

**Bolyai Farkas hőtana**  
„A meleg ... fekete világosság, azaz a' világos sugárnak fekete stamenje”<sup>1</sup>

## **The Heat Chapter in the Physics Notes of Farkas Bolyai**

### **Capitolul Căldura în notițele de fizică ale lui Farkas Bolyai**

GÜNDISCHNÉ GAJZÁGÓ Mária

Hatvan  
gajzago.m@gmail.com

#### **ABSTRACT**

*With this paper we would like to demonstrate the high standard, the modern content and the practicality of the Physics Lecture Notes of Farkas Bolyai. These Notes, written in the first half of the 19<sup>th</sup> century, remained still in manuscript, highlight some less well-known activities of the great scientist and teacher. These Lecture Notes served as a coursebook for 4-5 decades in the Calvinist College in Marosvásárhely (Târgu-Mureș) and are also interesting because these times coincide with the development of the Hungarian Physical Terminology.*

#### **REZUMAT**

*Prin prezenta lucrare dorim să ilustrăm nivelul științific înalt, conținutul modern, caracterul practic al notițelor de fizică ale lui F.B. Aceste notițe, din prima parte a secolului a XIX-lea, rămase în manuscris pînă acum, scot la iveală o latură mai puțin cunoscută din activitatea marelui savant și dascăl. Ele au servit drept manual dealungul a 4-5 decenii în colegiul reformat din Tg-Mureș. Ele prezintă interes și prin faptul, că deceniile amintite tocmai coîncid cu perioada de formare a vocabularului științific al fizicii în limba maghiară.*

**Kulcsszavak:** fekete világosság, barometrum állása, szabad és megkötött meleg, Papin fazeka, képmény és híg forma

#### **BEVEZETŐ GONDOLATOK**

Miután BOLYAI FARKAS fizikatanításáról általában, valamint a gravitáció és elektromosság fejezetekről már beszámoltunk a *Korunk, Fizikai szemle, Természet Világa, Firka* hasábjain, most a magyar nyelvű fizika jegyzetek hőtani fejezetét kívánjuk áttekinteni és értékelni.

BOLYAI FARKAS 1804-ben kezdődő, majdnem fél évszázados tanári tevékenységének jelentős része a fizika, kémia és csillagászat tanítása. A marosvásárhelyi református kollégium értesítői szerint ezeket a tantárgyakat a tógás diákok a két középső, „jurista” osztályban tanulták, és tettek e tárgyan februárban és júniusban nyilvános vizsgát.

Az 1849-ben kiadott osztrák tanügyi törvény szerint [Organisationsentwurf 1990: 54] a 4 főgimnáziumi osztály második és harmadik évében heti 3-3 órában tanítottak természetrajzot és fizikát; matematikát pedig az első, második és harmadik osztályban 4, 3, 3 heti óraszámában. Összesítve a 4 főgimnáziumi osztályra, a természetrajz és fizika órák száma a matematika órák számának 60%-át tette ki.

BOLYAI FARKAS nagy gondot fordított a fizikakönyvek beszerzésére, szertár létrehozására, jegyzetek írására. [GÜNDISCHNÉ GAJZÁGÓ 1994] Terjedelmes (kb. 500 oldal, fűzve) latin nyelvű fizika-, csillagászat- és

---

<sup>1</sup> Tükörfordítás mai szóhasználatban: „A hő ... sötét fény, azaz a fénysugárnak láthatatlan összetevője”; „The heat is black light, or the invisible component of the light ray.”; Căldura e lumină neagră, adică componenta invizibilă a razei de lumină”

kémiajegyzete kézírásában maradt fenn 1815-ből.<sup>2</sup> Az általunk részletesen vizsgált magyar nyelvű jegyzetek többsége az 1840-es évekből származik. Ezek közül az *A Fizika* című jegyzet<sup>3</sup> *Melegről* fejezetét vizsgáljuk elsősorban.

Szeretnénk bemutatni a jegyzetben foglalt ismeretek magas tudományos színvonalát, korszerűségét, gyakorlatias jellegét, a tömörség ellenére is élvezetes előadásmódot. Szándékunk továbbá érzékeltetni BOLYAI FARKAS nyelvújítói törekvéseit a fizikai szaknyelv kialakítására.

A fejezet tartalmának vázlatos ismertetésével kezdjük, majd szemelvényekkel folytatjuk.

