

# fizikai szemle



2013/3



Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat  
havonta megjelenő folyóirata.  
Támogatók: A Magyar Tudományos  
Akadémia Fizikai Tudományok Osztálya,  
az Emberi Erőforrások Minisztériuma,  
a Magyar Biofizikai Társaság,  
a Magyar Nukleáris Társaság  
és a Magyar Fizikushallgatók Egyesülete

Főszerkesztő:

Szatmáry Zoltán

Szerkesztőbizottság:

Bencze Gyula, Czitrovsky Aladár,  
Faigel Gyula, Gyulai József,  
Horváth Gábor, Horváth Dezső,  
Iglói Ferenc, Kiss Ádám, Lendvai János,  
Németh Judit, Ormos Pál, Papp Katalin,  
Simon Péter, Sükösd Csaba,  
Szabados László, Szabó Gábor,  
Trócsányi Zoltán, Turiné Frank Zsuzsa,  
Ujvári Sándor

Szerkesztő:

Füstöss László

Műszaki szerkesztő:

Kármán Tamás

A folyóirat e-mail címe:

[szerkesztok@fizikaiszemle.hu](mailto:szerkesztok@fizikaiszemle.hu)

A lapba szánt írásokat erre a címre kérjük.

A folyóirat honlapja:

<http://www.fizikaiszemle.hu>



A címlapon:

A Mars északi pólussapkáját  
körülvevő homoktenger egy részlete  
a NASA Mars Odyssey szondáján  
elhelyezett THEMIS kamerával  
készített felvételen. A nagy kiterjedésű  
Olympia Planitia homokdűnén  
jégfoltok is láthatók. A Mars északi  
pólussapkája főként vízjégből áll,  
amelyre vékony CO<sub>2</sub>-jégréteg  
(szárzajég) rakódik.

## TARTALOM

Varga Péter: Esszé a mérésekről, amelyek a Planck-törvény felfedezéséhez vezettek – 3. rész	73
Kereszturi Ákos: A marsi vizek fizikája	77

### A FIZIKA TANÍTÁSA

Tichy-Rács Ádám: A 2012. évi Eötvös-verseny ünnepélyes eredményhirdetése	82
Stonawski Tamás: „Biztonság” ütközések	87
Pál Zoltán: Fejlesztések és kísérletek a „vízsgárrakétával”	90
Varga János: Einstein biciklizik – fényképelemzés a fizika segítségével	96
Boros László: Bélyegék és a fizika oktatása	106

### ÁLFIZIKAI SZEMLÉ

Füstöss László: A X. Budapest Szkeptikus Konferencia ürügyén	97
--	----

### VÉLEMÉNYEK

Bencze Gyula: Oppenheimer, a magfizikus	101
---	-----

### HÍREK – ESEMÉNYEK

P. Varga: On the measurements which led to the discovery of Planck's law – part 3	
Á. Kereszturi: The physics of water on Mars	

### TEACHING PHYSICS

Á. Tichy-Rács: The solemn proclamation of the 2012 Eötvös-competition results	
T. Stonawski: “Safe” collisions	
Z. Pál: Our water jet rocket and the experiments we used to perform with it	
J. Varga: Einstein on the bicycle – a physicist's analysis of the picture	
L. Boros: Stamps and teaching physics	

### PSEUDO-PHYSICAL REVIEW

L. Füstöss: The X. Conference of Budapest Scepticists	
---	--

### OPINIONS

G. Bencze: Oppenheimer and nuclear physics	
--	--

### EVENTS

P. Varga: Über die Messungen, die zur Entdeckung des Planckschen Gesetzes führten – Teil 3.	
Á. Kereszturi: Die Physik des Wassers auf dem Mars	

### PHYSIKUNTERRICHT

Á. Tichy-Rács: Festliche Verkündigung der Ergebnisse des Eötvös-Wettbewerbs 2012	
T. Stonawski: „Sichere” Zusammenstöße	
Z. Pál: Unsere Wasserstrahlrakete und die Experimente, die wir damit machen	
J. Varga: Einstein auf dem Rad – eine physikalische Analyse des Bildes	
L. Boros: Briefmarken und Physikunterricht	

### ZEITSCHRIFT FÜR PSEUDO-PHYSIK

L. Füstöss: Die X. Konferenz der Budapester Skeptiker	
---	--

### MEINUNGSÄUSSERUNGEN

G. Bencze: Oppenheimer und die Kernphysik	
---	--

### EREIGNISSE

II. Varga: Измерения, служащие основами изобретения закона Планка – часть третья	
A. Kereszturi: Физика вод на планете Марс	

### ОБУЧЕНИЕ ФИЗИКЕ

A. Tichy-Racs: Торжественная публикация итогов конкурса им. Этвеша 2012 г.	
T. Stonawski: «Безопасные» столкновения	
Z. Pál: Разработка и применения водострунной модели ракеты	
J. Varga: Эйнштейн на велосипеде – анализ картины глазами физика	
L. Boros: Марки и обучение физике	

### ОБЗОРЫ ИЗ ОБЛАСТЕЙ ПСЕВДО-ФИЗИКИ

L. Füstös: X. Конференция Будапештских Скептиков	
--	--

### ЛИЧНЫЕ МНЕНИЯ

G. Bencze: Оппенгеймер и ядерная физика	
---	--

### ПРОИСХОДЯЩИЕ СОБЫТИЯ

**Fizikai Szemle**  
MAGYAR FIZIKAI FOLYÓIRAT

megjelenését anyagilag támogatják:



paksi atomerőmű



Nemzeti  
Kulturális  
Alap

NCA  
Nemzeti Civil Alaprogram



A FIZIKA BARÁTAI

# Fizikai Szemle

## MAGYAR FIZIKAI FOLYÓIRAT

A Matematikai és Természettudományi Értesítőt az Akadémia 1882-ben indította  
A Matematikai és Physikai Lapokat Eötvös Loránd 1891-ben alapította

LXIII. évfolyam

3. szám

2013. március

## ESSZÉ A MÉRÉSEKRŐL, AMELYEK A PLANCK-TÖRVÉNY FELFEDEZÉSÉHEZ VEZETTEK – 3. RÉSZ

Varga Péter  
KFKI

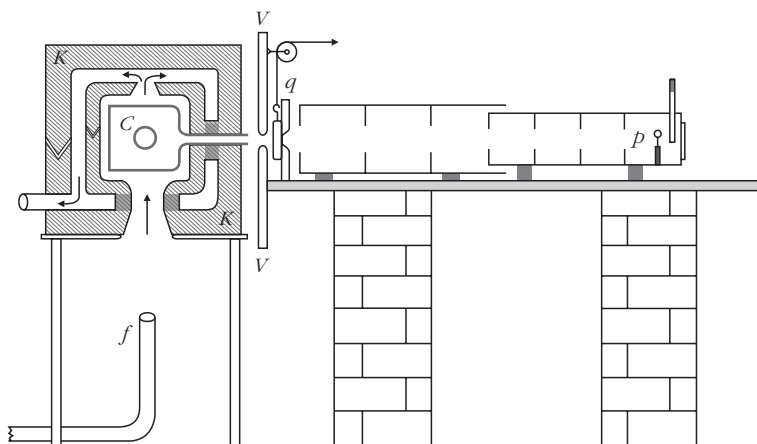
### A kétkedéshez vezető kísérletek

Az előző részt befejező kérdésre „Bizonyítást nyert Wien sugárzási törvénye?” csupán azért nem adható pozitív válasz, mert tudjuk, mi történt ezután? Már azért sem, mert kísérlet nem bizonyíthatja be egy elmélet igazát, csak cáfolhatja. Most ez történik.

Melyek voltak a Planck által említett kísérletek? Planck, Lummer és Pringsheim, a Birodalmi Fizikai-Technikai Intézet két kutatója cikkét, mint a Wien-törvényt megerősítő kísérletet említette [10], míg a [11]-ben már mint cáfolót. Megint olyan szerzővel találkozunk, akinek neve egyúttal jelző is. Létezik a Lummer–Brodhun féle fotométer és a Lummer–Gehrke-lemez a Fabry–Perot-interferométerrel ekvivalens többsugaras interferométer.

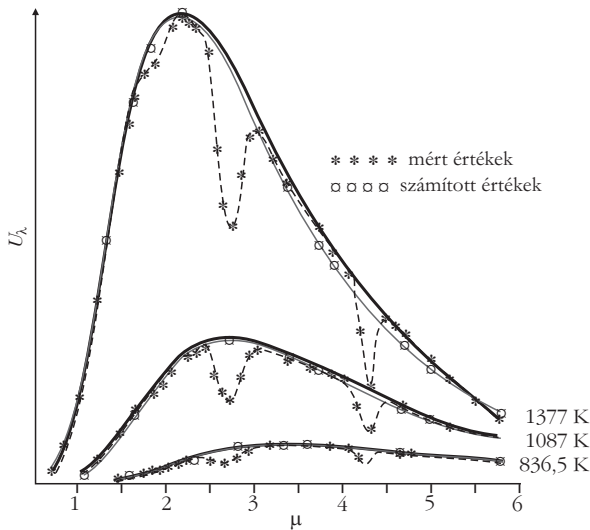
A szerzők már előzőleg is foglalkoztak a fekete sugárzással, mégpedig a Stefan–Boltzmann-törvény kísérleti ellenőrzésével. 13 különböző hőmérsékleten

9. ábra. Lummer és Pringsheim egyik mérőberendezése.  $C$  a vas üreg,  $K$  samott kályha,  $f$  gázfűvóka szabályozható áramlással. (Az üregbe benyúló nagy nyomású gázhőmérők nincsenek feltüntetve.) A sugárzás energiáját a  $p$  bolométer méri.  $V$ - $V$  a kilépő diafragma,  $q$  egy vízzel hűtött diafragma [12].



mérték a 373–1561 K intervallumban, és a mérések pozitív eredményt adtak [12]. E sorozat egyik sugárforrását (9. ábra) használták a későbbi spektrális mérésekben is. A különböző hőmérséklet-tartományoknak megfelelően három fekete testet készítettek, a bemutatott a legmagasabb hőmérsékletű. A 9. ábra is tükrözi azt a rendkívüli gondosságot, amellyel berendezéseket építettek. Figyelemre méltó, hogy az üregeken nyílás elé helyeztek egy második, szobahőmérsékletű vízzel hűtött diafragmát. Ezzel elérték, hogy a diafragma külső forró, tehát sugárzó környezete és a detektor között sugárzási egyensúly alakuljon ki, csakis a lyukon kilépő sugárzás melegítse a detektort. Ezt minden további kísérletben használták. Paschennél nem találtam említést ilyen óvintézkedésről.

Planck kétféle ítéletének oka az volt, hogy a spektrális méréseket tartalmazó [13] dolgozatban Lummerék is kétféle mérésről számoltak be, az egyik alátámasztotta Wien formuláját, a másik cáfolta. Először izotermákat mértek, amelyekből három görbét bemutattak (10. ábra), de megjegyzték, hogy többet vettek fel. A mért spektrum a közeli infravörös-tartományba esik, itt is megjelennek a vízgőz és a széndioxid abszorpciós sávjai. A görbék alapján igazolták az eltolási törvényből következő (3) és (5) összefüggést. Innen kiszámították a Wien sugárzási törvényében szereplő állandókat, és felvitték a 10. ábrára a számított pontokat, ezek ott fekszenek, ahol kell. (Összehasonlítva Paschen munkáival, például az 5. vagy a 8. ábrán bemutatott görbékkel, úgy találom, hogy Lummerék munkájának ez a része, vagy legalább a róla szóló beszámoló, nem volt annyira alapos, elemző, önmagát ellenőrző.) Az eredmény azért így is Wien formulája mellett szól, de nem így az ezután leírt tapaszt-



10. ábra. Lummer és Pringsheim izotermái [13]. A csillag a mért, a kör a számított értékeket jelöli.

lat, mert mást mutattak az *izokromáták*. Öt különböző hullámhosszon mértek 836 K – 1377 K hőmérsékletek között, majd Paschen és Wanner [8] nyomán a (14) összefüggés szerint ábrázolták az izotermákat. Miután ők is egyeneseket kaptak, meghatározták a  $c_2$  mennyiséget. Úgy találták, hogy ez már nem állandó, amint azt a 3. táblázatban meg is mutatjuk.

Hibát ugyan nem adtak meg, de az eltérés szignifikáns. A meglepő eredményt először szórt sugárzás jelenlétével magyarázták. (Wanner és Paschen a látható tartományban mértek, ahol könnyű volt a zavaró háttér észrevenni.) Ezért új méréssorozatot kezdtek, ehhez már a lehető legjobb környezetet, az intézet óratermét választották. A vízgőz abszorpcióját elkerülendő a méréseket zárt szekrényben, páramentes és lehetőleg széndioxidmentes környezetben végezték. A páramenteség azt is megengedte, hogy a monokromátorban kőszóprizmát használjanak. A 814–1426 K tartományban 11 hullámhossznál mértek, azokon a hullámhosszakon is, ahol a széndioxid és a vízgőz kismértékű elnyelést okozott, hiszen ez csak a mért intenzitást csökkenti, ami arányos marad az üregből kilépő intenzitással.

Az eredmény ugyanaz lett, mint az előző sorozatban volt (4. táblázat).

A mérésekből kapott  $c_2$  mennyiség megint nem állandó, fluktuálva ugyan, de növekszik. (A fluktuáló

3. táblázat

**A  $c_2$  mennyiség a hullámhossz függvényében Lummer és Pringsheim izotermáiból**

$\lambda$ ( $\mu\text{m}$ )	$c_2$ ( $\mu\text{mK}$ )
1,21	13 510
1,96	13 810
2,20	14 240
3,63	14 800
4,96	16 510

számok a szerző szemében még növelik is a mérések iránti bizalmat.) A növekedést Planck törvénye ismeretében el is várjuk, hiszen a (6) Wien-törvényben szereplő releváns tag

$$W(\lambda, T) = \exp\left(-\frac{c_2}{\lambda T}\right), \quad (15)$$

helyett a (14) Planck-törvényből ugyanez

$$P(\lambda, T) = \frac{1}{\exp\left(\frac{c_2}{\lambda T}\right) - 1} \equiv \frac{\exp\left(-\frac{c_2}{\lambda T}\right)}{1 - \exp\left(-\frac{c_2}{\lambda T}\right)}, \quad (16)$$

ami szintén növekvő függvény, de míg  $\log W(\lambda, T)$  a hőmérséklet reciprokanak lineáris függvénye, a  $\log P(\lambda, T)$  függvényre ez már nem áll. Ennek ellenére Lummer és Pringsheim, akárcsak Paschen és Wanner a mért adatok logaritmikus ábrázolásánál egyenest kaptak, és a meredekségéből állapították meg a keresett állandót.

Miért kaptak egyenest? Vegyük a most ismertett cikkből a legrövidebb hullámhosszat,  $\lambda = 1,01 \mu\text{m}$ , tehát 1426 K hőmérséklet mellett

$$\frac{c_2}{\lambda T} \cong 10,$$

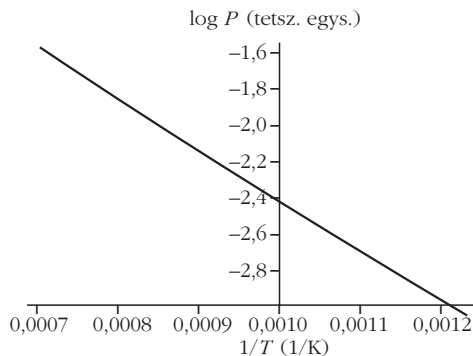
a (16) nevezőjében a negatív kitevőjű exponenciális tag valóban elhanyagolható, még inkább így volt Paschen és Wanner esetében, akik rövidebb hullámhosszakon mértek. A spektrum másik végén viszont  $\lambda = 5,73 \mu\text{m}$  hullámhossznál

$$\frac{c_2}{\lambda T} = 1,76 \quad \text{és} \quad \exp\left(-\frac{c_2}{\lambda T}\right) = 0,17.$$

4. táblázat

**A  $c_2$  mennyiség a hullámhossz függvényében Lummer és Pringsheim mérése alapján (középen), valamint a Planck-törvényből számított érték (jobbra)**

$\lambda$ ( $\mu\text{m}$ )	$c_{2\text{mért}}$ ( $\mu\text{mK}$ )	$c_{2\text{számított}}$ ( $\mu\text{mK}$ )
1,01	13 560	14 387
1,30	14 330	14 387
1,59	14 230	14 392
2,11	14 670	14 420
2,29	14 410	14 438
3,32	15 330	14 665
3,71	15 220	14 806
3,85	15 260	14 864
4,64	15 810	15 252
4,96	15 890	15 435
5,73	16 130	15 928



11. ábra. A Planck-törvény alapján számított izoterma releváns része a hőmérséklet reciproka függvényében,  $\lambda = 5,73 \mu\text{m}$  hullámhossznál.

Mivel a nevező a közölt hőmérsékleti tartományon belül alig változik, lehetséges, hogy a függvény továbbra is egyenesnek látszik. A Planck-törvény felhasználásával felrajzoltam a legnagyobb hullámhossznál kiszámított görbét. A 11. ábra ránézése egyenest mutat, csak a görbe mellé helyezett vonalzó jelez némi eltérést. A rövidebb hullámhosszaknál ez még észrevétlenebb lenne. Lummer és Pringsheim tehát jóhiszeműen jártak el, amikor nem vették észre a görbülést a kísérleti pontokra fektetett vonalon.

Tovább nyomozunk numerikus eredményekért. Számítsuk ki, hogy milyen eredményt ad a (16) összefüggés a 814 K és az 1426 K hőmérsékleteken a cikkben szereplő hullámhosszakon. Az így kapott két-két „mérési” pontot kössük össze egy egyenessel, és határozzuk meg az egyenes meredekségéből az ominózus  $c_2$  értéket. Az eredményt a 4. táblázat harmadik oszlopa tartalmazza. Jelentős eltérést csak a legrövidebb hullámhossznál látunk, itt szolgáljon a kísérletezők mentségéül, hogy az intenzitás is kicsi volt, a háttér már nagy hibát okozhatott.

Mi történt volna, ha *valaki* pusztán azért, hogy Lummer és Pringsheim méréseivel összhangba kerüljön, kicsit módosítja Wien törvényét? – Akkor egy évvel korábban datálnánk a modern fizika megszületését.

Térjünk vissza a történetekhez. Van egy elméletünk (Wien), amelyet eddig sok mérés alátámasztott (Paschen), de vannak más méréseink, közülük egy támogatta, kettő cáfolta ezt az elméletet (Lummer és Pringsheim). Viszont nem érthető, hogy a kétféle mérés (izotermák és izokromáták) eltérő eredményét nem kommentálták, de az a tény, hogy a szerzők új méréssorozatba kezdtek [14] mutatja, hogy ezzel maguk sem elégedtek meg.

Sor került a mérőberendezés felújítására. Két új fekete testet készítettek: az egyik magasabb hőmérsékletet bírt ki, mint az előző, a másikban több volt a nyílás előtt levő határolók száma. A berendezést zárt térbe helyezték, a vízpárát és a szén-dioxidot abszorbensekkel kiszűrték. A mérések egy részében tisztább folyópáprizmával dolgoztak, de akkor kénytelenek voltak szabad térben mérni.

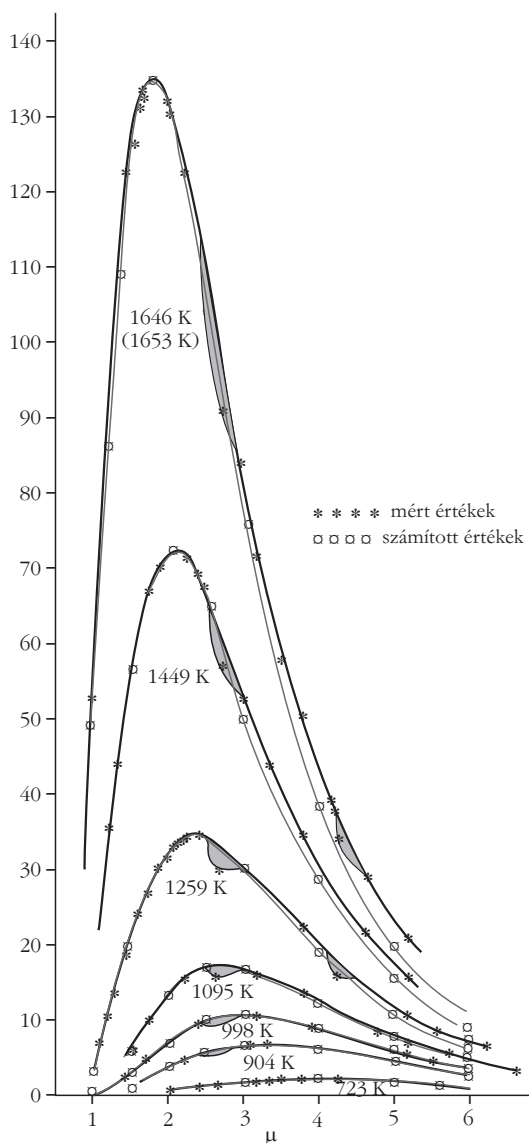
Az így mért izotermákat a 12. ábrán mutatjuk meg. Most más, azonosítatlan abszorpciós sáv jelentkezett,

de a mért és a Wien spektrális törvénye alapján számított értékek között nincs ellentmondás. Nincs ellentmondás az izokromátákból kapott és az előző [13] mérés eredményei között sem, a  $c_2$  értéke megint nem állandó, növekszik a hullámhosszal. Adatot csak egyet közölnek,  $8,3 \mu\text{m}$  hullámhossznál már  $18\,500 \mu\text{mK}$ . Itt hivatkoznak Beckmann disszertációjára, aki  $24 \mu\text{m}$  mellett  $24\,000 \mu\text{mK}$  értéket mért. (Erről részletesen cikkünk következő részében.) Azt gondolnánk, hogy az utóbbi, független eredmény megnyugtatóan hatott Lummerékre, legalábbis, ami a saját meredekségméréseiket illeti.

