A MAGYAR TUDOMÁNYTÖRTÉNETI INTÉZET
TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEI 81.

Abonyi Iván

Fejezetek a fizika 17–19. századi történetéből

A szöveget gondozta: Gazda István

Könyvrészlet

Az eredeti mű:
Abonyi Iván: Kiemelkedő fejezetek a XVII–XIX. század fizikájából
(Piliscsaba – Budapest, 2008.)
Magyar Tudománytörténeti Szemle Könyvtára 72.

Magyar Tudománytörténeti Intézet
Budapest, 2008

TARTALOM

VILÁGLÁTÁSUNK LÉPCSŐFOKAI

GALILEI IDŐSZERŰSÉGE

I.
ÍGY ÉL VEKERDI GALILEIJE

„Lennie kell Galilei gondolkodásában… valaminek, amire az ennyire különböző képeket ráépíthetik. Hihetetlen energiával lobog benne az élet. Az az ember él. Hiába, hogy meghalt, öregen és vakon. Ezért lett a könyv címe az ’Így él Galilei’.”[1]

Galileo Galilei – minden udvarias ellenkezéssel szemben – az újkori fizika legfontosabb alakja, nemcsak alkotásaival hat a modern fizikában, hanem egyszerűen – olykor akár tévedéseivel együtt is – ő mutat példát arra, hogy az ember rendet tud tenni az életében fontosnak tűnő dolgok és persze a megismerések között is. Ő tanúsítja, hogy nincs az ember életében elkülönült, zárt magánvilág, ha egyszer a megismerés útjára lépett, ha kíváncsisága megindította a megértés felé vezető úton. S még akkor sincsen megállás, akkor se lehet tekintélyelvekre alapozva megállítani ezt a folyamatot, ha a gondolkodás „eszközei” (például a matematikai analízis) nem elég fejlettek, vagy ha a kutatót politikai fenyegetések alapján próbálják visszafogni (akár az inkvizíció eszközeivel). Valljuk be, számunkra a XX. század végén (vagy már a XXI. század elején) nemcsak az a tanulság Galilei alkotásaiból, amit tankönyveink éppen a nevével összekötve tálalnak, például a Galilei-transzformáció, a szabadesés első leíró tárgyalása, vagy éppen a „szabadon eső testek anyagi minőségüktől függetlenül egyformán esnek szabadon” elv első megfogalmazása. Sokkal inkább dolgozik bennünk az a sokszor névtelen forrásból táplálkozó megismerni akarás, az a tudásvágy, amire Galilei élettapasztalatai tanítanak. Galilei működésének ezt a nagy tanulságát – s ezt mindenképpen – a legutóbbi időkben magyarul Vekerdi László *’Így él Galilei’* című legendás művén[2] és még számos más írásának a nyomán vonhatjuk le.

[1] Vekerdi László: Egy könyvtáros könyvei. Riporter: Herczeg János, Staar Gyula. = Új Forrás 31 (1999) No. 6. p. 34.

[2] Vekerdi László: Így él Galilei. Bp., 1998. Typotex. 408 p.
2007 óta Vekerdi művének teljes szövege olvasható a Magyar Elektronikus Könyvtárban is (www.mek.oszk.hu)

Vekerdi alkotásából másfajta tanulságok is kínálkoznak, és egyáltalán nem vagyok bizonyos abban, hogy mindnek hangot is tudok adni ebben a rövid írásban.

Itáliai kalandozások emlékei

A sors különös véletlenjeinek köszönhetően abban a szerencsében részesülhettem, hogy első „nyugati" utazásom Firenzébe vezetett. A csillagvizsgáló nincsen „messze" Arcetritől sem, így szabadidőm sétái során megismertem Galilei életének egyes színhelyeit és persze a XX. századi várost is. Akkor még – fiatal fejjel – csak „keveset" fogtam fel a Galilei-jelenségből; annyit bizonyosan, hogy ez a sajátosan kortalanul középkori-újkori-modernkori város mintha beszélni kezdene hozzám erről a csodálatos korról, amihez akkortájt még Pisa, Padova, Velence és Róma is nagymértékben hozzájárult. A világra nyíló kíváncsiságom akkor még nem volt Galilei-centrikus, nem lehetett Vekerdi-centrikus sem. Ezek későbbi úti és olvasmányemlékekből tevődnek össze, melyek közé egyszer csak beléptek Vekerdi különböző tanulmányainak hatásai is.[3]

A „kimeríthetetlen" Galilei-életmű

Igaztalanok lennénk, ha nem vennénk tudomásul, hogy Galilei 78 éves életútján – aminek természetesen megvoltak a sajátos tanulóévei – a ránk hagyományozott írásos hagyaték, az „Edizio Nazionale" pompás és terjedelmes sorozata hatalmas kincstár az utókor számára. Mert látatlanban is mondhatjuk, nemcsak a nagy munkák végleges szövegei, hanem a levelezés – az akkor friss híradások és vitafórumok tanúi és eszközei, a naplószerű feljegyzések, vázlatok és töredékek az utókor számára időről időre változó jelentőségű dokumentumokká válnak. Ezek olvasása pedig magától értetődően nem egyszerű olasz- és latinnyelv-tudást igényel, hanem a nyelv mintegy négyszáz esztendővel ezelőtti állapotának a felismerését, eltekintve attól, hogy egy (néhány) új szakma születésének pillanatairól is szó van. Sok mai aktív természettudós ezért csak alkalmi olvasója, úgyszólván csak „látogatója" ezeknek a „történelmi dokumentumoknak". Nem mindenki eleve kész arra, hogy a matematikai analízis (a differenciálszámítás) kidolgozása előtti, olykor emberfeletti vesződségekkel terhes gondolatmenetek még oly fantáziadús küzdelmét elvállalja – csak ha nagyon szükséges. Márpedig Galilei fizikai vizsgálataihoz, éppen a gyorsuló

[3] Akkor még túltengtek bennem az egyetemen tanultak emlékei, a távlati kép nagy vonásai mellett még észrevétlenek maradtak a közelebbi megismerés tanulságai.

mozgás, a szabadesés elemzéséhez ez szükséges. És ennek a vizsgálatnak éppen Vekerdi László az egyik, a magyarországi búvárlója.

Neki sikerült a kettős győzelem: egyrészt Vekerdi végigküzdötte magát azokon a rejtekutakon, amelyeken Galilei is járt, hogy eljusson a szabadesés törvényének matematikai megfogalmazásáig, amit a kísérletekkel teljes összhangban egyezőnek talált. Másrészt ő az, aki Galileinek ezt az útját végtelenül szükségesnek, az adott – analízis előtti – korban az egyedül járható útnak tudta megítélni. Mert a másik út majd a Newtoné, a gyorsuló mozgásnak a mozgástörvényből mint differenciálegyenletből leszármaztatott összefüggés előállításáé. De Newton csak akkortájt született meg, amikor Galilei elhunyt.

E születésnapi köszöntésben nem lenne sok értelme az olyan írásművek hosszú sorát szaporítani, amelyek Galilei „minden" felfedezését elősorolnák. Ez a feladat igazából keresztülvihetetlen is lenne. Hiszen a Galilei-felfedezések nem csak természettudományi–fizikai vagy csillagászati jellegűek. E különös mondat sejtelmes tartalmára éppen a Jupiter-holdak felfedezésének ténye képes rávilágítani. Hogy valaki észrevegye, vannak holdak a Jupiter körül – gyönyörű csillagászati felfedezés önmagában. De hogy van még egy bolygó a Földön kívül, s ez most a Jupiter, amely – mint középpont – körül egyszerre több hold is kering, nem csupán csillagászati szenzáció. Ha úgy tetszik, politikai szenzáció is egyben, mert lám, a természetben is van példa arra, hogy nem minden egyetlen középpont körül kering. (Persze, a kopernikánusok számára az a jelentős ebben, hogy más bolygó körül, nem a Föld körül.) A reformáció hívei körében pedig – és ez a politikai tanulság – az, hogy egy másik bolygó körül, amit természetszerű magyarázatnak is érthetünk a reformált vallások igazának elfogadtatása érdekében.

A sokoldalú természetbúvár bemutatása Vekerdinél szinte elválaszthatatlan a saját tapasztalatainak elfogadásáért – a meggyőzendő partner kísérletezési, tapasztalatszerzési kötelességéért küzdő Galilei bemutatásától. A Galilei-életrajz elolvasása után egyik élményünk az, hogy az ismeretszerzés szabadságáért, a kutatás feltétel nélküli tevékenységéért küzdő Galilei az új kor ideálja. Talán túlzás – de csak egy kicsit – az a benyomás, amit a Vekerdi hangszerelte élet- és korrajz sugall: mindegy, hogy miről van szó, csillagászatról, fizikáról (vagy a közéletről), Galilei mindenütt a gondolkodó embert jelenti, példájával azt tárja elénk. Talán Arthur Koestler is erre gondolt, amikor ezt írta Galileiről: „Ellentétben még az egészen modern tudománytörténeti könyvekben is fellelhető állításokkal, Galilei nem találta fel a teleszkópot, sem a mikroszkópot, sem a hőmérőt, sem az ingaórát. Nem fedezte fel az inerciatörvényt, sem az erők vagy mozgások paralelogramma-összetevését, sem a napfoltokat. Semmivel sem járult hozzá az elméleti asztronómiához; nem dobott le köveket a pisai ferde toronyból és nem bizonyította be a kopernikuszi rendszer igazságát. Nem szenvedett kínvallatást, nem sínylődött az inkvizíció kazamatáiban, nem mondta, hogy eppur si muove, és nem volt a tudomány mártírja. Ezzel szemben ő volt az, aki a dinamika modern tudományát megalapozta."[4]

Lényegében igazak ezek az állítások. A tehetetlenség elvét akár Leonardo da Vincinek is köszönhetjük. Csakhogy egy kicsit másképpen hangzott az Leonardónak tulajdonítva – szép volt, csak kevesebbet jelentett, mint Galilei szerint. S nem is akarjuk azt állítani, hogy Galilei a ferde torony tetejéről ledobta volna a tálcán lévő különböző testeket, a testek anyagi minőségtől független szabadesésének kísérleti bizonyítása érdekében. Csak ez a mese még akkor is jól hangzik, ha megjegyezzük, csakugyan mese. Mert a Galilei-féle kijelentés sokkal többet takar vagy tartalmaz, akár kifejtjük belőle, akár nem. És úgy tűnik, inkvizíció ide vagy oda, Galilei megtalálta az utat ahhoz, hogy az ő igaza az 1633-as inkvizíciós pere után is elterjedjen: megírta a *'Discorsi'* című művét ('Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze attenenti alla mecanica e i movimenti locali' – 1638).[5]

Módszertani érdekességek

Az *'Így él Galilei'*, Vekerdi László nagy műve természetesen polifon hangzású kötet. Olyan Galilei-életrajz, amely bejárja a mester életútját. Ám e téren is merőben újszerű a magyar irodalomban. Strukturálisan két párhuzamos szektorból áll. Az egyik egy egyáltalán nem hétköznapi hangszerelésű életrajz, ami nem hasonlítható semmiféle elődjéhez. A „regényes" jelzőt is csak akkor alkalmazhatjuk erre a részre, ha értelmezzük. Van benne „életrajz", de sokkal inkább Galilei gondolatainak, fejlődésének leszünk benne tanúi. Ennek során fedezzük fel Galilei kutatói tevékenységének eredményét, sokkal többet, mint más életrajzokból. De ami lényeges: ennek során láthatunk be Galilei gondjai, tudományos problémái közé, érezhetjük meg azt, amit az újkor elején talán ennyire csak az ő élete mutat meg. Azt, hogy a kutató a szó jó értelmében „üzletember" is kényszerül lenni, a számára fontos vizsgálatok elvégzéséhez még akkor is

[4] Arthur Koestler: Alvajárók [The sleepwalkers]. Ford.: Makovecz Benjamin. Bp., 2007. Európa. p. 471.; idézi: Simonyi Károly: A fizika kultúrtörténete. 3. átdolg. kiad. Bp., 1986. Gondolat. 539 p. A Koestler-könyvvel kapcsolatos megjegyzéseinket lásd a jelen kötet Koestler-fejezetében!

[5] A 'Discorsi' magyar fordításban is megjelent, ami igazi tudományos szenzáció, hiszen talán még tíz nyelvre sem fordították le ezt a híres művet. Galileo Galilei: Matematikai érvelések és bizonyítások két új tudományág, a mechanika és a mozgások köréből. A függelékben Néhány merevtest súlypontjának vizsgálatával. Ford.: Dávid Gábor; jegyz.: Gazda István és Pesthy Monika; utószó: Vekerdi László. Bp., 1986. Európa. 399 p.

kell anyagi erő (magyarul pénz), ha élete végén már csak békesség kellene, meg papír, hogy nyugodtan megírhassa a *'Discorsi'*-t és Leidenbe küldhesse arcetribeli rabságából.

Az *'Így él Galilei'* másik része legalább olyan érdekes, mint az első. Az első is letagadhatatlan Vekerdi-mű, amely sokkal érdekesebb szerkezetű és stílusú, mint egy másik könyve, az *'Így élt Newton'*.[6] A Galilei-kötet második része lényegében azt elemzi, miként birkózik az utókor az „Edizione Nazionale" hatalmas örökségével. Itt nemcsak annak lehetünk tanúi, hogy milyen óriásiméretű ez a hagyaték, hanem annak is, hogy a Galilei-kép hogyan változik a történelmi korokon át, a kortárs irodalomtól úgyszólván egészen napjainkig. És még változni is fog a jövőben – válik meggyőződésünkké a magyarázó részekből kerekedő „pótkötet" olvastán, mert az derül ki, hogy minden történelmi kor „kiharapja" a maga adagját a hagyatékból. Aztán igyekszik azt megemészteni: próbálja megérteni (a kora ismeretei alapján). Meg természetesen igyekszik rekonstruálni a feltárt gondolatmenetet, vagyis a késői utókor szellemi eszközeit mozgósítva megérteni. Nem igazán csoda, hogy a Galilei-magyarázatokban van is Galileire igazán jellemző vonás, de vannak a magyarázó korára jellemzőek is. Vekerdi rendkívüli teljesítménye éppen az, hogy ennek az értelmezési küzdelemnek, ami nemcsak a (természet) filozófiai hovatartozás eldöntésére irányul, hanem Galilei kutatásainak konkrét menetére, tárgyaira, valódi kérdéseire is, az időben változó összetételét szintúgy kimutatja.

Így – többek között – éppen arra ad magyarázatot Vekerdi László, hogy Galilei – hatalmas szellemi kapacitása ellenére – a matematikai analízis differenciálás előtti korszakának képviselője. S ezért kimondhatatlan küzdelmet vívott az időben változó mozgás leírásában. Legyen azonban világos, hogy Galilei kora még messze nem a mi korunk. Nem volt akkor olyan egyértelmű a „mozgásmennyiség", az „impulzus", az „energia", de még a „sebesség" fogalma sem, mint ma! Egyedül Vekerdi könyve volt képes megmutatni,[7] hogy mekkora akadály volt Galilei előtt a differenciálszámítás hiánya. (Pedig a „szabadesés" úgyszólván a legegyszerűbb, időben változó mozgás – ma már!)

Nyilvánvaló igazság továbbá, hogy a távcső felfedezése nem Galilei érdeme, hanem valószínűleg Jan Lippershey (1570?–1619) németalföldi optikusé, de az, hogy ezzel az eszközzel az égitesteket érdemes vizsgálni, minden bizonnyal Galileié. Galilei minden „követ" megmozgatott Muranóban, az „üveggyárban", hogy használható lencséket szerezhessen, amiből alkalmas „csillagászati távcsövet" lehet készíteni. S itt láthatunk valami igazán Galileire jellemzőt – és ezt is jól hangsúlyozza Vekerdi –, hogy

[6] Vekerdi László: Így élt Newton. Bp., 1977. Móra. 267, [5] p.
[7] Vekerdi László: Így él Galilei, p. 111.

kezében az első „távcső” kutatási eszköz, és propagandaeszköz is. Ő lát igazán új és „lényeges” dolgokat meg az égen (a Hold hegyeinek magasságára következtet, a Jupiter holdjait figyeli meg, a Vénusz fázisait veszi észre stb.).[8] A távcső gyakorlati oldaláról pedig csak annyit: Galilei ajándékozgatott általa készített távcsöveket – főleg – azoknak, akiktől állást, megbízatást óhajtott, támogatást remélt.

Ebben a tekintetben is Vekerdi vonja le a fő tanulságot: „Galilei… számos szerencsés megfigyelést végzett, de a szerencse legalább annyira volt köszönhető a szemlélő szemének és elméjének, mint a csillagok konfigurációjának. Lehetőségeket vett észre, ami másoknak csupán nyers adat maradt volna, és látta, milyen tágabb következményekkel járnak a Földnek a bolygók rendszerében elfoglalt helyéről szóló vitában”.[9]

Galileit méltán tekinti a tudománytörténet a modern természettudomány úttörőjének. Ő áll kutatásaival azon a bizonyos „vízválasztó” vonalon, amely a középkor végét jellemző tudományos erőfeszítések utolsó felvonását jelenti egyfelől, másfelől viszont az újkor kísérletező, kipróbáló matematikai leírásában is, kvantitatív kijelentések finomságában is, változásaiban is mindent megragadni akaró erőfeszítéssel jellemezhető. Szomorú, hogy erőfeszítései egy pillanatban elvezettek az egyházzal való összeütközéshez. (Mára már az egyház ebben az ügyben is revideálta álláspontját, a Galilei-ügyben hozott inkvizíciós határozatokat felfüggesztette.)

De ne arra koncentráljunk, hogy Galilei mintha a végén állna a középkor végi kutatások sorozatának. Sokkal fontosabb, hogy erőfeszítésével – nemcsak szavakban, hanem a kísérletezés kidolgozott művészetében, tehát a tettekben is – a természettudomány újkora kezdődött el. Galilei rendkívüli súlyt helyezett a tapasztalatszerzésre, a kísérletezés elsőbbségére, de a gondos fogalomalkotás, valamint az ismeretközlés nemzeti nyelven történő végrehajtására is. Vele kezdődött a fizikában az újkor!

Galilei alkotásának tanulmányozása önmagában is hatalmas, és valljuk be, kimeríthetetlennek látszó feladat. Hát még az a majd négyszáz év, amely megpróbálta meghódítani a Galilei-alkotást, és természetesen közben rajtahagyta keze nyomát. Világszerte kevesen tudták olyan közelségbe hozni olvasójukhoz ezt az érdekes embert, Galileit, mint Vekerdi László.

Tanulmányunk előzménye a Természet Világa 2004. évi Vekerdi különszámában jelent meg.

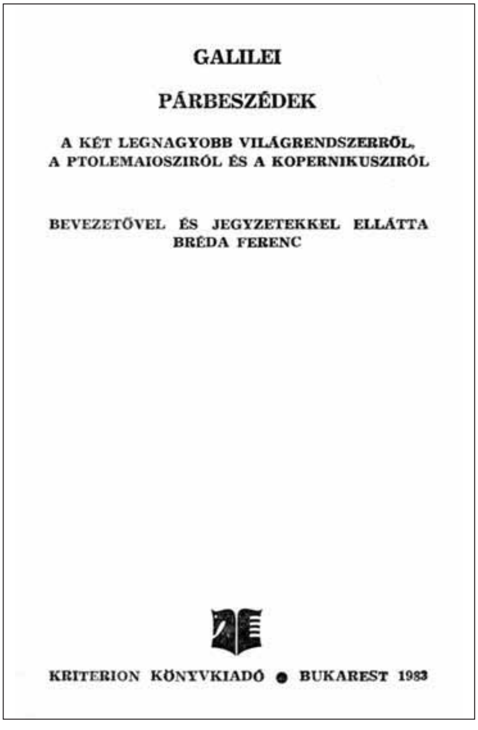
[8] Külön érdekes számomra Guglielmo Righini vizsgálata, amely kimutatja, Galilei holdrajzai olyan pontosak, hogy róluk meg lehet határozni a megfigyelés időpontját. Righini a Firenzei Obszervatórium igazgatója volt, amikor először ott jártam Firenzében.

[9] Vekerdi László: Így él Galilei, p. 139.

II.
SZÉLJEGYZETEK GALILEI PÁRBESZÉDEIHEZ AVAGY KIEGYENLÍTHETI-E EGYMÁST A CENTRIPETÁLIS ÉS A CENTRIFUGÁLIS ERŐ?

Captatio benevolentiae – vagyis amikor e sorok íróját az öröm ragadja magával

Különös öröm Galilei párbeszédeit (ismét) forgatni.[10] Meggyőződésünk, hogy a modern fizika egyik elindítójának sok írása nemcsak a vájt fülű szakemberek (mondjuk: a fizikával foglalkozók, esetleg – remélhetőleg – a fizikát tanulók) számára élményt nyújtó olvasmány, amit időnként érdemes újra meg újra kézbe venni, hanem a szó szoros értelmében irodalmi csemege. Talán a „csemege” sem jó kifejezés. Ma ugyanis félő, hogy az olvasók már nem mindnyájan jutnak el az étlap szerinti desszertig. Hitünk és meggyőződésünk szerint volt valami mélyenszántó oka annak, hogy Galilei e párbeszédek kiadásakor Petrarca, Boccaccio és Dante nyomdokaiba lépve nem latinul fogalmazott (bár könnyedén megtehette volna), hanem a firenzeiek olasz nyelvén fordult a nyilvánossághoz. Ezzel is igyekezett eleve elhárítani a könyv várható olvasói elől az írásaiban közölt szerinte sorsdöntően fontos mondanivaló megértésének esetleges nyelvi korlátait. Így tehát mi is azt szeretnénk, ha a mai olvasók nem tennék le a könyvet fintorogva, amikor tekintetük az alcímre esik: (párbeszédek) „a két legnagyobb világrendszerről, a ptolemaiosziról és


GALILEI

PÁRBESZÉDEK

A KÉT LEGNAGYOBB VILÁGRENDSZERRŐL, A PTOLEMAIOSZIRÓL ÉS A KOPERNIKUSZIRÓL

BEVEZETŐVEL ÉS JEGYZETEKKEL ELLÁTTA BRÉDA FERENC

KRITERION KÖNYVKIADÓ ● BUKAREST 1983

[10] Félreértés ne essék, az alábbiakban sem Galilei, sem a fordító M. Zemplén Jolán, sem a kötetet magyarázó Bréda Ferenc szavaival nem akarunk vitatkozni. Ezt azért kívánjuk leszögezni, mert M. Zemplén Jolán a „vitatott” részben éppen rövidítve összefoglalja, tömöríti Galilei szavait; s tulajdonképpen számunkra a centrifugális és centripetális erő pontosabb értelmezése a fontos. De természetesen csatlakozni kívánunk a Galilei-jelenség értékeléséhez a magunk szerény módján.

a kopernikusziról”, s így világossá válhat (talán), hogy itt bizony fizikáról lesz szó.

Igen, fizikáról van szó! Pontosabban arról, hogy hogyan értse meg az ember, milyen helyet is foglal el a mindenségben (ez máris filozófia kérdést vet fel), hogyan mérje fel reális(abb) perspektívába helyezve szerepét, helyesen értelmezze tapasztalatait (amikben fura ellentmondásokba gabalyodhat a Nap és a Föld mozgását illető köznapi nyelvhasználat mellett), de arról is mindjárt szó esik, hogy hogyan hasznosíthatná helyes meglátásainak eredményét a maga védelmére és hasznára a természet éppen hogy ellesett, leleplezett és megértett titkai nyomán!

Tehát mégsem csak fizikáról (csillagászatról) van szó. Sokkal inkább az emberi megismerés erőfeszítéseiről. Hogyan vegye a saját kezébe (minden!) ember (saját maga) a megismerés fonalát?! Közben vegye észre, hogyan deformálja az épp hogy megszerzett ismereteket és hogyan befolyásolja a megismerő szellemet a tekintélytisztelő dogmatikus gondolkodás? Kinek is használ, ha nem szabad kételkedni, ha nem szabad a gyakorlati életben gondosan megvizsgálni, vajon helyesek-e a nagy tekintélyek kijelentései? Kimeríti-e a felszínes látvány a mélységes igazságot? Nem fordulhat-e elő, hogy a felszínes látszat mögött mélyebben a megismerendő valóság további szintjei rejtőznek?

És ezzel máris megérkeztünk Galileo Galilei (1564–1642) műveinek jelentőségéhez, amely, persze, túl is mutat a fizikai vonatkozásokon. (Ebben látjuk annak fontosságát, hogy a mai olvasók foglalkozási elkötelezettségei ellenére – mégis – csatlakozzanak e klasszikus művek olvasóihoz.) Hiszen bizonyos értelemben örökké aktuális kérdéseket boncolgathatunk. Ezzel tárul fel előttünk az a világ, amelyben az ember tudomást szerez kozmikus környezetéről – amiben persze ő magának élni adatott, tehát már csak ezért is érdemes valami lényegeset tudni róla. Így volt ez tegnapelőtt: a csillagászat, a fizika alapvető problémáival, így volt ez mondjuk tegnap a relativitáselmélet és a kvantumelmélet kérdéseivel, de így van ma is pl. az élet kialakulásának rejtélyeivel, és így lesz holnap is, amikor az emberiség sorsának távlatairól kell dönteni a Föld lakosságának növekedésével, békés egymás mellett élésével, eleget termelő és egyenletes ellátást biztosító ipari-mezőgazdasági-politikai stb. rendszerének kimunkálása érdekében. És ebből is kitűnik világosan, hogy nem fordíthatjuk el előkelően a fejünket a problémák elől, mert már jól látszik, hogy a jövőnkről van szó.