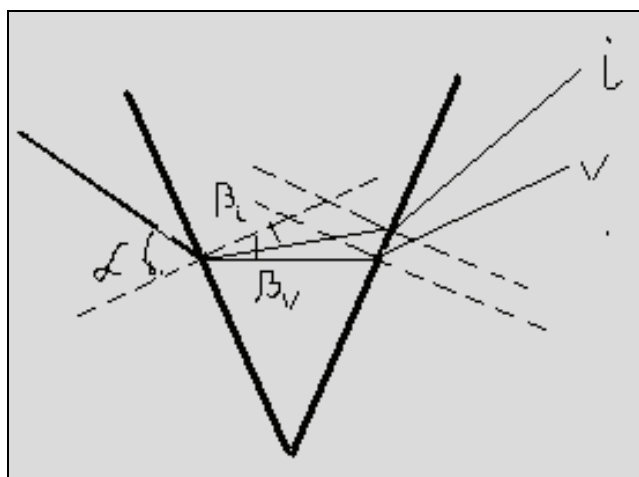
## A HŐTAN TARTALMA

BOLYAI FARKAS a következőképpen foglalja össze a fejezet tartalmát a bevezető sorokban: „A’ Melegre nézve ez a’ rend: 1) A’ misége, 2) Hányfélesége t.i. szabad, és megkötött Meleg, a’ megkötött vagy tulajdonképpen való, vagy Chemiai modon való: Elsőben a’ Szabad Melegről, szolván ennek okozójáról, megméréséről, eléhozásáról, melly megint vagy eredeti vagy származott derivativa, végre summázásáról. Annak utána a’ nem Chemiai modon megkötött melegnek quantitássáról, továbbá ennek változásától való függéséről a’ szabad melegnek, ’s végre az irt megkötött meleg mennyiségének a’ Test fizikai formájától való függéséről - és egy ’s más jelenleteknek inneni magyarázásáról.”

## A HŐ TERMÉSZETE

BOLYAI FARKAS hőtana nagyjából GREN 1800 előtt megjelent könyvének megfelelő fejezetére alapoz [GREN 1797: 325-409], amely a Caloricum elmélet alapján íródott. Ennek ellenére BOLYAI FARKAS a hő mi-benlétét HERSCHEL 1801-ben közölt prizma-kísérleteiből kiindulva magyarázza, és elkötelezi magát a hő – fényhez hasonló – hullámtermészete mellett. Ezt mutatják a következő sorok: „A’ világosság sugárának, amint HERSCHEL a’ prisma által megmutatta, edjik stamenje a’ veress alatt a’ fekete sugár, a’ Nap sugarából kivált stamen-meleg, úgy hogy a’ meleg mintegy a’ fekete világosság (: azaz a’ világos sugárnak fekete stamenje:). A prismán megtört sugár színei ezek, alol kezdvén a számlálást: fekete, veres, narancs szín, sárga, zöld, kék, indigó szín, viola szín. .... A’ veres stamen a legsebessebb (: a’ most uralkodó vibrationis systema szerint :), ’s azért legkevesebbé törik meg. ... A Meleg, mint a Tapasztalás mutatja, Világosság törvényeit is követi.”<sup>4</sup>

Itt meg kell jegyezni, hogy Bolyai prizma-rajzainál a törő él mindig alul van, így érthető a színek színeinek itt felsorolt sorrendje. Valóban, a fénytörés jól ismert törvénye, ha levegőből üvegbe lép a fénysugár :  $\sin\alpha/\sin\beta = c_{lev}/c_u$ . Ha ezt az összefüggést a beeső fehér fény különböző összetevőire alkalmazzuk és figyelembe vesszük, hogy a vörös fény terjedési sebessége a legnagyobb és hogy  $c_{lev}$  minden színű fényre azonos, akkor nyilván a vörösre a legnagyobb a  $\beta$  és így a vörös térül el legkevésbé ( $\beta$  mindig kisebb  $\alpha$ -nál) és a színek alján látszik.



1. ábra  
Fénytörés prizmán

<sup>2</sup> Jelzete a Teleki Tékában BF/427

<sup>3</sup> B 546

<sup>4</sup> B 546/30, B546/33-33<sup>v</sup>; meleg = hő, világosság = fény, stamen = szál

„NEWTON szerint (: aki nem határozta ugyan meg, de hajlandobb materiának venni, mely a' Világos Testből kilövődik, melyet Emmanationis Systemának hívnak; - a' rezgő systemából is ki lehet magyarázni :) a' sugár decomponalodik a' Test superficiessén, és p.o. a' feketétől a' több stamenek elivodván csak a' fekete meleg stamen adódik ki, p.o. ha a' hora a' napon különböző színű posztó darabok tétetnek – alattok a' Ho gradicsokra olvad, legmélyebben a' fekete alatt, a' fejeér alatt legmagassabban.”

## HŐMÉRŐK<sup>5</sup>

### A hőmérsékletmérés elve

„A szabad meleget<sup>6</sup> nem az érzés szerint mérjük” ... hanem „a' meleg feszítése mértékén”, - vagyis a hőkiterjedés alapján.