Nem.

Hisznek Wien sugárzási törvényében, mivel „Wien Stefan (sic!) és saját eltolási törvénye figyelembe vételével elméleti szempontból kifogástalan módon” (id. mű 224. old) levezette. Ez ugyan tévedés, mert Wien nem bizonyított feltevést is felhasznált, de hivatkoznak Planckra is, aki éppen akkor bizonyította be ([9] V. közlemény) a törvényt. Azt is látják, hogy a

12. ábra. Lummer és Pringsheim újabb izotermái [14].



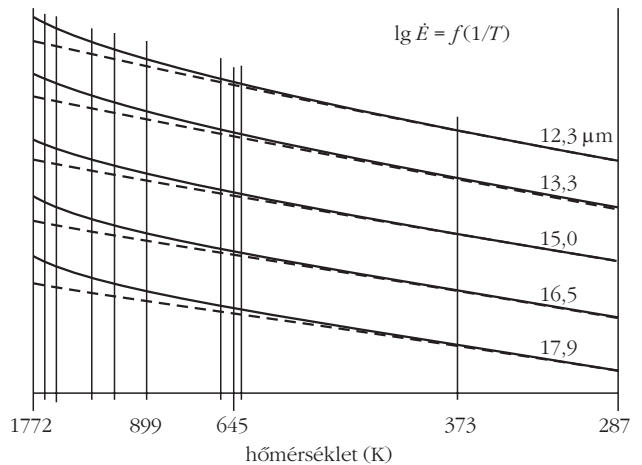
[8] munkájában Paschen is igazolta a törvényt. A szerzők ugyanakkor megvizsgálták a saját izokromátáikat és azt találták, hogy azok kissé görbültek. Gondolkodásuk ambivalenciájára jellemző (melyik bec sületes fizikusé nem lenne az?), hogy ennek még nem tulajdonítanak nagy jelentőséget. Szerencsére úgy döntenek, hogy folytatják a mérést magasabb hőmérsékleten, mert „a hőmérséklettel növekedő eltérések (tudniillik az egyenestől) bizonyára felülmúlják azokat a hibákat, amelyek a spektrumnak a diffúz sugárzás általi beszennyeződéséből erednek” (id. mű, 226. old.).

A hőmérsékletet nagyon megnövelni ugyan nem lehetett, de szerencsére a hullámhosszat igen, több mint kétszeresére [15]. Ehhez *Rubens* kölcsönzött KCl prizmat.

Nemcsak az optikát változtatták, hanem megint újabb üreget is konstruáltak. Bár az elmélet alapján nem kellett volna, de az üregek belsejét korommal, platinakloriddal, illetve vasoxidral borították be. Alacsony hőmérsékleten a stabilitást cseppfolyós levegő, forrásban levő víz, illetve olvadó káliumnitrát biztosította. Magas hőmérsékleten szintén új, elektromosan fűtött kályha szolgált. A vízgőz és a szén-dioxid környezetben való jelenlétét reagensekkel csökkentették. A monokromátort vizuálisan úgy állították be a fényútba, hogy a belépő diafragmába ideiglenesen izzó platinaszálat helyeztek és a prizmán keresztül a bolométer szalagjára képezték le, ezután csak a monokromátor prizmáját forgatták. Az elfordulás szögét a törésmutató ismeretében számításokkal határozták meg: a prizma felületére látható fénynyalábot vetítettek és a visszavert nyaláb irányával állították be a szöveget. Ügyelni kellett a pontosságra, hiszen a kihasznált 12–18  $\mu\text{m}$  hullámhosszávnak mindössze  $2^\circ$  elfordulás felelt meg. Tudomásul kellett venni, hogy a bolométer maga is sugároz a mérendő fekete test felé. Mivel abszolút nullára amúgy sem lehetett lehűteni, a bolométer azon ellenállását tekintették nullpontnak, amelyet cseppfolyós levegővel hűtött fekete test mellett mértek.

A kísérletek eredményét ismertető paragrafusnak a szerzők a *Wien–Planck spektrálegyenlet érvénytelensége* címet adták. Nem véletlenül, mert a kísérleti eredményekből alkotott  $\lg \dot{E} = f(1/T)$  egyenlet a 13. ábrán látható görbékkel szolgáltatta. A hőmérséklet 287 és 1772 K között változott. Látszik, hogy alacsony hőmérsékleten kapott egyenes hogyan tér át egyre meredekebb görbébe. Számokkal is megmutatták, hogy az érintő iránytangense miként változik.

A mérés után, mivel látszott, hogy ennek súlyos következményei lesznek, újra ellenőrzés következett. Most az elektromosan fűtött fekete testet kontrollálták, hátha az nem tökéletes. Például: számít-e, hogy nem egészen egyenletes a fal hőmérséklete. Ezért összehasonlították két, 650 K hőmérsékletű fekete test sugárzását. Az egyik a fenti, a másik belül befeketített és káliumnitrát fürdőbe mártott üres gömb volt. A két sugárzás a teljes spektrumban néhány százalékon belül megegyezett. Ezen kívül külön ellenőrizték, hogy a



13. ábra. Lummer és Pringsheim izokromátái a távolabbi infravörösben [15].

használt fekete testek sugárzása eleget tesz-e a termodinamikai (2), (4), (5) törvényeknek. Eleget tett.

Ezek után már bátran merték kritizálni az elméletet. (A kritikai rész a most ismert cikk elején foglal ugyan helyet, de a bevezető részt az eredmény ismeretében szoktuk megírni.) Az idézett mű 166. oldaláról: „A bizonyítás, amelyre Planck a fenti kijelentést (azt, hogy megtalálta a megfelelő entrópiát, megj. tőlem, V. P.) alapozta, nem volt hézagmentes. Véleményünk szerint hiányzott annak kimutatása, hogy valóban minden, a Wien-formulától eltérő, egyébként használható spektrumegyenlet olyan entrópiakifejezéshez vezet, amely ellentmond az entrópiatörvénynek. Később maga Planck is kimutatta, hogy valóban sok entrópiegyenlet létezik, amely az ismert energiatörvényeknek és egyúttal az entrópiatörvényeknek is eleget tesz. Ezért Planck az előző bizonyítását újjal helyettesítette.” Az is kiderül a cikkből – bár az eredeti forrást nem találtam meg –, hogy Planck levezetése ellen maga Wien is kifogást emelt a párizsi konferencián.

Viszont a szerzők nem adtak magyarázatot arra, hogy az izotermákon miért nem találtak eltérést a Wien-formulától, pedig kézenfekvő lett volna. A [14] cikk 218. oldalán ez áll: „A folyópát abszorpcióját, ami  $6 \mu\text{m}$  közelében kezdődik és a nagyobb hullámhosszknál gyorsan növekszik, az 1. ábránál nem vettük tekintetbe.” Ezt a tényt csupán közölték, de nem használták ki, feltehetően azért, mert nem voltak mért adataik, pedig egyszerű lett volna egy folyópátlemez abszorpcióját megvizsgálni. Ezt a szépséghibát ma már nem lehet korrigálni.

## Próbálkozások új formula felállítására

A nevezetes 1900-as esztendő nemcsak a Planck kontra Lummer és Pringsheim párvialdának és megegyezésnek éve volt, hanem többen is megpróbálták új formulát találni. Minden új törvénytervezet eleget tesz mind a Stefan–Boltzmann- (1), mind az eltolási (2) törvénynek.



A sort *Thiesen* [17] kezdte mindjárt az év elején a következő empirikus képlettel:

$$u(\lambda, T) = C\lambda^{-5} (\lambda T)^{1/2} \exp\left(-\frac{c}{\lambda T}\right),$$

amely jól illeszkedett Lummerék méréseihez.

A másik, már igen neves szereplő *Lord Rayleigh* volt. Májusban jelent meg kritikája [18], elismerte Planck és Paschen eredményeit, de a Wien-törvényről így ír: „Mégis a törvény nehezen tekinthető elfogadhatónak, különösen az a következménye, amely szerint, ha a hőmérséklet növekszik, akkor egy fix hullámhossz mellett a sugárzás véges határérték felé tart. Igaz, a látható sugarak tekintetében ez a határ a látókörünkön kívül esik. De, ha  $\lambda = 60 \mu\text{m}$ , amely Rubens figyelemre méltó kutatása szerint a CaCl felületéről visszavert sugarakban áll elő, akkor 1000 abszolút fok hőmérsékleten a sugárzás kismértékű növekedése megjelenik.”

Csak a következő pontban fogok beszámolni Rubens munkájáról, és nem tudom, honnan értesült Rayleigh erről, mert csak szeptemberben lett publikus. Rayleigh azt is megjegyezte, hogy *Kirchhoff* mellett *Steward* is eljutott ugyanazokhoz a felismerésekhez, de „Steward munkáját nem elegendő mértékben ismerik el a kontinensen”. (Mi is a kontinensen élünk.)

Rayleigh javaslatot tesz egy sugárzási törvényre:

$$u(\lambda, T) d\lambda = c_1 T\lambda^{-4} \exp\left(-\frac{c_2}{\lambda T}\right) d\lambda. \quad (17)$$

A hullámhossz mínusz negyedik hatványának megjelenését a Stefan–Boltzmann-törvénnyel is indokolhatta volna. Mégis, a gázzal töltött üregben kialakuló sűrűség-hullámok módusainak számára hivatkozott. Talán ez adott alkalmat arra, hogy az utókor az úgynevezett Rayleigh–Jeans-törvényről beszéljen, pedig

ez a függvény nem az, amit így emlegetnek. Mivel ez a kérdés nem esik tárgyalásunk fő vonalába, erre később térek vissza.

Lummer és *Jahnke* [16] is felírt egy empirikus képletet

$$u(\lambda, T) = C\lambda^{-5} T^{5-\mu} \exp\left(-\frac{c}{(\lambda T)^{\nu}}\right), \quad (18)$$

ahol  $\mu = 4$  és  $\nu = 1,2$ , vagy  $\mu = 4,5$  és  $\nu = 1$ , vagy  $\mu = 5$  és  $\nu = 0,9$ . Bár a formulák 1–18  $\mu\text{m}$  intervallumban illeszkednek a mérések eredményeihez, aligha hihetők a szerzők, hogy a kitevőkben szereplő tört hatvány miatt a függvény valaha is elméleti bizonyítást nyerhet. A cikket 1900 júliusában küldték be a folyóirathoz, de csak októberben jelent meg. Közbejött a szeptember.

## Irodalom

- O. Lummer, E. Pringsheim: Die Strahlung eines „schwarzen“ Körpers zwischen 100 und 1300 °C. *Annalen der Physik* 299/13 (1897) 395–400.
- O. Lummer, E. Pringsheim: Die Vertheilung der Energie im Spectrum des schwarzen Körpers. *Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft* 1 (1899) 23–41.
- O. Lummer, E. Pringsheim: Die Vertheilung der Energie im Spectrum des schwarzen Körpers und des blanken Platins. *Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft* 1 (1899) 215–235.
- O. Lummer, E. Pringsheim: Temperaturbestimmung fester glühender Körper. *Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft* 1 (1899) 230–235.
- O. Lummer, E. Pringsheim: Über die Strahlung des schwarzen Körpers für lange Wellen. *Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft* 2 (1900) 163–180.
- O. Lummer, E. Jahnke: Ueber die Spectralgleichung des schwarzen Körpers und des blanken Platins. *Annalen der Physik* 308/10 (1900) 283–297.
- M. Thiesen: Über das Gesetz der schwarzen Strahlung. *Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft* 2 (1900) 65–70.
- Lord Rayleigh: Remarks upon the Law of Complete Radiation. *Philosophical Magazine* 49/301 (1900) 539–540.

## A MARSÍ VIZEK FIZIKÁJA

Kereszturi Ákos

MTA Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézet

Napjainkra széles skálája gyűlt össze az arra utaló különféle információknak, hogy a Mars felszínén egykor folyékony víz volt jelen [1]. Noha egyes megfigyelések magyarázatoként alternatív modellek is léteznek, a folyékony víz ősi jelenléte mára nagyjából elfogadott tény a bolygókutatásban. A kérdéses vizek jellemzői (térfogat, hőmérséklet, jelenlét időtartama, összetétel stb.) azonban még alig tisztáztak. Ugyancsak vita tárgyát képezi, hogy napjainkban lehet-e folyékony víz a bolygón. Az alábbiakban a Marson lévő egykori és esetleges mai vizek jellemzőit tekintjük át, a fizikai paraméterekre fektetve hangsúlyt. A cikk szóhasználatával kap-

csolatban fontos megemlíteni, hogy a víz kifejezésen magyar nyelven a cseppfolyós H<sub>2</sub>O fázist értjük, míg amikor a marsi H<sub>2</sub>O-ról általánosan beszélünk, a cseppfolyós mellett a gáz és főleg a szilárd halmazállapotú anyagot együttesen értjük. Angol nyelvterületen lazábban használják a „water” kifejezést, amit sok esetben egyszerűen a vízjégre is alkalmaznak.

A folyékony víz mai előfordulásával szemben mutatkozó legfontosabb tényező a bolygó légkörének rendkívüli szárazsága. A marsi légkörben lévő H<sub>2</sub>O mennyisége úgynevezett vízegyenértékben 10  $\mu\text{m}$  körüli (ez azon vastagság, amelyet a H<sub>2</sub>O mennyisége akkor tenne ki, ha mind folyékony volna, és egyenletesen beborítana egy gömb alakú Marsot). Ez a földi sztratoszférá-

A kutatómunkát az MTA OTKA PD 105970 projekt támogatta.

**Áttekintés a víz egykori előfordulási lehetőségeiről, pontosabban a megjelenésére utaló képződmények típusairól**

víz előfordulására utaló tényező	víz becsült térfogata (km <sup>3</sup> )	víz jelenlétének időtartama (év)	egyéb jellemzők	előfordulás időszaka a bolygó fejlődéstörténetében
kiterjedt állóvizek: korai északi „óceán”, később megjelenő részleges vízborítás az északi síkság részmedencéiben	10 <sup>6</sup> –10 <sup>8</sup>	10 <sup>4</sup> –10 <sup>6</sup>	a kezdeti „meleg” óceán a légkörral kémiai egyensúlyban lehetett, a későbbi mélységi vizek (amelyek kiömlésével részlegesen újra feltöltődhetett az északi síkság) a felszín alól származó sok oldott anyagot tartalmaztak	tartósan a kezdeti „meleg” időszakban léteztek, később áradások alkalmával feltörő mélységi vizek kiömlése után 1–100 év alatt befagytak, majd jéganyaguk elszublimált
áradásos csatornák vize	10 <sup>4</sup> –10 <sup>5</sup>	10 <sup>2</sup> –10 <sup>1</sup>	a felszín alatti hosszú tartózkodás miatt oldott ásványi anyagokban gazdagok voltak	a bolygó globális hűlése során, a krioszféra kialakulása után, a fagyott kőzetréteg alól törtek fel epizodikusan
kisebb tavak	10 <sup>2</sup> –10 <sup>5</sup>	10 <sup>3</sup> –10 <sup>5</sup>	főleg felszíni vízfolyások által táplált vizűk lehetett, alárendelt felszín alatti táplálás is létezett; alkalmanként jég borította őket, gyengítve a kapcsolatot a légkörral	a legtöbb nyom 4,0–3,5 milliárd évvel ezelőtti időszakból van
becsapódásos eredetű krátertavak	10 <sup>2</sup> –10 <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup> –10 <sup>6</sup>	oldott anyagokban gazdag mélységi vizekből, illetve felszín alatt raktározódó jég olvadásától a becsapódás hője nyomán	bármikor, de nagy becsapódások főleg a bolygó fejlődésének első körülbelül 500 millió évében voltak gyakoriak
idős, hálózatos csatornák	10 <sup>1</sup> –10 <sup>4</sup>	10 <sup>1</sup> –10 <sup>5</sup>	egymással összekapcsolódó, sűrű mintázatuk esőzésre vagy felszíni jég olvadására mint vízforrásra utal	főleg 3,8 milliárd évnél idősebbek, az agyagásványokat létrehozó korai időszakban keletkezettek, közel neutrális vizekből
gully alakzatok (sárfolyások)	10 <sup>8</sup> –10 <sup>7</sup>	10 <sup>2</sup> –10 <sup>1</sup>	a légkörből lerakódott, talán porral szennyezett jég olvadása táplálta őket	az elmúlt millió évben keletkezettek, de az alakzatok néhol ma is formálódnak, azonban ott nem folyékony víz, hanem szilárd jég és lejtős tömegmozgások hatására
geotermikus központok	10 <sup>1</sup> –10 <sup>3</sup>	10 <sup>0</sup> –10 <sup>4</sup>	mélységi eredetű víz jellemző rájuk, magas oldottanyag-tartalommal	főleg a bolygó fejlődésének korai időszakában
vizes közegben keletkezett ásványok	10 <sup>9</sup> –10 <sup>6</sup>	10 <sup>2</sup> –10 <sup>6</sup>	míg az idősebb rétegszilikátok melegebb és közel neutrális vizekre utalnak, a fiatalabb szulfátok hidegebb és savasabb vizekből keletkezettek	a rétegszilikátok a bolygó korai, a szulfátok víztartalmú változatai és az opál a bolygó későbbi időszakában keletkeztek
interfaciális víz*	10 <sup>9</sup> –10 <sup>6</sup>	10 <sup>1</sup> –10 <sup>2</sup>	légkörből kivált tiszta H <sub>2</sub> O, egyéb molekulákat csak akkor tartalmaz, ha azokat a vele érintkező ásványból old ki	elméletileg sokszor megjelenhetett a bolygón, a modellek alapján időnként napjainkban is előfordul

A víz becsült térfogata az adott megfigyelt képződményre vonatkozik, egy speciális esetet kivéve (\* jel), ahol az egész bolygón megjelenő víz térfogata olvasható.

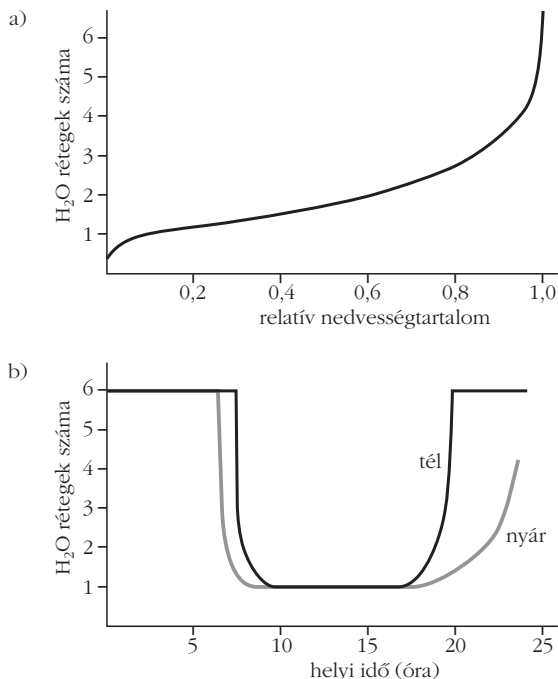
ban lévő vízmennyiséghez hasonló nagyságrendű. A száraz légkör miatt a vízjég elméletileg még azelőtt elszublimál, hogy megolvadhatna. A felszínen –40 és –60 °C között találhatunk vízjeget a „legmelegebb” helyeken, ennél magasabb hőmérsékleten gyorsan elszublimál a H<sub>2</sub>O, a cseppfolyós fázist kihagyva.