A gondolataink apropóját szolgáló könyv „nem egy… harag és elfogultság nélküli mű: kiskáté, forradalmi kiáltvány, amely a tudományt harci eszközzé nyilvánítja, fegyverré, politikummá,… sőt – és az Egyház szemében akkor *ez* a leglényegesebb: – ideologikummá” teszi, mint Bréda Ferenc a bevezetőjében írja. *Ezért* érdemes ma azok figyelmére is, akiket hivatásuk vagy magánérdeklődésük a kultúra más területén tett otthonossá. Mert, ugyebár, ma *megint* olyan korszakot élünk, amikor a tudomány eredményeit (és azok alkalmazását) nem tekinthetjük a laboratóriumaikba bezárkózott tudósok magánügyének.

Ezért örülünk annak, hogy Galilei „Dialógusai" ismét, és új válogatásban hozzáférhetőkké váltak. Ez a válogatás M. Zemplén Jolán fordításából közöl hosszabb-rövidebb részleteket. S nem utolsó sorban annak örülünk, hogy a kérdve kifejtés, a kulturált vitatkozás pedagógiai-módszertani bemutatásának ez a csodálatos példája ismét a kezünkben tartható!

Annak is örülünk, hogy Bréda Ferenc írt ehhez a kötethez egy úgyszólván ünnepi bevezető tanulmányt, amely a reneszánsz tudományának eme fordulópontját (Galilei írásainak megjelenését a maguk korában) méltó elemzéssel tárja az olvasó elé. Különös érdeme a tanulmánynak, hogy elemzi az „új tudomány" harcát, melyet a skolasztika módszereivel és az arisztotelészi fizikával szemben vívott. Továbbá nyomatékosan – maga is megragadó erővel – hívja fel a figyelmet Galileinek a Dialógusokban megmutatkozó elkötelezettségére, indulati tartalmára, érzelmileg is fűtött stratégiájára. Ilyen bevezetőt nem gyakorta olvashatunk Galilei munkáihoz!

Tractatio desperationis – amikor e sorok íróját mégis elfogja az elkeseredés

Az elkeseredés egyik oka igazából a kultúra általános kérdésével kapcsolatos.

Galilei Dialógusainak máig sincsen teljes magyar kiadása. A hosszabb-rövidebb szemelvényeket mégis elég gyakran megjelentető válogatások, szemelvények átlag évtizedenként jelennek meg, s érdekes módon azonnal el is tűnnek a könyvpiacról, de olykor még a közkönyvtárak polcairól is. De ha ezek a jelek is azt mutatják, hogy a Dialógusok tényleg ilyen érdekesek, akkor valahogy a magyar könyvkiadás adós vele. Hogy pontosabbak legyünk: adósa nemcsak a természettudományok területén a felnövekvő ifjú szakembereknek, hanem a fentiek szerint a kultúra minden ágában érdekelt állampolgárnak. Persze, mondhatjuk, van elég sok más mű is, amely az adósságok listáján szerepel, csakhogy akad rengeteg sok olyan kiadott mű is, amely lehetséges, hogy jó üzleti vállalkozás, de csak kiemeli és kiáltóvá teszi ezt az adósságot, vagyis olykor épp a kontraszelekció rikító példájával segíti elő ennek a szituációnak az elemzését.

A kesergés másik oka már csak közvetve rejt csalódást az általános kultúra kérdéséhez. A kötet ugyanis sajátos tükröt tart a „két kultúra" témán vitatkozók elé, amiben megláthatjuk, milyen is a valójában a két kultúra viszonya egymáshoz a mindennapi életben. A kérdés viszonya a középiskolai fizikához, és pontosan erről való vélekedésünkhöz a kapcsolat közvetlen.

Mint említettük, a Dialógus eme kiadása is szemelvényes. A szerkesztő (vagy a fordító) a szemelvények közti űrt áthidalja s közben maga siet az olvasó segítségére. Olykor magyarázó összefoglalást készít a kihagyott részekről. Így jöhetett létre az alábbi szöveg:[11]

„Salviati irányítása mellett Simplico rájön, hogy a körpályán mozgó test mindig az érintő irányába repül el (1), de nem a végtelenségig (2), mert pályája a nehézségi erő következtében egy lefelé irányuló parabolapálya lesz. Gyakorlatilag is be lehet bizonyítani, hogy a peripatetikusok tévedtek, amikor azt állították, hogy a tárgyak a Föld felületéről lerepülnének a Föld forgása következtében. Mert Salviati hosszas és részletes geometriai megvitatás után arra az eredményre jut, hogy ha a forgó Föld hirtelen megállna, valóban bekövetkezne az, amitől Ptolemaiosz félt: minden elrepülne a Föld felületéről (3). Így azonban a centrifugális és a centripetális erők egyensúlyt tartanak (4). (Galilei persze még nem használja ezeket a kifejezéseket, sokkal körülményesebben, de a lehető legnagyobb precizitással írja le a jelenségeket). Tehát megmaradnak a tárgyak a forgó Föld felszínén. A sebesség növekedésével növekszik a centripetális erő $\frac{mv^2}{r}$ *(5), tehát növekszik a súly is (6), (a nehézségi erő és a centripetális erő eredője) (7).”*

Az idézetben a zárójelbe tett számokat mi helyeztük el az egyes állításokhoz fűzendő megjegyzéseink megfelelő illesztése érdekében. A szemelvény megjelölt állításai rendre az alábbi kiegészítéseket és magyarázatokat kívánják meg, mert – sajnos – a fogalmak tisztázása érdekében néhány szót kell még vesztegetnünk a témára.

Ha már a körmozgásról, az azt létrehozó erőkről, és a körmozgást végző test „fedélzetén” ébredő erőkről beszélünk, onnan kell elindulni, aminek a felismerése mellesleg éppen Galilei érdeme, hogy a magára hagyott – vagyis a kölcsönhatásoktól mentes – test mozgásállapota nem(csak) a nyugalom, hanem az egyenes vonalú egyenletes (gyorsulásmentes) mozgás. Ez a megállapítás megy át később Newton első axiómájába. De ez a megállapítás ad lehetőséget olyan vonatkoztatási rendszer kiválasztására is, mely a mechanika alapjául szolgál. Nevezetesen az első axióma megfordításaként: az olyan vonatkoztatási rendszert, amelyben a magára hagyott (vagyis mással nem kölcsönható) test egyenes vonalú egyenletes mozgást végez, kitüntetett vonatkoztatási rendszernek, inerciarendszernek nevezzük. A kitüntetettség abban áll, hogy benne az a test, amely semmivel sem áll kölcsönhatásban, egyenes vonalú egyenletes mozgást végez. (Ha nem ilyen inerciarendszerben akarjuk leírni a mozgást úgyszólván leküzdhetet-

[11] Id. mű p. 159.

len akadályokba ütközünk, mert a valódi kölcsönhatás mellett még ismeretlen tehetetlenségi erők – e kölcsönhatástól független – eredőjével kell szembesülni.) Tehát: válasszunk inerciarendszert (inerciális vonatkoztatási rendszert)! Egy ilyen rendszerben vizsgálhatjuk pl. két test mozgását. Azért kettőét, mert feltételezzük, legalább két test kell ahhoz, hogy köztük kölcsönhatás ébredhessen. Persze, lehet, hogy az egyik test felismerhető (kicsi, vagy nagy, atomi vagy csillagászati méretű); vagy itt van a közelben, vagy a belátható távolban). A másik lehet a közelben, felismerhető távolban, de esetleg lehet olyan, vagy akkora is, hogy valamiért nem is látjuk. A „két test" elgondolás alapján mondhatjuk ki a mechanikai mozgástan másik (Newton-féle) axiómáját, ami durván így hangzik: a kölcsönhatás következtében az egyik test sebessége megváltozik, ez a gyorsulás (a sebességváltozás időegységre eső része), és ez arányos a kölcsönhatásra jellemző erővel, viszont fordítva arányos a szóban forgó test tehetetlen tömegével. Képletben $m\vec{a} = \vec{F}$, m a tömeg, $\vec{a}$ a gyorsulás vektora, $\vec{F}$ az erő vektora, ez utóbbi a kölcsönhatás „jellemző adata".

Ezek alapján remélhetőleg már látszik a számokkal jelölt megállapítások problematikus része. Természetesen még maga Galilei sem vádolható azzal, hogy azonnal kristálytiszta módon fogalmazott, de értelmezőitől a XX. vagy a XXI. században már kicsivel többet várunk.

Vegyük sorra a megjelölt állításokat! Kezdjük az (1) ponttal! Minden körmozgás létrehozatalához az kell, hogy a körmozgást végző testre állandóan hasson egy olyan erő, amely mindig a kör középpontján halad keresztül és ebbe a középpontba mutat. Ez akadályozza meg azt, hogy a test elrepüljön. Ennek a középpont felé irányuló erőnek ritka szép és találó neve van, ez a *centripetális erő*. Lényegi kapcsolata a körmozgással nyilvánvaló: ha centripetális erő nem hat, nincsen körmozgás sem. A tapasztalat azt mutatja, hogy ha mi késztetjük pl. madzaggal körmozgásra a testet, a kezünk fejti ki a madzagon keresztül ezt a késztetést. De ha a Holdnak a Föld körüli mozgását tárgyaljuk, a Föld fejti ki ezt az erőt a Holdra (és a Hold fejti ki a Földre), ekkor az erő neve a tömegvonzás (gravitáció). Ezért mozognak a Föld és a Hold egymás körül, s mert a Hold tömege (lényegesen) kisebb a Földénél, mondhatjuk, hogy a Hold mozog a Föld körül.

Az már csak további apróság, hogy a Föld akkor is vonzza a Holdat, ha nem forogna egyik sem a saját tengelye körül. (A forgás további, mélyebb érdekesség, tárgyalását most nyugodtan elkerülhetjük.)

A tömegvonzás (és az égitest gömb- illetve *majdnem teljesen* gömbszimmetriája) a felelős azért, hogy ez az erőhatás, amely egyértelműen kijelöli a *befelé* irányt, ami a gömb sugarával esik egybe. Ez az az erőhatás, amit az álló gömb felszínén azonosítunk a súlyerővel.

Ha a Föld nagyon gyorsan forogna a tengelye körül, a tömegvonzás okozta erő esetleg már nem lenne elég ahhoz, hogy a Föld felszínén maradjon egy test. De ennek megfogalmazásához komolyan neki kell fogni!

Ha a Föld forog, akkor az *nem inerciarendszer*. A forgó Földön fellép egy másik erő, a gyorsuló vonatkoztatási rendszerben ezt az erőt *centrifugális erőnek* nevezzük, mert a centrum (középpont) és a vizsgált pont közti sugár irányában, de *kifelé* hat (ezért „fut” a centrumtól – az elnevezés szerint). Amelyik rendszerben a forgás létrejön, *a forgatást a centripetális erő hozza létre. A forgó rendszer egy pontjára* (a forgó rendszerben mérve, nézve) hat a *centrifugális erő*.

A centrifugális erő tehát az egyik tehetetlenségi erő. Ennek hatására kifelé (a forgástengelytől távolodva) mozdulnak el a testek, a forgó rendszerből nézve az általa mozgatott test persze lemarad a forgástól és *elszabadulván, érintő irányban repül tovább*. Ezzel helyeselhetjük az (1) jelű mondatot. De a (2) megállapításhoz általános megjegyzést nem fűzhetünk, bizonyára elképzelhetőek olyan geometriai viszonyok, hogy ott a leírás helyes. A (3) megjegyzéssel kicsit vigyázni kell, a mondatot egyszerűen túlzásnak érezzük. Nehéz ugyanis elgondolni, hogy ha a „Föld forgása hirtelen leállna”, akkor mi történne. Mindenesetre az említett szcenárió borzasztóan nehézkes: attól, hogy a Föld forog, a repítő erő csak kevéssel módosítja a tömegvonzás által kijelölt irányt (a legjobban az Egyenlítőnél), de ez nem ölt tragikus méreteket. Szó sincs arról, hogy a tárgyak lerepülnének a Föld felszínéről! És legfőképpen helytelen a (4) megállapítás: a centripetális és a centrifugális erők nem egyenlítik ki egymást, mert két különböző vonatkoztatási rendszerben ébrednek!

De menjünk tovább! Az (5) pontban zárójelbe tett kifejezés a centrifugális erő nagysága! Az már csak „hab a tortán”, hogy ezt a mondatot így kellett volna írni: „A (körbefutási) sebesség növelésével növekszik az az erő is, amit a körmozgás fenntartása érdekében ki kell fejteni és ez módosítja a súlyerő (a tömegvonzási »nehézségi« erő és a röpítő – centrifugális – erő) eredőjét”.

Itt valóban érezhető egy kis zavarosság a szituációban, nehéz megfogalmazni a viszonyokat. Azért próbáljuk meg még egyszer! A Földön lévő testet a tömegvonzás vonzza a lehetőségek határáig, pl. az asztal lapjára. De mert a Föld forog, erre a testre is hat a forgás miatt fellépő centrifugális erő, ezért az eredő súlyerő a tömegvonzás és a centrifugális erő vektori összege lesz. Ez lesz tehát az, amit az ominózus (6) és (7) pont helyett mondanánk szívesen.

Természetesen elismerjük, hogy Galilei idejében – és persze az ő írásaiban is – érthető okokból a súlyerőt még nem pontosan leplezték le. A leleplezés érdeme azé az Isaac Newtoné, aki abban az évben született (1642), amikor Galilei elhunyt. Newton 1687-ben fogalmazta meg a gravitáció törvényét.

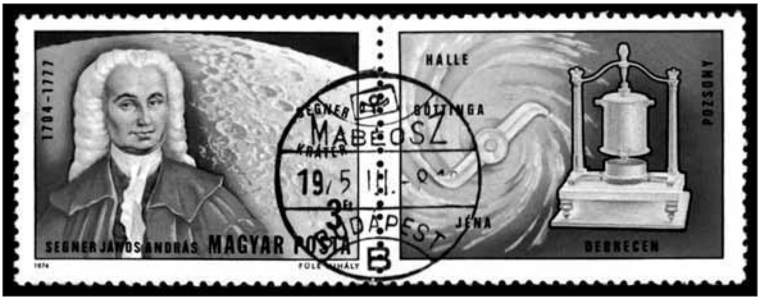
A tehetetlenségi erők pontos feltérképezése pedig még későbbi, a lényegbevágó utolsó szavakat Eötvös Loránd tette hozzá. Eötvös érdeme, hogy mi már tisztán láthatunk a nehézségi gyorsulás (az egységnyi tömegre ható tömegvonzás) nagyságát, s a benne a Föld forgásának következtében megjelenő centrifugális járulék pontos méretét illető kérdésben csakúgy, mint pl. az Egyenlítő mentén keletre vagy nyugatra haladó hajók fedélzetén kimutatható súlycsökkenés vagy súlynövekedés ügyében (Eötvös-effektus). Azért a fogalmazási nehézségért, amit Galilei szenvedett el akkor, amikor Newton még nem mondhatta ki a tömegvonzás törvényét, nem törhetünk pálcát Galilein. Legfeljebb sajnálkozhatunk, hogy filozófus-tudománytörténész kollegánknak ez nem tűnt fel. De még azt is mondhatjuk, hogy a XX. század elején még a fizikus körök is meglehetősen akadozó fogalmazásokkal tárgyalták ezt a kérdést. Azt hisszük, … 1957 után, a mesterséges égitestek megjelenésével és elszaporodásával fellángolt közérdeklődés hozta meg, hogy kissé rendeződtek a sajtóban az „erőviszonyokat" tárgyaló cikkek.

Végezetül szeretnénk még egyszer leszögezni, hogy mindezek ellenére fontosnak tartjuk Galilei művének megjelenését, fontosnak és érdekesnek tartjuk Bréda Ferenc bevezető és magyarázó sorait. Ezzel az írással csak azt kívántuk elérni, hogy fogalmaink tisztázódjanak és pontosabban értsük a viszonyokat.

MAGYAROK ÉS AZ EURÓPAI TUDOMÁNYOSSÁG

SEGNER JÁNOS ANDRÁS MATEMATIKAI ÉS FIZIKAI KUTATÁSAI, KÜLÖNÖS TEKINTETTEL PÖRGETTYŰELMÉLETÉRE

Segner János András személyében az egyszerre több tudományterületen is sikerrel alkotó polihisztorok minden bizonnyal utolsó nemzedékének egy tagját tisztelhetjük. Orvosnak indult, bár már egyetemi évei alatt is foglalkozott algebrával. Mégis elsősorban a Segner-kerék, a mára már rendkívül elterjedt öntözőberendezés nyomán ötlik fel a neve az emberekben. A magyar bélyegkiadás a születésének 270. évfordulójára kiadott szelvényes bélyeggel emlékezett meg róla, melyen fő helyen a Segner-kerék ábrája látható. *(1. ábra)* Ugyanez a berendezés illusztrálja – Segner arcképe mellett – a tiszteletére kiadott szlovák bélyeget is. *(2. ábra)* A kerek évfordulóra a Magyar Posta új bélyeget bocsátott ki, melynek köriratán az is olvasható, hogy orvos, matematikus, fizikus és csillagász volt. *(3. ábra)*



1. ábra. A Magyar Posta szelvényes bélyege, 1974-ből

2. ábra. A Segner-kerék egy szlovák bélyegen, 1994-ből

3. ábra. Ünnepi bélyeg Segner születésének 300. évfordulóján, 2004-ben

Érdemes tehát felvetnünk a kérdést: ki ez a sokoldalú szakember, aki a XVIII. század Magyarországán indult a tudományos életpályájára? És valójában mi bujkálhat egy olyan „egyszerű” berendezés mögött, mint amilyen a Segner-kerék?

PILLANTÁS AZ ÉLETRAJZRA

1704. október 9-én született Pozsonyban. Itt, majd Győrben végezte középiskoláit. Jénába került egyetemre, ahol 1725 és 1730 között matematikát, fizikát és orvostudományt tanult. Először szülővárosában, majd Debrecenben működött orvosként, de hamarosan visszatért Jénába. Rendkívüli tanárként elkezdte matematikusi és fizikusi pályafutását, amiben itt-ott előbújtak más tudományágak iránti szimpátiák, például a hőtani ismeretek meteorológiai alkalmazásai, vagy éppen csillagászati kérdések, de van nyoma annak is, hogy Segnert a botanika is érdekelte.

Tudományos tevékenységében mi most matematikai és fizikai eredményeire korlátozódunk. Kezdjük mindjárt egyik dolgozatával, amely még egyetemi hallgató korában megjelent, s 1725-ben íródott Jénában. (A későbbiekben is Segner latinul publikált címeit fogjuk idézni, amivel kettős célt szeretnénk elérni. Az egyik az, hogy bemutassuk, akkoriban milyen funkciót látott el a hosszadalmas címzés – amely a mai korban a rövid címet követő szűkszavú kivonatra korlátozódott. A másik pedig annak érzékeltetése, hogyan kellett akkor a „szegény” szerzőnek udvarias, olykor mai szemmel már-már szervilisnek tűnő módon hízelegnie a publikációban.) *(4. ábra)*

Az egyetemi tanulmányok idején publikált dolgozatának címe ilyen hosszú: *’Dissertatio epistolica ad G. E. Hambergerum, qua regulam Hariotti de modo ex aequationum signis numerum radicum eas componentium congnoscere demonstrare conatur’, vagyis: Levélbeli disszertáció G. E. Hambergerhez, amelyben megkíséreljük bemutatni, hogyan lehet egy egyenlet tagjaiból a gyökök számértékének előjelét is felismerni a Hariott-szabállyal.* Ebben a dolgozatban az elsők között bizonyította

4. ábra. Segner János András (1704–1777) a polinomok (modern elnevezés!) gyökeinek előjelszabályát, ami René Descartes fontos sejtése volt.

A jénai évek első tudományos eredménye mégis *'Az orvostudomány természetéről és elveiről'* (De natura et principiis medicinae, Jena, 1730) c. munkája, tulajdonképpeni orvosdoktori értekezése. De ezután visszatért a matematikához és a fizikához.

MATEMATIKAI MUNKÁI

Előbb foglalkozzunk matematikai műveivel. 1739-ben kiadta *'Elementa arithmeticae et geometriae'* (A számolás és a geometria elemei) c. művét, majd több kötetben is foglalkozott a matematikai analízis bevezetésével mind latin, mind német nyelven (Cursus mathematicus, 5 kötet, Halle, 1775–76). Ezek a késői művek a matematikai analízis megalapozásának időszakából származó tankönyvek, amelyek fontos, úttörő elméleti és módszertani kérdéseket is tárgyaltak, s nemhiába bizonyultak a korszak népszerű tankönyveinek.

Gondoljunk csak arra, hogy a differenciál- és integrálszámítás formájának is el kellett valahogyan terjednie a felfedező Newton és Leibniz által megtett első lépések után. Ők ugyan természetesen büszkék lehettek eredményeikre, de ezek nyilvánosságra hozatala még mindig magán hordta a felfedezők szakmai féltékenységének jeleit. A jelöléstechnika még nem volt kiforrott. Ezen a téren maradandó hatást Guillaume F. A. de l'Hospital könyve váltott ki. 1696-ban jelent meg ez a mű – és bár de l'Hospital neves tanítómesterének, az (első) Johann Bernoullinak voltak a szellemi tulajdon prioritásával kapcsolatos megalapozott vádjai –, lassan mégis csak utat tört magának, például a jelöléstechnika „új divatjával".

FIZIKAI TÉMÁJÚ KÖTETEI

A matematikai előadások és kutatások mellett Segner egyre többet foglalkozott a fizikával. 1739-ben jelent meg dolgozata a hőmérőkről (De aequandis thermometris aereis, Göttingen). 1740-ben „programsorozatot" adott ki, melyben fizikai kérdéseket fejtegetett. Számunkra most a hidraulikai rész érdekes: *'Programma, quo theoriam machinae cuiusdam hydraulicae praemittit'* (Tervezet, amiben egyes hidraulikai gépek elméletét fejtegetjük). *Ebben esik szó először arról a berendezésről, amit később, Euler javaslatára, Segner-keréknek neveznek.* A tanulmány egyébként a folyadéknak mint közegnek tulajdonítható impulzus kísérleti bizonyítékáról, a folyadékban ható belső erőkről és a kapillaritásról szól. A kérdéskör 1750-ben újra szóba került egy hosszabb című kiadványában, ami szintén Göttingában jelent meg: *'Johannis Andreas Segnerus… I. indicit praemissis de natura fluidorum quibusdam thematibus, II. … de natura fluidorum quaedam antecedentibus addit…, III. ... superficies fluidorum concavas ostendit…, IV… superficies fluidorum convexas evolvit…, V. …theoriam machinae cuiusdam hydraulicae praemittit, VI. computatio formae atque virium machinae hydraulicae nuper descriptae' (Segner János András először: rámutat a folyadékok természetére vonatkozó feltételekre, másodszor: az előbb tárgyalt feltételeket részletezi, harmadszor: foglalkozik a folyadékok konkáv felületeivel, negyedszer: kifejti a konvex folyadékfelületek tulajdonságait, ötödször: tárgyalja egyes hidraulikai gépezetek elméletét, és hatodszor: megmutatja az imént leírt hidraulikai gépekben az erők és a felületek alakjának kiszámítását).*

Ennek az úgyszólván rekordhosszúságú értekezéscímnek a bemutatásával a célunk ismét kettős. Egyfelől rá kívánunk mutatni, hogyan írtak tudományos közleményt mintegy kétszázötven évvel ezelőtt. A cél ma is ismerős: egyszerre tudatni kell a potenciális olvasóval, hogy mi vár reá a bizonyára költséges olvasmány tartalmában. Másfelől azonban ez a közlemény tartalmilag arról árulkodik, hogy a tartályokban lévő folyadék felszínének a tartályfal szomszédságában létrejött alakja igencsak lényeges meglátásokra vezette Segnert. Ma ezt a folyadékok felületet nedvesítő vagy nem nedvesítő tulajdonságának nevezzük, s a felület és a folyadék között fellépő adhézió (a különböző anyagok közti erők) és a folyadékrészecskék között ható erők: a kohézió egymáshoz való viszonyával magyarázzuk.

Mielőtt a mai értelemben vett fő művére áttérnénk, meg szeretnénk említeni *'Einleitung in die Naturlehre'* (Bevezetés a természettanba) c. nagy művét, mely több kiadásban is elkelt. Az első kiadás 1746-ban jelent meg. *(5. ábra)* Mint a későbbiek során említjük, Seg-


Johann Andreas von Segner

Einleitung
in die
Natur-Lehre.

QUA LICET

461

Sárvári 1794

Mit Kupfern.
Dritte sehr verbesserte Auflage.

Göttingen,
Verlegts Abram Vandenhoecks seel. Wittwe 1770.

5. ábra. Bevezetés a természettanba, 3. kiadás ner rendkívül sokoldalú előadói tevékenysége tükröződik ebben a jelek szerint igencsak sikeres műben.