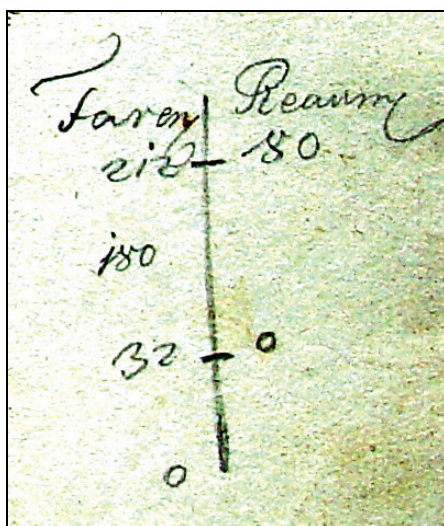
### A hőmérők osztályozási szempontjai

„A Thermometrumok ... fő különbsége az, hogy micsoda materiának feszítésén mérődik a meleg, - legjobb a' kénesső<sup>7</sup> nemcsak azért, hogy későn fagy meg 's későn forr, ... hanem, hogy a' feszülése a' meleggel leginkább van proportioba. ... A' más különbség a' Scálája, de az nem essentialis, 's edjiknek gradussait könnyű a' másokra által vonni:”

### Hőmérsékleti skálák

„A' Scála csinálásba fő dolog a' punctum fixumok meghatározása, az edjik a' Jégpont, ... a' másik a' víz Fövése pontja.” Figyelemre méltó a „Jégpont” után következő megjegyzés: „nem a' víz megfagyása pontját értve rajta, mely különböző szabad melegben eshetik meg, hanem a vizjég kiolvadása pontját.” Nyilvánvaló, hogy itt BOLYAI FARKAS a túlhűtés lehetőségére gondolt, vagyis arra, hogy a víz 0C<sup>0</sup> alá hűthető bizonyos körülmények között, anélkül, hogy kristályosodása bekövetkezne.

A FARENHEIT-, REAUMUR- és CELSIUS-skálák kialakításáról a következőket olvashatjuk: „A' két punctum fixum között lévő közöt REAUMUR 80 egyenlő részre osztja, FARENHEIT 180-ra, Celsius 100-ra. ... REAUMUR 's CELSIUS a' 0-at a' Jégponthoz teszi 's úgy számlálnak felfelé positiv, alá felé negativ gradusokat; FARENHEIT a' 0-at 32 maga gradussával teszi a' Jégponton alol.”



2. ábra  
Hőmérsékleti skálák

<sup>5</sup> B 546/31 – 32<sup>v</sup>

<sup>6</sup> szabad meleg = hőmérséklet

<sup>7</sup> Kénesső = higany

A skálák között könnyű az áttérés: „Ha  $n$  a Far.grad számát,  $x$  pedig a Reaum.grad számát teszi, lesz  $n = \frac{9}{4}x + 32$ , ’s e’ szerint kijön, hogy  $x$  R hány Farenheitot teszi; ha pedig  $n$ -ből kerestetik  $x$ , úgy  $x = \frac{4}{9}(n - 32)$ . Nézzünk két alkalmazást ezen összefüggésekre:

„... A’ vér melegét<sup>8</sup> 99 F grad írják a’ külső nemzetek (: nállunk kevesebb in regula, nem szolván az edjes beteges esetekről:), mely teszi  $\frac{4}{9}(99 - 32)R = \frac{4}{9} \cdot 67R = \left(29 + \frac{7}{9}\right)R$ ”, ami C<sup>0</sup>-ká alakítva lesz:  $(29 + \frac{7}{9})R = (29 + \frac{7}{9})(100/80)C$  fok = 37,22 C°

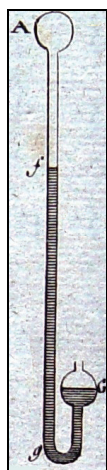
„A’ Kénesső 600 Farenheiton fejjül szünik meg hig lenni és még -30-nál hig – azon alol néhány grádussal fagy meg.”

600 F° fok =  $(600 - 32)100/180$  C° = 315,55 C°, mely érték kisebb a higany táblázatbeli forráspontjánál, vagyis 357 C°-nál; -30 F° =  $(-30 - 32)100/180$  C° = -34,44 C°, ezen hőmérsékletnél kicsit alacsonyabb a higany fagyáspontja, mégpedig -38,87 C° (BUDÓ Ágoston: Kísérleti fizika I., 495.old.)

### Az első hőmérők

BOLYAI FARKAS az „A fizika” és terjedelmes latin jegyzetében DREBBELT tekinti az első „termoscopium” megalkotójának. Említi még AMONTONS és NEWTON nevét a korai hőmérőkkel kapcsolatban.

GREN szerint Cornelius DREBBEL találta fel a hőmérőt az észak-hollandiai Altmarban 1600 körül. DREBBEL az A gömbbe levegőt zárt be az alatta levő színes folyadékkal (3. ábra) [GREN 1797: fig.125]. Ha az A gömbben a levegő melegszik a színes folyadék f szintje süllyed, ha lehül, akkor az f szint emelkedik A kényelmesebb használat végett DREBBEL másként is megszerkesztette hőmérőjét (4. ábra) [GREN 1797: fig.126]. Itt az A üveggömb zárt és a hőmérő felső g vége nyitott. Ha melegszik a levegő az A-ban, a színes folyadék f szintje emelkedik, lehüléskor süllyed.



