

250 éve született Bolyai Farkas fizikatanár

Physics teacher Farkas Bolyai was born 250 years ago

GÜNDISCHNÉ Gajzágó Mária

Budapest
gajzago.m@gmail.com

Abstract

Between 1804 and 1851, Farkas Bolyai taught modern physics at a high level at the Reformed College of Târgu Mureș. He published his mathematical works in the college's printing house. However, his teaching notes on physics, astronomy, and chemistry, in Latin and Hungarian, remained in manuscript. His manuscript legacy can be researched in the Teleki-Bolyai Documentation Library in Târgu Mureș and, since 1991, in the Microfilm Archive of the Library of the Hungarian Academy of Sciences in Budapest. The natural science notes of Farkas Bolyai have mostly survived in the handwriting of his students, in several versions per chapter.

Keywords:Farkas Bolyai, physics education, manuscript, professional language innovation

Kivonat

Bolyai Farkas 1804 és 1851 között – a Marosvásárhelyi Református Kollégiumba – korszerű fizikai ismereteket tanított magas színvonalon. Matematikai munkáit a kollégium nyomdájában jelentette meg. Fizika, csillagászat, kémia tárgyú, latin és magyar nyelvű tanári jegyzetei viszont kéziratban maradtak. Kéziratos hagyatéka a Teleki-Bolyai Dokumentációs Könyvtárban Marosvásárhelyen, valamint 1991-től az MTA könyvtárának Mikrofilmtárában Budapesten kutatható. Bolyai Farkas említett természettudományi jegyzetei többnyire diákjai kézírásában maradtak fenn, fejezetenként több változatban is.

Kulcsszavak: Bolyai Farkas, fizikaoktatás, kézirat, szakmai nyelvújítás

BEVEZETÉS

Bolyai Farkas 1804 és 1851 között tanított a Marosvásárhelyi Református Kollégiumban. Matematikai munkáit a kollégium nyomdájában jelentette meg. Fizika, csillagászat, kémia tárgyú, latin és magyar nyelvű tanári jegyzetei viszont kéziratban maradtak. Kivételt képez *Az aritmetikának, geometriának és physikának eleje* című, 1834-ben kiadott műve, amely azonban csak bevezető jellegű fizikai ismereteket tartalmaz. Kéziratos hagyatéka a Teleki-Bolyai Dokumentációs Könyvtárban Marosvásárhelyen, valamint 1991-től az MTA könyvtárának Mikrofilmtárában Budapesten kutatható.

Bolyai Farkas említett természettudományi jegyzetei többnyire diákjai kézírásában maradtak fenn, fejezetenként több változatban is. De az 1815-ös keltezésű, latin nyelvű, közel 500 oldalas, fizikát, csillagászatot és kémiát tartalmazó, könyv alakú fűzött jegyzet, valamint a *Mesterséges mérés nélkül kezdetű*, 1840-es évek végéről származó csillagászat jegyzet Bolyai Farkas tollából származik. 1982-ben iskolánk fennállásának 425 éves évfordulójára készültünk. Ekkor kezdtük el Bolyai Farkas fizikai és csillagászati tanári jegyzeteit tanulmányozni.

Hamarosan kiderült, hogy Bolyai Farkas jegyzetei korszerű ismereteket tartalmaznak magas színvonalon, szép, régies nyelven, de még fizikatanárok számára is esetenként igen tömören. Az első tanulmány 1983-ban (*Korunk*, Kolozsvár), a második 1994-ben (*Fizikai Szemle*, Budapest) jelent meg. Ezt követően a *Fizikai Szemle*, a *Természet Világa*, a *Műszaki Szemle*, a *Firka* hasábjain, valamint a Bolyai-konferenciákon, fizikatanári ankétokon és más tanári fórumokon mutattuk be a fizikajegyzetek egyes fejezeteinek kutatási eredményeit. 2013-ban sikerült e témában könyvet is megjelentetni. A könyvhöz

DVD is tartozott, mely a kéziratok fotóit is tartalmazta. Azóta a könyv és DVD anyaga a Magyar Elektronikus Könyvtárban, az interneten is hozzáférhető. [1]

Az itt következő írással szeretnék betekintést nyújtani a nagytekintélyű marosvásárhelyi professzor közel 200 évvel ezelőtti fizikaoktatásába. Néhány fizika óra anyagát szándékozom bemutatni, de közbeiktatnék egy-egy Bolyai Farkasra oly jellemző kitérőt, elkalandozást, melyek bizonyára színesebbé tették, a nem mindig könnyen érthető tanári magyarázatot. Néhány jegyzet-részt pusztán azért idézek, hogy láttassam mennyire szépnek, érdekesnek, csodálatosnak tartott Bolyai Farkas bizonyos természeti jelenségeket, máskor meg, hogy felvillantsam Bolyai viszonyulását az emberi gyarlóságokhoz.

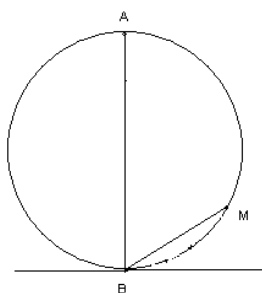
A most következő feladat több helyütt is megtalálható Bolyai Farkas fizikajegyzeteiben és Gren német nyelvű 1797-ben megjelent egyetemi tankönyvében is. Itt a leghosszabb magyar nyelvű jegyzet A fizika B 546/12v oldaláról idézünk, de a jurista osztály félévente tartott fizika vizsgáira beküldött dolgozatok között is megtaláljuk egy Benkő nevű tanuló kézírásában a (B 598/18v jelzettel).

A következőkben Bolyai Farkas szövegeit mindig idézőjelben és dőlten szedve adjuk meg, anélkül, hogy jeleznénk a szerzőt.