Más a helyzet, ha mikroszkopikus skálán vizsgáljuk a lehetőségeket, itt ugyanis már olyan hatások is dominálhatnak, amelyek nagyobb méretskálán nem jelentkeznek, és ellensúlyozzák a száraz vagy a hideg hatását. Míg például a tiszta víz 0 °C-on fagy meg makroszkopikus mennyiségben, a kőzetek repedéseiben lévő, a Földről is jól ismert kapilláris víz egészen közel –20 °C-ig folyékony maradhat. Még kisebb mé-

retskála felé haladva egyre több olyan effektus lép fel, amely segíti a folyékony víz megjelenését.

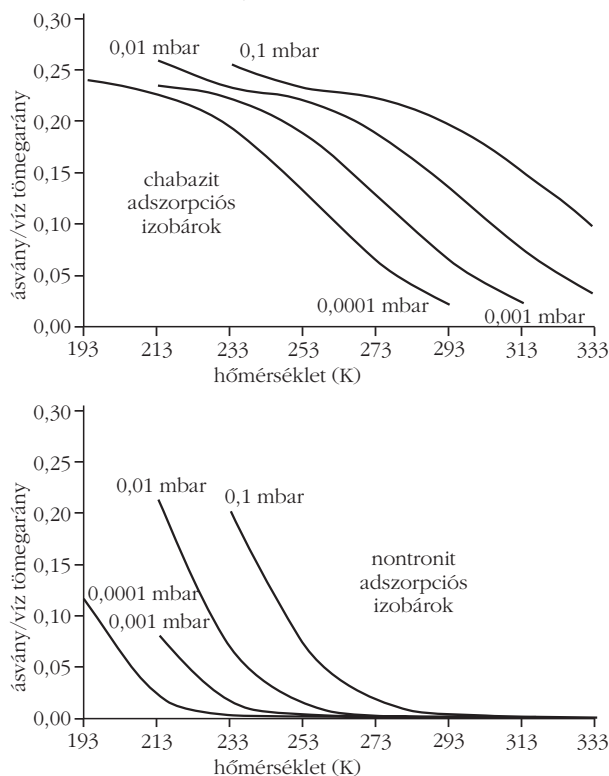
A Mars légkörében az átlagos vízgőztartalomhoz kapcsolódó parciális gőznyomás 1 μbar körüli, vagy az alatti. A csekély nedvesség ellenére a rendkívüli hidegben alkalmanként telített, túltelített lesz a légkör a vízgőzre nézve, és az elkezd kiválni. Részben közvetlen kondenzációval a felszínen, részben ködre vagy felhőkre emlékeztető anyagot alkotva, illetve helyenként hó- vagy jégkristályok formájában hullva lefelé. A légköri vízgőztartalom erős évszakos és napszakos változást mutat, maximuma hideg éjszakákon, illetve télen jelentkezik, míg minimuma a legmelegebb nappali, főleg nyári időszakokban figyelhető meg.





1. ábra. Közepes marsrajzi szélességen jellemző adszorbeált vízréteg vastagsága az ásványi felületeken a nedvességtartalom függvényében (a), és ennek napi ciklusa egy téli és nyári napra (b). Az alsó ábrán jól látni, hogy nappal kiszárad, éjszaka „visszahízik” a vékony vízfilm [2].

2. ábra. Az eltérő higroszkópossgát mutató ásványok más-más mennyiségű H<sub>2</sub>O-t képesek megkötni a felületükön. A tömegszázalékban megadott, megkötött mennyiségüket mutatja a felső grafikon chabazit (CaAl<sub>2</sub>Si<sub>4</sub>O<sub>12</sub>×6H<sub>2</sub>O), alatta nontronit (Na<sub>0,3</sub>Fe<sub>2</sub><sup>3+</sup>(Si,Al)4O<sub>10</sub>(OH)<sub>2</sub>×4H<sub>2</sub>O) ásványok esetén, eltérő hőmérsékleten (vízszintes tengely). Az egyes görbék mellett a kísérletek során használt vízgőzmennyiség parciális nyomása látható. A Marson általában 2 µbar körüli vízgőznyomás jellemző.



## A marsi víz története

A folyékony víz múltbeli előfordulását – az egykori víz nyomait vizsgálva – főleg morfológiai, ásványtani és kémiai jellemzők alapján lehet tanulmányozni (1. táblázat). Míg az egykori folyásnyomok, illetve tavak esetében főleg a morfológia árulkodik az ősi folyadékról, az ásványátalakulások sokszor az előbb említett morfológiai nyomok nélkül mutatkoznak. Napjainkban a jég és a nála nagyságrendekkel kisebb mennyiségű vízgőz a H<sub>2</sub>O könnyen megfigyelhető két fázisa.

Manapság ritka lehet a cseppfolyós víz a bolygón, ha mégis megjelenne valahol, nem sokáig létezne a felszínen. A 0 °C-os fagypont felett ugyanis a kis légnyomás (4-6 mbar) miatt közel +4 °C-on már forr is a víz. Ugyanakkor a megfagyáshoz lehűlni sem olyan egyszerű, elsősorban az általában hideg felszínnel fellépő hőcsere tudja hatékonyan lehűteni a folyadékot, amíg ha porózus a felszín, az nem túl jó hővezető, nem tud sok cseppfolyós vizet gyorsan lehűteni és megfagyasztani. A légköri hőmérséklet kevésbé befolyásolja az esetleges víz állapotát, mivel csekély a gázsűrűség, és azért a hőcsere sem jelentős a légkörrel. A konvektív hővesztés a ritka légkör miatt tehát kisebb a földinél, ugyanakkor a párolgásos hővesztés nagyobb, mivel nagyobb a vízfelületről elszabaduló molekulák úthossza a ritka légkör miatt. A modellek alapján a tiszta víz közel cm/h sebességgel fagyna a Marson (ilyen sebességgel haladna lefelé a fagyhullám).

A víz mai előfordulására mikroszkopikus skálán van esély. A vízjég és kőzetfelület között az ásványokkal érintkező H<sub>2</sub>O molekulák elsősorban a van der Waals-erők miatt nem képesek kristályrácsot alkotni. Ezt a réteget interfaciális (*interfacial water*) vagy rétegeközi<sup>1</sup> víznek nevezik. Az itt található molekulákat olyan erősen vonzzák az ásványi felületek, hogy egyedülálló vízmolekulákként maradnak fent, és egészen körülbelül –75 °C-ig nem tudnak megfagyni. Az így keletkezett vízfilm csak néhány molekula vastagságú, azonban a benne lévő molekulák az ásványi felület mentén szabadon mozoghatnak. Kétdimenziós folyadéknak, avagy kvázifolyadéknak is szoktak nevezni az így kialakuló réteget, amely a rendkívüli hideg ellenére cseppfolyós halmazállapotú. A legalább 0,3 nm körüli vastagságú folyadékban lévő molekulák tehát a felület mentén szabadon mozognak (1. ábra).

Ha a jég elszublimál az interfaciális vízréteg felettől, az ásványok felszínén még jó darabig ott marad a H<sub>2</sub>O, mint adszorbeált vékony vízfilm. Ha teljesen szárazzá váltak az ilyen felületek, a légkörből is képesek vízmolekulákat megkötni, kialakulásuknak nem előfeltétele a jég jelenléte. A folyamatra az erősen higroszkópos ásványok az ideálisak, főleg ha nagy belső felületeik vannak, ahol sok vizet tudnak tárolni.

<sup>1</sup> A rétegeközi elnevezés önmagában megtévesztő, ugyanis hasonló helyzetű vízmolekulákat is illetnek ilyen kifejezéssel a rétegszilikátok egyes rétegei között – amelyek egyébként könnyen mobilizálhatók, és szintén érdekesek lehetnek a Marson.

2. táblázat	
Potenciális marsi sóoldatok összetevői és eutektikus hőmérsékletük	
sóoldat összetevői a H <sub>2</sub> O mellett és arányuk az eutektikus keverékben	eutektikus hőmérséklet (K)
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (3,8%)	271
K <sub>2</sub> SO (7,1%)	271
MgSO <sub>4</sub> (17%)	269
NaCl (23,3%)	251
Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (39%)	247 (205)*
MgCl <sub>2</sub> (21%)	240
MgCl <sub>2</sub> + KCl (21%, 1,2%)	239
NaClO <sub>4</sub> (51%)	236
Mg(ClO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (44%)	212
LiBr (39,1%)	201

A csillaggal jelölt esetre egyes források eltérő értékeket adnak.

Ilyen szempontból ideálisak a zeolitok – (Na,Ca,K,Mg,Li,Ba,Sr)(Al,Si)O<sub>3</sub> × n(H<sub>2</sub>O) –, amelyeket a Marson is azonosítottak már. A chabazit például ideális esetben 25 tömegszázalékban adszorbeált vízből is állhat, amelyet átlagos marsi viszonyok között (2 μbar parciális vízgőznyomás és –55 °C-os hőmérséklet) is elérhet, és víztartalmából még +20 °C-on is megtart néhány százalékot (2. ábra).

## Az elfolyósodás jelensége

Az angolul deliquescence-nek nevezett folyamat a sók cseppfolyósvíz-felvételét jelenti, amelynek következtében felületükön (avagy szerkezetük függvényében belül is) egy sűrű, de cseppfolyós halmazállapotú anyag jön létre a légkörből felvett H<sub>2</sub>O molekulák és a közékük oldódott sók révén. A folyamat kialakulásához a páratartalomnak meg kell haladnia egy kritikus értéket (elfolyósodási relatív nedvességtartalom, *deliquescence relative humidity*) és a hőmérsékletnek az eutektikus pont felett kell lennie. A kérdéses pont felett az adott ásvány a H<sub>2</sub>O gyors és nagymértékű felvételét (pontosabban megkötését) mutatja (2. táblázat).

A jelenséget az Atacama-sivatagban lévő halit sókristályok segítségével vizsgálták, amelyek a légköri telített állapot elérése előtt is már sok vízmolekulát képesek megkötni. Itt a mikroszkopikus pórusokban cseppfolyós víz a fenti

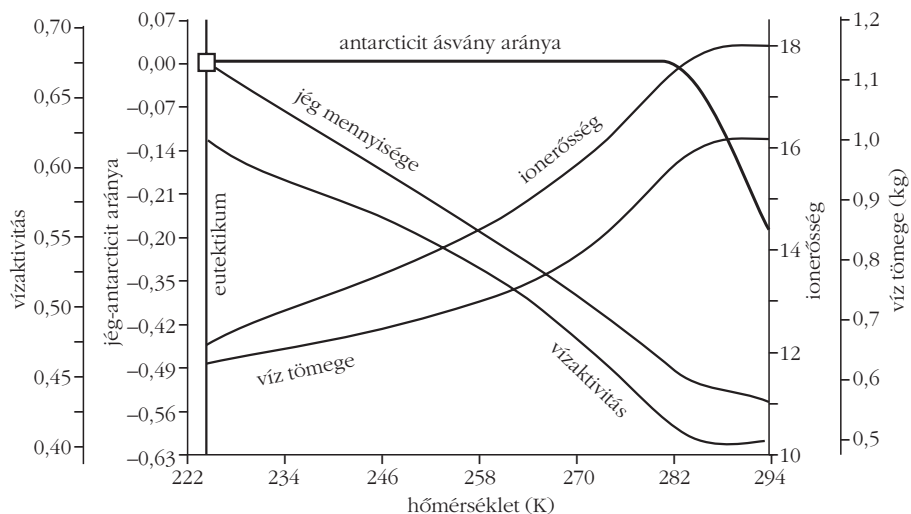
kritikus pont (esetükben 75%) alatt is megjelenik, a mérések alapján közel 50% körül is. Ebben a 100 nm-nél kisebb pórusméret játszik döntő szerepet, ahol cseppfolyós fázis kapilláris kondenzációval jelenik meg és tartósan meg is maradhat. A mikroporózus szerkezet kialakulása pontosan nem ismert, de egyes elektronmikroszkópos megfigyelések alapján a korábban kialakult sóoldatok eutektikus fagyása révén keletkezik a nagyobb szemcsék fala mentén vékony, üreges felület formájában. Életfolyamataik fenntartására cianobaktériumok használják fel a mikroszkopikus pórusokban lévő sós folyadékot [3].

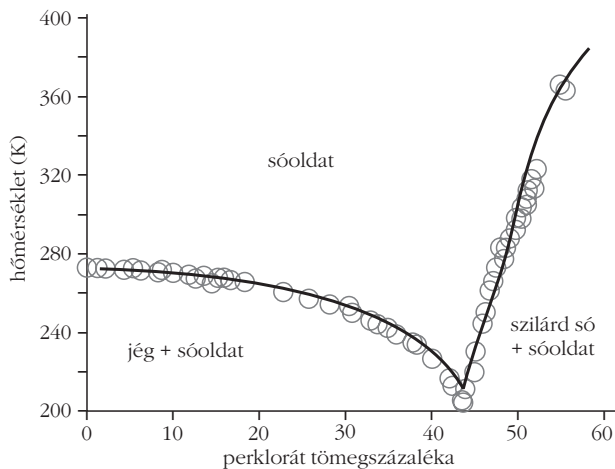
A 2. táblázatban bemutatott sók vizes keverékeinek olvadáspontja 0 °C alatti. Ennek megfelelően a Marson folyékony fázisban is megjelenhetnek, ha a kérdéses hőmérséklet a megfelelő vízgőztartalommal párosul ott, ahol az adott anyag előfordul. A táblázatban felsorolt komponensek közül az eddigi vizsgálatok alapján leggyakoribbak a Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, valamint a NaClO<sub>4</sub> lehetnek, de a különféle kloridok és talán a felsorolt összes molekula előfordul.

Földi modellkísérletek alapján nátrium-perklorát (NaClO<sub>4</sub>) sóoldatok akár 40%-os relatív nedvességtartalom mellett is kialakulhatnak, majd 74%-os nedvességtartalom elérésekor tűnik el a szilárd fázis az oldatból 243 K hőmérsékleten. A Phoenix-űrszonda megfigyelései alapján feltehetőleg NaCl só is volt a perklorát mellett, amely szintén erősen higroszkópos, és ugyancsak elősegíti a sűrű sóoldatok képződését a marsi viszonyok közepette.

Az elfolyósodás kialakulásához szükséges magasabb légköri vízgőztartalom az éjszakai hidegben jellemző a Marson, míg az eutektikus pont feletti hőmérséklet nappal várható. Egyes anyagoknál és marsi helyszíneken azonban délelőtt és délután lehet egy-egy olyan időszak, amikor mindkét paraméter megfelelő. Laboratóriumi kísérletek alapján a bolygón feltehetőleg gyakori kalcium-klorid vizes oldatának viselkedése látható a 3. ábrán.

3. ábra. Kalcium-klorid vizes oldatának viselkedése a hőmérséklet függvényében. A hűléssel párhuzamosan a vízakktivitás (ami a H<sub>2</sub>O molekulák elérhetőségét is jellemzi az élőlények számára) növekszik, mivel az oldatból a Ca<sup>2+</sup> ionok kivonódnak, miközben antarcitit (CaCl<sub>2</sub> × 6H<sub>2</sub>O) ásvány keletkezik [3].





4. ábra. A magnézium-perklorát fázisdiagramja. Ha a szükséges mennyiségű H<sub>2</sub>O jelen van, akkor körülbelül 210 K felett cseppfolyós fázis jelenik meg [2].

## Makroszkopikus sóoldatok lehetősége

A sóoldatok olvadáspontja lényegesen 0 °C alatt van, némelyek elvileg a jelenlegi marsi hőmérsékleti viszonyok között is folyhatnának, emellett a sótartalom az olvadáspont mellett a vízgőznyomást is lecsökkenti – ezek az oldatok tehát a tiszta víznél lassabban párolognak. Ezen ismérvek alapján a legjobb lehetőség a cseppfolyós H<sub>2</sub>O megjelenésére a bolygón jelenleg nem a tiszta víz, hanem a különböző sóoldatok esetében van. Ilyen sóoldat képzésére erősen higroszkópos tulajdonságú molekulák kedvezőek, ilyenekből a Marson is találunk. Az egyik sokat vizsgált anyag a Phoenix-leszállóegység által azonosított perklorát – feltehetőleg magnézium-perklorát (Mg(ClO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>) – (4. ábra). A Phoenix-űrszonda robotkarján levő kamerájának megfigyelései alapján a leszállóegység lábán lévő apró, kerekded alakzatok akár ilyen cseppek is lehetnek, amelyek kissé változtak a napok során – azonban részletes megfigyeléseket nem tudtak végezni rajtuk.

Sóoldatokat a Földön is találhatunk, kis koncentrációjú változatuk a tengervíz, amely aktuális sótartalmának megfelelően többnyire –4 °C körüli hőmérsékleten fagy csak meg. Sokkal töményebb, és érdekesebb sóoldat az Antarktiszon található Don Juan pond nevű apró, jéggel fedett tó, avagy tócsa. Ez 40%-os CaCl<sub>2</sub>-oldatból áll, és anyagának nagyobb része még télen sem fagy meg. Belsejében az extrém magas sótartalom ellenére aktív mikrobák találhatóak [4].

A marsi meteoritok is szolgálnak információval az egykori folyékony víz jellemzőivel kapcsolatban [5]. A nakhlit meteoritok ásványtani elemzése alapján az ősi hidrotermális átalakulás keretében vastartalmú karbonátok és szmektit ásványok keletkeztek a bolygón. Az ősi oldatok elpárologása után sók maradtak vissza, ezek modellezése alapján a következő paraméterek becsülhetőek az egykori vizes állapotra. A hidrotermális átalakulás fő fázisában 70-100 °C-os hőmérséklet, 8 körüli pH, és kezdetekben 10 körüli víz/kőzet arány lehetett jellemző, amely később lényegesen

csökkent. A hidrotermális folyamat során az olivin ((Fe, Mg)<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>) ásvány jelentős része oldódott, vas-ionokat szolgáltatva a karbonát képződéséhez, amelyben a szén-dioxid gáz a vízben volt oldott állapotban. A későbbiekben csökkent a víz és az oldott szén-dioxid aránya, és 50 °C környékén, 9,5 körüli pH mellett szmektit és szerpentin, végül gél jellegű amorf szilikát anyag vált ki.

A Marson jelenleg a légnyomás és a légköri vízgőztartalom együttesen nem mutat kedvező előfordulást a cseppfolyós víz számára. Míg az északi pólussapkából elszublimáló H<sub>2</sub>O révén az északi nyár idején jelentkezik maximális légköri vízgőz-koncentráció, a bolygó ekkor naptávolban jár, tehát az északi nyár viszonylag hűvös. A déli félteke nyara idején magasabb a hőmérséklet, alkalmanként nulla °C felett is lehet néhol, ekkor azonban az északi pólussapka fagyott, a déli tetejét pedig szilárd, stabil szén-dioxid-fedőréteg borítja, ezért onnan kevés H<sub>2</sub>O jut a légkörbe – a déli nyár ezért szárazabb az északnál. Emellett a déli féltekét főleg idős és magas felföldek borítják, ahol alacsony a légnyomás (ettől akár +2 °C is lehet a forráspont), ami szintén kedvezőtlen a víz előfordulása szempontjából. Ugyanakkor a bolygó pályájának nagytengelye a perturbációk miatt forog, és idővel a helyzet megváltozik: az északi (nedves) nyár idején lesz magasabb hőmérséklet. Ilyen helyzet néhány száz év után előfordulhat.

Ha a Marson jelenleg folyékony fázisú, vékony felületi vízhártyák jelennek meg, azok sokrétű következményekkel járhatnak. Az ilyen speciális közegben más a pH, ionmobilitás és más reakciók jellemzőek, mint a makroszkopikus térfogatú vizekben. A vízfilmek közreműködhetnek az úgynevezett foto-Fenton-reakciók lezajlásában (Fe<sup>3+</sup> + H<sub>2</sub>O + UV → Fe<sup>2+</sup> + H<sup>+</sup> + OH<sup>-</sup>), amelynek keretében vastartalmú ásványok és a Marson jellemző erős ultraibolya napsugárzás hatására OH-gyökök keletkeznek. Utóbbiak agresszív oxidálószerek, és közreműködhetnek a bolygó felszínére jutó szerves anyagok gyors lebontásában. A vízfilm az ásványokban lévő szulfáttal reakcióba lépve kénes savat hoz létre, ami mállasztó hatású. Egyes modellszámítások alapján a felületi vízfilm közreműködhet a szemcseszerkezet meglazításában, és ezzel a gully nevű folyásos alakzatok kialakításában, valamint az úgynevezett sötét dűnefoltoknál megjelenő folyásos alakzatok létrehozásában is [6].

Összefoglalóan elmondhatjuk, hogy a bolygón a múltban valószínűleg gyakran nem tiszta víz, hanem sóoldatok voltak jelen. A fejlődésben minél későbbi időszakot tekintünk, feltehetőleg annál erősebb volt ez a jellemző. Az ilyen sóoldatok viszkozitása valamivel nagyobb a tiszta víznél, akár színesek is lehetnek, de a legfontosabb, hogy nem feltétlenül utálnak magas ősi hőmérsékletre – ám ettől függetlenül is lehetett meleg egykor a Marson. Napjainkban jó esély van mikroszkopikus skálájú cseppfolyós víz megjelenésére, ennek azonban több jellemzője is erősen eltér a „hétköznapi” víztől, és részletes elemzése sok érdekességet hozhat [7].