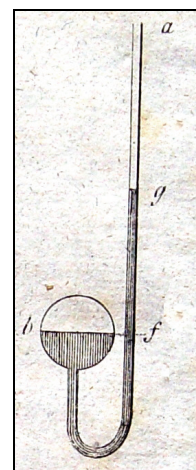
3. ábra  
Drebber 1. hőmérő



4. ábra  
Drebber 2. hőmérő



5. ábra  
A Drebber-hőmérő  
Bolyainál



6. ábra  
Amontons hőmérője

BOLYAI FARKAS DREBBEL-féle „termoscopium”-vázlatát latin nyelvű kézzel írt jegyzetéből<sup>9</sup> mellékeljük (5.ábra). Ez megfelel az első, GREN könyvéből vett hőmérőnek: az „aër”-tartály az „A”-nak, stb.; működésük hasonló. Ez utóbbi vázlatához kapcsolódik következő megjegyzésünk: GAMOW fizikatörténete szerint GALILEI 1522-ben használt ilyen „termoszópót”: szűknyakú gázpalackot félig megtöltött színes vízzel, amelyet fejjel lefelé ugyancsak színes vízzel töltött edénybe helyezett.

A DREBBEL-féle levegős hőmérők érzékenyek, de meglehetősen pontatlanok. Ezért bemutatjuk még – a BOLYAI által szintén említett – párizsi Guillaume AMONTONS (1663-1705) levegős, higanyos hőmérőjét (6.

<sup>8</sup> Vér melege = testhőmérséklet

<sup>9</sup> BF 427/55<sup>v</sup>

ábra) [GREN 1797: fig.132]. A korábbi „színes folyadék” – legtöbbször borszesz – helyett Amontons higany-nyal zárja be a levegőt az üveggömbbe. Az üveggömb átmérője nála jóval nagyobb a cső átmérőjénél, így a gömbbe zárt levegő térfogata megközelítőleg állandó. A higany „g” szintje a csőben a legalacsonyabb hőmérsékleten is magasabban kell legyen, mint az üveggömbben. A bezárt levegőre igaz az izokor állapotváltozás törvénye, vagyis  $P/T = \text{állandó}$ . A bezárt levegő nyomása a légköri nyomás és a  $g$  magasságú higanyoszlop hidrosztatikai nyomásának összege. Ez a nyomás egyenesen arányos a bezárt levegő abszolút hőmérsékletével. Ez a hőmérő már elég jó mérőeszköz.

### HALMAZÁLLAPOTVÁLTOZÁSOK<sup>10</sup>

„A’ meleggel minden vagy foly vagy elrepül, a’ nélkül minden megmered – kivéven az Aërt<sup>11</sup>,”

„A’ víz ... kemény formába egy bizonyos melegen túl nem tud menni, minden meleg azon fejtül a’ jégnek higgá való formálására fordítatik<sup>12</sup>; - hig formába sem tud a’ víz egy bizonyos melegen túl maradni, minden ujj meleg a’ viznek gözzé való változtatására fordul.” Nyilvánvaló, hogy az olvadáspont és forráspont, valamint az olvadáshoz és forráshoz szükséges rejtett hő, az olvadáshő és forráshő, létezéséről olvashattunk az előbbi sorokban.

Egy olvadék kristályosodásakor hirtelen felszabaduló rejtett hőről olvashatunk a következőkben: „Egy Chemicus valamely olvadékot vas fogantyujú vas edénybe téven a’ crystalizatio végett, a’ midön azt’ felfogta, ... a’ hig hirtelen kristályá vált, ’s akkora meleg szabadult ki, hogy kezéből kiejtette.” Érdemes az előbbi idézetet a három pont helyén kihagyott mondatdal együtt újból elolvasni. Íme a kihagyott sor „a’ részek arra a’ mozdulatra az ő atyafiságos<sup>13</sup> végeikkel találkozáván”. Ez a sor magyarázatot ad a kristályosodás mozzanatára, amikor az olvadék részecskéi az egymást vonzó végeikkel mintegy összekapcsolódnak, BOSKOVITS fejtegetéseire emlékeztetvén.<sup>14</sup>

### A FORRÁSPONT NYOMÁSFÜGGÉSE<sup>15</sup>

„Tsak ugyan függ a’ fővés pontja a’ Barometrum magasságától; ugyanis minél nagyobb a’ levegő nyomása annál inkább ellentáll a’ víz kifeszülésének. A forráspontot mindig „bizonyos Barometrum magasság alatt, p.o. 27,5 czol magasság alatt kell meghatározni.” ... Mivel 1col = 25-27mm, ez a nyomás 687,5 és 742,5 Hgmm közötti érték.