1775-ben jelent meg a forgó testek – a turbinák – törvényeit taglaló műve *(’Specimen theoriae turbinum’)*, amelyben bevezeti a forgó testek tehetetlenségi nyomatékait és ún. deviációs nyomatékait a testek forgási viselkedésének tárgyalásába. (Erről külön is szeretnénk szólni.) Ez a kötet a Porosz Tudományos Akadémián tartott székfoglaló előadása alapján íródott. A forgó testekről szóló eredményeit azért is fontosnak tartjuk, mert a pörgettyűk tárgyalását jelentős módon megkönnyítette (igaz, fejtegetéseinek egy része beolvadt Euler átfogó tárgyalásába).

Itt jegyezzük meg, hogy Segner tudományos eredményei ekkorra már elérték, hogy a szentpétervári Cári Tudományos Akadémia, a londoni Royal Society és most a Berlini Tudományos Akadémia tagjai közé fogadja, sőt II. Frigyes porosz király belső titkos tanácsosa lehessen.

Nem zárhatjuk le eredményeinek felsorolását anélkül, hogy meg ne említenénk csillagászati alapismereteket összefoglaló művét (Astronomische Vorlesungen, Halle, 1775–76), és ne térnénk ki két fontos időskori tevékenységére. Csillagászati kutatásai a meteorológia terén úttörő matematikai lépésekhez vezettek. A perspektíva alapvető törvényszerűségeinek matematikai leírása is foglalkoztatta. Ez utóbbi témában hagyatékát fia rendezte sajtó alá *’A perspektíva alapjai’* (Gründe der Perspektive) címmel.

LEGNAGYOBB HATÁSÚ MŰVE: A FORGÓ TESTEK TÖRVÉNYEIRŐL

a) Az előzmények

A *’Specimen theoriae turbinum’* c. disszertációval a II. Frigyes porosz uralkodó által alapított Berlini Tudományos Akadémia tagságára pályázott Segner. Az egyszerű és mégis bonyolult című értekezés, amely 1755. április 27. napján jelent meg, természetesen latin nyelven készült. Már az is bizonyos gondot okozhat, ha a „turbina” szó jelentését keressük a latin szótárakban. Maga Segner is elemezgeti a turbo, ill. trocho latin szavakat. Ezzel a szóval még természetesen nem a XIX–XXI. század forgórészes gépeit jelölik 1755-ben. Ez akkor inkább csak egy új műszó, ma a forgó testet, vagy egyszerűen csak a pörgettyűt jelenti. A mű magyar címe tehát „A pörgettyű elméletének mintája” lehetne, vagy – mondjuk – egyszerűen így: „A pörgettyűelmélet tételei”.

Ez az értekezés – mondjuk ki mindjárt az elemzés elején – centrális fontosságú a forgó testek mechanikájában. És ahogyan a fontos könyvek esetében gyakorta előfordul, hazánkban csak a létezéséről tudtak. Még M. Zemplén Jolán híres magyar fizikatörténeti munkái is szinte csak madártávlatból, a címlapról és a hivatkozások tengeréből tudták ezt a művet jelentősége szerint értékelni.[32]

A könyv kalandos sorsát e sorok írója is nyomon követhette 1987 táján. Egy Sopronban rendezett geodéziai konferencián, ami *'A forgó Föld geodinamikája'* címet viselte, érdeklődéssel hallgatta M. J. Jurkina orosz kutatóasszony, a Kraszovszkij Központi Geodéziai és Térképészeti Tudományos Kutatóintézet professzorának előadását, aminek során egyszer csak Segner János András neve és ez a tudományos értekezése is említésre került. Nemcsak érintőlegesen, hanem a Föld tehetetlenségi nyomatékának tenzortulajdonságai kapcsán, aminek részletezésekor Jurkina megemlítette – természetesen a tenzorfogalomra való utalás nélkül –, hogy Segner ebben a művében felvetette a Föld ellipszoid alakját: utalt tehetetlenségi ellipszoidjára és ebben látta a földtengely precessziójának okát (vagyis annak az okát, hogy a Föld nevű pörgettyű forgástengelye lassan elfordul). Ebben az esztendőben éppen az volt az egyetemi oktatómunkám egyik célja, hogy diplomamunka-témákat találjak az érdeklődő hallgatók számára. Ehhez érdekes témák, de érdeklődő hallgatók is kellenek, akik rendelkeznek olyan „mellékes" képességekkel, ami az adott esetben a latin és az orosz nyelvterületen való kalandozáshoz szükséges is meg elegendő is.

Így találkoztam Sipos Krisztinával, aki bevallotta, első vágya az orvostudomány volt, ezért a gimnáziumban az orosz nyelv mellett latinul is tanulgatott, később azonban matematika–fizika szakos tanárjelölt lett. Perceken belül megírta Jurkina asszonynak az orosz levelet, amelyben a Segner-értekezés fotokópiáját kérte. Jurkina kedvessége folytán megkaptuk az 1755-ös disszertáció másolatát. Elkezdődhetett a munka! Először a Segner-cikk magyar fordítása, majd a szakdolgozat. Távolabbi célként azt tűztük ki, hogy fontos magyar könyvtárainkba is eljusson Segner egyik legjelentősebb munkája.

b) A mű külalakja. Rejtett kincsek udvarias szózat alatt, fontos összefüggések rajzban és szóban

Hogy képet alkothassunk, miként kellett 1755-ben az arra érdemes szakembernek olyan cikket írnia, amivel a berlini Porosz Tudományos Akadémia majd tagjai sorába választja, vegyük szemügyre gondosan az értekezés címlapját. *(6. ábra)*

Miközben az impozáns latin nyelvű címlapot bámulattal nézzük, megpróbáljuk ékes magyar nyelven reprodukálni.

[32] Később M. Zemplén Jolán a művet Göttingából kölcsönözte egy tanulmányútja során.

A
SERENISSIMO. AC. POTENTISSIMO
PRINCIPE. AC. DOMINO
DOMINO
FRIDERICO. II
REGE. BORVSSIAE
S. R. I. ARCHICAMERARIO. ET. ELECTORE
SVPREMO. DVCE. SILESIAE
&c. &c. &c.
PIO. FELICI. VICTORE
SIBI. INDVLGENTISSIME. COLLATVM
MVNVS
PROFESSORIS. PHYSICAE. ET. MATHEMATVM
PRIMARII
AVSPICATVRVS
RATIONEM. PRAELECTIONVM. SVARVM
IN HAC
ACADEMIA. FRIDERICIANA
EXPONIT
ATQVE
SPECIMEN. THEORIAE. TVRBINVM
SVBIVNGIT
IOANNES. ANDREAS. SEGNERVS
POTENTISSIMO. REGI. A. CONSILIIS. INTIMIS. ACAD. SCIENT.
IMPER. PETROPOLITANAE. ACADEMIAE. SCIENTIARVM. REGIAE
BEROLINENSIS. ET. SOCIETATIS. REGIAE. LONDINENSIS
MEMBRVM
HALAE. DIE. XXVII. APRILIS. clɔ. Iɔcc. LV.

TYPIS GEBAVERIANIS.

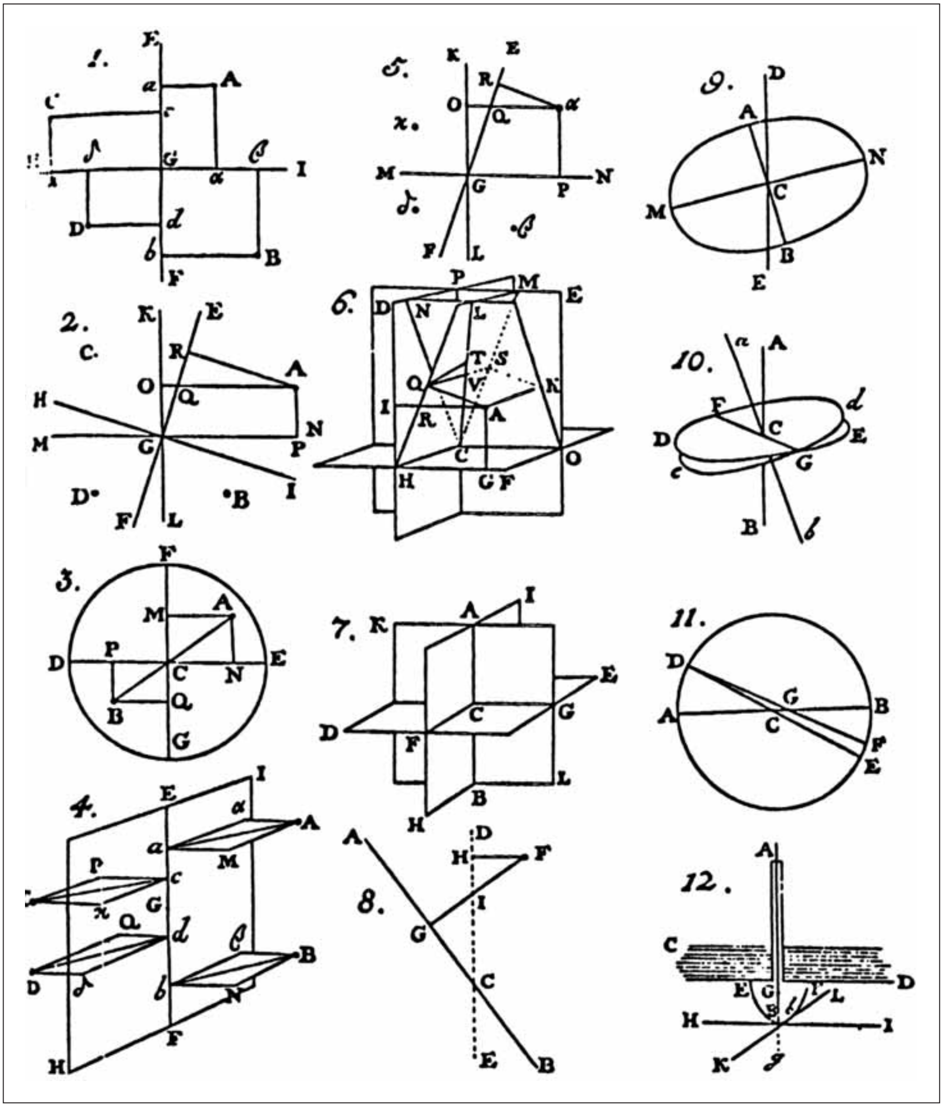
6. ábra. „A pörgettyűelmélet tételei”

A FELSÉGES ÉS LEGHATALMASABB
HERCEGNEK ÉS URUNKNAK,
II. FRIGYES ÚRNAK
POROSZORSZÁG KIRÁLYÁNAK,
A KIRÁLYI TÁRSASÁG
I. ÖRÖKÖS
TITKÁRÁNAK,
SZILÉZIA FELSÉGES VÁLASZTÓFEJEDELMÉNEK
stb. stb. stb.
A KEGYES ÉS SZERENCSÉS GYŐZTESNEK MAGÁT
ENGEDELMESEN ALÁRENDELVE,
A FIZIKA ÉS MATEMATIKA PROFESSZORÁNAK CÍMÉT
ELNYERVÉN ÉS EME FRIDERICIANA AKADÉMIÁBA VALÓ
JELÖLÉSÉT KIÉRDEMLENDŐ,
ELŐADJA A PÖRGETTYŰELMÉLET TÉTELEIT
SEGNER JÁNOS ANDRÁS,
A HATALMAS URALKODÓ TITKOS TANÁCSOSA,
A PÉTERVÁRI CÁRI AKADÉMIA,
A BERLINI KIRÁLYI TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
ÉS A LONDONI KIRÁLYI TÁRSASÁG TAGJA
HALLE 1755. április 27. napján
GEBAUER NYOMDÁJA

Ez a dicshimnuszos címlap – amin úgyszólván alig találjuk meg a szerzőt és munkája címét – és a követő oldalak még tovább fokozzák kíváncsiságunkat. Pedig eleinte csak ismét II. Frigyes dicsőítéséről van szó, majd Halle, a város köszöntéséről. S ami ezután következik, még mindig nem a lényeg, hanem egy kis önéletrajz – persze, a tudós vall a szakkönyvek fontosságáról –, s az algebra, a matematika, az optika, a csillagászat, az aritmetika, a geometria, a metafizika, a logika egyetemi tanmenetéről szól. Az egyéni hang abban jelenik meg, hogy ezeket a tárgyakat Segner mind tanította is. A hosszúra nyúlt bevezető (a XIV. oldal) után kezdődik a tulajdonképpeni tudományos közlemény (és tart a XL. oldalig), melyhez egyetlen ábraoldal járul, igaz, 12 vonalas ábrával. *(7. ábra)*

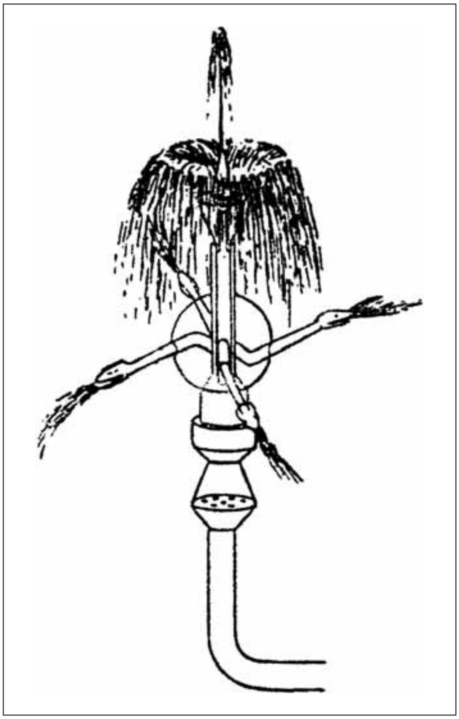
c) A mű tartalma

Ez a mű a forgó testek, Segner szavával: a „turbinák” fizikájáról szól. Talán nem járunk messze az igazságtól, ha a turbina szó természettudományos és mérnöki karrierjét Segnernek e műben folytatott szakkifejezés-keresésétől számítjuk, hiszen amihez Segner felismerései elvezettek –



7. ábra. Az ábrák oldala „A pörgettyűelmélet…”-ből

a folyadékáramlás reaktív erejével meghajtott forgó rendszerek –, a turbinák a szó modern értelmében nem léteztek ezelőtt. Mindenki felhozhatja Philón elrendezését *(8. ábra)* ennek az állításnak a megbuktatására, felidézheti Hérón csodaszerkezeteit, amiket *'Pneumatika'* c. művében összefoglalt, azonban világos, hogy ez a „turbina” kicsit más. És igazából ilyen mélységekben, mint Segner, ebben a témában eddig még senki sem járt! Mert itt a forgó testek dinamikájának központi kérdései szerepelnek, amihez foghatóan a Segner-kerék nevű öntözőberendezés legfeljebb



8. ábra. Philón szökőkútja

csak praktikus szerkezet, aminek „lelkével” az öntözők egyáltalán nincsenek tisztában.

Amikor ennek a műnek a legjelentősebb állításait össze akarjuk foglalni, meglehetős nehézségekbe ütközünk. Egyfelől nem lehet reményünk arra, hogy Segner eredményeit az ő módszerével értessük meg a mai olvasókkal. Egyszerűen azért, mert mélységes meglátásait – melyeket a fizika azóta fenségesen igazolt – abban az időben nem lehetett másként előadni, mint Segner tette. S itt nem holmi udvariassági gesztusokról van szó, nem is a jelöléstechnika fejletlenségéről. Hanem egyszerűen arról, hogy a forgó merev testek – már csak általános alakjuk és általános mozgásuk miatt is – rendkívüli nehézségek árán írhatók le a mechanika tudományának kétszázötven évvel ezelőtti fejlettsége mellett. Ma már közelebb hozható a tárgykör, leegyszerűsíthető a tárgyalás a vektorfogalom s a tenzorfogalom bevezetése után. De nem túlzás azt sem állítani, hogy az anyagfajták – pl. merev testek – tárgyalásában is kissé másként tekintünk erre a témára. Ezért talán megbocsátja az olvasó, hogy Segner eredményeit modernebb tárgyalás nyomán foglaljuk össze. Segner megállapításait, amelyeket 1755-ben tett, Euler úgyszólván azonnal elfogadta: hatalmas levelezőhálózatában és cikkeiben beépítette a mechanika kidolgozása során.

Így került sor Eulertől a következő publikációkra: *’Recherches sur l’effet d’une machine hydraulique proposée par M. Segner, professeur à Göttingen’ (Vizsgálatok egy hidraulikai gép teljesítményére vonatkozóan, amit Segner, göttingai professzor úr vetett fel; Euler, Opera Omnia, XV. 1–39); ’De motu et reactione aquae per tubos mobiles transfluentis’ (Mozgó csöveken átfolyó víz mozgásáról és visszahatásáról; Opera Omnia, XV. 80–104); ’Application de la machine hydraulique de M. Segner à toutes sortes d'ouvrages et de ses avantages sur les autres machines hydrauliques dont on sort ordinairement’ (Segner úr hidraulikus gépének alkalmazása különféle szerkezetekre és előnyei a belőle származtatható egyéb hidraulikai gépekkel szemben; Opera Omnia, XV. 105–133).* Ezek főleg a hidrodinamikai vonatkozásokra utalnak, a tulajdonképpeni Segner-kerékre.

A forgó merev testekre vonatkozó Segner-eredmények elsősorban a *'Leonhard Euleri Theoria motus corporum solidorum seu rigidorium' (Leonhard Euler: A szilárd vagy merev testek mozgásának elmélete)* c. művében jelentek meg, természetesen az Euler által átdolgozott egységesített formában. Ezt a művet Euler *'Opera Omnia'* (Összegyűjtött művek) III. kötetében találhatjuk, aminek Charles Blanc-féle kiadása 1948-ban (!) jelent meg. A figyelmes olvasónak bizonyára feltűnik, hogy Euler óriási terjedelmű hagyatékának – és természetesen életében megjelent műveinek – gyűjteményes kiadása milyen hosszú időt vett igénybe. Persze, ebből is látszik, hogy „inter arma silent musae" – fegyverek között hallgatnak a múzsák: Euler teljes hagyatékának közzététele évszázados programnak bizonyult!

A pörgettyű mozgási törvényszerűségeinek feltárása azért jelent új feladatot, mert a pörgettyű általánosabb alakú test, mint a tömegpont. A pörgettyű egy sajátos pontrendszer, amelyben a forgó test alakja akár határozottan nagy is lehet, ha a testet összetevő tömegpontokat nem is kell okvetlenül atomoknak gondolni. A legegyszerűbb példaként szemünk előtt akár a gyerekek búgócsigája is lebeghet.

A probléma lényegét éppen az adja, hogy egy általános merev test nemcsak haladhat a térben, hanem a haladása mellett – szerencsés esetben ettől függetlenül – még foroghat is. A mozgásprobléma felbomlása erre a két ágra már előrevetíti a megoldás útját.

Tekintettel arra, hogy a tömegpontok mozgása során az absztrakció használhatónak bizonyult, a newtoni mozgásegyenlet bevált, ragaszkodjunk a mozgásegyenlet newtoni formájához. A mozgásformák kettéosztása azt eredményezi, hogy a newtoni mozgásegyenlet alakja mindegyik mozgásformára fenntartható, csak a benne szereplő mennyiségeket kissé másképpen kell értelmezni.

A haladó mozgás során a test forgásától eltekintünk. Ekkor a mozgásegyenletet az

$$m\vec{a} = \vec{F}$$

alakban akkor írható fel, ha m a test teljes tömegét, a $\vec{a}$ tömegközéppont gyorsulását, $\vec{F}$ pedig ebben a pontban a test tömegére ható eredő erőt jelenti. Szerencsére, most nem kell különösen meglepődni, az új mozgástörvény nem tartalmaz furcsa kijelentést. Viszont a kiterjedt merev testre – Segner szavával pörgettyűre – haladó mozgás esetén átvihetjük eddigi tapasztalatainkat.

A forgó mozgás során a test haladó mozgásától lehet eltekinteni. Ekkor a forgó test jellemzésére az $\vec{\omega}$ szögsebesség vektorát használjuk, ami az időtől is függhet. A forgatást a testre ható erők $\vec{M}$ forgatónyomatéka okozza. A forgó test impulzusának helyére az $\vec{N}$ impulzusnyomaték lép. A mozgásegyenlet ekkor

$$\frac{d\vec{N}}{dt} = \vec{M}$$

alakú; a forgatónyomaték változtatja meg a test impulzusnyomatékát. Ez a forma még hasonló az alapvető newtoni kijelentéshez: az impulzusváltozás oka az erő. Az impulzusnyomaték és a szögsebesség viszonya azonban a forgó testeknél tágasabb, mint az impulzus és a sebesség közötti összefüggés. Segner épp ennek észrevételével tett jelentős előrehaladást, jóllehet az összefüggés mai alakja nem tőle származik. De annyit már felismert, hogy amennyiben a szögsebesség párhuzamos az impulzusnyomatékkal, akkor

$$\vec{N} = \Theta\vec{\omega}$$

típusú egyenlet áll fenn, ahol Θ a tehetetlenségi nyomaték. Sőt Segner észrevette, hogy a pörgettyű impulzusnyomatéka és szögsebessége nem szükségképpen párhuzamos. Ekkor a pörgettyűnél a külső erő forgatónyomatéka, az impulzusnyomaték vektora és a szögsebesség vektora különös táncba kezdenek a mozgás során.

Segner ennek a bonyolultabb esetnek a tárgyalását speciális esetekben végezte el (egyszerűen azért, mert nem használhatta fel, amit csak másfél évszázaddal később fedeztek fel: a tenzorformalizmust). Számításai speciális helyzetekre vonatkoznak. Segner ismerte fel, hogy a tehetetlenségi nyomaték a forgástengellyel szoros kapcsolatban áll, megváltozhat, ha a test forgástengelye megváltozik.

Arra is rájött, hogy a tehetetlenségi nyomaték a forgatással szemben tanúsított ellenállás – miként a tömeg a gyorsítással szemben tanúsított ellenállás. Sőt különböző tengelyek körüli forgatáskor a tehetetlenségi nyomaték bizony különböző lehet, a test alakjától és tömegeloszlásától függően. De azt is felismerte, hogy amikor a test nem a fő tehetetlenségi nyomatékkal jellemzett tengely körül forog, akkor a testre az alaktól és tömegeloszlástól függő deviációs (eltérítő) nyomatékok is hatnak.

Idevágó meglátásait manapság – a tenzorfogalom felismerése és bevezetése óta – a tehetetlenségi tenzorral fejezzük ki. Ennek segítségével lehet osztályozni a pörgettyű mozgásában megjelenő hatásokat, a precessziót és a nutációt. Ezen a téren is fontos Segner-eredményre bukkanhatunk. Amennyiben feltételezzük, hogy a Föld nem tökéletesen gömb alakú, nem is lapult gömb, hanem az ellipszis forgásteste: ellipszoid, sőt még ennél is bonyolultabb, háromtengelyű „ellipszoid”, akkor az a tény, hogy az impulzusnyomaték és a szögsebesség nem esik egy irányba, szükségképpen speciális mozgást jelent. Egyelőre a Föld tömegeloszlása csak finomságokban tér el a gömbi szimmetriától, mégis érdekes Segner megérzése: egyszer a méréstechnika eljut arra a szintre, hogy kimutatja a Föld mozgásának ezt a finomszerkezetét.

Azon meglátásai, amelyek a „turbina” elméletéről írt munkájában szerepelnek, Euleren keresztül jutottak el a tudományos közvéleményhez. Euler maga, mint láttuk, példamutatóan hivatkozott Segner eredményeire. Mégis az irodalom – miközben lassan átvette Euler jelöléseit és tárgyalási módját a pörgettyűk elméletében – egyre kisebb szerepet tulajdonított Segnernek. Ma már alig találunk utalást Segner érdemeire Arnold Sommerfeld, H. Joos vagy akár Budó Ágoston *'Mechanikájá'*-ban. Szerencse, hogy Euler összes művének gyűjteményes kiadása a XX. század közepéig elhúzódott!