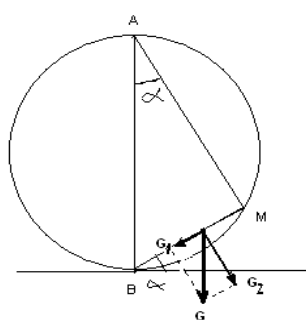
1. ESÉS AZ ÁTMÉRŐN ÉS A HÚROKON [1] 79. o.

„A' verticalis diamteren valo leesésre annyi idő kívántatik. mint a' Circulusnak akármely oly kicsiny chordáján (=húrján) mely a' (függélyi) diameter alján végződik...”

Mai megfogalmazásban még konkrétabban: egy kör függőleges AB átmérőjén a szabadesés ugyanannyi ideig tart, mint az átmérő alsó B pontjához tartozó húrok bármelyikén a súrlódásmentes lecsúszás.



1. ábra



2. ábra

Berajzolva az előbbi ábrán az MB húrhoz tartozó α szöget, és a vele egyenlő merőleges szárú szöget írhatjuk az MB húrra: $MB = AB \sin \alpha$, valamint láthatjuk, hogy az MB-en lecsúszó testet csak a G_1 erő összetevő mozgatja, tehát: $a_{\text{húr}} = G_1/m = g \sin \alpha$. Az MB húron a lecsúszás ideje:

$$t_{\text{húr}} = \sqrt{2MB/a_{\text{húr}}}, t_{\text{húr}} = \sqrt{2AB \sin \alpha / g \sin \alpha} = \sqrt{2AB/g}, \text{ ami az AB átmérőn történő esési idő.}$$

„Kijelenthetjük, hogy „a függélyi diameteren és a B-n átmenő chordákon is egyként sebesult mozgás történik, a függélyi/verticális diameteren hosszabb úton, nagyobb gyorsulással, viszont a függélyi diameteren és a húrokon ugyanannyi idő alatt.” Mai szóhasználatlaltal ugyanaz: A függőleges átmérőn és a B-re támaszkodó húrokon is egyenletesen gyorsuló mozgás történik, az átmérő hosszabb útján nagyobb gyorsulással, de a függőleges átmérőn és a B-ben támaszkodó húrokon azonos is azonos a lecsúszás ideje.

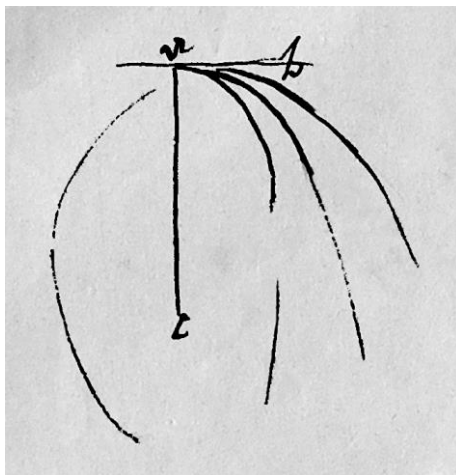
„Historiája Bakoban, Kopernikben, Keplerben hajnallott, Newtonban feljött a' Fisika A' Chemia is egy része a' Fisikának, mindenféle Heterogéneumból álló semmi egységre nem mutató Zavarék volt a' quilotinozott Lavoisier egyszerű Systhemájáig jollehet az is a Volta oszlopa által nagy reformatiot szenvedett.”

„Romában egy Obeliscust emeltek fel, a Császár a' néppel várta – a' külömben tudos 's a köteleket jól felszorított Mechanicus elpirulva állott, nem tudván magán segíteni, míg egy usu peritu, hariolo velotior tudára nem adta hogy a köteleket vizezze meg – A' víz a' porusokon bé hatván a' kötelek meg kurtultak, 's a' cél elérődött.”

„A levegő kivonattatván egy edényből, a felyül levő tömött fatányéron a külső levegő nyomása miatt úgy hull keresztül a' kéneső(=higany) mintha ezüst esső volna.”

2. KOZMIKUS SEBESSÉGEK A BOLYAI-JEGYZETEK BEN [1] 72–73. o.

A. „Ha [a v_b irányú] elhajító erő sebessége akkora a mekkora végsebességet kapna egy test v -ból c -ig esve úgy, hogy a sebesítő erő mindazonnak maradna, amekkora v -ban (c felé értve); úgy a mozony parabolát ír.” – olvashatjuk Albert Dániel és Pálffy Károly kézírásában, akiknek neve a Marosvásárhelyi Főiskola 1846–47 évi közmegvizsgálatás rendjében is megtalálható (B 591/6-7v).



3. ábra

*A c középpontú bolygó v pontjából érintőlegesen
hajítunk el egy testet*

Ma így hangzana ez a kijelentés: ha egy testet a bolygó felszínén az érintő mentén akkora sebességgel dobunk el, amekkora sebességre felgyorsulna, ha a bolygó felszínétől a középpontig változatlan nagyságú erő hatására mozogna, akkor a test parabola pályát írna le. Nézzük meg mekkora sebességre gyorsulna fel az R sugarú bolygó felszínétől a középpontjáig zuhanó test, és mutassuk meg, hogy az egyenlő a szökési sebességgel. Legyen a bolygó felszínén a gravitációs gyorsulás értéke g , az esés során a leeső test helyzeti energiája mozgásivá alakul, tehát: $mgR = mv^2/2$, ahonnan: $v = \sqrt{2gR}$. Figyelembe véve, hogy a gravitációs gyorsulás az M tömegű bolygó felszínén: $g = \gamma M/R^2$, az előbbi sebesség a következőképpen is írható: $v = \sqrt{2\gamma M/R}$.

Másrészt a test akkor tud megszökni a bolygó gravitációs teréből, ha mozgási energiája révén képes legyőzni a bolygó gravitációs kötelékét, vagyis összenergiája nulla, tehát $-\gamma Mm/R + mv^2/2 = 0$, ahonnan a szökési sebességre a következő kifejezést kapjuk: $v_{\text{szökési}} = \sqrt{2\gamma M/R}$.