„Mikor az étel hamar fő, – a’ szakácsok mondják, hogy esső lesz (: a’ Barometrum akkor alább áll:)”. Hasonlóképpen a hegyeken alacsonyabb a légnyomás, és így a víz forráspontja is: „A hegyeken kisebb meleggel fő a víz, (noha ott a’ Tüz is rosszabul ég, ’s másfél mérföldnyire fenn<sup>16</sup> nem lehet tüzet csinálni).”

A légnyomás csökkenést és ezáltal a forráspont csökkenését el lehet érni légszivattyúval, vagy a fejlődő gőzök elnyelésével is, amint az a következő sorokból kitűnik: „Az antiával meg-gyérített levegőbe ... a’ víz kicsi meleggel fő, azáltal is (alacsony hőmérsékleten fő) hogy kénkő savany van ott, mely a’ gözzé változott vizet eligya.”<sup>17</sup>

A Denis PAPIN (1647-1714) által létrehozott fazékban nagyobb nyomáson, magasabb hőmérsékleten forr a víz. Rajzát a „Rövid ...”-ből mellékeljük<sup>18</sup>.

<sup>10</sup> B 546/31, 31<sup>v</sup>, 36<sup>v</sup>

<sup>11</sup> A levegő cseppfolyósítása 1895-ben valósult meg a Linde-féle géppel kb. -190 C fokon, 1 atm nyomáson.

<sup>12</sup> E mondatban a „meleg” szó előbb hőmérséklet, aztán hőmennyiség értelemben használatos; kemény forma = szilárd/kristályos halmazállapot, hig forma = folyékony halmazállapot

<sup>13</sup> Atyafiságos = itt: egymást vonzó

<sup>14</sup> Rövid jegyzések, B 545/4<sup>v</sup>; Bošković (1711-1787) horvát matematikus, fizikus és csillagász, Newton tanainak terjesztője és továbbfejlesztője, a fizikai hatások mezőelméletének megalkotója, a kontinuitás elvét vallja.

<sup>15</sup> B 546/31<sup>v</sup>, 32; Barometrum magassága = a légnyomás értéke, utalva a Torricelli kísérlet Hg-oszlopjának magasságára

<sup>16</sup> Itt a földrajzi mérföldre (= 7,42 km) kell gondolni, tehát Bolyai Farkas szerint 1,5.7,2 km = 11,13 km magasság fölött nem lehet tüzet gyújtani.

<sup>17</sup> B 546/36, antlia = légszivattyú, kénkő savany = kénsav

<sup>18</sup> B 545/35





7. ábra  
Olla Papiniana

Ez egy „egészen bészart edény, a’ honnan a’ gőz ki nem mehet, melybe a’ csont is hamar széjjel fő; de egy oly felnyílható ajtotskát kell a’ lesrofolt fedélre csinálni, hogy a’ mikor a’ feszítő erő igen nagyra nőne, a’ kinyíló ajton roncsos ki a’ víz oszlop (: mint egy vulcánból a’ Tűz :)”.

### A FAJHŐ MÉRÉSE

A „megkötött / megkötött Meleg” méréséről BOLYAINÁL<sup>19</sup> a következőket olvashatjuk: „Ha egy 1font len olaj, melynek 70 grad a’ melege egy font vízzel, melynek melege 100 grad öszvetöltetik, az elegyítés ... 90 grad lesz, melyből láttzik, hogy a’ font víz 10 gradust vesztett el, a’ font olaj 20-at nyert, tehát az a’ meleg, mely a’ Víznek 10 gradussába volt, az Olajnak 20-at adott, és így a’ víznek egy grádussába két annyi meleg van mint az olajnak egy gradussában.” A latin jegyzet is ugyanezt a példát hozza.

Mint látjuk, Bolyai nem nevezi meg ugyan a fajhőt, de jelentését – mai szemmel nézve is – jól érzékelteti.

J.BLACK skót orvos (1728-1799), aki először beszél mérhető hőmennyiségről, fajlagos hőkapacitásról stb., a következő módszert ajánlja folyadékok és szilárd testek fajhőjének meghatározására [BAUMGARTNER 1826: 386]: Mérjük meg a vizsgált test és a vele azonos tömegű, de más hőfokú víz hőmérsékletét összekeverés előtt és után. Aztán nézzük meg hány fokkal változott a test és a víz hőmérséklete. A víz fajhője annyszor nagyobb mint a vizsgált testé, ahányszor a test hőmérsékletváltozása nagyobb mint a vízé. Látjuk, hogy a két mérési módszer azonos.

