb matematikát sem alkalmazzák. Horváth és Makó ugyan használják néha az analízist, de a Gauss tétel, potenciálmélet éppoly kevésbé szerepelnek, mint pl. az Euler-egyenletek, vagy a Laplace egyenlet. (Segnerre és Petzvalra persze ez nem vonatkozik, ők éppen a matematika biztos kezelésével tűntek ki).

A magasabb matematikában való járatlanság mellett a másik ok: az elektrosztatika eltűnt az érdeklődés homlokteréből, új felfedezés került a középpontba: a galvanizmus. Ezzel a felismeréssel már annyit sem kell várni az elterjedésre, mint a Franklin kísérleteknél. Tankönyvekbe, jegyzetekbe – láttuk – egy-kettőre helyet kapott és már egy rendkívüli korai időpontban Tomcsányi Ádám terjedelmes és kimerítő (355 lapos) monográfiában számol be az új felfedezésről.

Tomcsányi bevezetőjében azt írja, hogy latin nyelven ilyen összefoglaló munka még nem jelent meg sehol, éppen ez indította a munka megírására, mert remélte, hogy „ezáltal ennek a felfedezésnek dicsősége és haszna eljuthat hazánk több polgárához.”

A könyv valóban elég érdekes tudománytörténeti dokumentum ahhoz, hogy tartalomjegyzékét teljes terjedelmében ismertessük. Négy nagyobb szekcióból, azokon belül különböző számú fejezetekből áll a könyv (rövidség kedvéért a szekciókat római, a fejezeteket arab számokkal jelöljük).

I. A galvanizmus egyszerű vezetőikben

1. A galvanizmus kezdeteiről, majd az elektromosság mesterséges és természetes erejéről az izmokban
2. Az izmok mozgásáról, amelyek kizárólag a gerjesztők útján keletkeznek
3. A galvanizmus hatásáról az érzékszervekben
4. A galvanizmus hatásáról egyszerű vezetőikben

II. Az elektromotor fizikai tulajdonságairól

1. A Volta-oszlop készítéséről
2. A Volta-oszlop hármasszerkezetéről, majd abba különböző elektromosságú rétegeket függesztünk.
3. A különböző erősségű Volta-oszlopról
4. A vonzóerőkről és szikrákról az oszlopokban
5. Az elektromos halakról
6. A csak egy szilárd testből és két folyadékból készített elektromotor

III. Az elektromotor kémiai tulajdonságairól

1. A víznek alapelveire (alkotó részeire) bomlásáról, majd az oxidációról és a fémek redukációjáról, mind általában, mind elektromosság által
2. A galván és a közönséges elektromosság hatásáról képzésénél, felbontásánál és a fémoxidok redukálásánál
3. Az oxigén gáz előállításáról elektromotorral és elektromos gépekkel és az oxigén elnyeléséről

IV. A galvánelektromosság jelenségei a szerves testekben

1. A galvanizmus erejéről
2. A különböző hatásról, amellyel az elektromotor ellentétes pólusai az érzőidegekre kifejtenek
3. A változásokról, amelyeket a galvánelektromosság az állati testben és a növényekben maga után hagy

4. A galvánelektromosság egységéről a közönséggel és annak természetéről

A tartalomjegyzék úgy hisszük, bőségesen igazolja azt a véleményünket, hogy Tomcsányi könyve értékes történelmi dokumentum. Gondoljuk meg, hogy tíz évnél is fiatalabb felfedezések tömegéről van szó, ezekben eligazodni elég nagy feladat volt.

Mai fizikus is kevés akad, aki ennyire új területen összefoglaló könyv írására vállalkozik.

További érdeme Tomcsányinak, hogy világosan leírja a legfontosabb vitás kérdéseket, problémákat. Rendkívül gondosan vizsgálja meg az állati elektromosság elméletét, és azután mintegy meggyőzi önmagát is az olvasóval együtt, hogy Voltának kell közelebb járnia az igazsághoz. Sokat tud már az áram kémiai hatásáról is, pedig Nicholson és Carlisle alig néhány évvel korábban bontották először fel a vizet.