Ha a testet a szökési sebességgel lövik ki, parabola pályán fog mozogni.

Megjegyzés. A *parabolikus vagy szökési sebesség értéke a Föld esetén* a fenti képletekből: $v_{\text{szökési}} = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 6370000} \text{ m/s} \approx 11,18 \cdot 10^3 \text{ m/s} \approx 11,2 \text{ km/s}$ értéknek adódik. Ezt a sebességet a *második kozmikus sebességként* is szokás emlegetni.

B. „Ha akkora [az elhajítási sebesség] amekkora végsebességet kapna v_c közepén [lásd az ábrát], kör lesz.”

Írjuk át a kijelentést mai nyelvre: ha az elhajítási sebesség akkora, amekkora sebességet a bolygó felszínéről állandó erő hatására félsugárnyi távolságot zuhanva szerezne, akkor az eldobott test körpályát írna.

Hasonló gondolatmenettel, R helyébe $R/2$ -t írva, az elhajítási sebességre kapjuk: $v = \sqrt{gR}$, ez éppen a *körsebesség vagy első kozmikus sebesség*, amely $\sqrt{2}$ -szer kisebb a szökési sebességnél. Ha a körsebességgel hajítunk el egy testet érintőlegesen a bolygó felszínén, akkor az *mesterséges holdként körpályán* fog keringeni a bolygó körül. A mesterséges holdra ható centripetális erőt a bolygó gravitációs ereje képviseli. Ha e két erő kifejezését egyenlővé tesszük $mv^2/R = \gamma Mm/R^2$, kifejezhető a körsebesség: $v_{\text{kör}} = \sqrt{\gamma M/R}$.

Megjegyzés. A körsebesség a Föld felszínén közelítőleg 8 km/sec -nak adódik, és ezt az értéket szokás *első kozmikus sebességnek* nevezni.

Összefoglalásként elmondhatjuk: ha a bolygó érintője mentén eldobott test sebessége egyenlő a szökési sebességgel, akkor a test parabolát, ha annál nagyobb, akkor hiperbolát ír; ha ez a sebesség a szökési sebességnél kisebb, de a körsebességnél nagyobb, akkor ellipszispályán mozog az eldobott test.

A sebességek nagyságának érzékeltetésére a „sebességhez tartozó magasságot” adták meg a vizsgára készülő Bolyai-tanítványok, vagyis azt a magasságot, amelyről homogén gravitációs térben szabadon esve a szóbanforgó sebesség megszerezhető.

Koós Ferenc, az egykori tanítvány emlékirataiból tudjuk, hogy az idős professzort tanítványai vették rá arra, a vizsgázónak a neve mellé írt kérdést tegye fel. Lett is ebből bonyodalom, amikor Toldalagi gróf, a főcurátor, váratlanul megjelent a nyilvános vizsgán, és az öreg professzor udvariasságból ismét Toldalagi Viktort szólította, aki ekkor a Sebess Samunak szánt tételt mondta el. Sebess Samu már csak ismételhette az elhangzottakat, mert más tételt nem tanult meg.

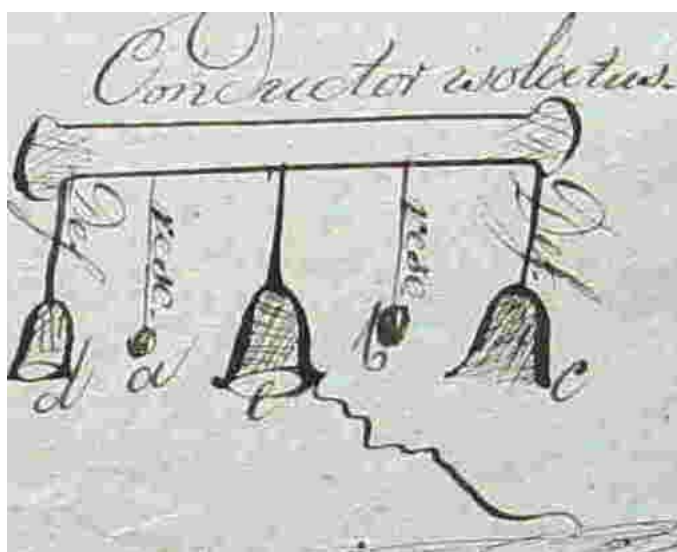
’Leerbogen=boltív csinálására, a’ Lánzc ’eresztetvén le, mellette deszkára rajzoltatik a’formája, (lánclinea = stutzlínea)

A *bolthajtáshoz* Bolyai Farkas a barátságot társítja, amint az a 1803. febr. 27-én Gauss-hoz írt leveléből kitűnik: „*A barátok együtt sokkal erősebbek, mint külön vett erejük összege*”, idézi Bolyai Rousseaut, majd folytatja: „*A boltozat kövei tartják egymást, egymagában mindegyik lehullana, a nemes léleknek a barátságra feltétlenül szüksége van.*”

3. ELEKTROMOS CSENGETTYŰ [1] 197–199. o

Az elektromosságról szóló fejezetben egész sor elektromos géphez vagy telephez kapcsolódó kísérlet, elektromos játék említését találjuk. Előfordul például a „Zegner machina, cuglizó-, klavírozó machina, electric csengettyű, a’ lábait mozgató pók”. Ezek közül az elektromos Segner-kereket ma is szokás fizika órán bemutatni. A következőkben az elektromos csengettyű felépítését és működését fogjuk vizsgálni a B 649/15v latin jegyzetoldal alapján. A vízszintes helyzetű szigetelt fémrúdon (Conductor isolatus) három kis fémharang függ: a két szélső, *d* és *c* jelzésű fémzáloón, a középső, *e* jelzésű selyemszálon. A középső harangot földelték. Az *a* és *b* fémgolyócskák selyemcérnán lógnak.