BLACK példája: Ha 1font 0°R hőmérsékletű vizet 1 font 36°R fokos vasreszelékre öntünk, a keverék hőmérséklete 4°R lesz. Az a hőmennyiség, amely a víz hőmérsékletét 4 °R-kal emelte, az azonos tömegű vasat 32 °R-kal, vagyis 8-szor nagyobb mértékben csökkentette. 1 font vas 1 °R-kal való lehűlésekor 8-szor kevesebb hőt ad le, mint amennyi 1 font víz 1 °R-kal történő felmelegítéséhez szükséges. Tehát a vas fajhője 8-szor kisebb mint a vízé.

JEDLIK ÁNYOS Hőtanában, melyet LISZI JÁNOS adott ki 1990-ben, is szerepel ez a példa a „raspolt vas hévfoghatóságának” meghatározására.

### A HŐMÉRSÉKLET FÜGGÉSE A FAJHŐ ÉRTÉKÉTŐL ÉS A HALMAZÁLLAPOTTÓL

Az címet a jegyzetben a következőképpen olvashattuk: „A’ Kötött melegtől és forma physicától való függése a’ szabad melegnek.” Olvassuk nagyon figyelmesen a következő sorokat:

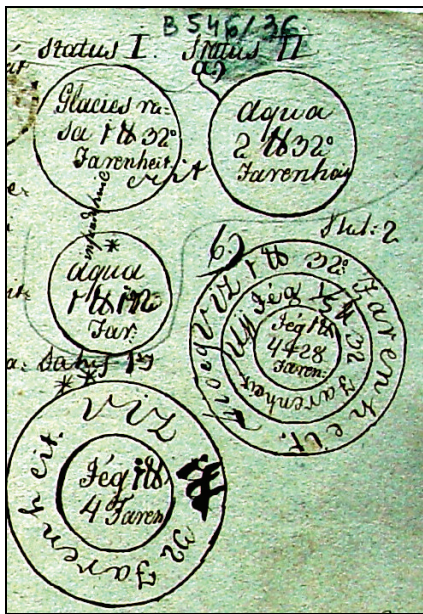
„A feljebb irt megkötött meleg nagyságát Capacitásnak hívják,- a’ szabad melegét Temperaturának. Ha edj Testnek physica formája úgy változ, hogy a’ Capacitassa nő, hideget okoz, mivel akkor néki több melege van szüksége, ’s többet von magához, ... , hogy akkora Temperaturát mutasson mint a’ körültre lévő médium. Megfordítva, ha a’ Capacitas kisebbül, meleg ömlik ki. Mikor a’ víz meg fagy, letészi a’ higság’ melegét, ’s mikor meg olvad újra annyit nyél el. – experimentumok bizonyítják. Mikor egy testnek Formája

<sup>19</sup> B 546/32<sup>v</sup>-33, BF 427/73

a' következő scálán fel felé változik, nő a' Capacitása, - ha lefelé, úgy apad; tehát az első esetben Hideget – azután Meleget csinál. A' Scála ez: Kemény, Híg, Gőz, Aër sőt ha valamelyik ezen grádsok közzül is gyérül, nő a' Capac:, ha tömöttül apad.”

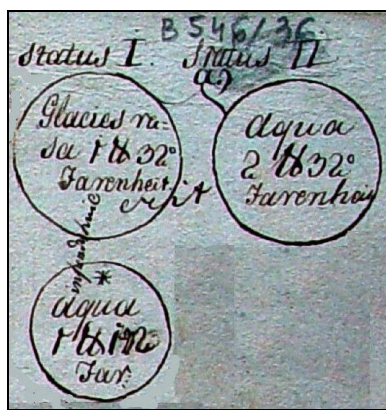
A fenti kijelentések például vízre könnyen beláthatóak, hiszen, ha a halmazállapotok skáláján a szilárd, folyadék, gőz sorrendben haladunk, a fajhő értékek növekednek (a víz fajhője szilárd halmazállapotban a legkisebb, gőz halmazállapotban a legnagyobb értékű); olvadáskor és forráskor pedig hő elnyelés történik.

Ugyanitt találjuk a következő ábrát latin nyelvű oldaljegyzettel ellátva. Különítsük el az ábra a, és b, részeit, majd magyarázzuk meg az ábrázolt jelenségeket!

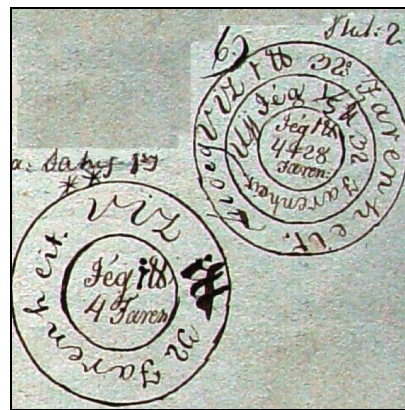


8. ábra

Vázlat két keverési feladathoz



8. a) ábra



8. b) ábra

Az a) és b) ábrán egyaránt megfigyelhető a bal- és jobb rész elkülönítése, a status I. valamint, status II. jelzések, amelyek a körökben feltüntetett testek kezdeti és későbbi állapotára vonatkoznak. A 8. a) ábra szerint: Status I = kezdeti állapot: 1 font 32 F°-os tiszta jég, és 1font 172 F°-os víz. Status II = végső állapot: 2 font 32 Farenheit°-os víz. (# a font jele a jegyzetben.)