Egyébként az 1820-ban megjelent, tehát jóval későbbi tankönyv galvanizmusra vonatkozó fejezetei, amelyeket ismertettünk már, mutatják, hogy Tomcsányi állandóan haladt a korral, mert ott már szerepelnek olyan felfedezések is, amelyek itt még nem kaptak helyet.

Röviden megemlíthetjük még Fuchs Albertnek egy 1856-ban megjelent kisebb értekezését, amelyben egy érdekes kísérletet ír le arról, hogyan viselkedik egy finomsugarú szökőkút elektromos térben. Ha felfelé lövellő vékony borszesz oszlophoz megdörzsölt üvegrúddal közelítünk, az szétspriccel és egyes cseppek a levegőben lebegnek.

Ez egyszerűen magyarázható: a cseppek között fellépő taszító erővel. Ha azonban a sugár átmérője kicsi (2–3 coll) és az üvegrúd gyengén elektromozott, a borszeszsugár részecskéi együtt maradnak, nincs cseppképződés. Fuchs igen sok kísérletet végzett, változtatva az üvegrúd távolságát, de azt a magyarázatot, hogy itt egyszerűen megosztásról van szó, nem akarja elfogadni. Szerinte egyáltalában nincs elektromos magyarázat, hanem mechanikai van. A cseppképződés mechanikai hatásra jön létre és az elektromos hatás ennek megszüntetése. Még hosszan spekulál eredmény nélkül. Az egyetlen érdekesség, hogy gondol arra, hogy a borszesz részecskék a csőből már eredetileg elektromosan lépnek ki. (Millikan-kísérlet!)

Mint a fénytani pontban, az elektromosság kutatóinak a sorát is eredeti kutató zárja: Jedlik Ányos.

Mint tanárral, tankönyvíróval már foglalkoztunk Jedlikkel. Volt szó osztógépéről és előadási kísérleteiről. Hátra van még, hogy mint XIX. századi feltalálót, aki a század legfontosabb elektromos felfedezéseit fejlesztette tovább, röviden bemutassuk. Azért csak röviden, mert Jedlik elektromos munkáinak részletes ismertetése még egy egész kötetet tehetne ki. Alig van az elektromosság történetének olyan mozzanata – főleg gyakorlati téren – amelyben Jedlik hosszú élete során ne vett volna tevékenyen és alkotóan részt.

És mégis... Mít tud a világ Jedlikről, és mit tudnak róla általában. Bizony nem sokat. Elmondják pl. fizikaórán, hogy Jedlik már hat évvel Siemens előtt felfedezte az ún. dinamó-elvet, de az is lehet, hogy már húsz évvel korábban. Régebben – a háború előtt az a mondás járta, hogy Jedlik – szerény és tudatlan tanár léte – maga sem tudta, milyen jelentős dolgot fedezett fel. Ma azt mondjuk: a Monarchia gazdasági és társadalmi viszonyai nem tették lehetővé Jedlik számára, hogy találmányát értékesítse. Ez utóbbi persze nagyjából igaz is, de nem fedi a teljes igazságot. Láttuk ugyanis, hogy a Felvidéken és Magyarországon Jedlik ifjúkorában gyakorlatilag nem létezett fizika, s nem volt fizikus sem. Kitől tanulhatott volna? Mikor Jedlik végképp eljegyezte magát a fizikával, akkor még nem volt számottevő ipar sem, amely Jedlik lángeszét szolgálatába állította volna, segített volna szabadalmi kihasználásában. Nem volt sem kormányzat, se gazdag mecénás, amely Jedliknek laboratóriumot épített volna, felszerelést vásárolt volna. Jedlik majd minden találmánya a dinamó-elv sorsára jutott. Később a szerencsésebb nyugati államok tudósai felfedezték mindazt, amit ő, és nemcsak felfedezték, hanem ki is aknázták. Siemens nevét még ma is óriási elektromos üzemek hirdetik, amelyek alapját éppen a dinamó-elv vetette meg. Jedlik

sorsa: a korukat megelőző nagy emberek tragikuma. Még tragikusabbá teszi ezt a sorsot azonban, hogy Jedlik csak hazájában előzte meg korát, világviszonylatban éppen a koralal haladt, bár ott az elsőők között volt. Egész életében egyedül, társak nélkül kellett dolgoznia.