Ha a vízszintes fémrudat az elektromozógéphez kötjük vagy elektroforról feltöltjük, a csengettyű működni kezd. Ugyanis a *d* és *c* fémharangok feltöltődnek, magukhoz rántják, majd eltaszítják az *a* illetve *b* golyócskákat, amelyek megütik a *e* harangot is, melynek töltést adnak át, és amely szintén eltaszítja magától stb.

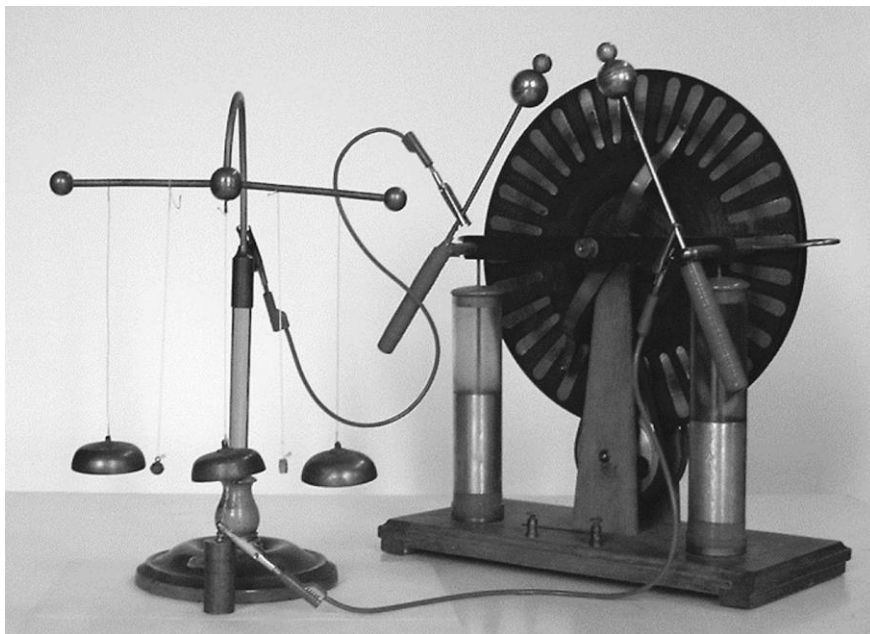


4. ábra

A szigetelt fémrúdon 3 kis fémharang függ: a két szélső d és c jelzésű selyemszálon. A középső harangot földelték. Az a és b fémgolyócskák selyemcérnán lógnak.

Régi iskolák szertáraiban fellelhető, még néhol az itt leírt 19. századból származó eszköz (Gren könyvében *elektrisches Glockenspiel*, azaz elektromos harangjátékként említik).

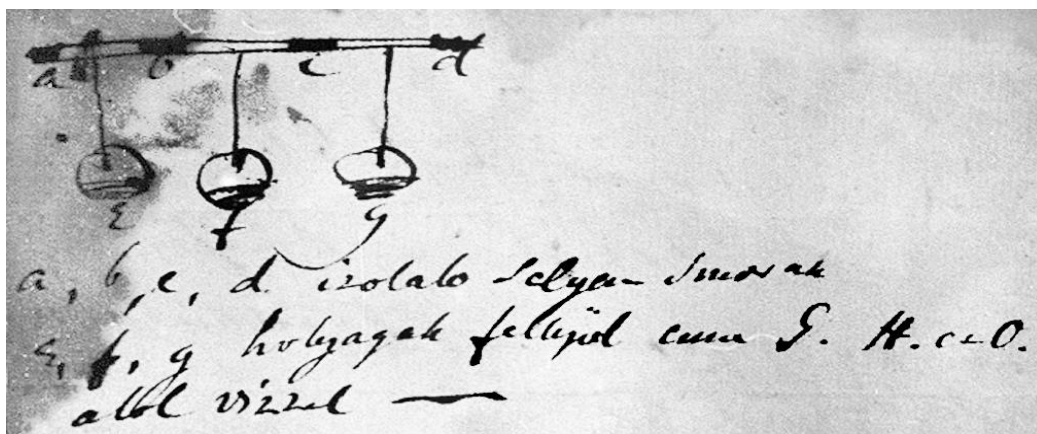
Az 5. ábrán látható fénykép a marosvásárhelyi Bolyai Farkas Líceum fizika szertárában készült a 20. század első évtizedeiből való elektromos csengettyűről, amelyet Wimshurst-féle elektromozó gépről működtettünk.



5. ábra

Az itt lefényképezett gyárilag előállított elektromos csengettyű felépítése megegyezik a 4. ábra csengettyűjével és WHIMSHURST féle gépről működtetjük.

Bolyai Farkas „Fizikai eszközök és kísérletek” felsorolását tartalmazó lapjain található az alábbi vázlat és a hozzá tartozó 3 sor, melyeknek olvasata: „*a, b, c, d* izoláló selyem sinorok; *ε, f, g* hólyagok (...) alól vízzel.”



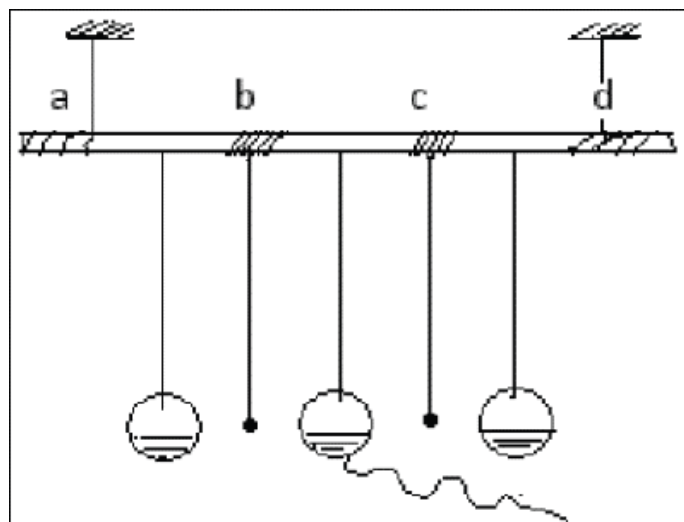
6. ábra

A 6. ábra vizet tartalmazó hólyagjai az előző ábra fémharangjainak felelnek meg.