Ellenőrizzük, amit ezen adatok sugallnak, vagyis hogy 1 font 32 F°-os tiszta jég, és 1font 172 F°-os víz összekeverése során valóban 2 font 32 Farenheit°-os víz keletkezik-e?

Amikor a víz 172 F°-ról fagypontra, 32 F°-ra leűl,  $140 \text{ F}^\circ = 140 \cdot \frac{100}{180} \text{ C}^\circ = 77,77 \text{ C}^\circ$  -kal csökken a hő-

mérséklete és  $1 \text{ font} \cdot 4,183 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{C}^\circ} \cdot 77,77 \text{ C}^\circ = 1 \text{ font} \cdot 325,34 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$  hőt ad le.

1 font 32 F°-os jég megolvadásához  $1 \text{ font} \cdot 333,7 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$  hő szükséges.

Mivel ez a két hőmennyiség megközelítőleg egyenlő, a hőcsere után valóban 2 font 32 F°=0C °-os víz lesz az edényben.

A 8. b) ábra szerint Status I = kezdeti állapot: 1font 4F°-os jég, és 1 font 32 F° - os víz. Status II = végső állapot: 1font 32 F°-os jég, 1/5 font 32 F° - os új jég, 1 font 32 F° -os hideg víz.

Határozzuk meg számítással, mit kapunk 1font 4F°-os jég, és 1 font 32 F°os víz összekeverése során!

Miközben 1 font jég hőmérséklete 4 F°-ról 32 F-ra, vagyis  $28 \text{ F}^\circ = 28 \cdot \frac{100}{180} \text{ C}^\circ = 15,55 \text{ C}^\circ$  -kal nő, x font 32 F°=0 C°-os víz megfagy és így (1-x) font víz marad. Írhatjuk, hogy:

$$m \cdot c \cdot \Delta T = x \cdot L_0; \text{ vagyis: } 1(\text{font}) \cdot 2093,5 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{C}^0} \cdot 15,55\text{C}^0 = x(\text{font}) \cdot 333700 \frac{\text{J}}{\text{kg}},$$

Ahonnán  $x = 0,0975$  font, tehát kb.  $0,1\text{font} = 1/10$  font új jég keletkezik

Végső állapotban tehát:  $1\text{font } 32\text{ F}^0$ -os jég,  $1/10\text{font } 32\text{ F}^0$ -os új jég,  $0,9\text{ font } 32\text{ F}^0$ -os hideg víz lesz az edényben. Nyilvánvaló, hogy a vázlatban megadott új jég és a megmaradó víz mennyisége hibás!

1. Megj. Ugyanez a keverési példa a latin jegyzetben is megtalálható.<sup>20</sup>

2. Megj.: Ha a jég fajhője megegyezne a víz fajhőjével, az új jég mennyisége megközelítőleg  $0,2\text{font} = 1/5$  fontnak adódna, mint BOLYAI FARKAS jegyzetében.

3. Megj. GREN könyvében is megtalálható[GREN 1797: 401] ugyanezen jelenség leírása, de az előbbi-ektől különböző eredménnyel. Íme a feladat: „... Warum z.B. von 1Pf. Wasser von  $32^\circ$  mit 1Pf. Schnee von  $4^\circ$  vermischt, fast  $\frac{1}{2}$  Pf. Wasser gefriert und das ganze Gemisch auf  $32^\circ$  kommt.” („... Egy font  $32^\circ\text{F}$ -os víz és 1 font  $4^\circ\text{F}$  hőmérsékletű hó összekeverésekor miért fagy meg majdnem  $\frac{1}{2}$  font víz és miért lesz a keverék hőmérséklete  $32^\circ\text{F}$ ?” A kezdeti feltételek itt is ugyanazok, tehát itt is kb.  $0,1$  font víz fagy meg és nem  $\frac{1}{2}$  font.

Érdekes módon a jég fajhőjét sem GREN, sem BAUMGARTNER könyvében nem találtuk meg.

## A HŐTERJEDÉS MÓDJAI, MINDENNAPI ÉLETBŐL VETT PÉLDÁK<sup>21</sup>

### Hősugárzás és a hősugárzás visszaverődése

„Jobb a fekete kájha, mint a' feje, söt' a' mázolatlan is jobb a' mázoltnál, ha különben elég jó arra, hogy megmelegedjék. A' feje köntös Télbe Nyárba legjobb, - a' fekete mindenkor legrosszabb mivel télben inkább sugároz, nyárban jobban melegszik.”