## Irodalom

1. Kereszturi A.: *Mars – fehérek könyve a vörös bolygóról*. Magyar Csillagászati Egyesület, Budapest, 2012.
2. Möhlmann D.: Water in the upper Martian surface at mid- and low-latitudes: presence, state, and consequences. *Icarus* 168 (2004) 318–323.
3. Davila A. F., Gago Duport L., Melchiorri R., Janchen J., Valea S., de los Rios A., Fairen A. G., Möhlmann D., McKay C. P., Ascaso C., Wierzbos J.: Hygroscopic Salts and the Potential for Life on Mars. *Astrobiology* 10 (2010) 617–628.
4. Murray A. E., Kenig F., Fritsen C. H., McKay C. P., Cawley K. M., Edwardse R., Kuhn E., McKnight D. M., Ostrom N. E., Penga V., Ponce A., Priscu J. C., Samarkin V., Townsend A. T., Wagh P., Young S. A., Yung P. T., Doran P. T.: Microbial life at  $-13\text{ }^{\circ}\text{C}$  in the brine of an ice-sealed Antarctic lake. *PNAS* 109 (2012) 20626–20631.
5. Bridges J. C., Schwenzer S. P.: The Nakhilite hydrothermal brine. *43rd Lunar and Planetary Science Conference* (2012), abstract 2328.
6. Horváth A., Gánti T., Bérczi Sz., Pócs T., Kereszturi Á., Sik A.: Marsi sötét dűnefoltok: az élet lehetősége a Marson? *Magyar Tudomány* XLI/11. (2006) 1357–1375.
7. Kereszturi Á.: *Asztrobiológia*. Magyar Csillagászati Egyesület, Budapest, 2011.

## A FIZIKA TANÍTÁSA

# A 2012. ÉVI EÖTVÖS-VERSENY ÜNNEPÉLYES EREDMÉNYHIRDETÉSE

Tichy-Rács Ádám  
BME OMIKK

A 2012. évi Eötvös-versenyt október 12-én rendezték, az eredményhirdetésre november 16-án délután került sor az ELTE konferenciatermében.

*Radnai Gyula*, a Versenybizottság elnöke letette fehér köpenyét és köszöntötte a megjelenteket. Megemlékezett az 50 éve elhunyt *Nagy L. József* piarista tanárról, aki igen sokat tett a korabeli *KöMaL*, valamint a *Fizikai és Kémiai Didaktikai Lapok* megalapításáért, tankönyveket írt. A *KöMaL* novemberi számában is megemlékeztek róla. A már több éves gyakorlatnak megfelelően – a részletes eredmények izgatottan várt ismertetését megelőzve – az 50, illetve a 25 év előtti Eötvös-versenyről való megemlékezésre került sor.

## Eötvös-verseny, 1962

**1. feladat** (*Bártfai Tamás*)  
Három darab  $R = 5\text{ cm}$  rádiuszú,  $Q = 1\text{ kp}$  súlyú golyó lóg egy-egy  $l = 7,5\text{ cm}$  hosszú fonálon. Mindhárom fonál közös pontban van felfüggesztve. A három egymásnak támaszkodó golyóra középen  $r = 2,5\text{ cm}$  rádiuszú golyót helyezünk. Legfeljebb mennyi lehet a golyó  $q$  súlya, hogy át ne essen a három lógó golyó között? Sűrűlódás nincs.

**2. feladat** (*Károlyházy Frigyes*)  
Egyenletes vastagságú, azonos anyagú bádoglemezből három üres, egyenes körhenger készült. Az első átmérője  $5\text{ cm}$ , magassága  $5\text{ cm}$ ; a második átmérője  $10\text{ cm}$ , magassága  $5\text{ cm}$ , a harmadik átmérője  $5\text{ cm}$ , magassága  $7,5\text{ cm}$ . Megvizsgáljuk a hengerek elektromos ellenállását olyan módon, hogy a mérőműszer huzalvégeit a hengerek alap és fedő körlapjainak középpontjaihoz érintjük. Melyik henger ellenállása a legnagyobb, és melyiké a legkisebb?

**3. feladat** (*Vermes Miklós*)  
Tőlünk  $400\text{ méterre}$   $1\text{ méter}$  átmérőjű kör alakú üvegablak van, amely a róla visszaverődő napsugaraktól megcsillan. Legfeljebb meddig tart ez a jelenség?

*Radnai Gyula* felidézte, hogy az első feladat szerinti elrendezést *Vermes Miklós* elkészítette, és a modell ma is megtekinthető a csepeli *Jedlik Gimnáziumban*.

1962-ben csak érettségizettek vehettek részt a versenyen, amin  $51$  budapesti és  $41$  vidéki tanuló indult. Közülük összevont I. és II. díjat nyert *Nagy Dénes Lajos* és *Szegi András*, a budapesti II. Rákóczi Ferenc Gimnázium tanulói, *Lantossy Károly* tanítványai. III. díjat nyert *Máté Eörs*, a szegedi Radnóti Miklós Gimnázium tanulója, *Bábiczkine Gremesperger Katalin* tanítványa. Első dicséretet kapott *Góth László* a budapesti Könyves Kálmán Gimnázium tanulója, *Turtóczki László* tanítványa, második dicséretet kapott *Simonovits Miklós*, a budapesti Radnóti Miklós Gimnázium tanulója, *Borszéki Erzsébet* tanítványa.

Az ötvenedik évfordulón mind az öten megjelentek, közösen emlékeztek a versenyre, a több évet végigkísérő versengésre, de ami még fontosabb, a barátságra, ami a mai napig megmaradt. *Simonovits Miklós* arról beszélt, hogy mennyiben térnek el a középiskolai és egyetemi feladatok, és milyen minőségi változást jelentenek a felnőtt életpálya problémái. „Az ember a gimnáziumi versenyeken nagyon sok pozitívumot kap, nagyon sok mindent megtanul, nagyon jól motivált. Ezeknél a versenyeknél mindig jön egy jó tanár, odateszi a feladatot, amit meg kell oldanunk, ez valami. Az egyetemen azt lehetett látni, hogy a gimnáziumban kialakult sorrendek átalakulnak. Sokkal fontosabb, hogy az ember megtanulja kiválasztani, hogy őt mi érdekli, és milyen irányba megy. Az életben ez másképpen megy. Amikor befejeztük az egyetemet,

akkor még egy váltás volt.” Szegi András röviden bemutatva a második versenyfeladatban ismertetett probléma „hivatalos” megoldását, és a tényleges mérés elvégzésének problémáját. Végül Nagy Dénes Lajos köszönetet mondott az első fizikaszakértőt vezető, és a teremben most is ott ülő tanárának, *Holics Lászlónak*.

A versenybizottság figyelmét Máté Eörs hívta fel egy hiányosságra, amikor felidézte a korabeli eredményhirdetést: „(A versenyek után) soha nem kaptam visszajelzést arról, hogy mit rontottam el... »Úgy tűnik, hogy mindhárom feladatot jól megoldotta Máté Eörs. Harmadik díj.« Nem tudom, mi volt rossz. Azóta eltelt ötven év.”

A huszonöt évvel ezelőtti Eötvös-verseny feladatai az alábbiak voltak:

## Eötvös-verseny, 1987

**1. feladat** (Vermes Miklós)  
Különböző hajlásszögű lejtőről golyót gurítunk le. A lejtők magassága egyenlő. A csúszó súrlódási együttható  $\mu = 0,1$ . Mekkora hajlásszögű lejtőnél fejlődik a legtöbb meleg?

**2. feladat** (Károlyházy Frigyes)  
Egy henger terét egy dugattyú választja ketté. Minden alkatrész jó hővezető és a hőmérséklet  $100\text{ }^\circ\text{C}$ . A bal oldali  $1\text{ köbdeciméteres}$  részben hélium van. A jobb oldali  $1\text{ köbdeciméteres}$  részben vízgőz és  $0,588\text{ gramm}$  folyékony víz van. A nyomás  $1\text{ atmoszféra}$ . Ezután változtatjuk a hőmérsékletet a lehető legalacsonyabbtól a legmagasabbig. Vizsgáljuk meg, hogyan függ a dugattyú helyzete a hőmérséklettől!

**3. feladat** (Károlyházy Frigyes)  
Egy kartonhengertől meghatározott távolságra, vékony fonálra egy lágyvasdarabkát függesztünk. A hengerre huzalból tekercest csévélünk, és erre egy meghatározott váltófeszültséget kapcsolunk. A vasdarabka kissé elmozdul. Hogy a hatást megnöveljük, a hengerre kétszer annyi menetet csévélünk. Mit fogunk tapasztalni?

Az 1987-es versenyen Budapesten 121, vidéken 146 versenyző vett részt. Nem volt olyan versenyző, aki mind a három feladatot hibátlanul megoldotta, így első díjat nem adtak ki. Második díjat nyert *Gyuris Viktor* honvéd (Fazekas Mihály Gimnázium, Budapest; tanára *Horváth Gábor*), *Nagy Gergely*, a BME hallgatója (József Attila Gimnázium, Budapest, *Sarkadi Ildikó*) és *Páczelt Ferenc* tanuló (Móricz Zsigmond Gimnázium, Budapest, *Sikó Attiláné*). Harmadik díjat nyert *Cynolter Gábor* honvéd, (Fazekas Mihály Gimnázium, Budapest, Horváth Gábor), *Fucskár Attila* tanuló (Kaffka Margit Gimnázium, Budapest, *János Ilona*), *Jakab Péter* tanuló (Verseghy Ferenc Gimnázium, Szolnok, *Sebestyén István*), *Kégl Balázs* tanuló (Apáczai Csere János Gimnázium, Budapest, *Zsigri*

*Ferenc*), *Kiss Tamás* tanuló (József Attila Gimnázium, Budapest, *Tóth Eszter*). Dicséretet kaptak *Derényi Imre* tanuló (Révay Miklós Gimnázium, Győr, *Székely László*), *Lang András* tanuló (Révay Miklós Gimnázium, Győr, *Székely László*, *Bőnyi Mihály*, *Jagodits György*). Elismerést kapott továbbá *Balogh Péter* ELTE TTK (I. László Gimnázium, Mezőkövesd, *Rácz György*), *Szokoly Gyula* honvéd (Fazekas Mihály Gimnázium, Budapest, Horváth Gábor).

Kiss Tamás arról mesélt, hogy *Wigner Jenő* az eredményhirdetés után nem sokkal ellátogatott a József Attila Gimnáziumba. Megemlékezett *Békésy György* Nobel-díjasról, aki a második világháború alatt saját kezűleg mentette a fizika tanszék műszereit.

Fucskár Attila elmondta, hogy ő a versenyeket valóban intelligenciatesztként tudja értelmezni. Az Eötvös-versenyen 1987-ben és 1988-ban szerepelt kiválóan. Szerette, hogy ez egy rövid verseny, három példát tartalmaz, amelyek nem evidens dolgok, valamit ki kell találni megoldáshoz. Ezzel ellentétben áll az OKTV sok feladata, ahol viszont mindig elszámolt valamit, és nem jutott döntőbe.

Derényi Imre fizikatanárára, osztályfőnökére és osztálytársaira, valamint pályaválasztására emlékezett.

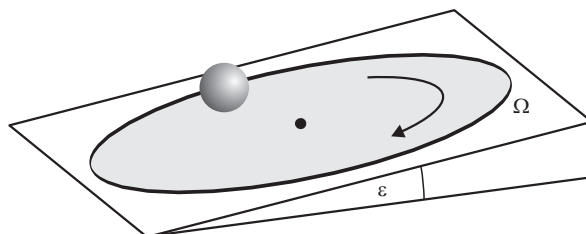
Cynolter Gábor a versenyek élményét elevenítette fel. Mesélt az előfelvételis honvédként Lentiben eltöltött időről, és arról, hogyan értek haza a versenyre.

Szokoly Gyula a diákolimpiai szakkör vezetőjét, *Honyek Gyulát* említette, aki viszont felidézte, hogy az ő négy oldalon levezetett megoldása helyett Cynolter Gábor egyetlen sorban oldott meg egy feladatot.

A visszaemlékezések után Radnai Gyula ismertette az idei Eötvös-verseny feladatait:

## Eötvös-verseny, 2012

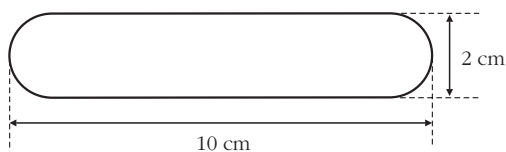
**1. feladat** (Vigh Máté)  
Egy sík, érdes felületű, a vízszinteshez képest  $\alpha$  szögben döntött korong egyenletesen,  $\Omega$  szögsebességgel forog. Egy bűvész a forgó korong közepére egy  $R$  sugarú, tömör gumilabdát helyez, majd megfelelő irányban elgurítja. A közönség legnagyobb ámulatára a labda középpontja ezután egyenes vonalú, egyenletes mozgást végez, amit mindaddig folytat, amíg a labda a forgó korong peremére ér. (A labda mindvégig tisztán gördül, a korong szögsebessége nem változik.) Adjunk fizikai magyarázatot a furcsa jelenségre! Milyen irányban és milyen kezdőfeltételekkel kell indítania a bűvésznek a labdát, hogy a mutatvány sikerüljön?



### 2. feladat

(Radnai Gyula)

Egy 10 cm hosszú és 2 cm vastag, hengeres üvegrúd mindkét domború vége egy-egy félgömb. A rúd tengelye mentén, egyik végétől mekkora távolságra helyezzünk el egy pontszerű fényforrást a levegőben, ha azt akarjuk, hogy a rúd másik végétől a) ugyanakkora, b) kétszer akkora távolságra találkozzanak az onnan kilépő, a tengellyel kis szöget bezáró fénysugarak? Az üveg levegőre vonatkoztatott törésmutatója 1,5.



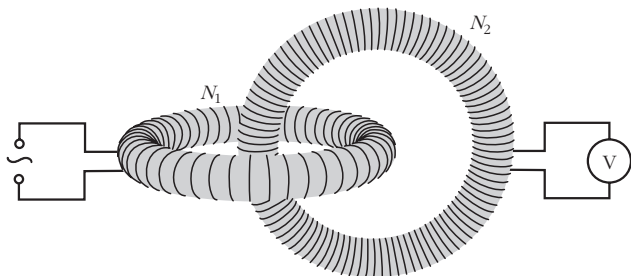
### 3. feladat

(Vigh Máté)

Két ugyanolyan méretű, csak a menetszámukban különböző, egyenletes tekercselésű,  $N_1$  és  $N_2$  ( $> N_1$ ) menetes toroid tekercs egymásba van fűzve az *ábra* szerint. (A középkörök síkjai merőlegesek egymásra.)

a) Melyik tekercs kivezetései között indukálódik nagyobb feszültség, ha a másik tekercsben adott effektív áramerősségű és frekvenciájú váltakozó áram folyik?

b) Az  $N_1$  menetes tekercsre  $U$  effektív értékű, hálózati váltakozó feszültséget kapcsolunk, a másik ( $N_2$  menetes) tekercs kivezetéseire pedig ideálisnak tekinthető voltmérőt kötünk. Mekkora effektív feszültséget jelez a műszer? Legyen, mondjuk  $N_1 = 100$ ,  $N_2 = 900$ ,  $U = 230$  V!



A feladatok megoldását a Versenybizottság elnöke ismertette. (Ezek majd a *Középiskolai Matematikai és Fizikai Lapokban* jelennek meg.) Vigh Máté, a zsűri tagja bemutatta az első feladat ötletét adó, internetről levett felvételeket. A harmadik feladathoz Vankó Péter (BME TTK Fizika Tanszék) és Vigh Máté (ELTE TTK Komplex Rendszerek Fizikája Tanszék) mutatott be kísérletet.

Néhány gondolat a feladatok megoldásával kapcsolatban.

Az *első feladatban* először azt kell belátni, hogy a golyót a forgó asztal középpontjából kell elindítani úgy, hogy éppen vízszintes síkban induljon el. Minden más esetben lesz oldalirányú gyorsulása, azaz nem egyenes vonalú pályán fog gördülni. Így viszont elérhető, hogy a forgatóerő éppen a lejtő irányú erővel egyezzen meg, vagyis a golyó egyenes vonalú

egyenletes mozgást fog végezni, miközben egyre gyorsabban forog a saját vízszintes tengelye körül is.

Ha már ezt beláttuk, akkor viszonylag egyszerűen felírhatjuk a legfontosabb összefüggéseket, amelyekből a forgó tányér szögsebessége és dőlésszöge függvényében kifejezhető az elgurítás sebessége.

$$Fr = \Theta \beta, \quad \Theta = \frac{2}{5} mr^2,$$

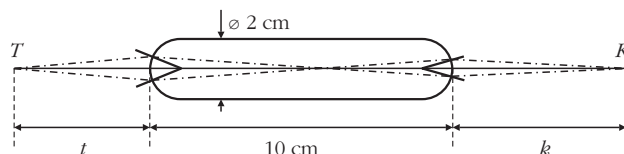
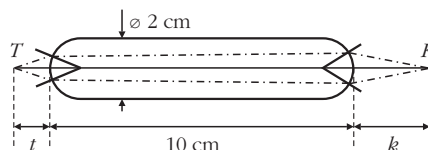
$$\omega r = \Omega R, \quad F = mg \sin \alpha,$$

$$R = vt \quad \text{és} \quad \omega = \beta t,$$

amiből

$$v = \frac{5g}{2\Omega} \sin \alpha.$$

A *második feladatban* viszonylag egyszerű a két oldalra külön-külön felírható leképezési törvény meghatározása – kis szögek esetén érvényes közelítésben.



Két jellegzetes sugármenet, amiért mindig két-két megoldás adódik.

Az első leképezésnél

$$\frac{n-1}{R} = \frac{1}{k_1} + \frac{n}{t_1},$$

a második leképezésnél pedig

$$\frac{n-1}{R} = \frac{n}{k_2} + \frac{1}{t_2}.$$

Vigh Máté és Vankó Péter kísérletet mutat be a 3. feladathoz.





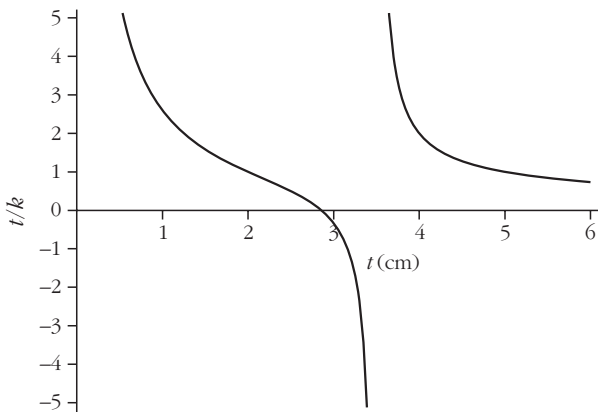


Janzer Balázs beszél a versenyen szerzett tapasztalatairól, mellette Kroó Norbert, az Eötvös Társulat elnöke.

Továbbá az első leképezés képtávolságának és a második leképezés tárgy-távolságának összege az üvegrúd hossza, azaz

$$t_1 + k_2 = 10 \text{ cm.}$$

A második tárgy-távolság és az első képtávolság hányadosa a tárgy-távolság függvényében a következő ábrán látható.



A tárgy-távolság és a képtávolság hányadosának számított értékei.

Érdekes volt hallgatni az „öregek” megjegyzéseit, különösen a második és a harmadik feladat megoldásával kapcsolatban. Izgalmas volt azon lehetőség felvetése, hogy az optikai feladat két-két megoldása mellett lehetséges-e további olyan megoldás, amelyben a fény az üvegrúd felületéről – kétszer, vagy akár többször is – visszaverődik.

A *harmadik feladat*nál a kölcsönös indukciós együtthatót kellett (volna) meghatározni. Ennek két komponense van:

a) a gerjesztő toroid „középvonalában” folyó áram feszültséget indukál a második toroidra csévélt menetekben, ennek értéke  $N_2$ -vel arányos, valamint

b) a gerjesztő toroid menetei feszültséget indukálnak a második toroid „középvonalába” képzelte vezetékben, aminek értéke  $N_1$ -gyel lesz arányos.

Az alaktényezők a két esetben a szimmetria miatt azonosak. A teljes indukált feszültség a két hatás ösz-



Szabó Attila az Eötvös-versenyt és a Nemzetközi Fizikai Diákolimpiát hasonlította össze, mellette Radnai Gyula zsűrielnök.

zege vagy különbsége a tekerceselés irányától függően.