A vázlat első megtekintése óta (körülbelül két évtizede) világos számomra, hogy az egy elektrosztatikai kísérletre vonatkozhat, de a megfejtésnél mindig elakadtam azon, hogy mi értelme lehet szigetelő

selyemzsinórokat vízszintes helyzetű fémrúdra tekerni. Nemrég – újból a vázlatra pillantva – leesett a tantusz: eszembe ötlött, hogy a vázlat tökéletesen megfeleltethető az említett B649/15v latin jegyzetelddal „electric csengettyű”-jének. A vizet tartalmazó hólyagok a fémharangokat helyettesítik, feltételezhető továbbá, hogy a két szélső hólyag vezető szálon (esetleg vizes cénán), a középső hólyag szigetelőn (esetleg száraz cénán) függ, és földelt.

A *b* és *c* pontokban feltekert selyemzsinórokon kis fémgolyók lehetnek, melyek letekerve épp a hólyagok között lennének. Az *a* és *d* selyemzsinórok az egész eszköz felfüggesztésére szolgálhatnak. Az itt leírt csere műveletet szemlélteti az utóbbi ábra, és így eljutottunk egy házi készítésű elektrosztatikai eszközhöz.



7. ábra

Ez utolsó összeállításban kisméretű lufik helyettesítenék a hólyagokat.

Ha nincs fémharang, van disznóhólyag, „szegényember vízzel főz” – mondja a közmondás. Igaz, hogy a csilingelés itt elmarad, de a látvány meglesz, ha a vízszintes fémrudat elektrosztatikus generátorról, elektroforrról, esetleg megdörzsölt műanyag fésűről feltöltjük. Disznóhólyag helyett használható a ponty úszóhólyagja is, de a fémgolyócskák tömegének sokkal kisebbnek kell lenniük, mint a vízzel töltött hólyagok tömege. De próbálkozhatunk három lufival is, melyekbe vizet töltünk, valamennyire felfújva lekötjük, és a lufikat és a két szélső cénát speciális spray-vel befújva vezetővé tesszük.

A fenti vázlat alapján joggal állíthatjuk, hogy a szemléltető eszközök barkácsolásának gyakorlatát „jó Bolyai öreg apánk”-tól (diáknóta szavai) örököltük Marosvásárhelyen. A mai marosvásárhelyi „Bolyais” tanárok ezt „bütykölés”-nek mondják, Árkossy László, az 1960-as évek nagytiszteletű tanára az elektroncsövek mesteri értője és alkalmazója pedig „dikicselés”-nek nevezte.

Az eddig tárgyalt elektromos csengettyűre emlékeztető elektromos játékot ma nagyon könnyen összerakhatunk otthon is, mégpedig olyat, amelynek működtetéséhez nincs szükség elektromozó gépre.

Vegyünk három üres konzervdobozt és tegyük egymástól úgy 3–3 cm távolságra. A két szélső alá helyezzünk egy-egy hungarocell lemezt. Két kicsi csapágygolyót epokittal ragasszunk egy-egy cénaszálhoz, majd lógassuk állványról a konzervdobozok közé, úgy, hogy ne érjenek hozzájuk. (Állványt képezhetünk két vastos könyvre tett kötötűből a fénykép szerint. Golyócskák helyett használhatunk kis alumíniumból készült anyacsavart, vagy kisméretű patent kapcsot a varrós dobozból, ezek könnyen felfüggeszthetők.) A két szélső konzervdobozt elektromosan összekapcsoljuk például egy szigetelt drótszállal, melynek csupasz végeit a konzervdobozok alá csíptetjük. A középső konzervdoboz, amely az asztalon van, földeltnek tekinthető. Fésülködéssel feltöltött fésűt helyezzünk az egyik szélső konzervdobozba úgy, hogy a fésű fogai e művelet közben érintsék a konzervdoboz peremét. A cénára ragasztott fémgolyók „harangozni” kezdenek.

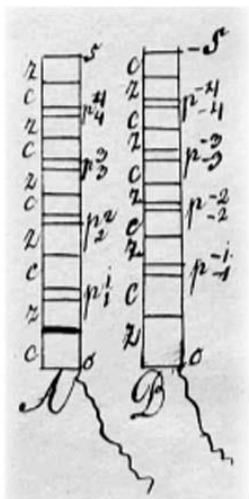


8. ábra
Nagyon könnyen kialakítható csengettyű

Magyarázat: A fésűvel töltést vittünk a szélső konzervdobozokba, a golyókban megosztás történt, a konzervdobozok magukhoz rántották, majd eltaszították a golyókat, amelyek aztán a középső konzervdobozhoz ütköztek, töltést adtak át neki, és visszapattantak róla, s ez így folytatódik, amíg a fésűvel bevitt töltés fokozatosan el nem fogy – elsősorban a középső, gyakorlatilag földelt konzervdobozon keresztül.

Newton a lencsék színi hibája miatt a tükrökhöz folyamodott és megalkotta a „tükrös messzemutatót”.
„*Euler a' nagy mester megmutatta, hogy ha bizonyos alaku, bizonyos törő erejű átlátszókon megy a' sugár által, 's meg török, az elébbi hiba elhárítatik; mindazáltal sokat próbálván oly átlátszókat találni 's nem lelvén, anyira elcsüggedett, hogy mikor egy angol művész, Dollong, Euler után próbákat téve talált olyant, Euler tagadta, 's lehetetlennek állította; Innen láttzik két ilyen, minden földi lények közötti két leg nagyobbakan a' véges emberi elme bélyege*”. (A kiváló képességű szakteknély, Euler képtelen volt elismerni Dollong sikerét!)