*

FÜGGELÉK:
SEGNER PÖRGETTYŰTÁRGYALÁSÁNAK MAI ALAPJAI

Az alábbi tárgyalási mód Segner kortársának, Jean Le Rond d'Alembert (1717–1783) neves francia tudósnak munkáira nyúlik vissza. A szilárd vagy merev test fogalma ügyes és hatékony absztrakciónak bizonyult, mert lehetővé tette a merev testek mozgásformáinak két kategóriába sorolását. Addig tekinthető merevnek egy test, amíg mozgása során egyes pontjai közti távolságok változatlanok maradnak. E hasznos definícióért egy bizonyos árat fizetünk: először felmerül a koncepció korlátja (mekkora igénybevétel során nem fog teljesülni ez a kritérium?), másodszor: valamilyen erőhatásoknak kell gondoskodniuk arról, hogy e feltétel teljesüljön. Az első körülményt most egyszerűen adottnak tekintjük, a másodiknál azt mondjuk: bizonyos kényszererők a felelősek ezért a tulajdonságáért, ezek sajátságaira majd a tárgyalás során következtetünk. Ennek a műveletnek az elősegítésére szolgál d'Alembert elve: a mozgás úgy megy végbe, hogy minden pillanatban az összes tömegpontra – ami csak a testben van –, a ható erők virtuális munkája zérus. A virtuális munka nem egyéb, mint – görgetjük tovább a definíció szükségességét – a rendszer tagjainak a virtuális elmozdulása során végzett munka. Ehhez pedig már csak az erők és az elmozdulások meghatározását kell elvégezni. Kezdjük a virtuális elmozdulással! A merev test egyrészt, mint egész, közösen végezheti helyváltoztató, transzlációs mozgását, másrészt, mint rendszer, közös forgást végezhet, a merevsége miatt itt minden része számára közös a forgástengely és a körülötte mérhető szögelfordulás. Ha a közös elmozdulás vektora $\delta\vec{r}_0$, a forgástengely a $\delta\vec{\varphi}$ elfordulási szög vektorértelmezésével pedig elvégezhető, akkor a merev test i-edik elemének általános elmozdulása:

$$\delta\vec{r}_0 + \delta\vec{\varphi} \times \vec{r}_i \ ,$$

ahol $\delta\vec{\varphi}\times\vec{r}_i$ a két vektor vektoriális sorozatát jelöli, az i index végigfut majd a rendszer tömegpontjain. Az i-edik tömegpontra ható erő $\vec{F}_i$, a tehetetlenségi erő $m_i\ddot{\vec{r}}_i$, a mozgástörvény pedig d'Alembert elve szerint abból adódik, hogy a kényszererők, az

$$m_i\ddot{\vec{r}}_i-\vec{F}_i=\vec{F}_i^{(k)}$$

virtuális munkája, az a munka, amit a virtuális elmozdulás során végeznek (az egész testben), nullával egyenlő:

$$\sum_i\left(m_i\ddot{\vec{r}}-\vec{F}_i\right)\left(\delta\vec{r}_0+\delta\vec{\varphi}\times\vec{r}_i\right)=0\,.$$

Ezt mondja ki d'Alembert elve. Vegyük észre, hogy az $\vec{F}_i^{(k)}$ kényszererők az elv jóvoltából kiesnek megfontolásainkból! Így anélkül jutunk eredményre, hogy a kényszererőkről mást feltételezni kellene! Szinte hihetetlen egyszerűséggel bomlik ez az állítás két részre, a transzlációra vonatkozó

$$\sum_i\left(m_i\ddot{\vec{r}}-\vec{F}_i\right)\delta\vec{r}_0=0\,,$$

és a forgásra vonatkozó

$$\sum_i\left(m_i\ddot{\vec{r}}-\vec{F}_i\right)\delta\vec{\varphi}\times\vec{r}_\imath=0$$

egyenletekre. Az elsőből azonnal adódik $\delta\vec{r}_0$ tetszőleges értékének feltételezésével, hogy

$$\sum_i m_i\ddot{\vec{r}}=\sum_i\vec{F}_i\;.$$

Itt kézenfekvő a $\sum_i\vec{F}_i=\vec{F}$ összegvektort bevezetni, az $\vec{F}$ a testre ható erők eredője. A bal oldalon pedig a $\sum_i m_i=m$, az összes tömeg bevezetésével definiálható az $\vec{R}$ vektor.

Vagyis

$$m\vec{R}=\sum_i m_i\vec{r}$$

alapján $\vec{R}$ a tömegközéppontba mutat. (Ez az a pont, ahol az egyes tömegpontra ható erők $\vec{F}$ eredője ébred.) Ezzel a transzlációs mozgást meghatározó egyenletet, a mozgástörvényt kapjuk:

$$m\ddot{\vec{R}}=\vec{F}$$

alakban. Ezzel kimondhatjuk, hogy a (pontrendszerré bontott) merev test (újraegyesítve) úgy végzi mozgását, mintha az egyes pontjaira ható erők eredője a tömegközéppontban hatna. Ezzel a mozgásprobléma első felével lényegében végeztünk is, a mozgásegyenletek megoldásának problémái és eddig abban szerzett tapasztalataink a továbbiakban ismertnek tekinthetők. Ezennel nyugodtan fordíthatjuk minden figyelmüket a mozgásprobléma második, a most érdekesebb felére.

A forgó mozgással kapcsolatos részt d'Alembert-elvből átrendezzük úgy, hogy a vektoriális szorzat tényezőinek a sorrendjét megváltoztatjuk, és így elérjük, hogy az összegezésből $\delta\vec{\varphi}$ kiemelhető legyen:

$$\sum_i \left\{ \vec{r}_i \times \left(m_i \ddot{\vec{r}}_i - \vec{F}_i \right) \right\} \delta\vec{\varphi} = 0 .$$

Ebből könnyű a

$$\sum_i m_i \vec{r}_i \times \ddot{\vec{r}}_i = \sum_i \vec{r}_i \times \vec{F}_i$$

egyenletre következtetni. Ismét új jelölések bevezetésével próbáljuk meg az egyenlet egyszerűsítését, hogy kissé még áttekinthetőbb legyen. Ahogy az előbb az $\vec{F}$ eredő erőt, úgy most az $\vec{M}$ eredő forgatónyomatékot vezetjük be:

$$\vec{M} = \sum_i \vec{r}_i \times \vec{F}_i .$$

A fentiek alapján pedig nyilvánvaló, hogy most csak a forgó mozgás részleteiről informálódunk, ezért ebben az esetben az $\vec{r}_i$ változása az időben csak

$$\frac{d\vec{r}_i}{dt} = \vec{\omega} \times \vec{r}_i$$

lehet. Akkor pedig a forgó mozgás törvényét

$$\frac{d}{dt} \sum_i m_i \vec{r}_i \times \left(\vec{\omega} \times \vec{r}_i \right) = \vec{M}$$

alakban írhatjuk. (A differenciálás végrehajtásában előfordul az első tényező deriváltjának és a második tényezőnek a vektori szorzata, de ez párhuzamos, sőt azonos vektorok esetében zérust ad!) Így a mozgásegyenlet most a

$$\frac{d}{dt} \left[\sum_i m_i \left\{ \left(\vec{r}_i \vec{r}_i \right) \vec{\omega} - \left(\vec{r}_i \vec{\omega} \right) \vec{r}_i \right\} \right] = \vec{M}$$

alakot ölti. Célszerű a bal oldali összeges kifejezést egy új szimbólummal jelölni, hiszen a felosztásra utaló összegzésnek itt nincs jelentősége. Így ezt az indexet most a figyelem előteréből eltesszük, magyarán kiválasztunk egy i értéket, arról beszélünk csak. Ekkor az egyenlet egyszerűbb, a

$$\frac{d}{dt}\left\{mr^2\vec{\omega} - m(\vec{r}\vec{\omega})\vec{r}\right\} = \vec{M}$$

alakot ölti. Látható, hogy két alaktípusba rendezhető jellemvonásokra van szükségünk.

Az egyik

$$\left(mr^2\right)\vec{\omega}$$

típusú, míg a másik

$$m\left(\vec{r}\vec{\omega}\right)\vec{r}$$

típusú. De látszik, hogy van közös szerepük. Ezért a mozgásegyenletet merészen így fogjuk írni új mennyiségek bevezetésével:

$$\frac{d}{dt}\left(\Theta_{kl}\omega_l\right) = M_k \ ,$$

ahol a k és az l indexek 1, 2, 3 értéket vehetnek fel, az ismétlődő indexekre 1-től 3-ig összegezünk. Ez az egyenlet tehát három egyenlet általános alakja. Az $\vec{\omega} = \left(\omega_k\right) = \left(\omega_i, \omega_2, \omega_3\right)$ szögsebesség, az $\vec{M} = \left(M_k\right) = \left(M_1, M_2, M_3\right)$ a forgatónyomaték vektora. A kétindexes Θ_{kl} pedig egy olyan új adatrendszer, amelynek nem egy, nem három, hanem kilenc összetevője, komponense van a forgó test tulajdonságainak jellemzésére. A Θ_{kl} tehát új nevet érdemel, a tehetetlenségi nyomaték tenzorának nevezzük. Hogy a definíció pontos legyen (a továbbiakra is helyezzük a felbontásra utaló *i* indexet háttérbe!), a Θ_{kl} tenzorkomponensek definícióját így adjuk meg: a Θ_{kl} olyan mennyiség, ami az $\vec{\omega}$ vektorra alkalmazva szorzatként a

$$\Theta_{kn}\omega_n = \sum m\left[r^2\omega_k - \left(r_l\omega_l\right)r_k\right]$$

kifejezést adja (az *1* és az *n* indexek összegző indexek). Ilyenformán a forgó mozgás három egyenlete az egyszerű

$$\left.\begin{aligned}\Theta_{11}\dot{\omega}_1 + \Theta_{12}\dot{\omega}_2 + \Theta_{13}\dot{\omega}_3 &= M_1\,,\\ \Theta_{21}\dot{\omega}_1 + \Theta_{22}\dot{\omega}_2 + \Theta_{23}\dot{\omega}_3 &= M_2\,,\\ \Theta_{31}\dot{\omega}_1 + \Theta_{32}\dot{\omega}_2 + \Theta_{33}\dot{\omega}_3 &= M_3\end{aligned}\right\}$$

alakot ölti, feltéve, hogy a testre jellemző Θ_{kl}-ek nem függnek az időtől (a test merev), röviden

$$\Theta_{lk}\dot{\omega}_k = M_l\,.$$

Hátra van számunkra még az a feladat, hogy a kilenc Θ_{lk}-komponenst, mint az anyagra jellemző tulajdonságot definiáljuk, pontosabban: szerepükre utaljunk. Ezt bizonyára elősegíti, ha a fenti, a mozgás forgó részére utaló egyenleteket még egyszer ideírjuk, kissé átrendezett alakban:

$$\left.\begin{aligned}\Theta_{11}\dot{\omega}_1 &= M_1 - \Theta_{12}\dot{\omega}_2 + \Theta_{13}\dot{\omega}_3\,,\\ \Theta_{22}\dot{\omega}_2 &= M_2 - \Theta_{21}\dot{\omega}_1 + \Theta_{23}\dot{\omega}_3\,,\\ \Theta_{33}\dot{\omega}_3 &= M_3 - \Theta_{31}\dot{\omega}_1 + \Theta_{32}\dot{\omega}_2\,.\end{aligned}\right\}$$

Innen világosan látszik, hogy a komplikáció nélküli forgást az az eset jelentené, amelyben a vegyes indexű Θ_{kl}-ek zérusok lennének. A Θ_{11}, Θ_{22} és a Θ_{33} a fő tehetetlenségi nyomatékok nevét viselik, ezek határozzák meg, milyen ellenállást jelent, ha a test rendre az 1, a 2, a 3 indexű tengelyek körül forog. Ilyen ideális esetben

$$\Theta_{11}\dot{\omega}_1 = M_1\,, \Theta_{22}\dot{\omega}_2 = M_2\,, \Theta_{33}\dot{\omega}_3 = M_3$$

egyszerű a mozgásegyenlet – a „forgásegyenlet”, az M forgató nyomatéknak a megfelelő forgástengely körüli forgatáskor a tömegeloszlás részleteiből eredő tehetetlenségi nyomatékot kell leküzdenie. Akkor Θ_{11} az x-tengelyre, Θ_{22} az y-tengelyre és Θ_{33} a z-tengelyre vonatkoztatott tehetetlenségi nyomaték, pl.

$$\Theta_{11} = \sum m\left[\left(x^2 + y^2 + z^2\right) - x\,x\right].$$

Ebben az esetben a forgásegyenlet megoldása nagyon egyszerű, a newtoni mozgásegyenlet, ami a transzlációs mozgásra vonatkozott, minden tapasztalatával átvehető.

Ha pedig az $(\vec{r}\vec{\omega})$ szorzat többi összeadandója is zérustól különböző (mert $\vec{\omega}$ olyan állású!), akkor szerepet kapnak a Θ_{kl} fődiagonálisán kívül álló tagok is. Az M_1, M_2 és M_3 mellett fellépő tagokból következik, hogy a Θ_{12}, Θ_{13} valamint a Θ_{21}, Θ_{23} és a Θ_{31}, Θ_{32} mennyiségekkel arányos tagok mind az ω_1, ω_2 ill. ω_3 tehát $\vec{\omega}$ irányának megváltoztatását fogják eredményezni! Ezért a Θ_{kl} tenzor nem-fődiagonálisbeli tagjait deviációs nyomatékoknak, a tengelyállást megváltoztatni igyekvő tagoknak nevezzük.

Ha egy pörgettyűt történetesen úgy indítunk el, hogy a forgástengelye egybeesik valamelyik főtehetetlenségi tengelyével, akkor a mozgásegyenletből az következik, hogy a test időben megtartja ezt a forgást. Ha nem ilyen kivételes szituációból indítjuk a mozgást, hanem az induláskor a forgástengely semelyik főtehetetlenségi iránnyal sem esik egybe, akkor a test pörgése olyan lesz, hogy az adott impulzusnyomaték, a Θ-ból és a $\vec{\omega}$-ból kiszámítható $N_l = \Theta_{lk}\omega_k$ komponensű vektor állandó marad térben és időben (impulzusnyomaték tétele), de az $\vec{\omega}$ vektor körbetáncolja az impulzusnyomaték $\vec{N}$ vektorát. A részletes elemzés, ami most kissé messzire vezetne, két jellegzetes mozgástípus, a precesszió és a nutáció tanulmányozása, ami az alapvető törvények alapján elvégezhető. Sőt úgyszólván azonnal – mármint elvben Segner idejében – fel is lépett az igény az ilyen részletek iránt.

Segner az értekezése 34. oldalán már említést tesz arról, hogy a bolygók keringő mozgásuk mellett forognak is saját tengelyük körül, így a pörgettyűk egy bizonyos osztályát képviselik, azt, amelyikben a forgástengely nem érint egy merev felületet (szabad pörgettyűk). Sőt arra is rámutat, hogy a bolygók nem igazán merev testek, vagyis olyanok, amelyek tömegeloszlása hosszabb idők során meg is változhat. De ha a Föld pl. nem igazán merev test, akkor a pörgettyűelmélet tételeitől való eltérés – bizonyos hibahatáron túl – bizonyára már rámutathat erre is.

A pörgettyű-modellben sok mindent nem érintettünk. Persze Segner sem, de természetesen a mi tárgyalásunk sem szántott olyan mélyen. Tárgyalásunk lehetővé teszi a pörgettyű szimmetria-viszonyainak mélyebb elemzését. (A gömbnél a tehetetlenségi tenzor – mint szimmetrikus tenzor – mindhárom főirányához ugyanakkora tehetetlenségi nyomatékok tartoznak, henger esetén kettő egyenlő, a harmadik különbözik, míg a három különböző főtehetetlenségi nyomaték esetének pl. egy háromtengelyű homogén tömegeloszlású ellipszoid felelhet meg.)

Ennélfogva Segner, aki az első pillanatban ezekre a felcsillanó lehetőségekre már rámutatott, bízvást tekinthető akár „az időben lassan változó tömegeloszlású Föld” elmélete képviselőjének, de annak felvetőjeként mindenesetre, hogy a Föld igazából egy háromtengelyű ellipszoid alakú test!

Tanulmányunk első részének előzménye a Természet Világa 2004-es évfolyamában jelent meg.

TELEKI SÁMUEL KAPCSOLATA A XVIII. SZÁZAD TERMÉSZETTUDÓSAIVAL[33]

Csodálatos könyvecske került a kezünkbe, Weszely Tibor munkája. A címe: *Teleki Sámuel levelezése világhírű tudósokkal*. A kötet Marosvásárhelyen jelent meg 2003-ban az Appendix kiadásában. A rövid mű Weszely Tibor *Teleki Sámuel külföldi levelezőtársai* című bevezető tanulmánya után mintegy száz oldalon közöl leveleket latin és francia nyelven, és természetesen magyar fordításban is, amelyek Teleki Sámuel és Daniel Bernoulli, Johann Bernoulli, Alexis Claude Clairaut, Charles-Marie de la Condamìne, Johann David Hahn, és egy fiatal francia, bizonyos Rousselot – feltehetőleg La Condamìne tanítványa, a keresztnevét mi sem tudtuk felderíteni – közti kapcsolatról vallanak.

A Teleki-család kiemelt helyet foglalt el a magyar, és ezen belül az erdélyi kultúra és tudományosság történetében. A család férfi tagjainak többsége igyekezett eljutni Európa nagy egyetemeire, egyetemvárosaiba, ahol részben a tudományos képzésben vettek részt, részben pedig értékes szakmunkákat vásároltak, amelyekkel magánkönyvtáraikat gyarapították. A Teleki-család egyik ága magánkönyvtárából jött létre Pest-Buda akadémiai könyvtára, a másik ágnak pedig marosvásárhelyi Teleki Téka megalapítását köszönhetjük.

Teleki József (1738–1796) politikus volt. Nagy könyvtárt gyűjtött össze, s emellett természettudományi múzeumot létesített, s támogatta a természettudományok oktatásának korszerűsítését. Külföldi útján naplót vezetett, amelyet 1943-ban adott közre Tolnai Gábor, majd a napló 1987-ben magyar fordításban is megjelent. Ennek a Telekinek az életművét összegezte F. Csanak Dóra *'Két korszak határán'* című 1983-ban megjelent értékes irodalomtörténeti összefoglalójában. A Bázelben fellelhető Teleki-levelekről készített áttekintést Szántay Antal 1997-ben.

Teleki József fia volt *Teleki László* (1764–1821) író, politikus. Irodalom és tudománykedvelő volt, aki maga is gyarapította az édesapja által létrehozott azon könyvtárat, amely később a Magyar Tudományos Akadémia Könyvtárnak alapjává lett. Özvegye és fiai az Akadémián egy könyvtárnoki állás fenntartására alapít-

[33] A kötet jelen fejezetéhez az adott indíttatást, hogy ebben a témakörben megjelent egy kötet: Weszely Tibor: Teleki Sámuel levelezése világhírű tudósokkal. Marosvásárhely, 2003. Appendix Kiadó. 185 p.
Jelen tanulmány első részét a Természet Világa 2004-es évfolyamában is közreadtuk.

ványt hoztak létre. Az ő fia volt *Teleki József* (1790–1855) történetíró, aki 1830 és 1855 között a Magyar Tudományos Akadémia elnöki posztját töltötte be, 1842 és 1848 között Erdély kormányzója is volt. 24 ezer kötetes könyvtára képezte a Magyar Tudományos Akadémia Könyvtárának alapját.

A család vagyonának megalapozója *Teleki Mihály* (1634–1690) erdélyi kancellár volt, s fia, ugyancsak *Mihály* (1671–1720) idejében, 1697-ben emelte a Teleki-családot I. Lipót szentbirodalmi grófi rangra, mely fiágon öröklődött. Az ifjabbik Mihály – aki II. Rákóczi Ferenc főtisztje volt – által a kuruc korban vezetett napló értékes történeti forrásunk.

Az idősebbik Mihály unokája lett *Teleki Sámuel* (1739–1822), aki politikus és tudós ember is volt, utóbbit igazolja, hogy tagjává választotta a göttingeni, a jénai és a varsói tudós társaság. Nagy könyvgyűjtő volt, 1790-től erdélyi főkancellár. Ő alapította 1816-ban Marosvásárhelyen az azóta egyre bővülő Teleki-könyvtárat. Európai utazásairól útinaplót vezetett, amely az 1759 és 1763 közötti időszak eseményeit rögzítette az utókor számára. A napló 1908-ban jelent meg Marosvásárhelyen.

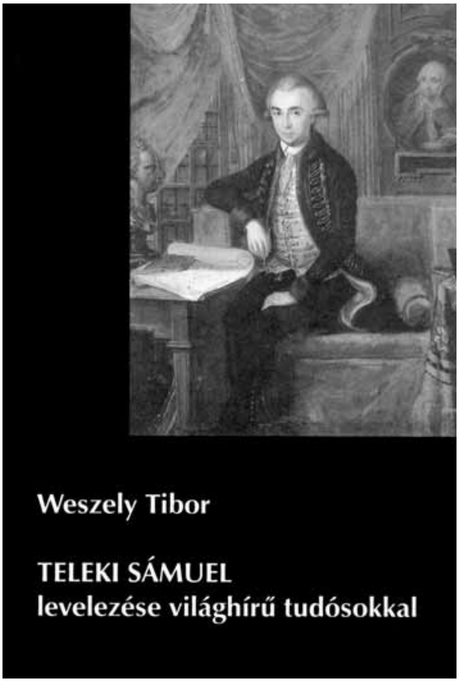
Az ő dédunokája volt a híres földrajzi utazó, Afrika több vidékének felfedezője és leírója, *Teleki Sámuel* (1845–1916).

Teleki Domokos (1773–1798) útirajzíró volt (Teleki Sámuel kancellár fia), aki részt vett az Aranka György-féle Erdélyi Magyar Nyelvmívelő Társaság munkájában, s aki nagy ásványgyűjteményét a marosvásárhelyi református főiskolára hagyta. Fiatalon megbetegedett, s külföldön keresett gyógyulást, de azt sajnos nemigen lelte meg.

Mint említettük, Teleki József (1738–1796) politikus egyik fia volt az MTA Könyvtárát megalapító László, másik fia pedig szintén *József* (1777–1817). Az utóbbi Józsefnek a fia volt *Teleki Domokos* (1810–1876) történetíró volt, akinek nevéhez fűződik a marosvásárhelyi Teleki-könyvtár kéziratos anyagának rendezése 1851 és 1859 között. Teleki Domokos 1836-tól kezdődően volt tagja a Magyar Tudományos Akadémiának.

A Telekiek nem csak útinaplót vezettek, hanem nagy levelezők hírében is álltak, utóbbi különösen érdekes számunkra Teleki Sámuel (1739–1822) esetében. A Magyarországon a két világháború közötti időszakban fellelhető leveleket Jelitai József dolgozta fel, aki akkor nem juthatott el Marosvásárhelyre, ahol e levelezés másik részlete bújt meg a hatalmas Teleki-iratanyagban. – *E fontos kiegészítő megjegyzéseket Gazda Istvánnak köszönöm.*

A könyv bámulatos világba enged betekintést. Egyfelől Teleki Sámuelről tudhatunk meg sok érdekeset, másfelől sajátos körkép hangulatának leszünk rabjai. Teleki Sámuel Teleki Sándor és Petki Nagy Zsuzsa későn jött gyermekeként 1739. november 17-én született. Édesanyja 1748-ban elhunyt és Sámuel a hetvenéves, betegeskedő apja mellett maradt otthonában. De mindez csak alig hat évig folyik így, édesapja 1754-ben meghal és ezzel nemcsak a teljes árvaság veszi kezdetét, hanem a jóval idősebb, apja első házasságából származó testvéreivel is elkezdődik a pereskedés a hagyaték megosztásáról. A legnagyobb csodák közé számít, hogy a későbbiek során nem nagyon romlik meg a kapcsolat a féltestvérek között. Sámuel tanulóéveit természetesen megzavarja a két szülő elvesztése és ezek a körülmények gátolják abban, hogy megfelelő iskolákba járjon, és ébredező tehetségét már ifjúkorában kibontakoztassa. Kivételes szerencsének tekinthető, hogy a Teleki gyermekek sorban megkapják Mária Terézia császárnő illetékes hivatalától a külföldi tanulmányutakra szóló engedélyt, amit gyaníthatóan az a szándék is motivált, hogy az erdélyi protestáns főurakat megnyerjék az osztrák politika számára.



Így indulhatott négyéves tanulmányútjára Teleki Sámuel 1759. november 7-én. Már Bécsben megmutatkozik a hiányos előképzettsége első jele: a magyaron kívül csak a latint ismeri, használja, és tolmácsokra kényszerül. Amikor Bázelbe érkezik, csakhamar kivívja környezetétől a „latin gróf” díszítő jelzőt nyelvismerete korlátainak eme fura elismeréseként. Nem kívánjuk még kivonatosan sem ismertetni Weszely Tibor részletes felsorolását, mert az olvasó bizonyára nagyobb élvezettel fogja lapozni a tanulmány eredetijét. Kanyarodjunk a svájci időszakhoz!

A közölt levelek – amelyek csak válogatást képviselnek egy minden bizonnyal gazdagabb gyűjteményből – bepillantást engednek Teleki Sámuel tanulmányaiba és gyors fejlődésének részleteibe. Bámulatos, hogy milyen gyors ütemű Teleki előrehaladása, pedig például a német nyelv elsajátításában pedagógiai kudarcok is kísérték. Az első „Sprachmeister” a kezdővel mindjárt a nyelvtan mélységeit ismertette meg, szóval nem az azonnali beszédkészségre oktatta „könnyen és gyorsan”.