Jedlik már 1828-ban, Győrben készített egy kis forgómágnest az elektromos kísérletekhez, ami nem más, mint egy elektromotor.

Ha meggondoljuk, hogy Farady az indukcióra vonatkozó felfedezéseit csak 1832-ben publikálta, és az ezen alapuló generátorok és motorok felfedezése még évekig váratott magára, akkor Jedlik kis motorja valóban szenzációs volt. És már ennél az első találmánynál világos, milyen hátrányt jelentett Jedliknek a hazai társtalanság, magárahagyatottság: nem voltak idősebb kollégák, akikkel megbeszélhette volna a publikálási lehetőséget, nem volt fórum, ahol bemutathatta volna. A Magyar Tudományos Akadémia még nem is igen működött, de eleinte úgylis inkább nyelvi és irodalmi kérdésekkel foglalkozott.

Ezt a „mágneses forgonyt” Jedlik 1841-ben be is mutatta a Magyar Orvosok és Természettudósok vándorgyűlésén. Nincsenek rá adataim, de úgy gondolom, hogy akkoriban Jedlikon kívül senki sem értette a szerkezet jelentőségét. De maga Jedlik tisztában volt vele. Egyik későbbi levelében sajnálkozva állapítja meg, miután részletesen elmondja, mit talált a külföldi irodalomban: „...Ezen körülménynél fogva részemről azon véleményen voltam, hogy a leírt elektromágneses készülékeknek és alkalmazási módjuknak én volnék a feltalálója. De csak a magam egyéniségére nézve, mert mint kezdő természettani tanárnak volt alkalmam azt tapasztalni, hogy némely természettani tünemények, amelyekre csak saját belátásom és kutatásom által jöttem, másoknál már jóval előbb ismereteseek, de nekem nem volt időm és alkalmam azokról tudomást szerezni... Jelenleg már bajos volna a feltalálási prioritás miatt bárkivel vitatkozni...”.

Azt hiszem ez az idézet még közelebről megvilágítja Jedlik tudósi és emberi egyéniségét. Hány kezdő fizikatanár jön rá ma magától sok mindenre? Kitűnik azonban szegénysége és némi önbizalomhiány is, amelyre élete későbbi során a tudományos publikációkkal való szomorú tapasztalatai elég sok okot adtak.

Így kevesen tudták, hogy Jedlik készítette forgómágneseivel az első elektromos mozdonyt, amelyet később a maga feltalálta elemmel hajtott.

Az 1840 és 50 közt eltelt időszakban Jedlik legfontosabb találmánya az igen finom optikai rácsok készítésére alkalmas osztógép. Ennél a találmánynál kémiai ismereteit is felhasználta, és először alkalmazott automatikus meghajtást.

Az 1850 utáni korszakot röviden így jellemezhetnénk Jedlik életében: kereste a legtökéletesebb áram-, illetve feszültségforrást. Foglalkozott a galvánelemek tökéletesítésével, megalkotta a több leydeni palackból álló „csöves villámfeszítőt”, az ebben használt kondenzátorok is saját találmányai.

A dinamó-elv már 1858-ban, de lehet, hogy korábban is felmerült Jedliknél.

Az elektromos generátor az indukción alapszik. Mágneses térben forgó vezetőben váltakozó feszültség, az azzal összeköttetésben álló áramkörben váltakozó áram indukálódik. A forgáshoz szükséges energiát természetesen kívülről kell bevinni: gőzturbinából, vízturbinából, vagy mint Jedlik első forgójánál, galvánelemből.