A 2012. évi Eötvös-versenyen összesen 111 dolgozat született, ezek közül 56-ot írtak Budapesten, 55-öt vidéki (összesen 14) helyszínen.

Első díjat a versenybizottság (elnöke Radnai Gyula, tagjai Honyek Gyula és Vigh Máté) nem adott ki, mert a verseny hagyományai szerint csak az a versenyző kaphat első díjat, aki mindhárom feladatot jól megoldja.

II. díjat ketten értek el: *Janzer Barnabás*, a Budapest Fazekas Mihály Gimnázium, 10. osztályos tanulója, felkészítő tanára Horváth Gábor.

*Szabó Attila*, a pécsi Leőwey Klára Gimnázium 12. osztályos tanulója, felkészítő tanárai *Simon Péter* és *Kotek László*.

III. díjat hárman vehettek át: *Csösz Gábor*, a kecskeméti Református Gimnázium 12. osztályos tanulója, felkészítő tanára *Galambos Péter*.

*Jubász Péter*, a budapesti Piarista Gimnázium 11. osztályos tanulója, felkészítő tanára *Urbán János*.

*Laczkó Zoltán*, az ELTE hallgatója, aki a szegedi Ságvári Endre Gimnáziumban érettségizett, mint *Győri István* tanítványa.

Dicséretben heten részesültek: *Béres Bertold* (BME, budapesti Puskás Tivadar Távközlési Technikum, *Beregszászi Zoltán*, *Alapiné Ecseri Éva*); *Febér Zsom-*

Károlyházy Frigyeszt méltatja Kürti Jenő és Kádár György.





A csoportképen (balról jobbra) hátsó sor: Öreg Botond, Fehér Zsombor, Kovács Péter, Béres Bertold; harmadik sor: Janzer Barnabás, Szabó Attila, Juhász Péter, Laczkó Zoltán, Homonnay Bálint, Szigeti Bertalan György, Olosz Balázs; második sor: Derényi Imre, Kiss Tamás, Szokoló Gyula, Cynolter Gábor, Máté Eörs; első sor: Fucskár Attila, Nagy Dénes Lajos, Szegi András, Simonovits Miklós, Góth László.

bor (budapesti Fazekas Mihály Gimnázium 10. osztály, Horváth Gábor); *Homonnay Bálint* (budapesti Fazekas Mihály Gimnázium 11. osztály, Horváth Gábor); *Kovács Péter* (BME, budapesti Apáczai Csere János Gimnázium, *Pákó Gyula*); *Olosz Balázs* (pécsi Babits Mihály Gimnázium 10. osztály, *Koncz Károly*); *Öreg Botond* (budapesti Fazekas Mihály Gimnázium 10. osztály, Horváth Gábor) és *Szigeti Bertalan György* (veszprémi Lovassy László Gimnázium 12. osztály, *Varga Vince*).

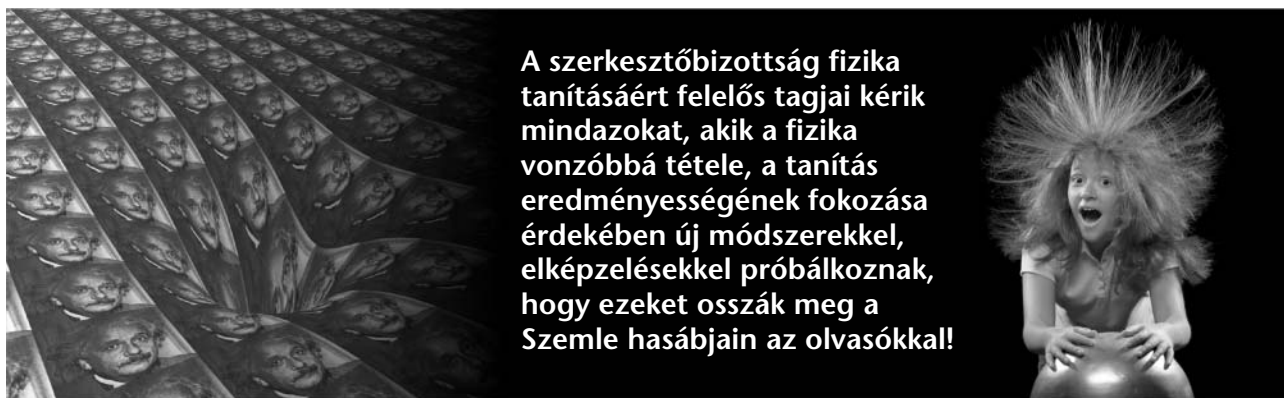
A díjakat *Kroó Norbert*, az Eötvös Loránd Fizikai Társulat elnöke adta át. A díjazottaknak gratulált *Kürti Jenő*, a Társulat főtitkára.

A verseny díjazottjait külön-külön szólították. A tanulók értékes könyveket kaptak az Eötvös Loránd Fizikai Társulat és az Akadémiai Kiadó (Simonyi Károly: *A fizika kultúrtörténete*), a Typotex Kiadó (Bronstejn–Musiol–Mühlig–Szemengyajev: *Matematikai kézikönyv*, illetve J. D. Jackson: *Klasszikus elektrodinamika*), valamint a Nemzeti Tankönyvkiadó (Ju-

hász Árpád: *Gleccserek*) jóvoltából. Tanáraik a Matfund Alapítvány szakmai és a Vince Kiadó művészeti könyvei közül válogathattak. A kiadóknak a felajánlott könyvekért, valamint a MOL-nak az anyagi támogatásért a Versenybizottság elnöke mondott köszönetet. Az esemény utáni beszélgetéshez a Ramasoft Zrt. biztosította a jóízű szendvicseket és az alkoholmentes italokat.

Mindegyik díjazott korábban is ért már el sikereket különféle hazai vagy nemzetközi tanulmányi versenyeken. Szabó Attila említette, hogy az idei Eötvös-verseny még a Nemzetközi Diákolimpiánál is nehezebbnek bizonyult, hiszen itt nem tudta megoldani mindennyik feladatát. A harmadik feladat mindenkinek nehéznek bizonyult, így talán nem meglepő, hogy a díjazottak fele 10-11. évfolyamos tanuló.

Az eredményhirdetés végén többen is megemlékeztek Károlyházy Frigyesről, és dicsérték az általa készített versenyfeladatokat. Károlyházy Frigyesről több írás is szól a *Fizikai Szemle* korábbi számaiban.



**A szerkesztőbizottság fizika tanításáért felelős tagjai kéri mindazokat, akik a fizika vonzóbbá tétele, a tanítás eredményességének fokozása érdekében új módszerekkel, elképzelésekkel próbálkoznak, hogy ezeket osszák meg a Szemle hasábjain az olvasókkal!**

A gépkocsi gyors fékezésekor a benne elhelyezett rögzítetlen tárgyak – a tehetetlenség elve szerint – egy ideig még a gépkocsi sebességével mozognak, például az üres ülésre helyezett alma fékezéskor előre gurul. A nagy sebességgel frontálisan ütköző gépkocsiban a nem rögzített utasok is továbbmozognak, megtartva gépkocsi korábbi sebességét, majd az autó belső részeivel ütközve lassulnak le. A balesetek súlyosságát a testet érő erők eredőjének nagysága határozza meg. Mivel a test tömege lassulás közben nem változik, a rá ható eredő erő nagyságát a lassulása (negatív gyorsulása) határozza meg.

$$|a| = \frac{|\Delta v|}{\Delta t}. \quad (1)$$

A test gyorsulásának abszolút értéke (1) szerint úgy csökkenthető, hogy a sebességváltozás abszolút értékét csökkentjük, vagy az ütközési időt növeljük [1]. A gépkocsik tervezésénél napjainkban ezeket a tényezőket a következőképpen veszik figyelembe:

1. Az utasok tehetetlenségéből adódó, a kocsiszekrény elemeihez képesti mozgásból származó sérülések a biztonsági övvel és a légzsákokkal elkerülhetők, enyhíthetők.

2. Az ütközés ideje az autók deformációs zónáinak megfelelő kialakításával lényegesen megnövelhető.

Szakköri munkában, 10-11. osztályos tanulókkal, e problémakörrel kapcsolatosan alkalmaztuk a fizikaórán tanultakat. Az interneten található autós cégek ütközési kísérleteiről készült filmeket tanulmányoz-

va, bizonyos szempontokat figyelembe véve, modelleztük a filmekben látottakat. A tanulók csoportokban dolgoztak. Sok ötlet született, amelyekből a legjobbakat meg is valósították, együtt készítették el az ütközési kísérletek modelljeit. A kísérletek filmre vettük, (30 f/s, 120 f/s), amelyeket videóanalízissel is kielemeztünk. Tapasztalatom szerint, ha kísérletekkel és számításokkal igazolunk bizonyos állításokat, az könnyebben beépül a tanulók komplex tudásába, és a későbbi gépkocsivezetés-kultúráját is jó irányba tereli. Igen sok baleset elkerülhető lehetne a megfelelő vezetéstechnika elsajátításával, illetve a helytelenül választott manőverek következményeinek pontosabb ismeretével. A tanulókat nagyon érdekelt az autóvezetés, hiszen többjük már elkezdte a KRESZ-tanfolyamot, így sokkal nyitottabbak és befogadóbbak voltak.

A szakköri munka alkalmával külön foglalkoztunk a biztonsági övvel, illetve a légzsákkal és a deformációs zónákkal is.

## A biztonsági öv

A gépkocsik ütközéséből származó súlyos testi sérülések elkerülése érdekében az utasokat biztonságosan rögzíteni kell a kocsiszekrényhez azért, hogy az erőteljes lassítás közben is megtartsák nyugalmi állapotukat a zárt kocsiszekrényhez képest.

Az utasok rögzítésének ötlete már az 1930-as években felvetődött (több mint 40 évvel az autó feltalálása után) a balesetek csökkentése céljából, de a kétpontos rögzítés nem volt eléggé hatékony, mert az ütközések során előrelelendülő testre hirtelen ostorcsapásként ható nagy erő súlyosan roncolta az emberi testet.

Az utakon a személyautók rohamosan növekedő mennyisége növelte a balesetek számát, így az autópárt egyre inkább terhelte a felelősség a balesetek kimenetelét illetően. A svéd Volvo cég 1958-ben benyújtotta a hárompontos biztonsági öv nyílt szabadalmát, az első hárompontos övvel szerelt PV 544-es autó 1959. augusztus 13-án hagyta el a gyárat (1. ábra). Ez a találmány az ütközés során fellépő erőket az emberi test legellenállóbb részeire (a medence és a bordázat) koncentrálja. A biztonsági öv nagy szakítószilárdságú anyagból készül, de nem rugalmas, (hiszen az erőhatás megszűnte után visszalöné az utast az ülésbe) hanem nagy igénybevétel esetén maradandóan nyúlik meg, ezzel a kölcsönhatási idő növekszik. Ez a megfelelő biztonságot nyújtó öv mégis igen lassan terjedt el világszerte. Az utasok idegenkedtek tőle, egyrészt úgy érezték, hogy szabadságukban korlátozza őket, másrészt nem voltak tisztában a balesetek közben fellépő igen nagy erőhatásokkal sem. Először Ausztráliában (1971-ben), később több országban is kötelezővé tették a biztonsági öv használatát az

1. ábra. Nils Bohlin, a hárompontos biztonsági öv kifejlesztője.







2. ábra. A félbevágott flakonhoz gumival és szigetelőszalaggal rögzítettük a tojást.

első üléseken. Magyarországon erre 1976-ban került sor, azonban ennek ellenére a felmérések szerint csak a vezetők 77%-a csatolja be a biztonsági övet [2]. A biztonsági övek tehát még mindig kell a reklám.

Tanítványaimmal szakköri munka kapcsán vetődött fel, hogyan tudnánk bemutatni, milyen hasznos biztonságtechnikai szempontból, ha egy hirtelen lefékeződő dobozban rögzítve van a benne lévő test.

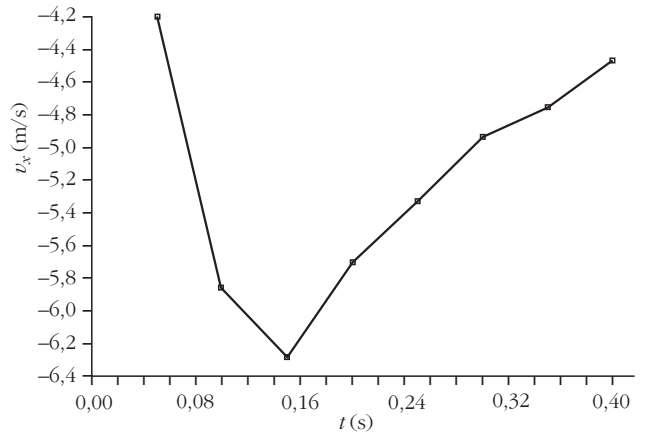
Egy 2 literes flakont félbevágtunk, majd egy tojást helyeztünk bele. A flakont leejtettük 1,5 méter magasságból, a tojás a földet érés pillanatában összetört. Második kísérletünkben a tojást postás gumi segítségével rögzítettük a flakonhoz úgy, hogy ne érjen a flakon oldalához (2. ábra). Az ejtési kísérletet azonos magasságból elvégeztük, a tojás nem tört össze, nem találtunk rajta sérülésnyomokat.

A kísérleteket filmre vettük, és egy mozgáselemző program segítségével kielemeztük [3].

A következőkben nagyobb igénybevételnek tettük ki a padra helyezett rendszert. Ezt úgy értük el, hogy seprűnyéllel oldalról nagy erővel megütöttük a flakont. A tojás a kölcsönhatások során nem sérült meg. (A valóságos ütközéseknél a lassulási szakaszban ébrednek az utasokat érő kritikus erők, a seprűnyéllel megütött flakonnál viszont a gyorsuló szakaszban ébredtek a tojást érő nagyobb erők.) A kölcsönhatást kielemeztük videóanalizátor program segítségével.

A 3. ábrán jól elkülöníthető a gyorsulási (0–0,15 s) és az utána következő lassulási szakasz. A seprűnyéllel való ütközés a gyorsulási szakasz végéig, 0,15 másodpercig tartott, e szakaszban a tojás gyorsulása közelítőleg a nehézségi gyorsulás kétszerese volt. A tojás a kölcsönhatás során nem sérült meg.

A flakonba rögzített tojást csak 5,1 méteres magasságból leejtve sikerült megrepeszteni. Ekkor a földet érés sebessége 28 km/h volt, ami kissé eltér a (2) alap-



3. ábra. A seprűnyéllel megütött flakonba erősített tojás x irányú sebesség-idő grafikonja.

ján kiszámított értéktől a légellenállás, a forgás és a mérési pontatlanságok miatt.

$$v = \sqrt{2gb} = 36 \frac{\text{km}}{\text{h}}. \quad (2)$$

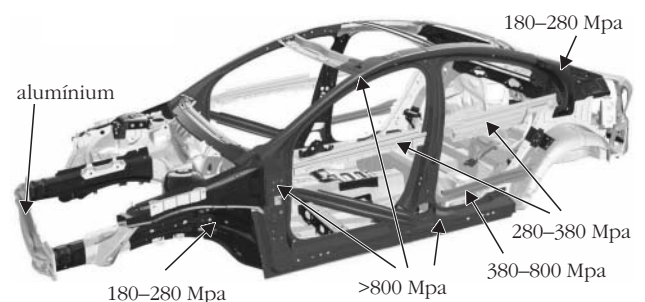
A kísérletet végző tanulók is megdöbbenve tapasztalták, hogy a sérülékeny tojás ilyen nagy igénybevételeket is el tud viselni sérülés nélkül, ha rugalmasan rögzítjük az eldobott flakonhoz.

A különbség a modell és a valóság között a rögzítés anyagában mutatkozott, hiszen a tojást egy kis erőhatásokra is rugalmasan reagáló gumival rögzítettük, a valóságos biztonsági övek pedig nagyobb erőhatásokra maradáno megnyúlást szenvednek. A rögzítés következményében viszont megegyeztek, hiszen a hirtelen fékezés után nem csapódtak a hordozó szekrény falának.

## A deformációs zóna és a légzsák

Az ütközés során az utasra ható eredő erő lényegesen csökkenthető az ütközési idő meghosszabbításával. Ezt a gyakorlatban a deformálható ütközési zóna (4. ábra) és a zárt kocsiszekrényben elhelyezett, illetve külső légzsákok segíthetik (5. ábra). A vezetők néha igen bosszúsak az autó könnyen deformálható részei miatt, hiszen kisebb erőhatásoknál is nagy anyagi kár keletkezik a karosszériában. (Igazából egy olyan gépkocsiról álmodnak, amelyik kis sebességeknél teljesen merev, nagy sebességeknél pedig jól deformálható testként

4. ábra. A Volvo S60-as különböző anyagminőségű részei. Míg elől könnyen gyűrődő zónát találunk, az utascellát extra erős acél védi.



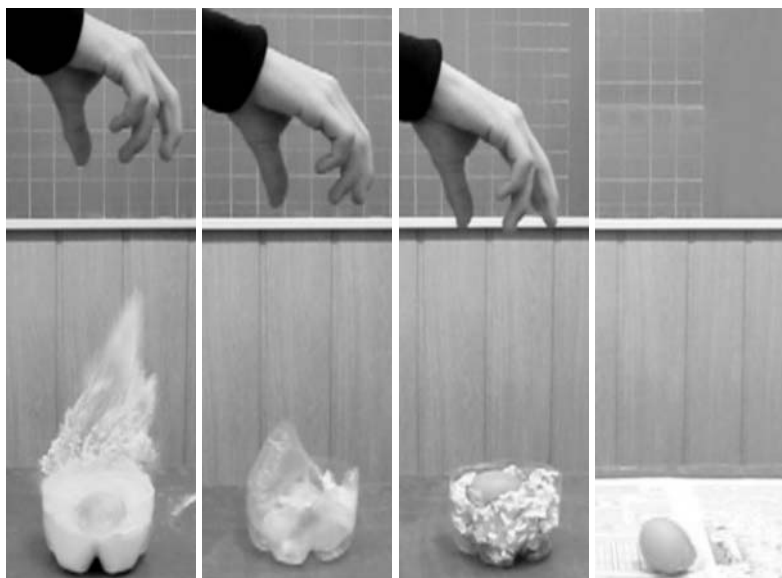


5. ábra. A temérdek, utasokat védő légszák mellett a Volvo kifejlesztette a gyalogosokat óvó külső légszákot is.

viselkedne.) Az ütközések az esetek nagy többségében 1 másodpercen belül megtörténnek (0,05–0,3 s), ez pedig igen nagy gyorsulást okoz a gépkocsiban ülő utasokon. A gyorsuló rendszerben mozgó emberi test működését meglehetősen befolyásolja a rendszer gyorsulása. Tartósan 10 g gyorsulást csak kiképzett űrhajósok képesek kibírni anélkül, hogy eszméletüket veszítenék. Rövidebb idő alatt azonban nagyobb gyorsulás is elviselhető, de mivel ezek az erők a belső szervekre is hatnak, könnyen súlyos belső sérüléseket okozhatnak.

A frontális ütközések időbeli csökkentésének modellezését a következőképpen valósítottuk meg a szakción: tojást ejtettünk azonos magasságból lisztbe, félig felfújt nylonzacskóra, lazán összegyűrt alufóliába, merev asztallapra (6. ábra). Az ejtési kísérleteket filmre vettük 30 f/s és 120 f/s beállításokkal [4]. A kísérletsorozatot ugyanazzal a tojással végeztük. A lisztbe érkező tojás a teljes megállásig a leghosszabb ütközési időt mutatta (0,15 s), a legrövidebb ütközési idő az asztalra

6. ábra. Ugyanazon tojással elvégzett kísérletsorozat (balról-jobbra). A tojást lisztbe, felfújt nylonzacskóba, lazán összegyűrt alufóliába és asztalra ejtettünk. A tojás csak az asztalra ejtés után repedt meg.



ejtésnél volt (0,06 s). Az ütközési időket a 120 f/s értékkel felvett képekhez rendelt idők alapján videóanalízissel határoztuk meg. Az alufóliába és a felfújt zacskóra esett tojás esetében az ütköző zónákat tartalmazó flakon az ütközési idők alatt intenzív mozgást végzett, amiből arra következtettünk, hogy a tojás mozgási energiájának egy része folyamatosan alakult át és nyelődött el. A félig felfújt zacskóról a tojás erősen felpattant. A visszapattanást a valódi légszákok esetében úgy küszöbölik ki, hogy a légszák maximális felfújódása után azonnal leenged, így védve az utasokat az újbóli erőhatástól, ráadásul szabad levegővételt is biztosít az ütközés utáni pillanatokban.