4. A VOLTA OSZLOP ÉS ALKALMAZÁSA [1] 199–200. o.

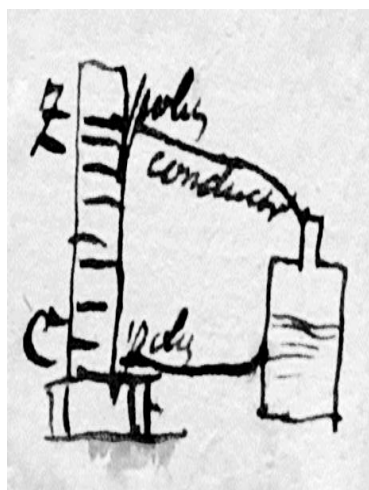


9. ábra
Volta-oszlop

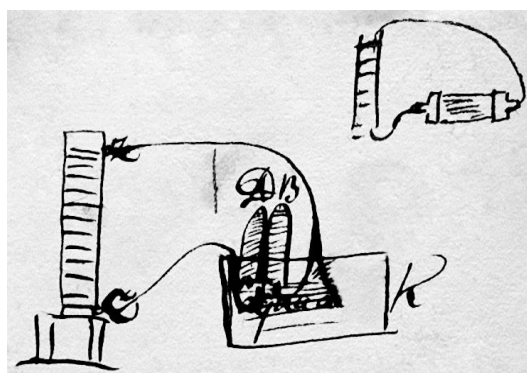


10. ábra.
*Volta-oszlop a Bolyai Líceum szertárából
a B625/32 Bolyai jegyzetből*

De mi a Volta-oszlop? Cink és rézlemezek közé egymásra helyezett elektrolit oldattal megnedvesített szövetből álló kis galvánelemekből összerakott oszlop. Több száz volt feszültséget, de igen kis áramerősséget szolgáltat. Megreformálta a 18/19. századforduló elektromosságát.



11. ábra
Volta-oszlopról Leideni-palack tölthető fel (BF 427/104)



12. ábra
Volta-oszlopal vízbontás valósul meg, a B csőben oxigén, a D-ben hidrogén fejlődik.
A kép jobb felső részén a Volta-oszlophoz kapcsolt kisülési csőben lévő kisnyomású gáz világít.
(427/104v)

„Vagynak az aernek különböző stratusai, 's a' Világosságot küömbféle képpen törő helyei miatt különösláttzatok, melyek szerént Városok, Torn yok darabjai jóllehet a Horizonon alol vagynak, a levegőben csudálatosan láttzanak. A Bounoparte hadi serege egy ilyen látására a sebess marschban megállott Egyiptomban.”

„Ha egy Köbe lyuk furatik vagy vágatik, 's az meg töltetik száraz potzkokkal, víz töltetvén azokra, bé hat a' porusokon 's ugy meg degednek a' potzkok , hogy a kő szélllyel reped”.

5. AZ ELEKTOFOR FELEPÍTÁSE ES MŰKÖDÉSE [1] 193. o.

Ha a pléh tepsibe öntött spanyolviasz - vagy szurokpogácsa sima felszínét rókaprémmel megcsapkodjuk, ráhelyezzük az óntányért, majd ujjunkkal megérintjük, s végül selyemszálakkal az óntányért felemeljük, az óntányér pozitív lesz. Ha érintés nélkül emeljük fel, az óntányér semleges marad.

Rövid magyarázat: A spanyolviaszt rókaprémmel dörzsölve vagy csapkodva negatívan töltődik fel. A ráhelyezett óntányéron elektromos megosztás történik, az elektronok az óntányér felső felületére társítódnak, az óntányér alsó felülete pozitív töltésű lesz. Ha ujjunkkal megérintjük az óntányért, az elektronokat elvezetjük, a pozitív töltések a spanyolviasz vonzása miatt maradnak, így a tányér pozitív lesz felemelése után is.

A 18. és 19. század fordulóján az elektrofor az elektrosztatikai kísérletek fontos kelléke volt. Megjegyzendő, hogy a legnagyobb elektrofort Georg Christoph Lichtenberg (1742–1799), a göttingeni egyetem híres csillagászat és fizika professzora építette. Ennek átmérője csaknem 2 m volt, fedelét csigasorral emelték fel, 40 cm-es szikrát is tudtak vele kelteni. Az idős professzor előadásait Bolyai Farkas és Carl Friedrich Gauss is élvezettel hallgatta 1796 és 1799 között. Lichtenberget Gauss Göttingen díszének nevezte. Ha házilag készítünk elektrofort, az óntányért merev szigetelő fogantyúval láthatjuk el. A spanyolviasz, illetve szurokpogácsa megcsapkodása után az óntányérral (clipeus c) egymás után többször is vihetünk töltést az elektromozandó tárgyra. Így sokkal hatékonyabb lesz a feltöltés, mint például megdörzsölt üvegrúddal.