Itt két probléma van: hogyan lehet a keletkező áramot egyenárammá alakítani és hogyan lehet erős permanens mágnest készíteni a mágneses tér létrehozásához. Jedlik korában a két probléma egyaránt fontosnak látszott. Az elektromosság hőskorában ugyanis (mivel az áramot először galvánelemmel állították elő, amely egyenáramot ad) még azt hitték, hogy csak az egyenárammal lehet a technikában dolgozni. Ma már ismerjük a váltóáram előnyeit, és csak néhány terület van, ahol kizárólag egyenáram használható, így pl. az elektrolízisnél (alumíniumgyártás!), vagy a gyengeáramú berendezéseknél (rádió, TV). Ez utóbbiaknál azonban már elektronsövek végzik az egyenirányítást. A mechanikai, forgó részekkel való egyenirányításra sokféle megoldás van, de Jedlik kapcsolása – mint minden találmánynál –

ötletes és egyszerű volt. Jedlik nem használt külön egyenirányító berendezést, hanem „unipoláris” dinamóját úgy kapcsolta, hogy minden félfordulatnál a mágneses tér iránya is megváltozik így a gép egyenáramot ad.

Még ma is ugyanolyan fontossága van minden elektromos gépben a dinamó-elvnek. Permanens mágnesek készítése költséges, másrészt az ilyen mágnes mindenféle külső behatás következtében könnyen veszíti el mágnesességét. Ha elektromágnest, vasmagra tekercselt vezetőket alkalmazunk, akkor külön áramforrás kell az elektromágnes gerjesztéséhez.

A lágyvas fajtáknak az a tulajdonsága, hogy mágneses térben mágnesként viselkednek, de ha megszűnik a tér, el is veszítik mágnesességüket, de nem teljesen. Minden már egyszer – bármilyen módon – mágnesezett vasban marad vissza egy kevés, az ún. remanens mágnesesség. Jedlik arra a gondolatra jött, hogy ezt a remanens mágnesességet használja fel, hogy egy gyenge elektromágnest hozzon létre. Ez a gyenge elektromágnes képes a vezetőt forgásba hozni. A forgó vezető azután tovább gerjeszti a mágnest és annak mágneses tere olyan erős lesz, hogy a kívánt feszültség és áramerősség létrejöhessen. Megjegyezzük, hogy ez a folyamat nincs ellentétben az energia megmaradás elvével, mert a mágnes nem lesz egyre erősebb. Meghatározott idő alatt a mágnes telítődik és akkor a tér, az áram és a feszültség egyenletes lesz.

Talán felesleges hangsúlyozni, milyen óriási jelentősége van a fenti felismerésnek. Jedlik maga is tisztában volt ezzel, mégsem publikálta felfedezését, pedig bizonyos, hogy – ha előbb nem – 1861-ben már kész volt az eszköz, míg Siemens és Wheatstone 1866-ban kezdtek el a prioritáson vitatkozni.

Ha Jedlik külföldre távozott volna, mint Hell Miksa vagy Segner András, nyilván ő is részt vett volna e vitában, így azonban csak szülőhazája tartja nyilván az „elektrotechnika atyjának” alkotásait.

Úgy gondoljuk, hogy éppen Jedlik munkásságának ez a vázlatos ismertetése felment az alól, hogy hosszabban összefoglaljuk a felvidéki fizika történetének a tanulságait a feudális korszakra vonatkozólag. Sok kiváló tehetséggel ismerkedtünk meg, akik megkísérelték a viszonyok mostohasága ellenére terjeszteni a természetfilozófia és a fizika új eredményeit. Alkotásra közülük csak kevésnek nyílt módja hazájában, és még ezeknél a keveseknél is elmaradt a nemzetközi elismerés, ha hazájukban maradtak.