A kísérletsorozat érdekessége volt, hogy az ütközések mindegyike nagy hanggal járt, ezért a diákok azt gondolták, hogy mind a négy esetben eltört a tojás, csak a közelebbi vizsgálatok győzték meg az ütközések kimeneteléről őket. A valószínű ütközések szemtanúi is hatalmas csattanásról, szokatlan hangjelenségekről számolnak be az ütközéskor tapasztaltak felidézésénél.

## Következtetések összefoglalása

A kísérletben részt vevő diákok igen aktívan működtek együtt, csapatmunkában fedezték fel az autózás és a fizika kapcsolatát. Mérlegeltek a modellalkotásnál, milyen szempontok alapján érdemes a modellkísérleteket elemezni, a kísérlet végén általános következtetéseket vontak le. Saját maguk jutottak el a felismeréshez, hogy mennyire fontos a biztonsági öv használata. A kísérletek előtt és után is képzeletbeli autósárlást játszottunk a diákokkal, amelyből kiderült, hogy a kísérletsorozat végén más szempontok alapján döntöttek a vásárlásnál (sokkal inkább a biztonsági felszereléseket keresték az autók leírásánál). A fiatalok egyes felmérések szerint ritkábban kapcsolják be a biztonsági öveket, ezért is indult meg Európában a divatos, trendi övek gyártása. Megfigyeléseim szerint a tanulóhoz illeszkedő gyakorlatból kiemelt, célratörő kísérletezés és az ehhez kapcsolódó kutatómunka pozitív hatással volt a tanulók természettudományos gondolkodására, továbbtanulási szándékára és a hétköznapi életben a biztonságtechnika fegyelmezett alkalmazására.

Köszönetemet fejezem ki témavezetőmnek, *Jubász András*nak.

## Irodalom

1. <http://arago.elte.hu/files/Fizika-korulottunk-14.pdf>
2. [http://autovezetes.network.hu/blog/kozlekedes\\_klub\\_hirei/a-biztonsagi-ov-fel-evszazada-torte-nelem](http://autovezetes.network.hu/blog/kozlekedes_klub_hirei/a-biztonsagi-ov-fel-evszazada-torte-nelem)
3. <http://www.opensourcephysics.org/items/detail.cfm?ID=7365>
4. <http://www.youtube.com/watch?v=t2B3bUUob9k&feature=youtu.be>

# FEJLESZTÉSEK ÉS KÍSÉRLETEK A »VÍZSUGÁRRAKÉTÁVAL«

Pál Zoltán  
Gödrei Körzeti Általános Iskola

A 2012-es Fizikatanári Ankét szervezőbizottsága egy újítással színesítette a fizikatanárok nyári továbbképzési programját *Maratoni Show* – 10 perces kísérleti bemutató néven. A két szakcsoport fizikatanáraitól 22-en jelentkeztek rá, köztük jömagam két kísérlettel. Az egyik az *Egy búron pen(rez)dülök* néven meghirdetett, a hangtan témaköréből vett kísérlet. A másik a mechanika témaköréből, Newton harmadik törvényét demonstráló „rakétaelv” néven is ismert kísérlet volt. Ezt a törvényt sokan és sokféle módon bemutatták már, elsősorban bent, fizikai előadó teremben, például felfújt léggömböt elengedve az rakétaként repül el. Ennél látványosabb megoldás, amikor egy szódás szifon patronját kilyukasztva, két fal között kifeszített drótra erősítve, nagy sebességgel repül egyik faltól a másikig.

A megoldás merészebb, amikor a szabadba visszük ki ezt a kísérletet. Itt a rakétatest már egy ásványvizes palack – vagy a saját kísérletemnél használt, egyedi módon elkészített szódáspalack –, amit nagy nyomású levegő és bizonyos mennyiségű víz, mint hajtóanyag hoz mozgásba.

## Newton harmadik törvénye az általános iskola tananyagában

A 7. osztályos fizikatananyag I. témája a Mechanika, ennek III. fejezete a dinamika alapjai: „Az erő mérése, erő – ellenerő” ([1] 54–55. oldal) címszó alatt találkozunk a kölcsönhatás törvényével, azaz Newton harmadik axiómájával.

Ha az  $A$  testre egy  $B$  test erőt gyakorol, mi történik a  $B$  testtel? A tapasztalatok azt mutatják, ha egy talicskát ( $A$ ) tolok, akkor felém irányuló ( $B$ ) erőt érzek, vagy egy vadászpuska elsütésekor a vállam felé ható (a lövedék mozgásirányával ellentétes irányú) erőt érzek.

„Ha egy (pontoszerű)  $A$  testre a (pontoszerű)  $B$  test erőt ( $F_{A,B}$ ) gyakorol, akkor az  $A$  test is hat  $B$ -re ugyanolyan nagyságú és ellentétes irányú erővel:  $F_{B,A} = -F_{A,B}$ ”. Ez a Newton-féle harmadik axióma, a kölcsönhatás törvénye. (Newton megfogalmazása szerint: „A hatással mindig ellentétes és egyenlő nagy az ellenhatás, vagy két test egymásra való hatása mindig egyenlő nagyságú és ellentétes irányú.”) Az axióma szerint az erők mindig párosával lépnek fel, és ezek az erők – erő (akció) és ellenerő (reakció) – mindig különböző testekre hatnak.

A 7. osztályos tankönyv több képet is hoz a törvény lényegének megértéséhez. Az első képen görkorcsolyán álló két gyerek közül az egyik meglöki a másikat – mindkettő elmozdul (hatás-ellenhatás). A második képen egy sugárhajtású repülőgép látható: a hajtómű-

ből kiáramló gáz (hatás) ellenereje (ellenhatás) hajtja a repülőgépet. A harmadik képen két összeakasztott rugós erőmérő egyenlő nagyságú erőt jelez (erő-ellenelő ugyanakkora).

Az első kép görkorcsolyás kísérletéhez két darab széles, biztonságot nyújtó két-két fix tengelyű fehér, valamint piros bútorlapú görkorcsolyát készítettem. Ezekre állhatnak, vagy ha nem érzik magukat biztonságban, rá is ülhetnek a gyerekek és így lökhetik meg – egyszer az egyik, másszor a másik – egymást.

A második képhez kapcsolódik a „rakétainvázio” az osztályban. A rakétaelvet én is „lufival” vezetem be. „Ez nem nagy durranás” – mondhatja erre egy mai gyerek. De a kísérletet kiviszem a szabadba és egy teljes fizikaórát szánok rá. Mivel 7. osztályban két órában tanítom a fizikát, így mindig jut idő teljes órás kísérletezésre, ilyen a „rakétázás”.

## A rakéta elkészítése és fejlesztési fázisai

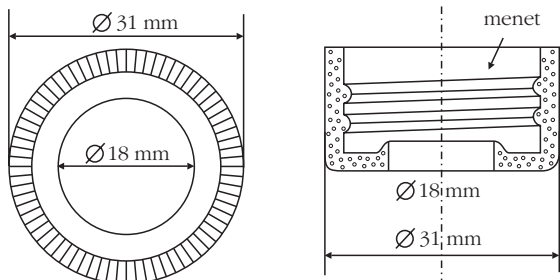
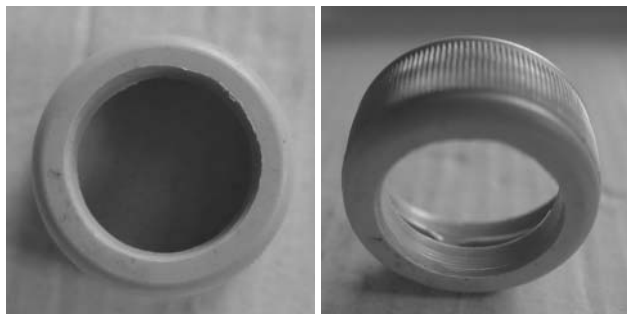
Sok esetben érzi a fizikatanár, hogy egy-egy kísérlet bemutatásához kevés a meglévő eszköz, vagy jó lenne azt mással látványosabban, hatásosabban bemutatni. Ezért fogtam bele a saját elképzelésem szerinti vizes rakéta elkészítésébe, fejlesztésébe.

### Az első változat

Ez a rakéta egy autópumpából, egy műanyag szódászifonpalackból és a kettőt összekötő nagynyomású oxigéntömlőből áll (1. ábra). Két ember kell hozzá: az egyik a pumpát, a másik pedig visszafogja a palac-

1. ábra. A vizes rakéta legegyszerűbb összeszerelésben.





2. ábra. A zárókupak és metszeti rajza, illetve ugyanez kilyukasztva.

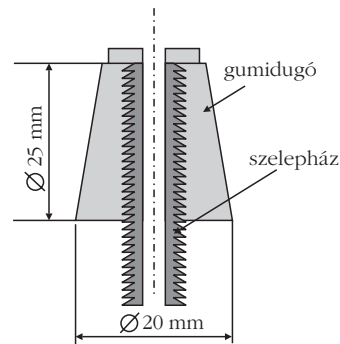
kot, hogy idő előtt ne repüljön el. A nyomás növekedésével egyre nehezebb visszatartani a palackot, hogy kilőve a gumidugót el ne repüljön. Ez körülbelül 2-3 bar nyomásig sikerül. A rakéta fellöhető tisztán levegővel, de nagyobb gyorsulást és magasabb felröppentést víztöltéssel lehet elérni. A legmagasabbra a harmadrészig vízzel töltött palack repül.

Szükséges anyagok:

- 1 db másfél literes, műanyag szódás palack, de ilyen méretű pillepalack is megfelel,
- 1 db autógumi-szelep szeleptű nélkül,
- 1 db zárókupak (a palack zárókupakja),
- 1 db kónuszos, középütt lyukas nyersgumi dugó (a kémiaszertárban fellelhető lombikdugó),
- 1 db autópumpa visszacsapó szeleppel, tömlővel, szorítócsappal.

Először a rakéta fúvókaszerkezetét készítjük el! A palack zárókupakjának belső felén található merevítő gyűrű átmérőjének megfelelő (körülbelül: 18-20 mm)

4. ábra. A szerelt palack közelről.



3. ábra. A szerelt dugó és szelep képe, illetve metszeti rajza.

lyukat vágunk bőrlukasztóval vagy éles késsel (2. ábra). Fontos, hogy ez a lyuk központos legyen, ehhez a kupak belső felén levő merevítő gyűrű vonalát érdemes követni.

A következő lépés a gumidugó és a szelep összeépítése (3. ábra). Ha nincs lyukas gumidugó, akkor bőrlukasztóval egy határozott (nagy) ütéssel vágunk lyukat a dugó közepébe, majd dugjuk bele a szelepet! Fontos a gumi és a szelep közötti tömítettség, ezért a szelep átmérőjénél 2-3 mm-rel kisebb, mintegy 4-5 mm-es lyuk a megfelelő. A gumidugót jó szorosan bedugva a kupakba, majd kupakot a palack menetes szájára csavarva készen van a rakétatest (4. ábra).

#### Második változat

A kézből indítás nem vált be, hiszen jogos igény, hogy „ne a palack mondja meg, mikor röppöljön el!” Kilövő szerkezet kell készíteni, amellyel a palackban lévő levegő nyomása tág határok között szabályozható, annak csak a palack nyomástűrő képessége szabjon határt. A palack maximum 30 bar nyomást bír el, föltötte deformálódhat, illetve felrobbanhat. A veszély csak látszólagos, mert kézi autópumpával ekkora nyomást nehéz produkálni.

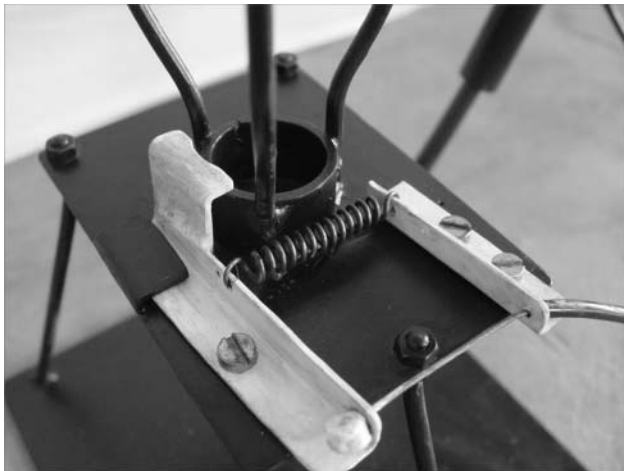
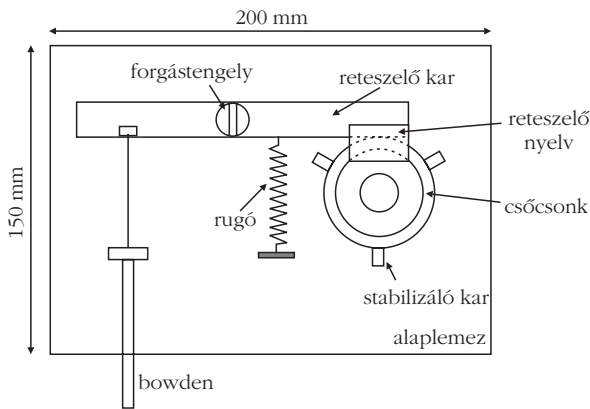
Vizont egy pumpaalkatrész igencsak lényeges! Visszacsapó szelepet beépíteni (ez a régi Lada-pumpákban van) a pumpa és a palack közé, mert a felfordított palackból – a pumpa felhúzásakor – a levegő, de legfőképp a víz – a nagyobb nyomási tartományokban – erőteljesen visszaáramolna a pumpába.

#### A kilövő szerkezet

Szükséges anyagok:

- 1 db körülbelül 15×20 cm, 2 mm vastag acéllemez (kilövő állvány alapja),
- 1 db 23 mm hosszú, 31 mm belső átmérőjű acélcsődarab,
- 1 db 20×15×3 mm-es acéllemezdarab (reteszelő nyelv, indítókar),
- 1 db 40 mm hosszú erős acélrugó (reteszelő biztosítására),
- 3 db 6 mm vastag, 15 cm hosszú acélhuzal (a palack stabilizálói),
- 1 db ½ colos, 20 cm hosszú csődarab (indítókar fogantyúja),





5. ábra. A kilövő szerkezet felülnézeti rajza és képe.

1 db gázkar (például fémből készült kapálógép gázkarja),

1 db 150 cm hosszú bowden,

1 db M6-os csavar, körülbelül 15 mm hosszú,

2 db M6-os anyacsavar.

Az indító szerkezetet (5. ábra) nehezebb elkészíteni. A 15×20 cm-es acéllemez közepébe 10 mm átmérőjű lyukat fúrunk. A lyukkal koncentrikusan hegesztjük a lemezre az acélcső darabot. A lemezre felhegeszthetjük a 3 lábat is. Ezután a palackot a kupakkal és a dugóval – benne az autógumi-szeleppel – fejjel lefelé a csőbe állítjuk. Ebben a helyzetben a szelep gumidugóból kiálló része a 10 mm-es lyukban a lemez alsó felén áll ki, itt csatlakozik majd rá a pumpa szorítóbilincse. A gumidugó a lemez aljának támaszkodik, a palack kiömlő nyílásánál található perem – aminek később nagy szerepe lesz – a csőcsonk szélére ül fel. Ezután meghajlítjuk a 3 db stabilizáló kart, a palack alakjához igazítottan, három egyenlő részre elosztva a palack körül felhegesztjük az alaplapra. Ezek tartják a palackot stabilan pumpáláskor.

A következő lépés a reteszelő kar és a záró nyelv elkészítése. A 20×150 mm-es acéllemezről – az egyik végére egy „L” alakú nyelvet hegesztve – készül a kar, amelyet az alaplemezhez erősítünk a 6-os csavarral úgy, hogy könnyen legyen forgatható.

A rugót enyhén megfeszítve úgy helyezük el a karon, hogy a reteszelő nyelv és a forgástengely közé essen. Így a rugó a kart a nyelvvél együtt nekihúzza a

csőcsonknak, a nyelv pedig ráül a palack peremére. Ez a reteszelés (lezárás) biztosítja, hogy pumpáláskor a palack idő előtt ne szabaduljon el. Az utolsó művelet a bowden méretezése és forrasztása a reteszelő karra és az indító karra.

Az általam alkalmazott palack helyett másfél literes pillepalackot is lehet használni. Ám az nem biztonságos – főleg, ha nagy magasságba szeretnénk lőni –, mert nyomásállósága alacsony (5-6 bar) és -terhelhetősége is palackról palackra szór. Az általam használt palackok nyomáspróbázottak, 30 bar nyomásig teljesen biztonságosak, nem robbannak fel és nem deformálódnak. Másik lényeges paraméter az áramvonalasság, hiszen repüléskor lényeges szempont a légellenállási tényező. Hosszas utánjárással Baján sikerült találnom olyan palackkészítő iparost, aki legömbölyített, áramvonalas palackokat gyártott (6. ábra).

### A rakéta indítása

1. Töltsük meg a palackot 1/3-ig vízzel (természetesen csak levegővel is indítható)!

2. Jó erősen nyomjuk a szerelt (szelepes) gumidugót a palackra csavart lyukas kupakba, hogy tökéletes legyen a tömítettség!

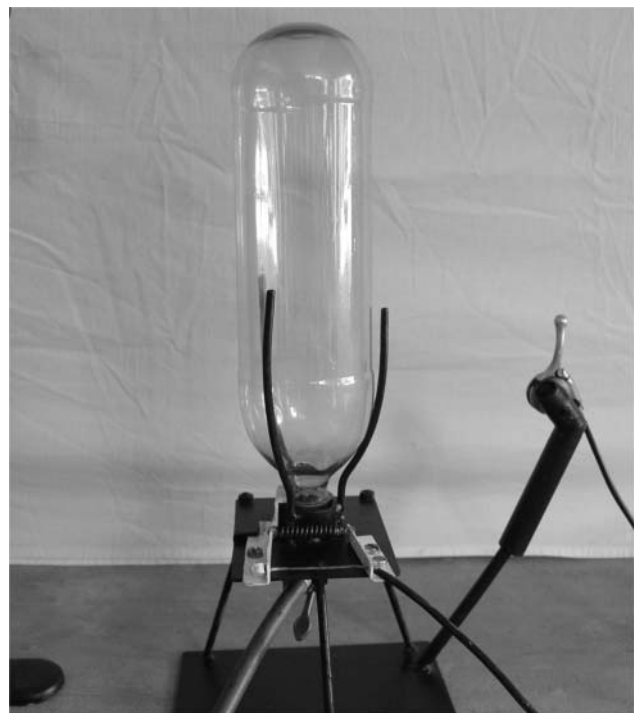
3. A palackot fejjel lefelé helyezük a kilövőszerkezetbe, alulról szorítócsappal csatlakoztassuk a pumpát!

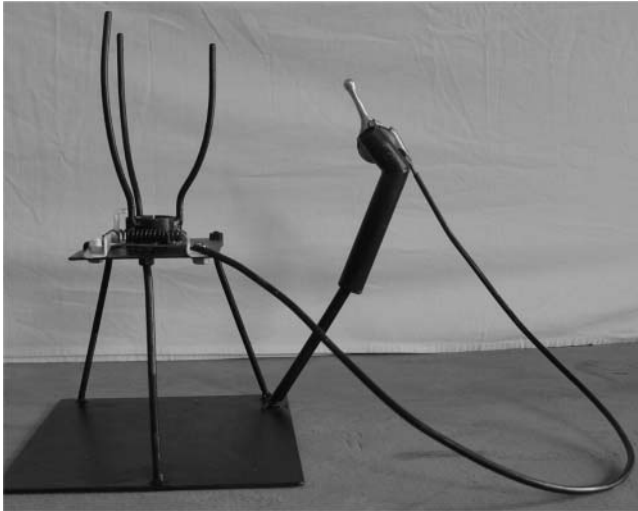
4. Zárjuk a reteszelőt, hogy a palack ne repüljön el idő előtt!

5. Pumpáljuk fel a palackot 4-6 bar nyomásra!

6. Az indítókar meghúzásakor kinyílik a reteszelő kar és a palack szabadra válik, a nagy sebességgel kiáramló víz (levegő) reakcióereje felröptíti a palackot.

6. ábra. A teljesen szerelt vízszugárrakéta.





7. ábra. A régi és az új kilövő szerkezet.

A rakéta ezen változata az első, kézből indítható képest több szempontból fejlettebb:

1. A palackban a levegőnyomást tág határok között lehet változtatni, magasabb nyomás érhető el.
2. Biztonságosabb, nem kell közvetlenül a palacknál tartózkodni.
3. Kényelmesebb az indítás.
4. Ösztönző, hogy a magasabbra lehet vele lőni. Ezért érdemes biztonságos palackot beszerezni, alkalmazni.

### Harmadik változat

A sokszor elvégzett, és különösen a sikeres kísérletek arra ösztönzik az embert, hogy tovább fokozza a hatást, a látványt.