A bázeli tartózkodásának tizenöt hónapjáról, jogi és történelmi tanulmányokról, meg Johann Bernoullitól vett matematika-, ill. A. Socintól vett, kísérletekkel bőven ellátott fizikaórákról lehet tudomásunk. A kötet dokumentumai azonban arról tanúskodnak, hogy igazán mély kapcsolat tanár és tanítvány között Johann Bernoullival alakult ki. Bernoullitól az egyszerűbb aritmetikai ismeretektől kezdve indult a tanítás a bonyolultabb fejezetek felé, és a haladás sajátosan gyors volt. Félreismernénk a viszonyokat, ha nem említenénk meg, hogy ebben az időben ölti fel a matematikai analízis – a függvénytan, különösen a differenciálás és az integrálás – azt a „ruháját”, formanyelvét, ami a XIX. és a műszaki életben a XX. század első felében is divatos lesz még. 1696-ban jelenik meg Guillaume François Antoine de L’Hospital (1661–1704) műve, az *’Analyse des* *infiniment petites'* (A végtelen kicsinyek analízise = elemzése), amely – bár bizonyos állítások tekintetében azt Johann I. Bernoulli jogosan plágiummal vádolta meg – hosszú időkig jól bevált tankönyvnek bizonyult és nagy szerepet játszott az új jelöléstechnika elterjesztésében is. (Ilyen pl. az, hogy az integrálást $\int f(x)dx$ alakban jelölte ki, szemben a korábbi $\int f(x)$-szel.) S csak a hangulatteremtés céljából említjük meg, hogy éppen az egyik közismert L'Hospital-szabály, az, hogy ha $f(x)$ és $g(x)$ az a és b közti zárt intervallumban folytonos, és a és b közti nyílt intervallumban pedig differenciálható függvények, és $g'(x) \neq 0$, ha $a < x < b$, de $f(a) = g(a) = 0$, akkor

$$\lim \frac{f(x)}{g(x)} = \lim \frac{f'(x)}{g'(x)},$$

ha a jobb oldalon levő határérték létezik, tulajdonképpen Johann I. Bernoulli eredménye, amit L'Hospitallal annak tanítása közben közölt. (Az ilyen körülmények felemlítése ma esetleg szórakoztatóvá, oldottabbá teheti a matematikai analízis – egyébként kissé elvont tantárgy – oktatását.)

Érdekes és tanulságos, hogy az egyébként tehetős fiatal Teleki Sámuel milyen hamar „szedi fel" a műveltség gyakorlati és elvi fontosságú elemeit. Ki hinné el ma, hogy valaki mintegy másfél év alatt képes a francia és a német nyelvben annyira tökéletesedni, hogy már nemcsak érti a beszédet, sőt az előadásokat az egyetemeken történelemből, jogtudományokból, matematikából és fizikából is, hanem még tudományos problémáiról konzultálhat is a nagy hírű előadókkal. Sőt, és ezt módfelett érdekesnek tartjuk, egyes tanáraival – akik bizonyára szándékosan – francia nyelven érintkeznek a „legszívesebbben", miután a latint kipróbálták – a tartós kapcsolat barátsággá fejlődött köztük. (Emellett nem mehetünk el szó nélkül! Különösen mostanában érezzük azt, hogy lassan megnő a távolság az egyetemen előadó tanárok és a hallgatók között. Főleg az utóbbi években érzékelhető ez a lassú eltávolodás. De hát ennyit a kis és a nagy népességű tanítványi táborokról!).

Teleki Sámuel bázeli hónapjait egy aránylag gyors tudományos túra egészíti ki Franciaországban és Hollandiában. Ennek során köt személyes kapcsolatot – mely a levelek tanúsága szerint ismét többet mutat „franciás" udvariasságnál, már-már a barátság jelei is mutatkoznak.

Weszely Tibor rendkívül fontos lépése az, hogy a gyűjteménybe felvett levelek mind eredeti nyelvükön, mind magyar fordításban olvashatók. De ugyanilyen fontos az is, hogy néhány levél fotokópiája is tanulmányozható a kötet mellékleteként. Ennek pedig az a különös jelentősége, hogy akkor még nem létezett írógép, sőt még „titkárság" se nagyon, a levelezőpartnerek idézett levelei kézírásban láthatók. Ez persze csak a felületes szemlélőnek nem rendkívüli élmény.

Vegyük csak a Bernoulliakat! Először latin nyelvű levélváltásról kapunk benyomást. Latinul akkor még minden „egyetemistának” úgy kellett megtanulnia, hogy akkor ez volt a tudomány „eszperantója”, a tudás jelképe és az ismeretcsere leglényegesebb feltétele. Még a nagy Newton is latinul adta ki a Principiát (Philosophiae Naturalis Principia Mathematica). De ez persze a XVII. század vége felé történt. Azután egyre inkább előretört az egyetemi oktatásban is a nemzeti nyelvek alkalmazása. Már említettük L'Hospital könyvét, mely pár évvel Newton művének megjelenése után már franciául tört utat magának.

Jó, a latin nyelv e tudós férfiak foglalkozásának jelképe is lehet, mégiscsak bárki számára egy tanult nyelv, hiába folyik a nyelvtanulás az „iskolákban” a középfokon sok éven át, ez csak amolyan tudós nyelv marad teológusok, jogászok, filozófusok számára (és idetartoznak majd a természettudósok is). A Newtont követő évszázad során bontakozik ki a nemzeti nyelvek használta a felsőoktatásban és a tudományos irodalomban, de azért ez a kibontakozás meglehetősen lassú.

A levelezésből jól látszik, hogy a Bernoulliak francia nyelvű levelei lendületesebbek. Vagy talán tévednénk: a latin nyelvű elvontabb lélekkel fogalmazódott, ezért tán tárgyra törőbb mint a francia? Mindenesetre, akinek középiskolai emlékei még elég épek a latin nyelvet illetően, próbálja meg a leveleket ebből a szempontból is összehasonlítani. Tagadhatatlan lesz a francia levelek személyesebb hangja, barátibb hangulata.

S még egy kis probléma, amely nem alaki, hanem lényegi. A francia szövegekben mintha még a francia forradalom előtti „ásatag” szokás uralkodna: a feltételes módban pl.: voudrois szerepel voudrais helyett. Mintha Racine drámáinak hangját hallanánk!

Ami pedig kicsiség, az következzen most. E sorok írója is töredelmesen bevallja, hogy az írás hevében olykor el-elhagy egy ékezetet (néha a nagy lendületben egy-egy betűt is), pláne, ha franciául ír. Ennek lehetünk tanúi a francia nyelvű levelekben. Ezért jó találmány a levelek eredetijének fotokópiáit közölni. Mert ha mi írunk levelet, olykor bizonyára mi is elhagyunk ékezetet. A francia nyelvben pedig három különböző fajtájú is van ebből. Így hát kedves olvasótársaim: figyeljük meg, hogy még a nagy Bernoulliak is írtak sietve levelet.

*

A megjelent kötethez annyit érdemes hozzátenni, hogy a Magyar Tudományos Akadémia Könyvtárának Kézirattárába egykoron bekerültek Teleki-naplók, köztük Teleki Józseftől és Teleki Sámueltől való feljegyzések. Ezeket 1936–37-ben a neves tudománytörténész, Jelitai József feldolgozta, és több tanulmányt is írt róla, egyebek között a Matematikai és Fizikai Lapok hasábjain. Jelitainak még rendelkezésére álltak a gyömrői

Teleki-levéltár anyagai is, amelyeket szintén feldolgozott és a Bernoulliak, Clairaut, La Condamine, valamint d'Alembert vonatkozásában közzé is tett. Jelitai arra volt kíváncsi, hogy a Telekiek fennmaradt útinaplóikban hogyan emlékeznek erre a négy tudósra, a velük töltött évekre, így az ő feldolgozása Weszely Tibor munkájával együtt képez igazi egységet.[34]

Nézzük, hogy milyen tényeket érdemes kiemelni az egykori útinaplókból.

*

Mindjárt egy kis hangulatjellemző az utazásról. 1759. júl. 27-ikén.

> Az ifjú gróf a Buda–Győr–Bécs–Linz–Regensburg–Augsburg–Ulm–Schaffhausen útvonalon át érkezett két kísérőjével Bázelbe. Már másnap: 1759. júl. 27-én »Reggel mentem Bernoulli Daniel Uramhoz híres Mathematicushoz, aki egyéb részeiben is ugyan a Mathesisnek, de kivált az Analysisben nagy embernek esmértetik a tudós világtol. Három Bernoulli-ak vóltak ekkor Basiléában, egyik Bernoulli Miklos igen öreg, és a mint mondották már tanítani alkalmatlan ember, de tsak ugyan Professor; a másik Bernoulli Daniel, ez az, akinél vóltam és a ki a Londoni Tudos Társaságnak, és a Parisi, 's Berlini Akademiaknak is Tagja; A harmadik Bernoulli János ennek Testvér Ötse; Ehhez nem mehettem most azért, hogy Maupertuis épen ekkor vonaglott nálla, a mint hogy délután meg is holtt. Ez a Maupertuis vólt a Berlini Scientiarum Academianak Praesesse; Születése szerint Frantzia. Jó szivvel látott ez a Bernoulli Daniel Uram, 's igérte, hogy ha ottan maradnék; minden kigondolható segítséggel lészen; Délután pedig hozzám jött látogatásomra.«[35]

A tanulmányút során Teleki József Bernouili Dániel fizikai előadásait is hallgatta az egyetemen. Érdekes lehet, és legalább a hangulatát felidézi az alábbi naplórészlet az előadásnak:

> »Dél után a Publicum Physicum Experimentale Collegiumban vóltam; rendes experimentumot tsináltt Bernoulli Daniel Uram annak meg mutatására, hogy a hang in vacuo, vagyis inkabb in aere maxime rarefacto, igen kitsinyé hallik. Ama kis üveget a melyet másként Lachrimiae Batavicaenek neveznek, és a mely a közönséges levegő égben akkorát szól, mint egy pisztoly a Campana Pneumatica alá tet-

[34] Gazda István tudománytörténész volt szíves felhívni a figyelmemet Jelitai publikációira

[35] Az idézetet közli: Jelitai József: Bernoulli Dániel és János egykorú Teleki-útinaplók és levelek tükrében. = Mathematikai és Fizikai Lapok 43 (1936) pp. 142–143.

te a tetejin lévén a harangnak bizonyos kis réz darabon, mely oly mesterseggel vólt készítve, hogy meg huzván a harang tetejiből ki jövő kis réz rudatskát az a kis uveg onnat le eshetett. Tett azért ugyan azon harang alá egy faragott darab kőre, meg tüzesitett vas karikát; ki huzatván annakutánna a levegő eget a harang alól, le botsatotta a tüzes vaskarikára, az említett réz rudatskát egy kiség fel huzván, a Lachrimat, mely a tüzes vas karikában bé esvén el pukkantt, de a pukkanása tsak akkorának tetszett, mint ha egy bolhát ölne meg az ember. Más experimentumot is tsinált annak megprobalására, hogy a forró víznek melege mennyire extendalja a levego eget. Vett bizonyos egynehány tekervényű üveget elé, melynek a közepin kenyeső vólt; Azt az üveget azért a forro vizbe bé tévén a kenyeső meg mozdultt, és mind odébb odébb ment míg nem osztán egy helyt meg állott; mely hely a mely tavol volt az első állásától a kényesőnek, annyival szelesítette a meleg a levegő eget.«[36]

Nevezetes ez a vallomás, ugyanis látványos kísérletek bemutatása nem volt általános és gyakori jelenség. Ezért nézzünk meg még egy idézetet!

»Dél után Physicum Collegiumon vóltam. Rendes Experimentumot tsináltt Bernoulli Daniel Uram annak meg mutatására, hogy a ritka levegő égben hamarébb kezd a víz fórni és így a forrásra a levegő égnek nyomása is sokát tészen; Ugyanis a kevesse meleg vizet, melyben könnyen el tarthattuk az ujjunkat, az Antliara [légszívó] a Recipiens alá egy üvegben fel tétette; annakutánna ki huzattván a levegő eget a Recipiens alól, láttuk hogy az a lágy meleg víz forrani kezdett, és utolyára anyira forrott, mintha a leg nagyobb tüzön lett vólna. Ezt probálta a tejjel is a még hamarébb és könynyebben kezdett forrani. Második Experimentumot tsináltt annak meg bizonyítására, hogy a fában igen sok levegő ég vagyon, és hogy ha a levego ég a mely a porussai közzé szorultt a víz tetején fen nem tartaná, minden még a leg könyebb fais le menne a fenekére; és így következés képen hogy a fának fibrái magában nehezebbek a viznek. Melyet így probált meg. Tett egy pohár vízbe két darab fenyő fátskát egygyet nagyobbat, másikat kissebbet, mely a vízből mindenik felig kiállott. Tette ezen pohár vizet a Recipiens alá ’s a levego eget ki huzattvan ismét belé botsáttata, ’s így ketszer vagy háromszor ki huzatván, és ismét belé botsátván a levegő eget utolyára a fenekire a kissebbik fa leszállott, de a nagyobbik le nem szállott ugyan egészen, de semmi sem állott ki belőlle, hanem in equilibrio vólt a vizzel; de tsak ugyan ezis le szállott vólna, ha meg egyszer vagy kétszer a levegő eget ki huzták volna.

[36] Uo. pp. 145–146.

Hogy ezen Experimentumban a levegő eget ki huzni és ismét belé botsátani kellett, annak könnyű az oka: Mert a midőn kihuzzák a levegő eget, akkor ki jő a fának porussaiból a levegő ég, mikor pedig belé botsátyák akkor a bé menő aer belé taszitya a vizet a már meg üresültt porusokba, és így nehezebbé lészen a fa mindaddig, míg osztán egészen le is szál, midőn tudnillik anyira ki jő a levegő ég a fábol, hogy az annak helyit el foglaló víz a fa fibraival edgyütt nehezebb leszsz a viznél. Hasonló Experimentummal probálta meg aztis hogy a vizben is vagyon aer.«[37]

Jelitai József közleményének fontosságát remélhetőleg aláhúzza a következő idézet (1760. nov. 15.), ami bizonyára tetszeni fog azoknak, akik a Föld első igazi felmérésének és a Newton-féle gravitációs állandó meghatározásának történetéhez keresnek forrásadatokat.

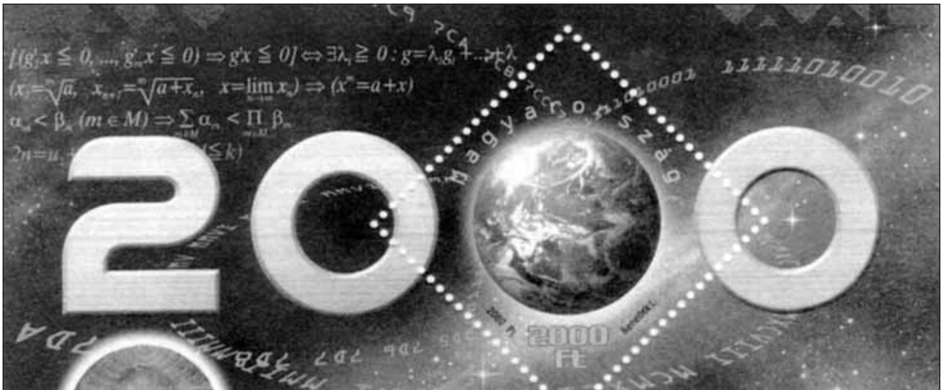
»Reggel vóltam de la Condamine Uramnál, ki egyébként is a Mathesisben valo tudományárol, de nevezetesen a Perouba a Meridianus graditsának meg merésére valo küldetéséről hires. A midőn ez Perouba az Equator alá mentt akkor Maupertuis Uram az itt való Clairaut Urammal a Polus felé Lapponiába küldetett, hasonló véggel, hogy tudniillik a Meridianus Gradussát meg mérje. Véghez vivén mindenik nagy accuratioval a réá bízott dolgot ugy találtatott, hogy egy gradussa a Meridianusnak hoszszabb a Polus felé, mint az Aequator alatt, és így a föld alma formán lapos, az az az Polusoknál altal menő diametere kisebb, mint a mely az Aequatort éri, melyről már ez előtt Neuton a maga Hypothesisse szerint vélekedett, de az eddig valo observatiok vélle ellenkeztek. Ez a Condamine Uram már igen hanyatlani kezdett öreg ember, gondolnám felyül van 70 en; Nagyon siketis, ezt az utban kapta a mint mondják; A midőn hozzá mentem nem tudtam, de mindgyárt maga meg mondá. Mentem onnan Abbé de la Caille Uramhoz, 's otthonis kaptam.« »Hivott az után hogy a midőn szép napok lésznek, tsak menyek hozzá és ha gyönyörködöm benne, tsináljunk együtt vélle Observatiokat, melyet én néki nagyon meg köszöntem, és hogy el jövök tőlle tanulni, meg ígértem.«[38]

[37] Uo. pp. 146–147.
[38] Ezek Jelitai József cikkében találhatók: Clairaut, La Condamine, D'Alembert és kortársaik egykorú Teleki-útinaplók tükrében. = Mathematikai és Fizikai lapok 44 (1937) pp. 181–182.

EGY JOTTÁNYI KÜLÖNBSÉG ESETE MAKÓ PÁL MATEMATIKUSUNKKAL

A Magyar Posta 2000-ben „Jeles magyar matematikusok” címmel csodálatos bélyegblokkot adott ki *(1. ábra),* amely a 2000. esztendő látszólag igénytelen évszámán kívül más nyomdatechnikai kuriózumokat is kínál. Ha az ember a blokkot UV fénybe helyezi, „a fekete sorszámozás zöldes fényben fluoreszkál, a bélyegkép perforációja mentén a JELES MAGYAR MATEMATIKUSOK felirat és 57 név olvasható” – mint ezt megtudjuk a *’Magyar Posta- és Illetékbélyeg Katalógus’*-ból, pl. a 2008. évre szóló kiadás[41] 319. oldalán látható ismertető szövegből. A bélyegblokkot tervező Benedek Imrének a szép és leleményes konstrukcióért gratulálunk. Az 57 magyar matematikus névsorát ugyanezen katalógus 234. oldalán olvashatjuk *(2. ábra).* Meglepve látjuk, hogy Makó Pál neve ebben

1. ábra



[41] Magyar Posta- és Illetékbélyeg Katalógus 2008. Bp., 2007. Philatelia Hungarica.

A 2000. EZREDFORDULÓ – BLOKK-on

(L. a 319. oldalon)

UV fényben az alábbi 57 jeles magyar matematikus neve olvasható

Arany Dániel	Haar Alfréd	Rédei László
Bauer Mihály	Hajós György	Rényi Alfréd
Beke Manó	Hatvani István	Réthy Mór
Bolyai Farkas	Hunyady Jenő	Riesz Frigyes
Bolyai János	Jordan Károly	Riesz Marcell
Csernák László	Kalmár László	Schlesinger Lajos
Csillag Pál	Kármán Tódor	Schweitzer Miklós
Dienes Pál	Kerékjártó Béla	Segner János András
Dugonics András	Kőnig Dénes	Sidon Simon
Egerváry Jenő	Kőnig Gyula	Sipos Pál
Erdős Pál	Kürschák József	Szász Ottó
Farkas Gyula	Lakatos Imre	Szegő Gábor
Fejér Lipót	Makói Pál	Szele Tibor
Fekete Mihály	Maróthi György	Szőkefalvi-Nagy Béla
Fodor Géza	Neumann János	Szőkefalvi-Nagy Gyula
Frey Tamás	Péter Rózsa	Szűcs Adolf
Gallai Tibor	Pólya György	Turán Pál
Geőcze Zoárd	Radó Tibor	Vályi Gyula
Grünwald Géza	Rados Gusztáv	Varga Tamás

2. ábra

a táblázatban nem jól szerepel, ugyanis 'Makói Pál' olvasható. Ez az a bizonyos, a címben szereplő „jottányi különbség”. A helyes névhasználat eldöntése érdekében igyekeztünk megkeresni az elérhető forrásmunkákat. Csodálkozva tapasztaltuk, hogy a Magyar Nagylexikon (és pótkötete) nem közöl róla cikket (sem Makó, sem Makói névvel).

További keresésünk során kezünkbe vettük a *'Magyarok a természettudomány és a technika történetében'* c. kötetet,[42] ahol megnyugodva olvashattuk szócikket Makó Pálról. Wirth Lajos egyébként egy OTKA-pályaművel kapcsolatban foglalkozott Makó Pál tevékenységével és erről egy kiadványban élvezetes jelentést is tett, amely könyv formájában meg is jelent.[43] Nem akarjuk elsüllyeszteni Wirth Lajos egyik igen fontos forrásmunkáját, amit Makó Pálról Sárközy Pál neves matematikus készített, aki Pannonhalmán főapát volt.[44] A mai generáció számára pedig igen tanulságos – bár hatalmas terjedelmű – Kosáry Domokos műve, a *'Művelődés a XVIII. századi Magyarországon'*.[45] Ezek az itt említett művek mind sok

[42] Magyarok a természettudomány és a technika történetében. Életrajzi lexikon A-tól Z-ig. Főszerk.: Nagy Ferenc. Bp., 1992. OMIKK. 687 p.

[43] Wirth Lajos: Makó Pál élete és életműve. Sajtó alá rend.: Gazda István. Jászberény, 1997. Jászberényi Tanítóképző Főiskola. 39 p.

[44] Sárközy Pál: Kerekgedei Makó Pál élete és matematikai működése. = Matematikai és Fizikai Lapok 36 (1929) pp. 23–34.

[45] Kosáry Domokos: Művelődés a XVIII. századi Magyarországon. 3. kieg. kiad. Bp., 1996. Akadémiai Kiadó. 873 p.

érdekességet tárnak az olvasó elé Makó Pálról, aki a rend feloszlatásáig jezsuita pap, emellett sokoldalú pedagógus volt, s aki ugyan nem matematikai kutatásairól, hanem – más pedagógiai tevékenysége mellett – maradandó hatású matematikatanár és tankönyvíró, valamint Mária Terézia uralkodónk nevelés- és oktatásügyében kiadott Ratio Educationis (1777) rendelet egyik megfogalmazója és veretes latin nyelvezetének megszövegezője volt.

Ez tehát a jelen írásunk problémája: egy jottányival kevesebb a családnév végén, és máris egy fontos személyiség jelenik meg előttünk, aki – ha nem is felfedező – de sok évtizeden átható nyomokat hagyott abban a matematikai tankönyvirodalomban, amely az analízis (differenciál – és integrálszámítás), az algebra és a (koordináta-) geometria jelentős XVIII. századi ismereteit tette hozzáférhetővé az ifjú mérnök- és pedagógusjelöltek számára az Osztrák–Magyar Monarchia országaiban (és azon kívül is, hiszen jelentőségét elismerve nem kisebb matematikus és tudománytörténész hivatkozott rá, mint Moritz Cantor).

Az a tény, hogy ekkora fontosságú személyiség elkerülte a legfrissebb lexikonunk figyelmét, sarkallt arra, hogy összefoglaljuk, amit Makó Pál matematikusról – szerény véleményünk szerint – a magyar olvasónak tudni érdemes.

Makó Pál 1724. július 18-án Jászapátiban született. Tanulmányait Egerben kezdte. Tizenhét éves korában felvették jezsuita növendéknek, a két éves próbaidőt Trencsénben töltötte. Itt a humaniorák repetitora, amely megbízatást Győrben is folytatta, ahol elvégezte a középiskolai tanulmányok végső kurzusát. Egy évet Ungvárott, majd egy újabbat Nagyszombaton töltött, mint ifjú középiskolai tanárjelölt. Innen a Rend Bécsbe helyeztette, ahol Makó megkezdte egyetemi tanulmányait. Később 1752 és 1756 között a grazi egyetemen végezte teológiai tanulmányait, itt pappá is szentelték (1755-ben). Ezek után ismét Nagyszombat lett az állomáshelye, itt elsősorban mint a matematika tanára dolgozott, de logikát és metafizikát is tanított. 1759-ben rendi fogadalmat tett. Ekkor 35 éves, ettől kezdve nemcsak mint pap(tanár), hanem jezsuita szerzetes(tanár) vett részt az oktatásban. 1763-ban áthelyezték a bécsi Theresianumba, ami egy olyan intézmény volt, ahol magyar fiatalokat képeztek a középiskolát követő, az akkori szóval „akadémiai” szinten.

Makó Pál itt matematikát, kísérleti fizikát és mechanikát tanított. Hogy matematika keretében mi lehetett a téma, nyilvánvalóan differenciál- és integrálszámítás, a szükséges geometriai és algebrai ismeretekkel, amire a földmérő, (út)építő, vízgazdálkodási és hadmérnöki jellegű foglalkozásokban irányító szerepet játszó szakembereknek szükségük lehetett. A kísérleti fizika ne okozzon rossz benyomást, mert ez nem az elméleti fizika (mai fogalom szerinti) társa, hanem a newtoni szemléletet megalapozó „kísérletek”, tapasztalatok feldolgozása. A mechanikát se mai fogalmaink szerint mérjük, itt elsősorban olyan mozgástani – és persze statikai – problémák szerepeltek, amelyek a mérnöki gyakorlatoknak, igényeknek a kielégítését szolgálták.

Makó Pál hatalmas méretű ismeretanyagot korszerű formában közvetítő oktatási munkája nem lehetett meg az adott igényeknek megfelelő tankönyvek nélkül. Ezeket pedig meg kellett írnia. Vegyük figyelembe, hogy a matematikai analízis – végső soron a gyakorlati kérdésekben használandó differenciái- és integrálszámítás – ekkor éppen túljutott az első száz évén, Newton (1643–1727) és Leibniz (1646–1716) csak pár évtizede hunyt el. Az első olyan „tankönyv", ami a gyakorlati jellegű ismeretekig összefoglalja az „analízis" tudományát, az 1600-as évek végén jelent meg. Ez önmagában is különös történet. A szerző ugyanis Guillaume François de L'Hospital (1661–1704), aki igen jó díjazás fejében korábban egy ideig Johann I. Bernoulli (1667–1748) tanítványa volt, míg az Párizsban tartózkodott. Nem lehetett rossz tanítvány, mert 1694-ben megjelentette *'Analyse des infiniment petits' (A végtelen kis mennyiségek analízise)* c. munkáját, melyben jó pedagógiai érzékkel összefoglalta a fontos ismereteket. Jóllehet, az előszóban kifejezte köszönetét tanítómesterének és megemlítette, hogy felhasználta Johann I. Bernoulli és Gottfried Wilhelm Leibniz eredményeit, halála után Bernoulli pert indított a L'Hospital-szabály személyi felfedezési jogáért. (A per körülményeit nyomon követhetjük Sain Márton könyvéből).[46]

Bennünket azonban most az érdekel, hogy a XVIII. században a kutatókat inkább a saját eredményeik publikálása kezdi érdekelni, mit a tankönyvírás. Hát még akkor, amikor elkezdődik a komolyabb, már a mai fogalmakat is jelentősen megközelítő „mérnökképzés". Természetesen ennek meg is lettek a forrásmunkái, az első „szakkönyvek" a francia, az angol főiskolákon.