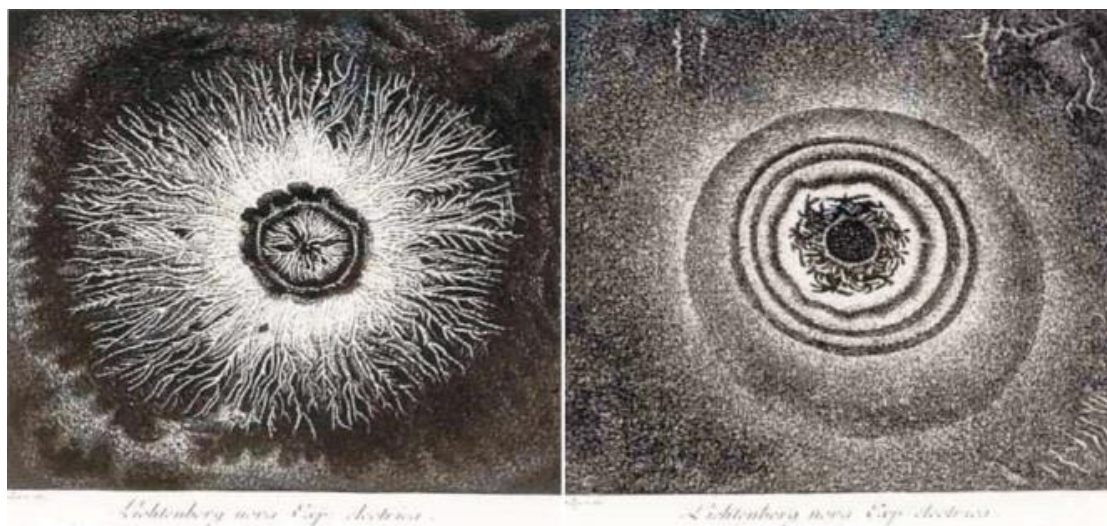
13. ábra

Az 1913-ban gyártott elektrofor. Restaurálta Bíró Tibor 2000 körül.

6. LICHTENBERG-FÉLE PORÁBRÁK [2] 65. o. és [3] 88. o.

Lichtenberg-ábrák úgy hozhatók létre, hogy elektrofor fedeléhez vagy feltöltött Leideni palackhoz kapcsolt fémtűvel érintünk meg egy fémlapra helyezett üveglemezt (vagy más szigetelőt), amit azután likopódium, kénporral, stb. szórunk be. A por, amelyet a lapra hintünk, rázás folytán elektromos lesz és az üveglap azon részeire rakódik, melyek vele ellenkező elektromosságúak. A fémtű pozitív töltése esetén a sugárszerűen kiinduló vonalak, negatív töltés esetén pedig koncentrikus körök jellemzik a kialakult Lichtenberg ábrát. Lichtenberg kis fémcsövet helyezett a gyanta lapra, és azon keresztül engedte a szikrát a lapra. A modern másológépek működési elve a Lichtenberg ábrákra vezethető vissza.

A következőkben szeretnénk egy eredeti, Lichtenberg által 1777–78-ban készített ábra fotóját közölni, aztán Bolyai Farkas egy latin jegyzetéből vett Lichtenberg ábrát, végül 4 Lichtenberg ábrát, amelyeket Bíró Tiborral közösen készítettünk. Itt szeretnénk tisztelettel és nagyrabecsüléssel megemlékezni a 2024 októberében elhunyt nagy kísérletező tanárról és segítőkész kollegáról, Bíró Tiborról.



14. ábra

Eredeti, G.C.Lichtenberg által keltett ábrák az 1777 áprilisától 1778 májusáig tartó időszakból.



15. ábra

Lichtenberg-ábra egy latin nyelvű Bolyai-jegyzetből.



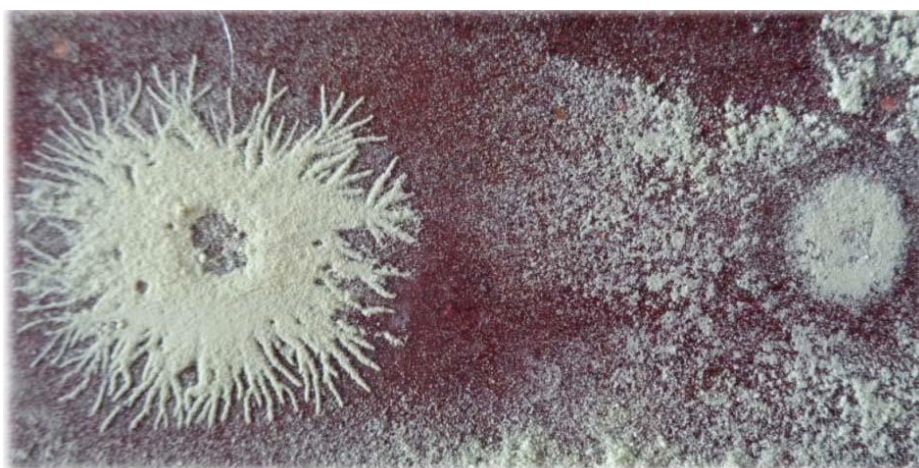
16. ábra

Lichtenberg-ábra fémványra öntött zöldes színű spanyolviaszon kénporral.



17. ábra

Lichtenberg-ábrák fémtányérra öntött hegedűvonó-gyantán kénporral.



18. ábra

Lichtenberg-ábrák fémtányérra öntött bordó-barna spanyolviaszon kénporra kisebb átmérőjű részcső esetén.



19. ábra

Lichtenberg-ábrák fémtányérra öntött zöldes színű spanyolviaszon, kén és miniumporral.

Most következzen Horváth Farkasnak, Bolyai az egyik legsikeresebb mérnök-tanítványának vizsgálódása optikából: „Ha a' tárgy a' tükör középpontjától megyen a' focuson át in infinite, mit csinál a kép 's miért a' megindulásakor a' tárgyhoz egyenlő (kép) mind oriásul megfordult alakban, míg a' végtelenbe elenyészve a' focusba érkeztekor - a' tulso végtelenbe azonnal egyenes állásban oriasilag támadva fel a' tükör háta megett, a' tárggyal egymáshoz közelednek?”