Az akár 10 m-es, több mint 3 emelet repülési magasság eléréséhez a korábbiaknál jóval nagyobb gyorsulású rakéta szükséges, fejleszteni kellett. Ehhez megtartottam az eddig beváltakat, azaz:

1. Az áramvonalas palackot.
2. A biztonságos indítást.
3. A zárókupakon levő kiömlő nyílás átmérőjének 18-20 mm-es nagyságát. Különböző átmérők kipróbálása után ez bizonyult optimális nyílásnak.
4. A szódásszifonpalackot, amely akár 30 bar nyomást is elbír.

A fejlesztés két irányban történt:

1. Megfelelő, könnyen hordozható kompresszor (légsűrítő) megépítése.
2. Még biztonságosabb, masszívabb kilövő szerkezet megépítése.

Az autópumpát jóval nagyobb teljesítményű kompresszorra cseréltem. Hátránya, hogy áram nélkül nem működik, de tartaléknak ott van az autópumpa.

A kilövő szerkezet két helyen módosult: a palackot stabilizáló karok helyére olyan acélcső (23 cm hosszú, 9,5 cm belső átmérőjű) került, amelyikbe pontosan befér a palack, ezzel precízebb a kilövés. Másrészt biztonsági szerepet is betölt: az esetlegesen felrobbanó palack nem okozhat sérülést.

A 7. ábra képeit összehasonlítva jól látható a stabilizáló karokat felváltó kétfunkciós acélhenger (cső), valamint a sokkal stabilabb és biztonságosabb palackleszorítást eredményező új reteszelő.

### Reteszelő zárszerkezet

A szerkezet (8. ábra) egy 12 cm hosszú, 25×25 mm-es acél zártszelvényből, mint külső házból, valamint egy szintén 12 cm hosszú, 20×20 mm-es zártszelvényből – amelynek a végére egy, a korábbi szerkezetnél is említett „L” alakú záró nyelv van hegesztve – készült. A zártszelvények egymásba csúsztathatók, rendkívül stabilan tartják egymást, biztosítva a reteszelés pontosságát és stabilitását. A belső zártszelvényben elhelyezkedő, erős spirálrugó nyomja a reteszt a palack pereméhez, gondoskodik a biztos zárrásról. Ezt a zárat a bowdenen keresztül az indítókaral lehet oldani.

Az indító kar mellé nyomásmérő órát is szereltem a palack belső nyomásának ellenőrzésére, ez alaphelyzetben a kompresszorban levő nyomást is mutatja.

Vegyük szemügyre a kompresszort (légsűrítőt)! Alkatrészeit gondosan válogattam, hogy praktikusak, aránylag könnyűek, a kereskedelemben kaphatóak, átláthatóak és egymáshoz illeszthetőek legyenek.

8. ábra. A reteszelő zárszerkezet.





9. ábra. A kompresszor és fő részei.

Négy fő részből áll:

1. kompresszormotor,
2. légtartály,
3. nyomásszabályozó kapcsoló,
4. légszűrő.

A kompresszor (9. ábra) egy 1200 literes hűtőpult motorja, amely – ha kell – akár 35-40 bar nyomást is tud produkálni. Légtartálya egy 5 literes, 50 bar nyomásig terhelhető acéltartály. A kompresszort és a légtartályt összekötő nagy nyomású csőre egy kombinált nyomásmérő óra, valamint nyomásszabályozó kapcsoló is került. Ezzel a kapcsolóval a kompresszor motorjának be- és kikapcsolását lehet szabályozni.

A szívó oldalon elhelyezett légszűrőnek is fontos szerep jut. Azon kívül, hogy megszűri a levegőt az apró, szilárd szennyeződésektől, a páráit is leválasztja. Így a folyamatos szívások alkalmával a vízpára nem tud bejutni a kompresszorba, nem tud abban rendellenes kopást, korróziót előidézni.

Az indító szerkezet és a kompresszor közötti nagy nyomású tömlő gyorscsatlakozókkal kapcsolódik (10. ábra).

### Víz sugárrakéta

Miért neveztem el a sokak által csupán „vizes rakétának” említett eszközt *víz sugárrakétának*?

Még főiskolás éveimben mutattam be ezt a kísérletet egy kollókvium keretén belül – több más kísérlet mellett – a szombathelyi Berzsényi Dániel Tanárképző Főiskola ko-

sárlabdapályáján. Mesterem, Kovács László tanár úr indította el a „hangyát” a fejemben: „...jó lenne valami számszerű adatot tudni erről az irgalmatlanul gyors rakétáról!”

Elsőként Budapesten, az Eötvös Loránd Tudományegyetem udvarán kíséreltük meg nyomon követni a felröppenő palackrakétát egy olyan videokamerával, amelyik századmásodpercenként rögzíti a képeket. A palack útját egy klinkertéglás fal mentén mértük, a téglák és fugájai együttesen 10 cm volt. A próbálgatásokon többek között Tasnádi Péter és Sas Elemér tanár urak is jelen voltak, sőt egy-két kilövésben asszisztáltak is! A felvétel ugyan sikerült, de ami fontos lett volna, hogy a palackot követni lehessen – lelassítva, századmásodpercenként, nem jött össze!

Egy újabb ötlet: „...meg kellene vizsgálni vektorszóppal, amely azonnal kiértékeli út-idő, sebesség-idő és gyorsulás tekintetében a rakéta útját, ráadásul térben!” Irány Szeged, ahol a főiskolán volt egy ilyen műszer. Megkaptam, kezelő személyzettel. A rakéta sajnos olyan gyorsan elhagyta a vektorszóp „látóterét”, hogy nem volt kiértékelhető fellövés. Egyben „eredményesek” voltunk: az utolsó próbálkozás alkalmával a rakétatestre erősített ultrahang-jeladó úgy leröpült, hogy nem találtuk meg. 300 dollár volt az ára, amelyet szerencsére a főiskola nem fizetett meg velem. A cél érdekében ennyit feláldozott a „tudomány oltárán”.

10. ábra. A komplett, kilövésre kész rakéta.





11. *ábra*. A rakéta indulásakor (1. képkocka, felül) és a  $3 \times 0,02$  s múlva (4. képkocka, alul) rögzített kép.

A megoldást – teljesen véletlenül – analóg videokamerám és egy 6 fejes videólejátszó hozta. Az iskolám sportpályáján a gyerekekkel végeztük ezt a kísérletet. Még a régebbi, „két emberes” rakétával, de már a kilövő szerkezettel. A megoldást az egyik felvétel hozta, amely azóta is féltve őrzött kincsemmé vált!

Mint ismeretes a kamera  $0,02$  s-ként rögzíti a képeket. A felvételt átjátszva a 6 fejes videólejátszóra, megpróbáltam képenként visszajátszani azt, hogy megkeressem a kilövés pillanatát. Ekkor jött a csoda! Ez volt az igazi „Heuréka!”. Teljesen véletlenül úgy sikerült elkapnom a felvételt, hogy a kamera a palack elszabadulásának pillanatában kezdte rögzíteni a képeket. Gyönyörűen lehetett látni minden egyes egymás utáni –  $0,02$  s-ként – képen a palackot. A fellövés helyéhez közel egy nyárfa állt. A kilövő hely, valamint a fa törzse és ágai közötti távolság megmérése után a fa mérőszalagként szolgált!

És ami tetézte a sikert: a délutáni napsütésben minden egyes képen ragyogóan lehetett látni a kilövellő



12. *ábra*. Rakétakilövés az Országos Fizikatanári Ankét és Eszközbemutató „Maratoni show” – 10 perces kísérletek programján.

vízugarat és annak hosszát. Csodálatos volt, ahogy a vízugár körülbelül 8 méter hosszán, nyílegyenesen, a kiáramlás vastagságában egyben maradt és csak ezután fröcskölődött szét.

Ez a felvétel mindenért kárpótolt. Ez a 8 m-es vízugár adta az ötletet, hogy a vizes rakétát ezek után „vízsugárrakétának” nevezzem.

A felvétel ugyan analóg, de sikerült digitalizálni. Beszámolómban ebből – az indítás pillanatától  $0,02$  másodpercenként készült – képsorozatból tudok felvételeket közreadni (11. *ábra*).

A rögzített képek feladatkészítésre készítetik az embert. Ismerve a képek között eltelt időt ( $0,02$  s), a „mérőszalagot” (a fa, amely előtt körülbelül 3 m-re van a kilövő állvány és az első, jobbra kinőtt vastag ága a talajtól körülbelül 3 m magasban van), érdekes feladatokat – út-idő, sebesség-idő és gyorsulás-idő – lehet összeállítani.

Ezt a kísérletet (12. *ábra*) és videót mutattam be 2012-es Országos Fizikatanári Ankét és Eszközbemutatón Győrben, és a közönség szavazatai alapján az elsők közé kerültem.

#### Irodalom

1. *Fizika 7. osztályos tankönyv*. Mozaik Kiadó, Szeged 2005.
2. Budó Ágoston: *Kísérleti fizika I*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest 1970.
3. *Saját fejlesztésű eszközeim*. Szakdolgozat, Tormás, 1996.

## EMLÉKEZTETŐ

### Fizikatanári Ankét és Eszközbemutató

A 2013. évi 56. Fizikatanári Ankét és Eszközbemutató 2013. március 14-től 17-ig kerül megrendezésre Székesfehérváron.

A rendezvény témái: biológiai fizika (hallás, látás, mozgás fizikája, élőlények kollektív mozgása stb.), valamint aktuális oktatáspolitikai kérdések.

A műhelyfoglalkozásokat március 15-én és 16-án délutánra tervezzük. A műhelyfoglalkozások mellett a tavalyi sikeres *10 perces kísérletek* című programot is meg kívánjuk szervezni.

Az ankét 30 órás akkreditált továbbképzés.

*ELFT Tanári Szakcsoportjainak vezetőiségei*



# EINSTEIN BICIKLIZIK

## – fényképelemzés a fizika segítségével

Varga János  
Székesfehérvár

A jobb oldali képen *Albert Einstein* látható, amint 1933 februárjában a kaliforniai Santa Barbarában *Ben Meyer*<sup>1</sup> háza előtt kerékpározik. Mivel jobbra dől, nyilvánvaló, hogy kanyarodik. A fénykép, illetve gyakorlati tapasztalati adatok alapján becsüljük meg, hogy *körülbelül hány méter sugarú kör mentén kanyarodik?*

Megoldás: Szögmérővel megmérve a bedőlés szöge ( $\alpha$ ) – a föld és a test tengelye által bezárt szög – körülbelül  $80^\circ$ -nak adódik. Sebessége egy kerékpáros átlagsebességénél is kisebb lehet, mert nagy a bedőlés szöge, és nem egy száguldó őrült benyomását kelti. (A „lobogó” haj látványa ne tévesszen meg bennünket, mert a tudós frizurája álló helyzetben is hasonló volt.) A sebesség így jó közelítéssel 20-22 km/h lehet, ami megfelel  $\sim 6$  m/s-nak.

A függőleges súlyerő ( $G$ ) és a vízszintesen balra mutató centrifugális erő ( $F_c$ ) eredője ( $F_e$ ) áthalad a tudós testének tengelyén, így a kialakuló derékszögű háromszög alapján írható, hogy

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{G}{F_c}, \quad (1)$$

ahol

$$G = mg \quad (2)$$

a kerékpár és a tudós együttes súlya és

$$F_c = \frac{m v^2}{r} \quad (3)$$

a centrifugális erő.

A (2) és (3) egyenleteket (1)-be helyettesítve, majd a tömeggel egyszerűsítve kapjuk, hogy

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{g r}{v^2},$$

ahonnan

$$r = \frac{v^2}{g} \operatorname{tg} \alpha. \quad (4)$$

E képletbe a fenti adatokat helyettesítve és  $g = 10 \text{ m/s}^2$ -tel számolva kapjuk, hogy a kör sugara 20,42 m.

Tehát Einstein egy körülbelül 20 m sugarú kör mentén kanyarodik.



Érdekes még kihangsúlyozni, hogy az eredmény égitest függő, mert függ a gravitációs gyorsulás nagyságától. Ugyanezen adatok esetén a Holdon a kör sugara 120 m-nek adódna.

Továbbá még arra is következtetni tudunk, hogy körülbelül milyen burkolatú volt akkor a Meyerék háza előtti rész. Az  $F_c$  erő a súrlódási erővel tart egyensúlyt, annál csak kisebb lehet, így  $F_c \leq F_{súrb}$  amibe az erők ismert összefüggését behelyettesítve kapjuk, hogy

$$m \frac{v^2}{r} \leq m g \mu, \quad \text{innen } \mu \geq \frac{v^2}{r g},$$

e kifejezésbe a (4) egyenlet szerinti  $r$  értéket helyettesítve kapjuk, hogy

$$\mu \geq \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha} = \operatorname{ctg} \alpha. \quad (5)$$

EBBE a mért szög  $80^\circ$  értékét behelyettesítve  $\mu \geq 0,2$  adódik. Ez viszonylag érdekes felületpárra – táblázat alapján gumi-aszfalt – jellemző érték, amit a fotó is igazol.

Ebben a feladatban tehát a fizika háromszorosán is jelen van, mert egy *fizikus fizikai mozgását fizikai módszerekkel elemezzük*.

A fenti feladat jó példa arra, hogy megmutassa: egy képet többféle (művészi, fototechnikai stb.) szempont szerint is elemezhetünk, amelyek közül nem maradhat el a természettudományos megközelítés sem, mert ennek segítségével olyan új információhoz juthatunk, ami közvetlenül a képről nem olvasható le. Hasonló módszert alkalmaznak a rendőrségi baleseti helyszínelők is, amikor például a féknyom hosszából jó közelítéssel meghatározzák a balesetet szenvedett-okozott jármű sebességét. Ily módon is segíti tehát a fizika a képelemzést, egyéb elemzési feladatok megoldását, és egzakt módon járul hozzá jobb döntések meghozatalához.

Ismét egy érv mellett, hogy a *fizika hasznos tudomány*.

<sup>1</sup> Einstein 1931 és 1933 között többször járt a Kaliforniai Műegyetemen (Caltech), mint vendégprofesszor. Ben Meyer a Caltech kurátora volt. A képet 1959-ben *Evelina Hale*, a csillagász *George Ellery Hale* özvegye ajándékozta a Caltech archívumának.

## A X. BUDAPESTI SZKEPTIKUS KONFERENCIA ÜRÜGYÉN

Füstöss László  
BME Fizika Tanszék

„Nincs semmi, ami igazságosabban van elosztva az emberek között, mint a józan ész; mert mindenki azt hiszi, jutott neki belőle; többet, mint amennyi van, még azok sem igen szoktak maguknak kívánni, kiket minden más dologban csak igen nehéz kielégíteni. S nem valószínű, hogy ebben mindenki téved; ez inkább amellől bizonyít, hogy az, amit józan észnek, értelemnek nevezünk, tudniillik a helyes ítélet, az igazságnak a tévedéstől való megkülönböztetésének képessége, egyenlő mértékben van meg minden emberben; hogy tehát véleményeink nem azért különböznek, mert egyikünk okosabb a másiknál, hanem mert különböző utakon jár az eszünk, s nem ugyanazt a dolgot nézi.” (*Descartes*)

Különböző utakon jár az eszünk, így azután van aki issza a pi-vizet, mágneses ékszerektől remél gyógyulást, hisz az örökmozgóban és úgy gondolja, hogy a holdra szállás csupán egy tendenciózus átverés volt. Sokan vannak, akik még számtalan hasonló dologban hisznek, de nem kevesen ezek egy részében már csalódtak, mert nem múlt el a betegségük, nem vált be az örökmozgó és túl hézagos az összeesküvés-elmélet. A rászédett ember gyanakvóvá válik és csalódásai mentén egyre tanácstalanabb. Szkeptikus csak akkor lesz, ha a tudomány segítségével próbál eligazodni a különböző csábító (oxigénnel dúsított mágneses pi-víz) és fenyegető (világvége) lehetőségek, valamint értelmező világmagyarázatok (Cion bölcseinek jegyzőkönyve) felől között.

A fent leírt séma a mindennapi tudományos szkepticizmus bevezetésének igencsak leegyszerűsített módja. Ez az egyszerűség szándékos, mert nem célunk a filozófiai és tudományos szkepticizmus szövevényes kapcsolatának taglalása, még csak a tudomány fogalmának pontos meghatározására sincs szükségünk. Azonban a skeptikus igen gyakran kerül szembe áltudományos nézetekkel, ezért annyira pontosan le kell írni a tudományt, hogy annak alapján az áltudomány meghatározható legyen.

*A tudomány a bennünket körülvevő világ megismerésére irányuló tevékenység és az ezen tevékenység során szerzett ismeretek összessége. A tevékenységnek bárki által megismételhetőnek kell lennie és végeredményben azonos eredményre kell vezetnie ahhoz, hogy az eredményt tudományos eredménynek nevezzük. A tudomány eredménye egyetemes érvényű.*

*Legtágabb értelemben tudománynak (mint produktumnak) a tudományos közösség tagjai által, tudományos módszertan alapján végzett kutatómunka során előállított, és a tudományos közösség által*

*elfogadott orgánumokban, meghatározott szabályok szerint tudományos közlemények (folyóiratcikkek, konferenciakötetek, tudományos könyvek) formájában publikált ismeretek halmazát tekinthetjük.*

*A tudomány fogalmát ennél általában sokkal szűkebben határozzák meg, amikor a fenti ismeretbalmából csupán az egymással összefüggésben is értelmezett, szintetizált és a tudományos közösség által széles körben elfogadott (testületek, szervezetek, társaságok, szerkesztőbizottságok vagy egyetemi műhelyek által kanonizált), úgynevezett igazolt ismeretek gondolati rendszerét nevezik tudománynak. (Wikipédia)*

Ezzel vagy hasonló megfogalmazásokkal a gyakorló skeptikusok ritkán foglalkoznak. A napi rutinhoz elég annyi, hogy tudományos módszertan alapján végzett kutatások eredményéről van szó, amelyet a tudományos közösség elfogad. Ennyivel a legtöbb áltudományos állítással le lehet számolni, hiszen a sarlatán gyakran egyszerű kereskedő, *ki elád felbő az egen*, és hogy jobban menjen az üzlet elmagyarázza, hogy a felbő mágneses vízből van, és egy erős mágnes északi pólusával dél felé lehet vonszolni.

Persze vannak iskolázottabb köklerek, akik szívesen ülnek könyvtárban és vastag könyveket állítanak össze arról, hogy a tudomány csupán az olajvállalatok és a gyógyszercégek összeesküvése érdekében vezeti félre a világot.

Ezek közül kerülnek ki az áltudomány hivatott vezetői, akikre a kevésbé elméletiek mint igaz tudósokra tekintenek. Hiszen egy oxigénnel dúsított napozókrém hirdetésében valóban elég néhány fontosabb elektronpályáról említést tenni úgy, hogy abból már következzen a lúgosító hatás, az immunrendszer stimulálása a borult időben is bekövetkező barnulás mellett.

Gyakorlott skeptikusok tudják, hogy nem érdekes az elektronpályákról vitatkozni, vagy a lúgosításra megjegyzést tenni, mert ellenkező esetben legközelebb rájuk hivatkozva fogják a terméket szappanként is ajánlani. Csak ha a reklámozott holmi bizonyíthatóan káros az egészségre, akkor kell megpróbálni érdeklődést kelteni a Gazdasági Versenyhivatalnál vagy intézkedni képes hatóságnál. Persze csak óvatosan, mert ha nem elég erős méregről van szó könnyen pert veszthetünk, aminek mellékhatása akár hajléktalanság is lehet.

A hazai skeptikus mozgalom nem túl régi és működése kezdettől fogva könnyen áttekinthető. November elején, amikor már a Földközi tenger legdélebbi pontján nyaraló skeptikusok is hazatérnek,

akkor jön el immár 18 éve a székesfehérvári Szkeptikus konferencia ideje, stílszerűen a Télapó védnöksége alatt. A Budapesti skeptikus konferenciák farsang végére esnek, hogy a sötétséget és kellemetlenséget jelképező telet eltakarító szellemi busójárásként az áltudományokat fenyegezzék. Idén a busójárás február 12-én (húshagyó kedden) fejeződött be, így esett a konferencia 13.-ra. Ez volt a tizedik a sorban, tehát magától értetődően jutott összefoglaló, áttekintő szerephez.

Az előző konferenciák előadásai valamilyen áltudományos szempontból fontos és hálás témát jártak körül (energia, mágnesség, rezgések), idén a természettudományos kutatás módszertani alapjainak, a modell, a kísérlet és az elmélet kapcsolatát állítottuk középpontba.