A kontinensre ebben az időben, de a XIX. században sem gyakori a szakismereti tankönyvek átszivárgása – ennek politikai okai lehettek. A német nyelvű szakirodalom, már ami az intézményes, közoktatási formát hangsúlyozottan érinti, elsősorban az osztrák tartományokon belül Magyarországon, ezt a sok nyelvet összefogó területen jelentkezett erősen. Mindenesetre Makó Pál nevéhez jelentős próbálkozások fűződnek. Makó tollából jelent meg a *'De arithmeticis et geometricis aequationum resolutionibus (libri duo)' (A számtani és geometriai egyenletek megoldásáról – két könyv. Bécs, 1770)*, melyben az algebrai negyedfokú egyenletekig bezárólag a megoldás módszerei szerepelnek, mint pl. a Descartes-féle előjelszabály, az egyenletek transzformációi, a többszörös gyökök, a komplex gyökök elmélete.

Másik műve *'Compendiaria matheseos institutio' (A matematikai eljá-*

[46] Sain Márton: Nincs királyi út! Matematikatörténet. Bp., 1986. Gondolat. 831 p., [32] t.

rások gyűjteménye), amely monarchia-szerte, sőt a szomszédos országokban is előnyös fogadtatásra talált algebrai és geometriai tárgyú szakkönyv (1762–1763).

Ez a két mű, mondhatjuk, hogy pedagógiai színvonala miatt igazából még akár a XX. század elején is megállhatta volna a helyét magyar fordításban – a gimnáziumok felső osztályaiban és a Műegyetem kezdő hallgatói számára. Hasonló szellemben írta a *'Calculi differentialis et integralis institutio' (A differenciál- és integrálszámításról)* c. könyvét 1768-ban. Ez egy igazi analízis-praktikum, amely az algebrai és geometriai ismeretek után a differenciálszámítás és integrálszámítás tankönyve úgy, hogy az elvi ismereteket jellegzetes feladatok bemutatásával is társítja. Ez a tankönyv végső soron egy rendkívül ügyes, a korát meghazudtoló, messze előremutató erőfeszítés megtestesítője, amely nem vált, mert nem válhatott a felnövekvő magyar „intelligencia" kincsévé. Ennek oka az, hogy a szöveg latin nyelve és a szakszerűsége jelentett bizonyos nehézséget – ha nem Makó Pál minden bizonnyal kiváló pedagógiai egyénisége áll a tanítómester helyén, de az is közre játszik, hogy Makó terve a XVIII–XIX. századfordulón kissé utópisztikusan kezdtek csengeni. (Gondoljuk majd a II. Ratio Educationisra, pár bekezdéssel alább!)

Csak egy – meglehetősen történelmietlen – benyomásról hadd szóljuk az alábbiakban.

Zemplén Győző (1879–1916), a kiváló Eötvös-tanítvány, miután a budapesti Műegyetemen katedrát kapott – és miután a német és magyar (!) akadémiai folyóiratokban jelesül tágítgatta az elektromosság és mágnesesség James Clerk Maxwell (1831–1879) által megalkotott nagy elektrodinamikai színtézist (Maxwell-egyenletek, elektromágneses hullámok stb.), be akarta ezeket az új fejleményeket mutatni a magyar műszaki értelmiségnek (a műegyetemi fiataloknak stb.). Kiderült, hogy akkor, 1910-ben ennek komoly akadálya van: nem számíthat arra, hogy a differenciálás formanyelvét a jövendő olvasóközönség birtokolja! Ezért aztán megszületett a maga nemében csodálatos, még ma is élvezetes könyv a differenciálás fogalmának használata nélkül.[47] Csak csodálni lehet, hogy Zemplén, meg a villamosságtan és alkalmazásainak úttörői hazánkban: Déri Miksa, Bláthy Ottó Titusz, Zipernowsky Károly és még sokan mások számára ez a probléma az alkotásokban nem jelentett akadályt.

Visszatérve Makó Pál szakkönyvírói tevékenységéhez, nem hagyhatjuk említés nélkül az 1759-ben készült és nyolc kiadást is megért logika tankönyvét, meg az 1761-ben kiadott és 11 kiadásban is megjelent metafizika tankönyvét sem.

Ami a fizika tanítását illeti, ezen a téren is tankönyvek jelzik pályáját.

[47] Zemplén Győző: Az elektromosság és gyakorlati alkalmazásai. Bp., 1910. KMTT. XIV, 683 p.

1763-ban jelent meg a *'Compendia physicae institutio'* (a legegyszerűbb, ha „Fizikai ismeretek kézikönyvre” címen hivatkozunk rá). Ebben a kétkötetes munkában olyan, akkor friss, aktuális kérdéseket is boncolgat, mint a villám mibenléte, a Hold légkörének a kérdése, A Föld alakja, az északi fény jelensége, de szerepelnek a könyvben „gyakorlatibb” géptani és vízépítési kérdések is.

Nem hagyhatjuk említés nélkül, hogy a villám mibenlétéről (légköri elektromos kisülés), az amerikai William Franklin (1706–1790) eredményei nyomán volt Makónak friss élménye. A Hold légkörének az a problémája, hogy semmiféle tapasztalat nincsen a légkör jelenlétéről, még nem zárható le biztonsággal – ma már tudjuk, hogy gyakorlatilag nincs a Holdnak légköre, az a kevés gáz, ami a zárványokból kipárolog vagy kiáramlik, a nagy hőmérsékleti ingadozás következtében megszökik a felszínről (a Hold kis tömege miatt alacsony a szökési sebesség). De a molekulák sebessége és a hőmérséklet közti összefüggés felismerésére még csaknem egy évszázadot kell várni.

A Föld alakjának a problémája Makó Pál könyvének megírásakor aktuális, tudományos kérdés, hiszen folyamatban vannak Pierre Louis Moreau de Maupertuis (1698–1795) és mások fáradságos munkálatai (1788), hogy a földgolyó pontos alakját és méretét meghatározzák pl. egyes délkördarabok lánccal történő hosszméréseivel. Ennek folyamánya pedig nemcsak a méret megismerése, hanem a gravitációs állandó folyamatosan egyre jobb közelítésű meghatározása is. Ezek mind a newtoni fizika XVIII. századi hozományai.

Makó számára az új kérdéscsoport az északi fény jelenségével kapcsolatos. A „sarki fényt” akkor még Pesten – Budán és Bécsben is látni lehetett derült éjszakákon – azóta a légkör egyre fokozódó poros szennyeződése és a közvilágítás növekedése miatt már itt nem látható. A magyarázat úgy 100–150 év múlva születik meg.

Makó Pál, mint látjuk, a tankönyvirodalomban egyenesen remekel, s ráadásul több tudományban egyszerre. Nemcsak azonnal használható tankönyvekkel, hanem a jövőre is gondolva – mondhatnánk büszkén, de ez talán túlzás, egyszerűbben arról lehet szó, hogy számára, benne ezek a szakágak így éltek, fontosságukat ő így látta, ő így készült a jövőre, így akarta a tanítványait segíteni.

Makó Pálnak a bécsi Theresianumban töltött egy évtizednyi korszakát komolyan érintette a jezsuita rend feloszlatása 1773-ban. Nyilvánvaló hatalmas munkájának elismerése két irányban is megmutatkozott. A 49 éves, „rendjét elvesztő” paptanárt Mária Terézia bélai apáttá és királyi tanácsossá nevezte ki. Ez utóbbi azért volt fontos, mert így Ürményi József, Tersztyánszky Dániel és Kollár Ádám társaságában a Ratio Educationis kiadvány megszerkesztői között találjuk. Ebben Makó Pál fő szerepe több oldalról is a tapasztalt pedagógusé. A tartalmi előkészületek során Ürményi József (1741–1825), az akkori magyar kancellária tanügyi tanára, Tersztyánszky Dániel (1730–1800), a bányaügyek, a földrajz és földtan, általában a természettudományok iránt rendkívül fogékony, a mai szóval „tudományos újságíró”, továbbá Kollár Ádám (1718–1783) jogtudós és történész kaptak szerepet. A végső verzió veretes latin nyelvű megfogalmazása Makó Pál munkája.

A Ratio Educationis tulajdonképpen „Az oktatás rendszere” – vagy inkább annak megújítására irányuló „felvilágosult uralkodói törekvés”. Mint ilyen, sürgősen leszögezi, hogy az oktatás ügyét a magyar király jogköre részének tekinti. Az oktatásban érdekes új koncepcióként szerepel, hogy az állam boldogága, mert az ipari fejlődés elősegítésének egyik követelménye. Ebben a vallási felekezeteket egyenrangúnak tekinti – de más kérdés, hogy a protestáns iskolákra a Ratio Educationis (majd a későbbi második dekrétum) intézkedései nem voltak kötelezőek. A Ratio Educationis koncepcióját a felvilágosodás eszméi ugyan áthatják, a kidolgozott koncepció a centralizáció folytán korszerűbb, modernebb felfogást tükröz, mint amit előtte tapasztalhattunk, viszont tagadhatatlan, hogy „csak” egy jobb közelítése az állam (a királyság) számára korszerűként tekinthető rendszernek. Állami feladattá teszi az oktatásügyet (uniformizálja?), a falusi, a városi, az egyetemi szinteket megkülönbözteti és számukra központi tantervek készítését írja elő. A tanítók és tanárok képzésére gyakorló iskolákat kíván bevezetni. A katolikus iskolákat tankerületi főigazgatók hatáskörébe utalja.

A szép, de a valóságos helyzetben sokszor irreálisan magas szintű követelményrendszer, amit a Ratio Educationis nemcsak a tanuló ifjúság, hanem az átalakuló iskolarendszer és a tanárok elé kitűzött, csaknem harminc évvel később, I. Ferenc uralkodása idején, 1806-ban egy II. Ratio Educationis kibocsátását tette szükségessé. Ez lecsökkentette a reáltárgyak térfogatát a tantervekben és helyükre a hagyományos – nemzeti – műveltség elemeit állította. Lehet vitatni, hogy a Monarchia teret engedett-e a nemzeti önállósodási mozgalmaknak, lehet érvelni, hogy ezzel a módosítással lelassította-e az ipari fejlődést a Monarchia tagországaiban. De ezek a fontos kérdések már messzire vezetnek Makó Pál életútjának felvázolásától.

Makó Pál még részt vett a nagyszombati egyetem Budára helyezésében, itt a bölcsészeti kar igazgatójának funkcióit látta el – még II. József uralkodása éveiben is megőrizhette ezt a megbízatását. Budán hunyt el 1793. augusztus 19-én.

ZEMPLÉN GYŐZŐ
A LÖKÉSHULLÁMOKRÓL

ÉLETRAJZA

Zemplén Győző 1879-ben született Nagykanizsán. Miután középiskolai tanulmányait Fiumében befejezte, a budapesti Tudományegyetem bölcsészeti karára iratkozott be. Még egyetemi hallgató – s az Eötvös József Kollégium növendéke – amikor önálló tudományos munkáját már megkezdi. Tizenkilenc éves amikor *'A gázok belső súrlódása'* c. munkáját az Egyetem a Pasquich-díjjal jutalmazza. Ez a dolgozat új módszert javasol a gázok viszkozitásának – belső súrlódásának – mérésére. Zemplén Győző új mérési eljárása azon alapul, hogy a vizsgálni kívánt gázt (esetleg folyadékot) gömb alakú tartályban helyezzük el oly módon, hogy abban még egy másik, az előbbivel koncentrikus gömb is fel legyen függesztve. Ennek a gömbnek a torziós lengéseit a gömbfelületek között levő anyag viszkozitása csillapítja. A csillapítás mérésével közvetve mérhető az anyag belső súrlódása. A pályamunka alapján Zemplén megbízást kap a mérések elvégzésére. Az eredményekről beszámoló dolgozatával 1901-ben ismét díjat nyer, most a „Than Károly-díjat”. Még egyetemi hallgató korában ezeken a vizsgálatokon kívül több matematikai, elsősorban számelméleti és algebrai dolgozata jelenik meg a 'Mathematikai és Physikai Lapok'-ban. Egyetemi tanulmányainak utolsó évében a nemzetközi irodalomban a kinetikus gázelméletről folyó vita kapcsán az 'Annalen der Physik' oldalain olvashatók fejtegetései.

Érdemes megemlíteni, Zemplén Győző fiatal kora ellenére is széleskörű tájékozottságának és a szakmai életbe való aktív bekapcsolódásának jellemzésére, hogy az Eötvös Loránd által alapított ún. Kis Akadémián, tehát a szakemberek szűk köre előtt, sokszor tartott nagy érdeklődéssel kísért előadást, már tanársegéd korában is. Ezek az előadások *'A végtelen kis mennyiségekkel való számolás elemei'* (1903) *'Radioaktív jelenségek'* (1906) *'A hősugárzás elmélete, különös tekintettel az elektromos világításra'* (1906) *'A dróttalan táviratozás haladása'* (1910) a fizika és alkalmazásai legfrissebb területeit ölelték fel.

Zemplén Győző volt Eötvös Loránd legkedvesebb tanítványa. Az egyetemi tanulmányok befejezése után a budapesti Tudományegyetemen az Eötvös Loránd vezette kísérleti fizikai tanszékre kerül, előbb gyakornokként, majd tanársegédként. Bölcsészdoktori értekezésének tárgya ismét a gázok belső súrlódásának általa kidolgozott új mérési módszere (1901). Egyike az elsőknek, akiket – végig kitűnő tanulmányi eredményük elismeréseként – „Sub auspiciis Regis" aranygyűrűs bölcsészdoktorrá. avatnak. A doktori cím megszerzése után Eötvös Loránd javaslatára előbb Göttingába, majd Párizsba megy tanulmányútra.

A göttingai tanulmányát során fordul figyelme a folyadékok és a gázok dinamikája felé. Ezen a területen belül is érdeklődését a „nem folytonos mozgások", mai szóval lökéshullámok, ill. szakadási jelenségek problémája köti le. Ez a kérdéskör azzal kapcsolatos, hogy a hidrodinamika mozgástörvényei nemlineáris differenciálegyenletek, megoldásban általában nem alkalmazható lineáris egyenletekre való visszavezetés, a magasabb hatványú tagok elhanyagolása, a kis amplitúdójú hullámokkal való közelítés. Ezen a területen Riemann és Hugoniot eredményeit új, most már helyes megvilágításba helyezi a termodinamika második főtételének alkalmazásával és kimondja a később róla elnevezett tételt: a hidrodinamikai lökéshullámok csak kompressziós hullámok lehetnek. A szakadási felületek tanulmányozása során egységes variációs elvet állít fel, amely mind a folytonos áramlások hidrodinamikai mozgásegyenleteit, mind a szakadási felületek (lökéshullámok) kinematikai kompatilitási feltételeit szolgáltatja. Eredményeit előbb Felix Klein szemináriuma előtt ismertette, később az 'Encyklopädie der mathematischen Wissenschaften'-ben (a mai 'Handbuch der Physik' elődjében) megjelent *'Besondere Ausführungen über unstetige Bewegungen in Flüssigkeiten'* (Részletes vizsgálatok a folyadékokban lejátszódó nemfolytonos mozgásokról) c. nagy összefoglaló értekezésében, ill. a Francia Tudományos Akadémia 'Comptes Rendus'-iben tette közzé.

Tudományos eredményei alapján 1905-ben a budapesti Tudományegyetem, 1907-ben pedig a budapesti Műegyetem habilitálja magántanárává. Zemplén Győző 31 éves korában a Magyar Tudományos Akadémia levelező tagja lesz. A székfoglaló értekezésében ismét a gázok belső súrlódásával foglalkozik. Az eredeti elgondolás alapján, egyre tökéletesebben megépített berendezésekkel elért eredményekről szóló beszámolót az Akadémia a Rózsay-díjjal tünteti ki.

Zemplén Győző 1912-től kezdve a Műegyetem elméleti fizikai tanszékének vezetője. Ezt a tanszéket kifejezetten azért hozták létre, hogy az immár nemzetközileg ismert és elismert tudós katedrát kaphasson. Ezt az állást halála után nem is töltötték be.

Részt vett a pedagógus-továbbképzésben is. Erről az a körülmény tanúskodik, hogy az Országos Középiskolai Tanáregyesület (OKT) 1912. július 2-án és 3-án megrendezett közgyűlésén a fizikatanítás reformjáról tartott előadást[56] és a nyári tanártovábbképző tanfolyamán is előadóként szerepelt.[57]

1914-ben megválasztotta a Mathematikai és Physikai Társulat ügyvezető titkárává, a 'Mathematikai és Physikai Lapok' pedig szerkesztőjévé. Nagy lelkesedéssel végezte mindkét munkát, amelynek eredménye mind a taglétszám növekedésében, mind a lap fizikai rovatának gazdagodásán meglátszott. Sajnos időközben kitört az I. világháború és Zemplén bevonulása miatt ez a munka is félbeszakadt. Utoljára 1916 tavaszán már csak vendégként jelent meg a Társulat ülésén.

Őt, mint fizikust, nemcsak a hidrodinamika és gázdinamika kérdései foglalkoztatták. Elsőként adott elő a budapesti Tudományegyetemen a statisztikus mechanikáról. Nagy érdeme volt továbbá, hogy az 1900-as években bevezette az oktatásba a Maxwell-féle modern elektrodinamikát, szakítva Eötvös Loránd és Fröhlich Izidor által alkalmazott régi koncepcióval: a töltések közt távolbaható, sebességfüggő erőtörvények használatával. A hazai fizikusok Zemplénnek a Mathematikai és Physikai Társulatban tartott előadásaiból, valamint az elektromágnességről írt népszerű könyvéből ismerték meg az elektromágneses tér modern fogalmát, amely a XIX. század talán legnagyobb fizikai felismerése, a XX. század technikai forradalmának elindítója volt.

Eötvös korábbi elméleti vizsgálatai nyomán foglalkoztatta a kérdés, hogy a fény terjedési sebességét vajon befolyásolja-e a fényforrás mozgása. Így ő is kereste a megoldást azokra a vonatkoztatási-rendszer problémákra, amelyekre a végső választ a relativitáselmélet adta meg. A hidrodinamikai kutatások során tett felfedezéseit általánosítva, az éppen akkor felfedezett Röntgen-sugárzást az elektromágneses térben tovaterjedő lökéshullámként próbálta értelmezni.

Érzékeny szeizmográf módjára reagált századforduló éveiben kirobbanó természettudományos forradalom eseményeire. (Ő fordítja magyarra pl. Mme Curie könyvét a radioaktivitásról.)

[56] Lásd az Országos Középiskolai Tanáregyesületi Közlöny 1912. szeptemberi számát (pp. 41–47.)

[57] Lásd az 1913-as Országos Középiskolai Tanáregyesületi Közlönyt (pp. 804-805)

A fizika nagy századának, a XX. századnak a kezdetén kétségkívül a legmodernebb fizikus gondolkodó Budapesten. A Kolozsvárott ez időben tanító Farkas Gyula mellett ő képviseli a megszülető magyar elméleti fizikát, a magyar fizika első lépéseit a modern kutatások területén. Zemplén az első eredményesen dolgozó elméleti fizikus, akinek sikereire messze határainkon túl is felfigyeltek. Az esztelen háború 37 éves korában oltotta ki ennek a lelkes, fürge szellemű tudósnak az életét, aki bizonyára még intenzívebben bekapcsolódott volna a modern fizika kibontakoztatásába, hazai elterjesztésébe. Halála nagy űrt hagyott maga után; Budapesten a modern fizikai kutatások csak a harmincas években, Pogány Béla és Ortvay Rudolf műhelyében indulnak meg újra.

Zemplén Győző életműve csonka maradt, hátrahagyott művei azonban – s különösen a róla elnevezett hidrodinamikai tétel – örök emléket állítanak kutató szellemének.

ZEMPLÉN GYŐZŐ VIZSGÁLATAI A LÖKÉSHULLÁMOK TERMÉSZETÉRŐL

Legfontosabb kutatási területe a folyadékok illetve gázok ún. nemfolytonos mozgásának elméleti vizsgálata. Erről a területről származik leghíresebb és mindmáig aktuális megállapítása is, az ún. Zemplén-tétel, amely szerint a lökéshullám csak kompressziós vagyis sűrítő típusú lehet.

Ennek a vizsgálati iránynak a szerepét és jelentőségét kívánjuk az alábbiakban részletesebben bemutatni, mert meggyőződésünk, hogy Zemplén Győző tudományos teljesítményének felbecslése érdekében így járunk el leghelyesebben, s ugyanakkor ezt az eljárásunkat az is indokolja, hogy a témakör általában nem is szerepel jelentőségéhez mérten megfelelő terjedelemben sem a műszaki, sem az alaptudományi felsőoktatásban.

A folyadékok és gázok mozgásában érdekes jelenségkör a lökéshullámok megjelenése. A lökéshullámok a szakadási jelenségek csoportjába tartoznak. Előfordulhat ugyanis, hogy a folyadék vagy gáz mozgását leíró hidrodinamikai mennyiségek, mint pl. a ρ sűrűség, a p nyomás, a $\vec{v}$ áramlási sebesség stb. egy az áramlási teret kettéosztó felület mentén ugrást szenvednek. Ezt nevezzük lökéshullámnak, vagy erős szakadásnak.

A pontosabb fizikai-matematikai leírásban természetesen nem hirtelen ugrásról van szó, hanem igen gyors és nagyarányú folytonos változásról, amely a tér igen kis tartományában – a lökéshullám úgynevezett *frontjában* – zajlik le. Megjegyezzük, hogy a lökésfront finomstruktúrájának vizsgálata a folyadék (ill. gáz) mikrostruktúrájának figyelembevétele nélkül nem lehetséges – s ezért a statisztikus fizika hatáskörébe tartozik. A továbbiakban a fenomenológiai hidrodinamika oldaláról szemléljük a lökéshullámokat és elfogadjuk a hirtelen szakadás modelljét. Ezt a képet kell magunk elé képzelni, amikor Zemplén „nemfolytonos" mozgásról beszél.

A folyadékok (és gázok; a továbbiakban folyadékok) mozgástörvényeit a fenomenológikus hidrodinamika az alábbi alakban adja meg ideális – tehát nemviszkózus és nem hővezető – barotróp közeg és zérus külső erőtér esetére:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla(\rho \vec{v}) = 0$$ kontinuitási egyenlet,

$$\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + (\vec{v}\nabla)\vec{v} = -\frac{1}{\rho}\nabla p$$ mozgásegyenlet,

$$\rho = \rho(p)$$ állapotegyenlet (a közeg barotróp, vagyis a sűrűsége csak a nyomástól függ).

Ez az egyenletrendszer az öt térmennyiségre (ρ, p, v_x, v_y, v_z), mint a hely és az idő függvényeire öt független parciális differenciálegyenletből álló csatolt egyenletrendszert képvisel, amely nemlineáris. Ily módon egzakt megoldása elé *általában* áthághatatlan akadályok gördülnek. Szokásos megoldási módszer a következő program elfogadása: Ha a térmennyiségek a $(\rho_0, p_0, \vec{v}_0)$ értékekre szuperponált kisamplitúdójú perturbációk:

$$\left.\begin{aligned} \rho &= \rho_0 + \rho_1 \\ p &= p_0 + p_1 \\ \vec{v} &= \vec{v}_0 + \vec{v}_1 \end{aligned}\right\}, \quad \begin{pmatrix} \rho_1 \\ p_1 \\ \vec{v}_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \rho_2 \\ p_2 \\ \vec{v}_2 \end{pmatrix} \exp i\omega\left(t - \frac{\vec{k}\vec{r}}{c}\right),$$

ahol ρ_2, p_2, $\vec{v}_2$ állandók; $\vec{k}$ a síkhullám terjedési irányát kitűző hullámvektor, ω a rezgésszám, c a hullámok sebessége a koordinátarendszerhez képest, akkor homogén lineáris algebrai egyenletrendszert kapunk, melyből a $(\rho_2, p_2, \vec{v}_2)$ egymáshoz való viszonya meghatározható. A kezdeti érték feladat ezután a síkhullámok ω-szerinti szuperpozíciója. Ez a számítás kimutatja, hogy a hanghullámok terjedési sebessége nem univerzális állandó, hanem a közeg zavartalan paramétereiből adódó

$$c = \sqrt{\left(\frac{dp}{d\rho}\right)_{p_0, \rho_0}}$$

érték.