(Ha valaki diákkorában szerkesztett homorú tükör által alkotott képeket különböző helyzetű tárgyak esetén, bizonyára esélyesebb lesz a kép mozgásának elképzelésében is!). Horváth Farkas a kiegyezés utáni időben Budapest főmérnöke lett; ő említi egy, Koncz József könyvtáros professzorhoz írt levelében, hogy Bolyai Farkas „magasabb katedrára lett volna hivatva, ... , hol tisztán tudománnyal foglalkozhatott volna, s ahol az érettebb fiatalság a tanár előadásán függ.”

7. AZ ELEKTROMOS ÉS MÁGNESES JELENSÉGEK KAPCSOLATA [1] 203.o.

Árammal átjárt vezető mágneses mezőt kelt

„Ha a Volta oszlop + és – pólusa egy vezető által ér össze, ha réz is ezen vezető a' vasat mágnesi erővel vonja, valamíg a kör bé van zárva, sőt még ezen felyül a mágnesűnek állását is elváltogatja, míg a kör zárva van, mellynek szabályát Ampère fejezte ki.”

A kísérletet Oersted végezte 1820. július 21-én. Az elektrodinamika, földmágnesség, elektromágnesség területén végzett kutatásairól Ampère 1820-ban számolt be a Párizsi Akadémián.

„Ha lópatkó forma vas tárgy sűrűn kerítetik selyemmel bevont rézdróttal, 's egy erős Volta-oszloppal kétfelől bészaratik a' kör, oly nagy mágnes erőt kap az írt vas – ... – hogy 10 mázsa vasat is elbír”.

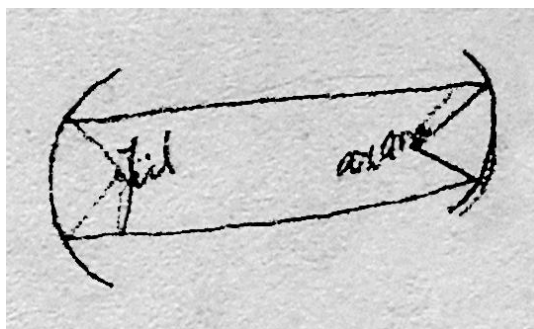
Változó mágneses mező zárt huzalban áramot indukál

„De midőn a' berz mágnesi erőt hoz elő, valyon megfordítva nem támaszt é a' mágnes is berzerőt?” (berz=elektromosság, az elektromágneses indukcióról van szó).

„Ha lágyvas kerítetik rézdróttal körül, 's alatta egy erős (mozgó) mágnes, ha a' drótnak két vége, egyik az egyik: másik a' más kézzel megfogatik, ... akkor rázodik.” Ezt a kísérletet 1831 augusztusában végezte el Faraday. (Mai szóhasználat: Egy lágyvas darabot selyemmel bevont rézdróttal körbetekerünk, két kézzel a drót végeit szabad kézzel megfogjuk, és egy erős mágnes mozgat valaki a vastárgy közelében. Érezzük, hogy „megráz”. Ez az elektromágneses indukció egy esete. Bolyai ez utóbbi jelenséget „mágnes által keltett berzerő”-ként is emlegethetné.

Még egy kis anekdotázás:

„Dyonisius Füle Syrakusénál (azt mondják, hogy ő faragtatta 'a Kősziklát paraboloides for mára (: ha szintén a' Természet is csinálta oly formán :), hogy ha az ember Focussába tartja a' Fülét a' messze hangot jól meg halja. Megfordítva ha a Focussába esik a szollás és ha ugyan azon axisba szembe egy paraboloides is van, ennek Focussába meghallik a Hang, a' mely messze eredett, a' nélkül, hogy közbe hallanék (: iyenformán Londonban a' Pál Templomában :) („Rövid” B545/40) /I./110.o



20. ábra
Parabolatükör, fókuszaiban óra és fül

8. ZÁRÓ GONDOLATOK

Bolyai Farkas korszerű fizikai ismereteket tanított magas színvonalon. A newtoni mechanika széleskörű alkalmazását is meg tapasztalhattuk.

Észrevehettük, hogy a az akkori fizika legújabb fejezetét, az elektromosságtant is naprakészen tanította. Oersted és Ampere 1820-ban végzett kísérletei, valamint a Faraday által 1831-ben felfedezett elektromágneses indukció már szerepel Bolyai Farkas 1840-50-es évekből származó elektromosság jegyzetében.

Elmondható tehát, hogy Bolyai Farkasnál a tanítás utol éri a tudományt. Hasonlóképpen, hogy Bolyai részt vett a latinról magyarra történő oktatásra való áttérés fáradságos munkájában.

A jegyzetek gyakorlatias jelleget mutatnak, színes, érzékletes, vidám a szóhasználat. Előadásai közben tett kitérőivel, anekdotáival kultúrtörténeti adalékokat szolgáltat Bolyai Farkas.

A fizika belső hasznáról is írt jegyzeteiben Bolyai Farkas. Ezzel a gondolattal szeretném zárni dolgozatom sorait: „*Valamely édes öröm az igazság országába elébb-elébb haladni.*”

KÖNYVÉSZET

- [1] Gündischné Gajzágó Mária – Szenkovits Ferenc – Gündisch György: *Bolyai Farkas fizikája és csillagászata. Másfél évszázada lappangó kéziratok*, Magyar Tudománytörténeti Intézet Budapest, Teleki-Bolyai Könyvtár, Marosvásárhely, 2013, ISBN: 978-615-5365-01-0
https://real.mtak.hu/56337/7/gajzago_bolyai_konyv_teljes_uj.pdf (2019. 04. 23.)
- [2] Gündischné Gajzágó Mária: Lichtenberg ábrák keltése Bolyai Farkas idején és ma 1. rész *Fizikai Szemle* 2016/2. 65. o.
- [3] Gündischné Gajzágó Mária: Lichtenberg ábrák keltése Bolyai Farkas idején és ma 2. rész *Fizikai Szemle* 2016/3, 88.o.