„Az öblös tükör focussába egy más(ik) azon tengelyen szembeállított tükör focussába tett tűzről a puska por fellobbanhat, legalább a termométer felhág; meg fordítva a tűz helyébe jeget téve, le száll.”

### Hővezetés és érintkezés

„A' vasat, ha csak olyan meleg is mint a' fa, (és ujjunknál magasabb hőmérsékletű) melegebbnek érezzük; azért tesznek a' vas ajtoknak, a' pléh edényeknek fa fogot.”

Az ujjunknál hidegebb, de a fával azonos hőmérsékletű vastárgyat viszont hidegebbnek érezzük.

„A' Terjedés lassan megyen; egy a' végén meg-melegített rud vasnak a' más vége később és nehezen melegszik meg – kivéve, ha felfelé áll –, nem azért mintha a' meleg felfelé menne, mert az mindenfelé megyen, hanem mivel a' meg-melegített levegő megyen mellette fel.”

### Hőáramlás

„A kemence mellett melegült lég fel hág, 's ezen áll a divati léggeli melegítés; mely csak ugyan még Volfius idejében divatban volt,” ... Volf dolgozta ki, hogy „egy szobának melege miképpen oszlojk fel többekre.” ... „A nagy érdemű szász hazánk fia Meiszter (valójában Meissner) pedig egy kisebb szobát a többiért melegít.”

## KÖVETKEZTETÉSEK

Bolyai mellőzi a caloricum–elmélettel történő magyarázatokat; az „aether rezgéseiről” sem ír, a jelenségek, törvényszerűségek ismertetésére szorítkozik; a példák sokaságát sorakoztatja fel a mindennapi életből vett legegyszerűbb megfigyelésektől kezdve a korabeli technika legújabb megvalósításainak leírásáig (Például PAPIN fazeka, vagy MEIBNER új fűtési módszere).

BOLYAI nyilván nem csak GREN könyvét használta a hőtán tanításánál, hanem annál sokkal később kiadott könyveket is, például BAUMGARTNERét 1826–ból. GRENnél nem, de BAUMGARTNERnél már olvashatót HERSCHEL 1801-ben közölt prizma kísérleteiről.

BOLYAI latin jegyzetében ír RUMFORD fegyvergyári méréseiről, melyekből a kísérletező arra a meggyőződésre jut, hogy az ágyúcsövek fűrésánál fejlődő hő valamiféle mozgással és nem egy különleges hőanyag átáramlásával magyarázható; GREN épp csak említi azokat.

<sup>20</sup> BF 427/77<sup>v</sup>

<sup>21</sup> B 546/34-35, B 601/7<sup>v</sup>-8<sup>v</sup> és B 602/1-3



BOLYAI jól ismerte MEIBNER fűtési módszerét, annak előnyeit WOLF módszeréhez képest, vizsgakérdéseiben is megemlíti.<sup>22</sup> Ezen áramlástan ismeretek szervesen kapcsolódnak BOLYAI Farkas kályharakási tevékenységéhez, melyről OLÁH ANNA írásaiban olvashatunk.

A szemelvényekből láttuk, miként küszködik a jegyzetek szerzője a szakkifejezések használatával. A GRENNél előforduló Freier Wärmestoff és Fixirter Wärmestoff megnevezések tükörfordításait megtaláljuk a BOLYAI jegyzetekben „szabad meleg” és „megkötött meleg”-ként, de itt a „szabad meleg” nagysága a „temperatura”, a „megkötött melegé” a „capacitas”. GRENNél a „Temperatur” és a „Freier Wärmestoff” különböző mennyiségek, és ez utóbbi a halmazállapotváltozások során „rejtetté” válik vagy fordítva. BOLYAINál is így van: „Amikor a víz megfagy, leadja a híg melegét.”

Végül be kell látnunk, hogy a BOLYAI által bevezetett / használt, sokszor beszédes magyar megnevezések, mint „sötét világosság, híg és kemény forma, kénesső, kénkő savany, atyafiságos” stb. nem állták ki az idő próbáját, többek között azért, mert a jegyzetek kéziratban maradtak.

## IRODALOM

- 1) Az ausztriai gimnáziumok és reáliskolák szervezeti terve, Budapest 1990 (Organisationsentwurf, 1849)
- 2) GÜNDISCHNÉ GAJZÁGÓ MÁRIA (1994): „A világosság különböző színű szálai habjai hossza” BOLYAI FARKAS, a fizikatanár, *Fizikai Szemle*, 1994/3, 110-115, Budapest
- 3) GREN, FRIEDRICH ALBRECHT KARL.: (1797), Grundriss der Naturlehre, Halle
- 4) BAUMGARTNER, ANDREAS (1826): Die Naturlehre, Wien
- 5) A fizikajegyzetek kéziratai

---

<sup>22</sup> B 602/3