A *véges nagy amplitúdójú* rezgések esetében a szuperpozíció-elv használhatatlan. A törvények nemlineáris jellege hamarosan olyan változásokat hoz létre, hogy az egyes hullámtípusok terjedési sebessége helyről-helyre és időről-időre más és más lesz, az elemi zavarok utolérik egymást és a fentebb említett szakadási tartományok, torlódások alakulnak ki, ahol a térmennyiségek gyorsan változnak. Ezeknek a véges amplitúdójú hullámoknak a vizsgálatát B. Riemann indította el.[58] Zemplén Győző, ezekbe a vizsgálatokba igen lényeges meglátásokkal kapcsolódott be.

Riemann kimutatta, hogy a véges amplitúdójú hullámokból kialakul a lökéshullám, azonban nála magyarázat nélkül maradt, hogyan lehetséges az, hogy a lökéshullám két oldalán ugyanazon állapotegyenletből kiindulva különböző hangsebesség alakulhat ki. Riemann szerint a lökésfront áthaladása bekövetkezhet úgy is, hogy a sűrűség ugrásszerűen nő, (sűrítő, vagy kompressziós lökés) de úgy is, hogy csökken, (ritkító lökés). Már H. Weber[59] felfigyelt arra, hogy a lökéshullám tárgyalásához nem elegendő az energia megmaradásának tétele, s amikor a termodinamika második főtételét segítségül hívta, kiderült, hogy a sűrítő lökések lehetségesek, viszont úgy vélte, hogy a ritkító lökéshullámokat az energiamegmaradós miatt kell kizárni.

Zemplén Győző ekkor kapcsolódik a vitába. Már 1905-ben egzakt bizonyítást ad arra, hogy ritkító lökések nem lehetségesek.[60] Ezt az irodalomban azóta Zemplén-tételeként idézik. Zemplén további vizsgálatai során kidolgozott egy elemi gondolatmenetet a gáz dinamikai térmennyiségeinek ugrásai közti összefüggések felállítására.[61] A gondolatmenetet itt most nem .reprodukálhatjuk; de az eredményeket idézzük. Jelentse [A] az A térmennyiség ugrását a lökésfront két oldala között, vagyis az A térmennyiségnek a lökésfront egyik, illetve másik oldalán a fronthoz közelítéskor felvett határértékeinek különbségét:

$$[A]=(\lim A)_1-(\lim A)_2=A_+-A_-.$$

A kontinuitási egyenletből adódik:

$$[\rho\vec{v}]=0\,,$$

a mozgásegyenletből

$$[p]=[\rho v^2]\,,$$

[58] B. Riemann: Über die Fortpflanzung ebener Luftwellen von endlicher Schwingungsweite. = Göttinger Abhandlungen (math. Klasse) 8. 43 (1860). B. Riemann: Werke, Leipzig, 1876. p. 144.

[59] B. Riemann-H. Weber: Die Differentialgleichungen der mathematischen Physik (Nach Riemanns Vorlesungen in fünfter Auflage bearbeitet von H. Weber) I-II. (1911–12) Bd. II. p. 494

[60] Gy. Zemplén: Sur l'impossibilité des ondes de choc négatives dans les gaz. = Comptes Rendus [Paris] 141 (1905) p. 170., ibid 142 (1906); Gy. Zemplén: Über die Theorie der Stosswellen. = Physikalische Zeitschrift 13 (1912) pp. 498–501.

[61] Zemplén Győző: A lökéshullámok elméletéhez. = Mathematikai és Physikai Lapok 21 (1912) pp. 339–348.; újraközölve: Fizikai Szemle 16 (1966) No. 10. pp. 291–294.; Zemplén Győző: A folyadékokban végbemenő nemfolytonos mozgásról. = Mathematikai és Physikai Lapok 14 (1905) pp. 361–390.

az energiaegyenletből pedig

$$\frac{k}{k-1}\left[p\vec{v}\right]+\frac{1}{2}\left[\rho v^2\vec{v}\right]=0\,.$$

Ez utóbbi egyenletben k a fajhőhányados. Ezeket az összefüggéseket csak hosszadalmas határértékképzési eljárások segítségével lehet más gondolatmenettel reprodukálni. Valószínű, hogy Zemplén Győző ezt a levezetést azért dolgozta ki, hogy elkerülje Riemann és Weber gondolatmenetének buktatóit. Mindenesetre a Zemplén-féle gondolatmenet fizikai mozzanatai lehetővé teszik, hogy belelássunk a lökéshullám terjedésének mechanizmusába.

Zemplén szavait idézve:[62]

> „Világos..., hogy a gázokban csakis sűrítő lökéshullámok terjednek tova, míg ritkító lökéshullámok nem jöhetnek létre; hiszen láttuk, hogy a lökéshullámnál a súrlódáshoz hasonló módon mozgási energia alakul át hővé, a ritkító lökésnél azonban az ellenkező folyamatnak kellene végbemenni; ez utóbbi azonban a termodinamika második főtétele értelmében lehetetlen.
>
> ... a hullámfronton átvonuló gáztömeg hőt nem vesz fel, tehát *entrópiája* növekszik, a gáz többi része adiabatikus változást szenved. A sűrítő lökéshullám átvonulása növeli az egész gáz entrópiáját. Megfordítva: a ritkító lökéshullám éppen csökkentené a gáz entrópiáját, ez azonban az említett második főtétel alapján lehetetlen."

Zemplén Győző az 1905–1912 években még tovább foglalkozott a szakadási jelenségek elméletével.[63] Egyik szép és ma is rendkívül fontos – bár kissé elfelejtett – eredményét az alábbiakban foglalhatjuk össze.[64]

Ismeretes, hogy a fizika úgyszólván minden ágában az alaptörvények megfogalmazhatóak variációs elvek formájában is. Ennek az eljárásnak az előnyei:

1. a megállapítások valamennyi szakágban ugyanabban a matematikai köntösben jelennek meg;

2. a variációs elv felállításakor szembeszökően kifejeződhet, hogy a fizikai megállapítás a használt koordináta-rendszer esetlegességeitől független;

[62] Zemplén Győző: A folyadékokban végbemenő nemfolytonos mozgásról. = Mathematikai és Physikai Lapok 14 (1905) pp. 361–390.

[63] Gy. Zemplén: Besondere Ausführungen über unstetige Bewegungen in Flüssigkeiten. = Encyklopädie der mathematische Wissenschaften. Bd. IV/2. (1905) Teil. 3. pp. 282–323.

[64] Gy. Zemplén: Kriterien für die physikalische Bedeutung der unstetigen Lösungen der hydrodynamischen Bewegungsgleichungen. = Mathematische Annalen. Vol. 61. (1905) pp. 437–449.

3. automatikusan kínálkozik a más szakágak eredményével való összehasonlítás és összekombinálás;

4. egyenes út nyílik a kvantumelméleti, ill. relativitáselméleti általánosítás felé.

A folyadék, ill. gázdinamikai tételek variációs megfogalmazása úgy történik, hogy a rendszerről tett verifikált, esetleg kísérletileg már bebizonyított vagy még hipotétikus megállapításainkból felépítünk egy funkcionált. Esetünkben ez a folyadék (gáz) leírására szükséges térmennyiségek és azok deriváltjainak funkcionálja:

$$L = L\left(\rho, \nabla\rho, \frac{\partial\rho}{\partial t}; p, \nabla p, \frac{\partial p}{\partial t}; \vec{v}, \nabla o\vec{v}, \frac{\partial\vec{v}}{\partial t}; \ldots\right)$$

amelyben $\rho = \rho\left(\vec{r}, t\right)$, $(\nabla o\vec{v})_{ik} = \frac{\partial v_k}{\partial x_i}$. Ha az ebből képezett hatásintegrál:

$$I = \int dt \iiint_v L dV$$

variációja (megadott körülmények között) eltűnik, ennek feltételi egyenletei szolgáltatják a

$$\frac{\partial L}{\partial\rho} - \nabla\frac{\partial L}{\partial\left(\nabla\rho\right)} - \frac{\partial}{\partial t}\frac{\partial L}{\partial\left(\frac{\partial\rho}{\partial t}\right)} = 0,$$

$$\frac{\partial L}{\partial p} - \nabla\frac{\partial L}{\partial\left(\nabla p\right)} - \frac{\partial}{\partial t}\frac{\partial L}{\partial\left(\frac{\partial p}{\partial t}\right)} = 0,$$

$$\frac{\partial L}{\partial\vec{v}} - \nabla o\frac{\partial L}{\partial\left(\nabla o\vec{v}\right)} - \frac{\partial}{\partial t}\frac{\partial L}{\partial\left(\frac{\partial\vec{v}}{\partial t}\right)} = 0$$

receptek szerint a probléma ún. Euler-egyenleteit, amelyek a mi esetünkben a hidrodinamikai alapegyenletek. Ehhez természetesen az L és a térmennyiségek *alkalmas megválasztása* szükséges. Folytonos eloszlású térmennyiségek esetére a megfelelő variációs elveket a XIX. század vége felé már felírták. Sőt a variációszámítás terén már felmerült az a probléma is, hogy szakadásos térmennyiségek esetén milyen feltételeket lehet leszármaztatni (feladatok tört extrémálisokkal).[65] Weierstrass és Erdmann tétele szerint ugyanis, ha a $\psi\left(\vec{r}, t\right) = 0$ felület mentén a $\Phi = \Phi\left(\vec{r}, t\right)$ mennyiségnek magának van szakadása, akkor az

[65] Lásd pl. M. A. Lavrentyev-A. L. Ljusztyernyik: Variációszámítás. Bp., 1953. Akadémiai Kiadó.

$$I = \int dt \int \int \int L\left(\phi, \nabla\phi, \frac{\partial\phi}{\partial t}\right) dV = \text{extrénum}$$

alakú variációfeladat e szakadásos mennyiségre a

$$\left[\frac{\partial L}{\partial\left(\frac{\partial\phi}{\partial t}\right)}\right]\frac{\partial\psi}{\partial t} + \left[\frac{\partial L}{\partial(\nabla\phi)}\right]\nabla\psi = 0$$

feltételt rója ki. Itt is $[A] = A_+ - A_-$ a jelölés értelme.

Zemplén Győző felismerte a Weierstrass–Erdmann-féle eredményben rejlő lehetőségeket és több tanulmányban vizsgálta a gázdinamikai sőt elektrodinamikai szakadási jelenségeket. Kimutatta,[66] hogy az a variációs elv, amelyből a folytonos áramlások hidrodinamikai alapegyenletei következnek, egyben alkalmas arra is, hogy Weierstrass–Erdmann módszerekkel belőle a lökéshullámok egyenleteit is leszármaztassuk. Sőt, a módszert kiterjesztette arra az esetre is, amikor a térmennyiségek n-edrendű deriváltjai szakadásosak.

Zemplén Győzőnek ez a megállapítása a variációs elvek fizikai alkalmazási területeit nagymértékben kitágította. A variációs elvből származtatott és a szakadási amplitudókra vonatkozó ún. kompatibilitási relációk ezáltal automatikusan felírhatók és ehhez csak egy fizikai feltevésrendszer posztulátuma szükséges, amiben a közeg fizikai tulajdonságait fogalmazzuk meg.

Zemplén Győző maga az elektromágneses tér elméletében próbálta meg kamatoztatni a szakadásos jelenségek elméletében elért általános eredményeit. 1906–1907 folyamán publikált közleményeiben[67] annak a gondolatának ad kifejezést, hogy a Röntgen által felfedezett sugarakat az elektromos és mágneses térerősség szakadási felületeivel kellene azonosítani. Bár ez a sejtés nem vált be, az általános megállapítások jelentősége csak nőtt azóta, mert részben a közönséges folyadékok dinamikájában, részben a magneto-hidrodinamikában,[68] mind földi, mind csillagászati

[66] G. Zemplén: Kriterien für die physikalische Bedeutung der unstetigen Lösungen der hydrodynamischen Bewegungsgleichungen. = Mathematische Annalen. Vol. 61. (1905) pp. 437–449.

[67] G. Zemplén: Über die Kompatibilitätsbedingungen bei Unstetigkeiten in der Elektrodynamik. = Mathematische Annalen. Vol. 62. (1906) pp. 568–581., Berichtigung zu seiner Arbeit: Über die Kompatibilitätsbedingungen bei Unstetigkeiten in der Elektrodynamik. (Math. Ann. Bd. 60.) = Mathematische Annalen. Vol. 63. (1907) p. 145.; Zemplén Győző: Nemfolytonos jelenségek az elektrodinamikában. I–III. = Mathematikai és Physikai Lapok 15 (1906) pp. 342–349, 376–388., 16 (1907) pp. 26–53.

[68] A. G. Kulikovszkij-G. A. Ljubimov: Magnyitnaja gidrodinamika, GIFML, Moszkva 1962.; Sz. V. Jordanszkij: A Zemplén-tétel a magnetohidrodinamikában, (oroszul) DAN 121 No. 4. (1958); R. V. Polovin-C. Ja. Ljubarszkij: A magnetohidrodinamikai ritkító lö-

méretű lökéshullámok és más szakadási jelenségek kerültek a kutatás érdeklődési terébe, sőt a folyadékok tulajdonságainak kvantumelméleti vizsgálata (kvantumos jelenségek a szuperfolyadékok áramlásában) is komoly eredményeket hozott már.

ZEMPLÉN GYŐZŐ EMLÉKÉT ŐRIZZÜK

Zemplén Győző szülőházán (Nagykanizsa, Széchenyi tér 2.) emléktábla tudatja, hogy

> EBBEN A HÁZBAN SZÜLETETT
> Dr. ZEMPLÉN GYŐZŐ
> 1879–1916
> AZ ELMÉLETI FIZIKA PROFESSZORA, A FOLYADÉKOK ÉS AZ ELEKTROMOS TÉR MOZGÁSÁNAK NAGYHÍRŰ KUTATÓJA. NEVÉT A LÖKÉSHULLÁMOKRA VONATKOZÓ ZEMPLÉN-TÉTEL ŐRZI.

Nagykanizsán 1970 óta kétévenként rendezik meg a „Zemplén Győző Fizikaversenyt". Ez a kezdeményezés 1974-re az Eötvös Loránd Fizikai Társulat vidéki csoportjainak támogatásával országos jellegű fizikaversennyé bővült. A verseny szervezői azáltal is igyekeznek Zemplén Győző tudományos felfogásához igazodni, hogy a versenyen nemcsak példamegoldások szerepelnek – ami tulajdonképpen elméleti jellegű munka –, hanem kifejezetten mérési feladatokkal is meg kell birkózni jelölteknek.

A korábbi nagykanizsai gimnázium és egészségügyi szakközépiskola erőfeszítéseire és ennek eredményeire a város vezetői is felfigyeltek, és az iskola udvarán (ma: Batthyány Lajos Gimnázium) kiszemelt helyre megrendelték Szabolcs Péter zalaegerszegi szobrászművésztől Zemplén Győző mellszobrát, amely elkészült, s ma is nagy becsben tartják a tanárok és a diákok.[69]

Tanulmányunk előzményét a Műszaki nagyjaink könyvsorozat 1981-ben megjelent 4. kötetében adtuk közre.

késhullámok létezésének lehetetlenségéről (oroszul), ZsETF. 35 509 (1958).

[69] Balogh László – Grédics Gyula – Kovács László: Zemplén Győző, a tudós és tanár. = Fizikai Szemle 29 (1979) No. 9. p. 321. skk.; Zemplén Győző emlékkönyv. Szerk.: Kovács László. Nagykanizsa, 2004.

UTÓSZÓ

TUDOMÁNYTÖRTÉNÉSZEINK A MÚLT MEGISMERÉSÉÉRT

GONDOLATOK TUDOMÁNYOS KULTÚRÁNK MÚLTJÁNAK KUTATÁSÁRÓL

Elíziumi társalgás:
„Historia est magistra vitae” – „A történelem az élet tanítómestere”
(latin szállóige)

„A történelem attól, hogy megtörtént, még nem válik törvényszerűvé.
Csak visszafordíthatatlanná.”[70]

„Tanítani semmire sem tanít
A történelem, de tudósa, kit
Meghazudtolni nincs okunk, azt vallja,
Nem-tudásáért büntet…”[71]

PÁRHUZAMOS ÉLETRAJZOK: SZABÓ ÁRPÁD – T. TÓTH SÁNDOR

A világ egyik legelismertebb matematikatörténésze volt – különösen ami a matematika ókori történetét illeti – Szabó Árpád (1913–2001), aki a Magyar Tudományos Akadémia mellett számos külföldi akadémiának is tagja volt, s akinek az ókori matematika történetéről írt művei évtizedek óta külföldi egyetemek elismert, sokat forgatott tankönyvei.

Szabó Árpád klasszika-filológusként, Homerosz-szakértőként, az ókori filozófia története neves ismerőjeként, a görög és római mitológia elismert kutatójaként lett az ókori világ matematikája és asztronómiája kutatója, s hogy a reáliák régi századaiban oly könnyedén el tudott igazodni, azt nem kis részben rendkívül magas szintű nyelvtudásának köszönhette.

[70] Bodor Béla: Élőbeszéd. = Élet és Irodalom, 1989. szept. 1.
[71] Alekszandr Kusner versének kezdősorai Kántor Péter fordításában. = Nagyvilág, 1989. szeptember, p. 1360.

Az ókori matematikát és csillagászatot már előtte is sokan kutatták, de többségük a klasszikus auktorok szövegeit csak német, francia vagy angol fordítás alapján tanulmányozták, s így azokra a nyelvi finomságokra egyikük sem jött rá, amelyeknek Szabó Árpád a birtokában volt, s amely tudásának köszönhetően az ókori matematikai töredékékeket, nehezen datálható asztronómiai leírásokat új kronológiai rendbe tudta tenni, s ezzel egy egészen más logikai rendszer keletkezett, mint az őt megelőző matematikatörténészek írásaiban.

Szabó Árpád tehát úgy írta újra az ókori görög matematika történetét, hogy az egyes szakkifejezések időbeli megjelenése alapján pontosan be tudta sorolni az ismert nagy művek mellé a döntő fontosságú töredékeket, s így biztonságosan el tudott igazodni a dünamiszok, valamint a leghosszabb árnyékok világában.

Kutrovátz Gábor írta róla a 'Magyar Tudomány' 2002-es évfolyamában közreadott megemlékezésében:

> „Főműve, a görög matematika kibontakozásáról írt könyve végül hosszas előkészületek után, 1969-ben jelent meg német nyelven, *'Anfänge der griechischen Mathematik'* címmel. Az azóta számos idegen nyelvre lefordított könyvben, amelynek magyar nyelvű, rövidített változata *'A görög matematika kibontakozása'* címmel jelent meg (1978), a szerző egy addig még soha nem látott módon, újszerű nézőpontból tekintett a korai görög matematikára: a filozófiából kiindulva érkezett el a matematikához, majd onnan továbbhaladva visszajutott a filozófiához. A görög matematikai terminológia nyelvi elemzésén keresztül kimutatta, hogy a matematikai bizonyítás elve és gyakorlata a görög dialektikából, a vitatkozás művészetéből származik. Ugyancsak nyelvi eszközökkel fedezte fel, hogy a klasszikus görög matematika sokat köszönhet a püthagoreus arány- és zeneelméletnek is. A matematikai érvelések általános jellegét elemezve arra a belátásra jutott, hogy az absztrakt, deduktív, antiempirikus gondolkodási stílus az eleai filozófiai tradícióból ered, ott jelent meg először a logikai tudatosság és a szigorú érvelés (például az indirekt bizonyítás) igénye. Ezzel új fényben tüntette fel mind a matematika történetében első válságként jelentkező »összemérhetetlenség« problémáját, mind a válságra válaszként érkező axiomatikus-deduktív kifejtési stílus eredetének kérdését. Mindezek a vizsgálatok hatalmas vihart és vitákat kavartak a tudománytörténet világában, és szerzőjüknek egyaránt szereztek barátokat és ellenségeket – pontosan úgy, ahogy minden igazán nagy és forradalmi gondolat.
>
> Szabó Árpád a siker ellenére sem horgonyzott le végleg a matematika történeténél, hanem onnan továbbhajózott az ókori görög csillagászat és földrajztudomány világa felé. A hetvenes években in-

duló kutatásai nyomán 1982-ben jelent meg Athénben másik nagy tudománytörténeti műve, amelyet szerzőtársával, Erkka Maulával közösen írt, szintén németül: *'Enklima: Untersuchungen zur Frühgeschichte der Griechischen Astronomie, Geographie und der Sehnentafeln'*. Ebben a könyvében a gnómón, vagyis a csillagászati napóra használatának tanulságait vonja le, és kimutatja, hogy az eszközben rejlő lehetőségek korai kiaknázása hogyan vezetett annak a görög csillagászati és földrajzi világképnek a kialakulásához, amelyet a későbbi szerzők munkáiból ismerhetünk, és amelynek elemei rejtetten vagy nyíltan ma is jelen vannak hétköznapi és tudományos műveltségünkben, kultúránkban. A görög matematikával kapcsolatos kutatásaira építve azt is feltérképezi, milyen szerepet játszott a görögök erősen geometriai szemlélete csillagászati elképzeléseik kialakulásában, és hogy mindez miféle összefüggéseket mutat a trigonometriai apparátus kidolgozásának igényével és folyamatával. A könyv egy kidolgozottabb változata, a *'Das geozentrische Weltbild'* 1992-ben jelent meg, ennek legfontosabb eredményei az *'Antik csillagászati világkép'* című, 1998-ban megjelent kötetben olvashatók magyarul. Amikor a szerzőt 1979-ben a Magyar Tudományos Akadémia levelező tagjai sorába választotta, szokatlanul élénk érdeklődéstől övezett székfoglalóját is ebben a témában tartotta *'A leghosszabb nap'* címmel.

Eközben sem feledkezett meg talán mindvégig legkedvesebb témájáról, a görög matematikáról, ezt kitűnően példázza Euklidész *'Elemek'* című művének kiadása, amelynek szövegét Szabó Árpád gondozta; emellett több fontos matematikatörténeti mű megjelenését is sikerrel szorgalmazta. A Matematikai Kutatóintézetből 1983-ban ment nyugdíjba, bár ezzel korántsem tett pontot saját kutatásai végére. Erről tanúskodik néhány további tudománytörténeti műve, például a Kádár Zoltánnal közösen írt *'Antik természettudomány'* (1984) vagy a középkori és reneszánsz (főként magyar) matematikai kultúrát bemutató *'Matematikai műveltségünk keretei'* (1988), amelynek a kolozsvári matematikus, T. Tóth Sándor volt a társszerzője. Legfontosabb magyar nyelvű matematikatörténeti írásait *'A görög matematika'* (1997) című kötetében tette közzé."

A 2001-ben elhunyt Szabó Árpád akadémikus életrajza – a szerkesztők figyelmetlenségéből – sajnos nem került be az *'Új magyar életrajzi lexikon'* 2007-ben megjelent zárókötetébe. A lexikon új kiadásában már a 2007-ben elhunyt tudós kollégájával, azzal a T. Tóth Sándorral együtt foglalhat helyet, akivel közösen vetette papírra mindazt, amit a magyar matematikai műveltség klasszikus századairól tudni lehet.[72]

*

T. Tóth Sándor 1913-ban született a Maros-Torda vármegyei Torboszló községben, egyetemi tanulmányait a kolozsvári egyetem matematika szakán végezte.[73] Az államosítás előtti tíz évben a marosvásárhelyi református kollégium tanára, majd igazgatója volt. 1950-től a kolozsvári egyetemen tanított matematikát, ezen belül geometriát és a matematika történetét, utóbbit egészen 1977-ig. 1955-től ő volt az egyetemen a matematikai kar dékánja. Szerkesztőbizottsági tagja volt a Romániában megjelent

[72] Szabó Árpád önálló kötetként megjelent tudománytörténeti művei:
Anfänge der griechischen Mathematik. Bp., 1969. Akadémiai. 494 p. (Nemzetközi kiadásban: Bp. – München – Wien, 1969. Akadémiai – Oldenbourg. 494 p.)
Aparchai tôn ellênikôn mathêmatikôn. Athênai, 1973. Ekdosios. 502 p.
Les débuts des mathématiques grecques. Paris, 1977. Vrin. 403 p. (L'histoire des sciences. Textes et études.) (trad. M. Federspiel)
The Beginnings of Greek Mathematics. Bp. – Dordrecht. 1978. Akadémiai – D. Riedel 358 p. (Nemzetközi kiadásban: Dordrecht – Bp. – Boston, 1978. D. Riedel. 358 p. Synthese historical library 17.) (Transl. A[nton] M. Ungarn)
A görög matematika kibontakozása. Bp., 1978. Magvető, 250 p. (Gyorsuló idő)
Enklima. Untersuchungen zur Frühgeschihte der griechischen Astronomie, Geographie und der Sehnentafeln. Társszerző: Erkka Maula. Athen, 1982. Akademie Athen, Forschungsinstitut für Griechische Philosophie. 253 p., 7 t.
Antik természettudomány. Társszerző: Kádár Zoltán. Bp., 1984. Gondolat. 425 p.
Les débuts de l'astronomie, de la géographie et de la trigonométrie chez les Grecs. Társszerző: Erkka Maula. Paris, 1986. Libraire Philosophique J. Vrin. 238 p. (L'histoire des sciences. Textes et études 21.) (Trad. M. Federspiel)
Matematikai műveltségünk keretei. Középkor és reneszánsz. Társzerző: T. Tóth Sándor. Bp., 1988. Gondolat. 209 p.
Sūgaku no akebono girsha no sūgaku to tetsugaku Sabo Arpadu yaku stõ shuntaro [et al.] Ford.: Itõ Shuntaro. Tõkyõ, 1988. Tõkyõ Tosho. 262 p.
Das geozentrische Weltbild. Astronomie, Geographie und Mathematik der Griechen. München, 1992. Deutscher Taschenbuch Verlag. 377 p.
Die Entfaltung der griechischen Mathematik. Mannheim – Leipzig – Wien – Zürich, 1994. B. I. Wissenschaftsverlag. 471 p. (Lehrbücher und Monographien zur Didaktik der Mathematik 26.)
Antik csillagászati világkép. Árnyék, naptár, földrajz, geometria. Bp., 1998. Typotex. 233 p., 18. t.
A görög matematika. Tudománytörténeti visszapillantás. Piliscsaba – Bp., 1998. Magyar Tudománytörténeti Intézet – Tájak–Korok–Múzeumok Egyesület. 195 p. (Magyar Tudománytörténeti Szemle Könyvtára 4.)
L'aube des mathématiques grecques. Paris, 2000. Libraire Philosophique J. Vrin. 367 p.

[73] T. Tóth Sándor életrajzát és műveinek jegyzékét Gazda István biográfiai és bibliográfiai kutatásai alapján állítottuk össze.

magyar nyelvű ’Matematikai és Fizikai Lapok’-nak. Tudományos publikációi román, francia, német és magyar nyelven jelentek meg.

Matematikatörténeti munkái közül megemlítjük az 1962–63-ban megjelent, rendkívül érdekes magyar nyelvű történeti publikációját, amelyet Géresi István aritmetikájáról írt. Az 1972-ben Bukarestben román nyelven megjelent matematikatörténeti munkájában azt vizsgálta meg, hogy az egykori román fejedelemségekben hogyan jelentek meg a számjegyek, és hogyan terjedtek el. 1974-ben jelent meg az az ugyancsak román nyelvű alapműve, amelyben bemutatja, hogy melyek voltak a legkorábbi erdélyi román matematikai kéziratok.

1988-ban Budapesten jelent meg kötete, amelynek sajtó alá rendezésében Szabó Árpád akadémikus volt segítségére, a mű címe: *’Matematikai műveltségünk kerete. Középkor és reneszánsz’*. Ezt a kutatását folytatva adta közre a ’Magyar Könyvszemle’ folyóiratban 1991-ben az *’Erdélyi matematikai kéziratok a 14–19. századból’* című munkáját. Nagy összegző kézikönyve, alapműve már idős korában látott napvilágot a Kriterion kiadásában *’Az erdélyi matematika története’* címmel.

Számos fontos cikke jelent még meg folyóiratokban, egyebek között 1948-ban a ’Szabad Szó’ című újságban Bolyai János és az 1848-as forradalom kapcsolatáról, Bolyai Farkas átdarabolási tételéről, *’A szögharmadolás problémája és Bolyai Jánosnak erre vonatkozó diákkori eredménye’* címmel, 1979-ben a ’Korunk’ című folyóiratban *’Fordulat a matematika-történetben’* címmel értekezett, 1985-ben a ’Műveltség’-ben *’Matematikai élet az erdélyi régiségben’* címmel publikált, 1994-ben a ’Szabadság’-ban *’Matematikai műveltségünk nyomában’* címmel jelent meg nagyobb publikációja. Ugyancsak a ’Szabadság’-ban 1994-ben *’A harangfeliratoktól a középkori Kolozsvár könyvviteléig’* címmel jelent meg publikációja, majd 1995-ben a neves matematikusról, Vályi Gyuláról írt. 1996-ban Sipos Pálról, az első olyan erdélyi matematikusról, akinek eredeti matematikai eredményei vannak írt tanulmányt a ’Matematikai és Fizikai Lapok’-ban. 1998-ban a 150 évvel korábbi eseményekre emlékezve *’Szomorú történetek 1848–49-ben’* címmel jelent meg írása. Több értékes írásában a matematika egyetemes történetével, és ezen belül a matematikai jelek kialakulásával foglalkozott.

2000. december 7-án az MTA köztestületi tagjává választották.

A fentiekből kitűnik, hogy neki köszönhető a kolozsvári magyar iskolák kéziratainak áttanulmányozása, s ennek alapján sikerült megírnia Erdély matematikájának, s ezen belül is elsősorban az erdélyi algebrának a történetét, magyarok, szászok és románok publikációi alapján. T. Tóth Sándor e munkája elkészítésekor német, magyar, román, francia, török és örmény nyelvű dokumentumokat gyűjtött, dolgozott fel, és fordított le magyarra. Az általa feltárt ónémet szövegeket rajta kívül nagyon kevesen tudták és tudják lefordítani. A régi kéziratokról mikrofilmeket készíttetett, s ezek egyik példánya teljességében megtalálható azóta az Akadémiai Könyvtár Mikrofilmtárában. 2004-ben tudóstársáról, kötete társszerzőjéről, Szabó Árpádról írt egy szép tanulmányt a 'Matematikai és Fizikai Lapok' számára.

T. Tóth Sándort Magyar Örökség Díjra is felterjesztették, de ez az elismerés számára sajnos nem adatott meg. Időskorában súlyos autóbalesetet szenvedett Budapesten, amelyből teljességében már soha nem tudott felépülni. 2007-ben hunyt el.[74] Hadd szóljunk bővebben kettejük különleges közös munkájáról, egyben a reáltudományok magyarországi kezdetéről.

A MATEMATIKAI MŰVELTSÉG ÉS AZ IRODALMI MŰVELTSÉG SAJÁTOS TALÁLKOZÁSA…

Siessünk leszögezni, hogy meggyőződésünk szerint egy népnek igazából egyetlen és oszthatatlan kultúrája van, bár az természetesen sokfelé ágazó és sokféle rétegek színpompájával díszes, amit az analizáló tanulmányozás hivatott feltárni. A kultúrák szakágainak tanulmányozása szépsze-

[74] T. Tóth Sándor nagyobb kötetei:
A matematika és fizika története. Cluj, 1956. Litografált jegyzet. (románul 1971-ben)
Géresi István aritmetikája. Cluj, 1963. (Klny. a Studia Universitatis Babeş–Bolyai ser math. 1962-es és 1963-as kötetéből)
A geometriai szerkesztések elmélete. Bukarest, 1963. (román nyelven)
A számjegyek megjelenése és elterjedése a román fejedelemségekben. Bukarest, 1972. (román nyelven)
Az első erdélyi román matematikai kéziratok. Cluj, 1974. (román nyelven)
Matematikai műveltségünk keretei. Középkor és reneszánsz. Társszerző: Szabó Árpád. Budapest, 1988. Gondolat. 209 p.
Az erdélyi matematika történetéből. Kolozsvár, 2004.
A romániai magyar 'Matematikai és Fizikai Lapok'-ban megjelent nagyobb publikációi: Bolyai Farkas átdarabolási tétele (1956); A magyar matematika kezdetei (1957); Két évforduló: Nicolae Abramescu, Riesz Frigyes (1957); Leonhard Euler (1957); L. A. Cauchy (1957); Száz éve született: A. M. Ljapunov és K. E. Ciolkovszkij (1957); Traian Lalescu (1957); Miként számoltak a régi népek? 1–2. (1957); 110 éve született: P. N. Jablocskov, A. N. Lodigin és N. I. Zsukovszkij (1957); Tartaglia (1957); A matematikai jelek története (1959); A szögharmadolás problémája és Bolyai Jánosnak erre vonatkozó diákkori eredménye (1960); Traian Vuia (1960); Olaf Römer (1960); 400 évvel ezelőtt: B. Pitscus, H. Briggs (1961); Girard Desargues (1961); G. Bratu (1961); I. M. Vinogradov és N. I. Muszhelisvili (1961); L'Hospital (1961); Leibniz néhány fiatalkori matematikai felfedezéséről (1969); A Leibniz-féle sor (1969); A kör kiegyenesítése és négyszögesítése 1–2. (1970, 1978); Sipos Pál (1996); G. Cardano (1997); E. Galois (1997); T. Vescan (1997); Sz. V. Kovalevszkaja (1997); Szőkefalvi-Nagy Gyula (1997); A nagy számnevekről (1997); Regiomontanus és a magyar humanizmus (1998); Dávid Lajos (1998); Farkas Gyula (1998); Arkhimédésznek az ún. szarvasmarhák feladata (1998); Tudomány a XXI. században (1999); Szabó Árpád, a görög matematika történetének világhírű kutatója (2004).

rével csak azóta engedte, sőt követelte meg a szakágak elkülönített történetének tanulmányozását, amióta a szakágak maguk is megközelítőleg olyan fontos szerepre tettek szert az emberiség vagy egy nemzet életében, mint a közös írásbeliség vagy az általa rögzített közlések korábban általánosnak és kizárólagosnak hitt irodalmi, történelmi, bölcseleti, vallási stb. ága. Ez bizonyára nem igazán csodálatos, mert az ember előbb gondolkodik és kommunikál társaival, előbb keresi múltjának tanulságait a jövője érdekében és csak később terebélyesednek autonóm jellegűvé szakismeretei a munkamegosztás differenciálódása útján, hogy nemzeti, emberi géniusza ott is megmutatkozzék.

A sajátos találkozás irodalmi műveltség és matematikai műveltség között, amire itt gondolunk, nem akar tehát olyasmit jelölni, ami a múlt évtizedek két kultúra polémiáival lenne rokon. Egyszerűen csak arra kíván rámutatni, hogy a nemzet életében az irodalmi műveltség alakulásának vizsgálata mellé pl. a matematikai műveltség történetiségének a vizsgálata ugyanolyan modern, ha tetszik: aktuális igényekre kínálkozó válasz. Sőt: ez egy adott XX. századi történelmi helyzetben szükségszerű fordulat a tudományok részéről, melynek eredménye – ha meg nem is oldja nemzeti problémáinkat – nincs azok szempontjából üdvös tanulságok híjával.

Hogy ezt az esetleg túlzónak tűnő állítást kissé megvilágítsuk, gondoljunk kiváló irodalomtörténészünk, a néhai Horváth János professzor: *'A magyar irodalmi műveltségünk kezdetei'* című[75] művére, mely 1931-ben jelent meg, tehát az első világháború utáni időszakban keletkezett. Bizonyára Horváth János sem azzal a határozott szándékkal vetette sorait papírra, hogy azok közvetlenül befolyásolják majd olvasóik, a tanítványok napi teendőit. Mégis azt hisszük, Horváth János miközben tette a maga dolgát, klasszikussá vált művével nagymértékben hozzájárult ahhoz, hogy a magyarság azonosságtudata megerősödjék egy olyan helyzetben, amikor a nemzeti állam léte, tartalma, jövője kétségessé vált.

A történelem a kommunikáció készségét hordozó nyelvről, a történelmi hagyomány, a világnézet, a művészetek kifejezőeszközeként olyan emlékekről is tudósít, amelyek múltunk problémáinak leírásával a jelen kalauzai lehetnek. Nem gondoljuk, hogy valamely helyzet megoldását mechanikusan átmásolva kínálkozik a segítség. Inkább arról van szó, hogy a kishitűséggel szemben a cselekvésre buzdító példákat tárja fel. Óvatosságra int és sikerélménnyel szolgál – főleg akkor, amikor mindkettőre rászorulunk. Erre utalnak Gyergyai Albert szavai is, akinek megadatott a széles körű tájékozódás az összehasonlítás tanulságainak levonásához: „…Kétségtelen, hogy a nyugati irodalmak csodálatos folytonossága

[75] Horváth János: A magyar irodalmi műveltség kezdetei Szent Istvántól Mohácsig. Bp., 1931. Magyar Szemle Társaság. 331 p. (A Magyar Szemle könyvei 4.)

nem található meg a miénkben, és következésképpen nem ad lehetőséget arra a kényelmes tagolásra, amely állandóan megtalálható a nyugati irodalom kézikönyveiben."

„A magyar irodalom története emberfölötti erőfeszítések sorozata; az erőfeszítések egyrészt a nemzeti hagyományok fenntartására, másrészt arra irányulnak, hogy idejében részeivé váljanak a nagy, egyetemes irányzatoknak. Így hát kudarcaiban, sőt még sikereiben is egyaránt hősi irodalom ez, mely mindig veszélyeztetett és kétes létét néhány bámulatra méltó lángésznek, néhány elemi erejű csodának köszönheti, nem mint sok más nemzet irodalmában, nemzedékek kitartó, közös és szakadatlan munkálkodásának."[76]

Keresve sem találhatnánk alkalmasabb szavakat azoknak a történelmi tanulságoknak a megfogalmazására, amelyek a magyar kultúra természettudományi és technikai szakágainak lassan mégiscsak kibontakozó vizsgálataiból levonhatóak. Gyergyai Albert szavaira rímelnek azok a fejezetek, melyek Simonyi Károly *'A fizika kultúrtörténete'* című[77] munkájában a magyar fizika olyan erőfeszítéseit méltatják, főleg azokat az alkotásokat, amelyek az Európában (a világon) uralkodó főbb áramlatokhoz való – a felhasználói szintet jó néhányszor a cselekvő továbbfejlesztőig felemelő – csatlakozást jelentették. Mátrainé Zemplén Jolán *'A magyarországi fizika története 1711-ig'* című[78] munkája már a korszakhatárokat sem tudja az általános magyar történelemtől függetleníteni, jeléül annak, hogy ez a szakkultúra annyira egylényegű a magyar társadalom más kultúráinak egységével, hogy vele bukik vagy vele él tovább. A kémia,[79] illetve ezzel kapcsolatban a fémfeldolgozás (bányászat–kohászat–pénzverés)[80] sem bújhat ki az alól, hogy az említett konklúziót saját tén振anyagával ne erősítse. Arról pedig, hogy az idézett szerzők valahogyan összebeszéltek volna, szó sem lehet, olykor ez technikailag sem lett volna lehetséges.

…ÉS E TALÁLKOZÁS XX. SZÁZADI AKTUALITÁSA

E sokrétű szellemi találkozás aktualitását abban érezzük, hogy egy kis absztrakcióval felismerhetjük a XX. század második felében a magyar kultúra időszakos, ismételt és változékony veszélyeztetettségét. Úgy érez-

[76] Gyergyai Albert: Védelem az esszé ügyében. Vál.: Szávai János. Bp., 1984. Szépirodalmi. p. 319.
[77] Simonyi Károly: A fizika kultúrtörténete. 3. átdolg. kiad. Bp., 1986. Gondolat. 539 p.
[78] M. Zemplén Jolán: A magyarországi fizika története 1711-ig. Bp., 1961. Akadémiai. 317 p.
[79] Gedai István: A magyar pénzverés kezdete. Bp., 1986. Akadémiai. 135 p., 30 t.
[80] T. Tóth Sándor – Szabó Árpád: Matematikai műveltségünk keretei. Középkor és reneszánsz. Bp., 1988. Gondolat. p. 162.

zük, nemcsak az ismert nemzeti és nemzetközi, társadalmi és politikai hatások abnormális túlhajtásai jelentettek és jelentenek a kulturális fronton is veszélyeket. A lokális vagy éppen a kis közelben lezajló folyamatokon túl vannak még olyan veszélyek is, melyek itt épp a modernizáció, a fejlett technika mindenáron való szolgai átvétele, az ipari és kereskedelmi uniformizáció édes ostyájában terjeszti a kórokozókat.

Már látjuk a tüneteket. A lerombolt klasszikus értékek helyére állított frissebb értékrend működésképtelensége a társadalom előtt éppen a közelmúltban lett nyilvánvalóvá – a fiatalság elé emiatt csaknem lehetetlen tartós ideált, hosszabb időn át működő (pl. munkaerkölcsi vagy társadalmi, egyéni erkölcsi) értékrendet állítani. Az instabilitás tartományába jutott országban miért épp az általános és a szakmai műveltség oktatása lenne kivételesen jó helyzetben? Az instabilitás zavarosában kinek a nem kompromittált becsületszava és miféle bölcsessége segítene a valódi professzionális tudás értékeit elhitetni, és azok megszerzésének göröngyös és fáradságos útján végigvezetni a jövő nemzedékeit? Ki és miért válassza hivatásának azt a kényelmetlenséget, hogy ne csak a modern technika pillanatnyi (már kissé elavult, mert kevéske puha pénzünkért még általunk is megvásárolható) eredményeivel ismerkedjünk meg, hanem a továbbfejlesztés, az alkotó felfedezés igényével és képességeivel is?

Ezért hisszük, hogy napjaink általános magyar kultúrájára ráfér egy kis sikerpanoráma. Jó hatást váltana ki akárcsak régi kultúránk, még annak matematikai ága történetéből is kiolvasható sikerélmény – a belőle megszerzett tudás mellé.

Ezért van a szaktudománynak tett nagybecsű szolgálat mellett – sőt ezen messze túlmutató – jelentősége a magyar kultúrában T. Tóth Sándor és Szabó Árpád kötetének.

Miben érhető tetten a matematikai kultúra?

Mielőtt a laikus olvasónak az a benyomása támadna, hogy ez a kérdés őt igazán nem is érdekli, exponálni szeretnénk néhány olyan kérdéskört, mely a kötetben behatóbb tanulmányozás tárgyává tehető. Ilyen pl.:

1. a magyar számrendszer kialakulása és eredetére utaló összehasonlító nyelvészeti és történelmi megállapítások;

2. a számírás használata, lajstrom és elszámolási rendszer (adó- és pásztorrovások) könyvelése, a műveletek gyakorlati elvégzése;

3. geometriai szerkesztési elvek és gyakorlat a dekorációkban és az építéseknél;

4. időmérés, időszámítás, naptárkészítés;

5. mérési eljárások és eszközök, mértékrendszer, kereskedelmi és pénzrendszeri külkapcsolatok, mint az európai beilleszkedés tünetei.

Meggyőződéssel állíthatjuk, hogy e kérdések köré csoportosított nyelvi és konkrét leletanyagnak a szerzők által nyújtott elemzése lenyűgözően érdekes. Már csak a középkori és az újkor eleji pásztorrovás (mint a pásztornak legeltetésre átadott állatállomány nyugtája) és az adó befizetését és beszedő hivatal és a befizető számára egybehangzóan ellenőrizhető megoldás: az adórovás pálcikái – melyeket még analfabéták is tudnak használni – konkrétságukban is tanulságos csemegék lehetnek egyre elvibb és felszínesebb történelemtanításunkban szenvedő alanyoknak. De azokat az összefüggéseket kiolvasni, melyek a dézsma szavunk eredetére [decima = tized(rész)] utalnak vagy éppen a rovásírás, a rovás szó jelentése és az ezzel kapcsolatos kifejezések eredetét világítják meg, olyan tanulságok, melyek további hasonló búvárkodásra indítanak. De közben természetesen mintegy új dimenziót nyithatnak a nem matematikus olvasóban is. Tulajdonképpen: nemcsak nézni, hanem látni tanítanak.

Az eddig itt emlegetett megnyilvánulásai a matematikai kultúrának csupán az élet üzemszervezésében elkerülhetetlen technikai lépésekkel kapcsolatosak. Még szerencse, mert ha ez ilyen általános szerepkörű, akkor minden nép kultúrájában így vagy úgy jelentkezik. S ha jelentkezik, akkor nyelvi kifejezése az örökségben a népek kölcsönhatásáról árulkodik, vagy legalábbis árulkodhat. De olyan kérdés boncolásához is szolgáltathat érveket, hogy vajon minden népnek tízes (vagy tizenkettes) vagy más-e a számrendszere? S máris olyan terepen vagyunk, ami az objektív valóság leírásának közelítő univerzális és sajátosan egyedi jellegének boncolgatásához kínálhat bizonyítékokat.

Messzebb vezethetnek azok a leletek, amelyek az esetleg átvett formák (számok–számlálás; jelek–dekoráció–szerkesztés–tervezés) önálló használatában a külön utakon járás bizonyítékai lehetnek. Ezek azok a területek, ahol az átvételt és az elsajátítást az a szint követi, hogy mesterien és alkotó módon tovább is lép az átvevő. Itt léphetnek fel sajátos matematikai felfedezések, amelyek akár a földmérés, akár a naptárkészítés, akár az építészeti tervezés stb. területéről merítik első ihletüket, hogy onnan a haszonlesó a szaktudományt ne a mindenáron érvényesítendő előnyökért, hanem a kíváncsi ember a megismerés öröméért (is) művelhesse.

A szerzők nagy szerénységre valló őszinteséggel említik, hogy „ami itt »matematikai műveltségünk keretei« címen fogunk össze, tulajdonképpen középhelyet foglal el a tudomány- és művelődéstörténet között. Ezért van olyan sokszor része mostoha elbánásban. A tudománytörténetet nem tartja elég lényegesnek ahhoz, hogy részletesebben foglalkozzék vele, a művelődéstörténet pedig azért hanyagolja el, mert a közfelfogás a matematikát nagyon ezoterikusnak, csak a beavatottaknak hozzáférhető, talán csak nekik »érdekes« valaminek tartja." „…Pedig… korai műveltségünk emlékein mérhető le legtárgyilagosabban: hogyan lett magyar kultúránk az európai művelődés szerves része."

APROPOS: A DOKUMENTUMOK

A kötet első fejezete, miután a nyelvünkben, az ősi műveltségünkben fellelhető nyomokat elemzi, kitekint a középkori Európára. Bemutatja, hogy a középkori (egyházi) oktatás hogyan birkózik a gyakorlat igényeivel, hogyan sáfárkodik a klasszikus örökséggel. A második fejezet, a reneszánsz, végül is a kopernikuszi fordulat előkészületei köré csoportosítja az európai tendenciákat. A magyar viszonyokkal (a X. századtól kezdve) a harmadik fejezet foglalkozik (kereskedelem, iskola, pénzrendszer, oklevelek, tizedjegyzékek, számírás, tankönyvek stb.).

A kötetnek ugyan nem mellőzhető része az igen érdekesen és magas színvonalon megírt első három fejezete. De – egyetértve a szerzőkkel – a negyedik fejezet a maga sajátosságában kiemelkedő jelentőségű. Mert ez az a bizonyos dokumentumgyűjtemény, amely a kötetnek mintegy a felét teszi ki, bőven ismertetett reprodukciók formájában, amit lelőhelyjegyzék és az eddigi feldolgozások irodalomjegyzéke kísér.

Hogy a leletanyag szakszerű minősítésében a szerzők álláspontját követhessük, az ő következtetéseiket idézzük: „Összesítve a számba vett dokumentumokat és mérlegelve azok mennyiségét, a középkori és reneszánsz kori egész írásos hagyatékunkhoz viszonyított arányát, megállapíthatjuk, hogy az eredmény túlságosan szerény. Vonhatunk-e le ezekből a mennyiségi adatokból a középkori és reneszánsz kori magyar értelmiségre és kereskedő-iparos rétegre vonatkozóan elmarasztaló ítéletet? Talán nem. A tanulmányozott korszakban a matematikai foglalatosságok és más szellemi foglalatosságok közötti arány ugyanilyen kedvezőtlen egész Európában… Számba vették Kölnben a megjelent ősnyomtatványokat. Kiderült, hogy a matematikai-csillagászati ősnyomtatványok alig 0,8%-át teszi ki az ebben a városban nyomtatott könyveknek."

„A felsorolt műveken végigtekintve látjuk, hogy igen sok közülük, különösen a régebbiek, a külföldi, nyugodtabb, biztonságosabb életet élő könyvtárakban, illetve levéltárakban maradt fenn. Arról a néhány műről van szó, amely még idejében külföldre került vagy külföldön íródott. A hazai anyag zöme megsemmisült. A sors szeszélye csak keveset tartott meg belőle, hírmondónak… Vannak köztük sokatmondó, keveset mondó, sőt talán semmitmondó dokumentumok is.” „…a felsorolt dokumentumok zömét a múlt századbeli kutatók hozták napfényre. De munkájuk folytatása, az előkerült dokumentumok számbavétele és tanulmányozása most már halaszthatatlan kötelességünk.”[81]

*

A kitűzött szándék teljesült: a matematikatörténet és a művelődéstörténet közös területén a leletanyag feltárt (és talán megmentett) részének felmérése és első beillesztése a hazai művelődéstörténetbe megtörtént. A munka még csak az első sikereken van túl – ezzel a szerzők bizonyára maguk is egyetértenek. A dokumentumok feldolgozása, aprólékos leírása, elemzése többnyire még hátra van. S nincs kizárva, hogy a feldolgozás során, mely mind történeti, mind matematikai, mind nyelvészeti ismeretekkel egyszerre rendelkező kutatóegyüttesek munkáját igényli, további olyan részletek tárulnak majd fel, melyek a leletek, dokumentumok tartalmi értékeit illetően a maguk sajátos összefüggéseiben megmérve, jelentősnek bizonyulnak. Addig pedig: „Tolle, lege!” – vagyis: „Vedd és olvasd!” Nyájas Olvasó, akinek, úgy mondják, megnőtt a történeti munkák iránt a kíváncsisága – a matematika szó nem olyan ijesztő.

[81] T. Tóth Sándor – Szabó Árpád: Matematikai műveltségünk keretei. Középkor és reneszánsz. Bp., 1988. Gondolat. p. 162.