Ez a kapcsolat tükröződött *Härtlein Károly* előadásában. A gázok törvényszerűségeit jól leíró ideális gázmodell sok kutató munkájából alakult ki. A madarak röptét tanulmányozó *Leonardo da Vinci* az ájer vizsgálatához a folyadékok áramlását használta modellnek, felvetette a légnedvesség mérésének szükségességét és kvantitatív módszert ajánlott ehhez. Az ideális gáz és a különböző reális gázmodellek kidolgozói már hivatásos kutatók voltak. Köztük a zseniális *Maxwell* az izotermák értelmezésén túl heurisztikus elemekben bővelkedő levezetéssel a gázrészecskék sebességeloszlására adott tökéletes formulát. Az előadó apró, rugalmas üveggolyók kaotikus ütközései révén működő eszközzel demonstrálta a sebesség szerinti eloszlást.

A következő három előadás a fizika és csillagászat legfrissebb eredményeiig jutott. Ezen a területen az áltudomány egy kicsi, de nagyon öntudatos részlege tevékenykedik, amelyik egyszerű eszközökkel, lemondva a modern fizika zsákutcának nyilvánított bonyolalmairól, érkezik el az Univerzum holisztikus megértéséhez. Nemigen akad olyan, aki az elméleti munka nehézségeire vállalkozna, azonban a relativitáselméletet sajátos szempontok alapján gyakran támadják. A Nobel-díjas *Philipp Lenard Einstein*ben második Nobel-díja eltulajdonítóját véelve államilag támogatott kampányt indított: „A tudományt ... a faj és a vér határozza meg. ... A zsidó előtt ... az igazság és valóság egyáltalán nem látszik fontosnak ... A zsidó fizika csak az árja fizika egy korcs tünete.” Elgondolkodtató, hogy napjainkban is kaphatók hasonlóan érvelő magyar könyvek. Nem is olcsón, mert terjedelmesek. A bonyolult félremagyarázások mellett akad olyan érv is, amely igen röviden végez az egyidejűség relativitásával: *Isten abszolút egyidejűséggel tekint a Világra, ekképpen tartja Mindenhatósága alatt a Világegyetemet.*

A világmagyarázók kevés figyelmet kapnak, így kártételük is kicsi – többnyire észlelésekben megfáradt ufológusok meggyőződését erősítik. Ám világunk felépülése és az Univerzum megismerésének újabb lehetőségei sokak érdeklődésére számíthat és indokolt ezt az érdeklődést a legmagasabb színvonalon kielégíteni.



Foto: Philip János, BME

Härtlein Károly most is kísérletezett.

*Patkós András* előadása a tudomány nehéz helyze-  
teiről, az alapvető törvényszerűségek feláldozása vagy átmentése gondjairól szólt. Az izgalmasan felvázolt történetekben a tét az alapvető tételek – energiamegmaradás, szimmetriasérülések érvényessége –, de a lényeg a kutatói magatartás változása. Könnyen lehet, hogy nem az emberek változtak, hanem a feltételek. Amíg az alapvető felfedezések néhány kutatón múltak, az elkövetett hiba beismerése, a felfedezés időrendjének megállapítása sportszerűen történt. Ám manapság az ezeket foglalkoztató nagy kísérletek menedzselése hatalmas pénzekről szól, és az eredmények elsiertett bejelentése nagy károkat okozhat. A rosszul felépített kísérleti program a pénzek elherdálásához vezet, az ezt támogató érvelés pedig végeredményben áltudományos. Magas szinten az, igen nagy téttel meghirdetett versenyben.

*Horváth Dezső* előadása a világ legnagyobb részecskegyorsítójával, a CERN Nagy Hadronütköztetőjével a Higgs-bozon megtalálása érdekében végzett kísérletekről szólt. A mikrovilág megismerése úgy alakult, hogy száz éve *Rutherford*nak egy alfa-sugárzóra és egy arany fóliára volt szüksége az atomi méretek vizsgálatához, most pedig eurómilliárdokba került az eszköz, amivel az elemirész-fizika hiányzó részecskéjét keresni lehet. Rutherford szerencséjére a kísérlet váratlan eredménnyel járt, így meg lehetett becsülni az atommag méretét. Sajnos – mondta az előadó – a meglepetés most elmarad, a Higgs-bozon megtalálása érvényben hagyja az elemi részek viselkedését leíró Standard modellt.

*Dávid Gyula* előadásának mondanivalóját jól adja vissza tartalmi összefoglalója. Az Univerzummal „természetesen nem lehet megtervezett és megismétlődő kísérleteket végezni. Leírásának és megértésének egyedüli módja az észlelési technikák, a feldolgozási módszerek és az elméleti fizika eredményeire épülő modellek folyamatos fejlesztése, a tapasztalatok és a modellek állandó ütköztetése. Ebben az évszázados folyamatban döntő áttörés történt az ezredforduló táján: a korábban ellenőrizhetetlen, hóbortos ötletek

gyűjteményének tűnő kozmológia mára a többi fizikai tudományághoz hasonló státuszú, pontos kísérleti alapokon nyugvó, egy százalékos pontossággal megmért paramétereket tartalmazó modelleket használó, általánosan elfogadott elméleti paradigmával rendelkező, ellenőrizhető és falszifikálható predikciókat létrehozó természettudományá vált. Ez a fontos változás azonban még »nem ment át a rivaldán« – az internetes fórumokon ma is a kozmológia az a téma, amelyben a legaktívabban tevékenykednek a megalapozatlan és tudománytalan ötleteket pufogtató áltudósok és önjelölt zsenik, akik azt gondolják, hogy egy ilyen »szoft«, »dumás«, ellenőrizhetetlen területen minden elmegy, minden ötlet egyenrangú, elfogadható.» Az előadás arra hívta fel a figyelmet, hogy immár ezen a területen sem terem nekik babér.

Rácz Zoltán előadásában nem az áltudományt kárhoztatta, hanem az aktivizmus tudományos szempontból elfogadhatatlan érvelési csúsztatásairól szólt. Nem irodalmi-képzőművészeti irányról van szó, hanem bizonyos mozgalmak szűnni nem akaró tette-készségéről olyan ügyekben, amelyek népszerű jel-szavakon alapulnak, de tudományosan felderítetlenek, sokszor értelmezhetetlenek.

„A Föld különböző időskálájú hőmérséklet-változásainak tükrében áttekintjük a szárazföld-levegő-óceán rendszer klímaváltozásának egyszerűbb mechanizmusait. Megvizsgáljuk az energiaháztartás dinamikájának főbb mozgatóit (planetáris mozgás, napfolttevékenység, ..., fosszilis energiahordozók felhasználása) és azok nagyságrendi járulékait, s összehasonlítjuk a különböző csatornáknak (hidrociklus, fotoszintézis, emberi tevékenység, ...) folyó energiaáramokat. A jégkorszakok példáján látható lesz, hogy a klímaváltozások dinamikája a különböző energiaskálák erős kölcsönhatásával kapcsolatos, ami egy sor igen érdekes, de nehezen megoldható problémát vet fel. A fenti analízisben hangsúlyozni fogjuk a veszélyeket, amit a tudományos eredményeket megkérdőjelezhető módon interpretáló és felhasználó aktivizmus rejt.» Ezt ígérte a program és ez valósult meg az előadásban.

A Nemzeti Alapanterv természettudomány-képét *Tél Tamás* vázolta fel. Sikeresen keserűségét megosztania a hallgatósággal, hiszen a NAT felszámolni készül a természettudományok hagyományos képét és jelentőségét. E felszámolás bemutatásához *Tél* először vizsgálja a fizikában az alaptörvények szerepét, a matematika jelentőségét és a modellek felhasználását. Ezzel szemben a NAT kerüli a törvény fogalmát, elutasítja a matematika felhasználását és a természettudomány lényegét különböző modellek megalkotásában látja. És teszi mindezt a posztmodern tudományfilozófia fogalmi keretei között, nem véletlen tehát, hogy *Feyerabend* tudóspukkasztó nézeteinek idegborzoló sikerük volt. Valóban, mire lehetne jutni a fizikában (és általában a tudományban) *Feyerabend* módszerről vallott nézetével: „Minden metodológiának megvannak a maga korlátai, és az egyetlen érvényes »szabály« az marad, hogy »bármilyen elmegy«. Ha ezt

elfogadjuk, akkor érvényesek lehetnek a NAT szellemének megfelelő alábbi pontok:

- a tudományok között nem érdemes különbséget tenni,
- nincsenek természeti törvények, helyüket a modellek sokasága veszi át,
- alig van különbség a természet- és az egyéb tudományok között.”

Ezek után érthető volt az előadást záró feljajdulás: „A posztmodernnek már a NAT-ban vannak!”

A szünetben a késő délutáni időpontra és a hátralévő előadásokra tekintettel kétféle, indiánrecept szerint készült teát lehetett kipróbálni.

*Matos Lajos* kardiológus a gyakorló szkeptikusok egyik, *Richard Feynman*tól származó, alapvető jelmondatát választotta mottóul: *Ha azt hiszed, hogy a tudomány bizonyosság – nos, ez csak a te hibád. A Természet (feletti?) tudomány* című előadás a természetgyógyászattal foglalkozott, értve ez alatt „...az ember természetes öngyógyító képességének segítségével és a természetben megtalálható anyagok gyógyító hatásaival, alkalmazásával foglalkozó irányzatokat”. Részletesen fejtegette a hagyományos (természetgyógyászati) szerek és a „tudományos” gyógyszerek előnyeit és hátrányait. Az előadásban erős hangsúlyt kapott a placebohatás, annak fontos gyógyító szerepével, kimutatva, hogy a hatásosság igazolásához kettős vak, placeboval kontrollált vizsgálat kell. A placebohatás elemzésénél az akupunktúra és a homeopátia is szóba kerültek. Befejezésül megállapította, hogy a tudományos orvoslás gondjait és eredményeit összegezve többféle következtetésre juthatunk, de azt látnunk kell, hogy változatlanul mennyire vonzó a méregtelenítés, a lúgosítás, a gyógy-magnetizmus és társaik.

*Hraskó Gábor* rendhagyó módon kezelte a rákgyógyító tea ügyét. Igaz, a Gazdasági Versenyhivatal már két ízben szabott ki súlyos pénzbüntetést a gyógyítóra, mivel „a fogyasztók megtévesztésére alkalmas magatartást tanúsított, valamint tisztességtelen kereskedelmi gyakorlatot folytatott”. Ennek ellenére az üzlet virágzik. Ezek után a szokásos szkeptikus eljárás a tea kémiai-biológiai elemzése és a forgalmazási gyakorlat bírálata lett volna. *Hraskó Gábor* e helyett a főszereplő életútjának kalandos-romantikus elemeire összpontosított, a trópusi őserdőbe indiánok közé került fiatal orvosra, arra, hogy miként szerzett tekintélyt a bennszülöttek között és jutott a sokféle bajra, egyebek között a rák ellen is hatásos növények titkának birtokába. De tekintélyt szerzett Európában is, főként Ausztriában, amiről számos cím és kitüntetés tanúskodik. Ezeknek járt utána kiterjedt levelezés és sok megkeresés révén az előadó, és szinte semmit nem talált. Még röviden utalt a szer kétes hatásosságát taglaló, könnyen hozzáférhető irodalomra, de a végső kérdőjelet a prof. dr. Emberbarát története után helyezte el.

A végére maradt a nap egyetlen nem-természettudományos előadása: *Pálfi Zoltán Regék boldog világa – vagy mégsem* címmel a tények elrendezéséről beszélt a történettudományban. Jól bevésődő mon-



dattal indította előadását: „Ami megtörtént, azon az Isten sem tud változtatni, csak a történészek.” A történelmi tény és a történész gondos körülírása után sor kerülhetett a történelem meghatározására, amely *Carr* szerint: „...szakadatlan kölcsönhatás a történész és a tények, soha véget nem érő párbeszéd a múlt és a jelen között”. Az állítást két illusztrációval támasztotta alá.

1. A barlangrajzok nem egyszerű vadászjelenetek, hiszen a barlangban nem a képeken látható állatok csontjai vannak. A rajzok készítői ábrázolhattak bölényekről, de a valóságban mással laktak jól. Valószínűleg nincs egységes magyarázat a barlangrajzok szerepére, és a társadalmi, kulturális háttér ismeretének hiánya csak találgatásokat enged meg.

2. A méd birodalomra vonatkozó ellentmondások szinte eltűnnek, ha nem ragaszkodunk a birodalom valamikori létezéséhez, megelégszünk egy laza törzsszövetség feltételezésével. Tanulság: a tények sokféle, de nem önkényes elrendezése lehetséges.

Az előadások után a kerekasztal-beszélgetés elindításához egy rövid videót láthattunk a rádióhullámok hatására sós vízből előállított hidrogénről. Az egyszerű áltudományos technika számos eleme megjelent itt 3 perc alatt a meggyőzően nagy lánggal égő gáztól a vízben úszkáló atom és molekulagolyók színes, látványos, ám kémiaiilag értelmezhetetlen animációjáig. Jó vitaindítónak bizonyult, mert *Elek László*, az országosan sem sok, de a konferencián alig előforduló tudományos újságírók egyike azonnal feltette a kérdést: Mi következik a videón látottakból? Az, hogy ismét találkozunk egy jól ismert jelenséggel – a szkeptikus éberséghez szokott kör jól mosolyog a naiv történeten, míg a fizikában-kémiában járatlan nagyközönség ugyanezt látva arról értesülne, hogy közelebb jutottunk a hidrogén egyszerű előállításához. A szkeptikus konferenciák, és általában a szkeptikus közösségek tevékenységének legfőbb hibája a kis hatékonyság. Ezért emelkedett ki a mai előadások közül Hráskó Gáboré, mert ráértett arra, mi az, ami a rákellenes tea történetében megragadja a hallgatót – a történet, a személyes elem, ami után a kémiai analízis már fakultatív üzenet haladóknak. A befektetett munka is ekkor a legtöbb és a pereskedés veszélye is a legnagyobb, bár ebben az esetben az óvatos megfogalmazás és a kételkedés udvariassága ezt jelentősen csökkentette.

A hozzászólók száma egyre nőtt, és noha a hallgatóság létszáma felére fogyott, a maradót magot csak a bennéjszakázás riasztó kilátása készítette távozásra a meghirdetett 22 órai záráskor. Azok, akik az áltudomány elleni küzdelemről beszéltek, nem voltak optimisták, hiszen a tudományos ismeretterjesztés a könyvkiadás kivételével folyamatosan visszaszorul, a könyv olvasók száma pedig minimális és csökken. Még a közszolgálati médián sem lehet számon kérni az áltudományos műsorok sugárzását, pontosabban a számonkérésre nincs válasz. A kereskedelmi rádiók, televíziók és a bulvársajtó pedig már messze túljutott az áltudományon, és az ezotéria millió csodájával

kápráztatja el közönségét. Csodákra pedig nagy az igény, legyen szó politikáról, gyógyulásról vagy világvégéről, a bennük való hit kudarcok sorát képes túlélni nem csökkenő intenzitással.

A kerekasztal-beszélgetésen felmerült témák sokfélesége azt eredményezi, hogy összefoglalásuk erősen szubjektív lesz. Íme egy változat:

Szkeptikusnak lenni, akár egyedül, akár társakkal, a gyanús állításokban való kételkedés révén a racionális világ jobb megértését jelenti. Ebben nincs benne a világ megváltoztatása. A megváltoztatásra törekvés erőszak alkalmazása nélkül egészében csak kudarcos lehet. Kisebbségi helyi eredmények elérhetők, ám ezekhez az eredményekhez is találékonyság, vakmerőség, rámenősség és türelem kell (esetenként egyéb különleges tulajdonságok). Minthogy ilyen tulajdonságok ritkán vannak meg egyvalakiben, ezért a világnevelő szkepticizmus társas feladat. A konferenciák és hasonló összejövetelek-tapasztalatcserék agitatív szerepe legfeljebb az ismeretterjesztésben van. A nyilvános viták ugyanúgy növelnék a szkeptikusok tekintélyét, mint a politikuskóké a parlamenti acsakodások.

Az áltudományos és ezotérikus hiedelmek a világ eszmei rendezetlenségéhez tartoznak, és ha csak sejtésszerűen is, de az entrópiához hasonlóak. Így egy zárt rendszerben – esetünkben a Földön – az áltudományos zűrzavar csak növekedhet. Kivéve a diktatúrát, ahol azonban a szerepük eleve maximális, hiszen tilos gondolkodni.

Cím, rang, beosztás nem feltétlenül segíti az eligazodást. Mind gyakrabban fordul elő, hogy tudományosan minősítettek fogják pártját valamilyen zavaros állításnak, netán tannak. Többnyire megélhetési turpisságról van szó, de az sem ritkaság, hogy a tudományos tekintélyt olyan területen kamatoztatják, amihez az illető elismertségének semmi köze, mondjuk egy neves vegyész történelmi vagy nyelvészeti kérdésben foglal állást. Ilyesmire Nobel-díjasok esetében is több példa található. Ezek ugyan szaporodó, de még ritka esetek. Általában egy áltudós onnan szerez címet, ahol olcsón kínálják, vagy a cím származási helye kellőképpen messze van. A címek, a jogászkodás és az érvelés terén mutatott teljesítmény kell, hogy emlékeztessen: a sarlatán többnyire magas IQ-jú, gátlástalan személy, akivel szemben egy kenyérkeresetre kényszerülő szkeptikusnak önmagában kevés az esélye.

A hozzászólásokból az a vélemény látszott kialakulni, hogy a szkeptikus mozgalom minden megnyilvánulása egy kicsi, de hatásában nem elhanyagolható körben lehet eredményes. Ami ebből a budapesti szkeptikus konferenciára tartozik az az, hogy

1. sokakat érdeklő témákban jó előadásokat készíten elő,

2. látványos bemutatókkal leplezzen le néhány áltudományos hókusz-pókuszt,

3. próbáljon meg kapcsolatba lépni okkult erővel, hogy vegyék le azt a rontást, aminek következtében a konferencia egyik fő szervezője a kezét, a bűvész pedig a lábát törte.

# OPPENHEIMER, A MAGFIZIKUS

Bencze Gyula  
MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont

*Julius Robert Oppenheimerről*, az „atombomba atyjáról” könyvtárnyi irodalom áll rendelkezésre, amely most egy újabb érdekes művel, *Ray Monk: Robert Oppenheimer: A Life Inside the Center* című könyvvel gyarapodott [1]. Az új műről már több recenzió is megjelent [2, 3].

Az életrajzok Oppenheimert többnyire kiemelkedő, briliáns fizikusként említik: „Oppenheimer fontos eredményei a fizikában a molekula-hullámfüggvényekre bevezetett Born–Oppenheimer-közelítés, az elektronok és pozitronok elméletével kapcsolatos kutatások, az Oppenheimer–Phillips-folyamat a magfúzióban, és a kvantumtunneling megsejtése [4].

Az Oppenheimer–Phillips-folyamattal kapcsolatos munkája a deuteronok bombázásával létrehozott mesterséges radioaktivitással kapcsolatban fontos lépés volt a magfizikában [5].”

E sorok írójának lehetősége volt Oppenheimer magfizikai tevékenységének eredményeivel periodikusan találkozni az elmúlt évtizedekben, ezért módjában áll e tevékenységet – amelyről korábban már elhangzott egy előadás [6] – részleteiben is áttekinteni.

Oppenheimer jól szituált felső manhattani zsidó családban nőtt fel, de ez az identitás nagyon zavarta, és ezért megpróbált ebből valahogyan kilépni. Tehetséges és kiváló tanulóként végezte egyetemi tanulmányait Amerikában, majd Európába utazott azokat befejezni. 1925-ben a *Rutherford* vezetése alatti Cavendish Laboratóriumba ment, ahol a későbbi Nobel-díjas *Patrick Blackett* lett a témavezetője [7]. Itt derült ki, hogy nincs érzéke a kísérleti munkához, ami tartózkodását megkeserítette és erősen befolyásolta kapcsolatát Blackett-tel. A következő lépés Göttingen, amely *Max Born* vezetésével az elméleti fizika jelentős fellegvára volt. Itt végre gyümölcsöztethette tehetségét, és sztárnövendékké vált a doktoranduszok között. Sajnálatos módon e környezetben már megmutatkoztak jellemének kellemetlenebb vonásai, és hamar népszerűtlenné vált a fiatalok között, akik írásban tiltakoztak Born professzornál arrogáns viselkedése miatt. Érdekes megemlíteni, hogy a diákok petícióját *Maria Goeppert*, a későbbi Nobel-díjas szervezte és írta alá elsőként [8]. Born a kínos helyeze-

tet úgy intézte el, hogy szobájában magára hagyta Oppenheimert az íróasztalára helyezett tiltakozó irománnyal, aki szavak nélkül is „vette az üzenetet”. Feltehetően nagyon megsértődött és doktori fokozatának megszerzése után sietősen továbbment *Paul Ehrenfest* professzorhoz Leydenbe posztdoktori tanulmányokra.

Igen jó összegzése göttingeni tartózkodásának Born professzor levele Ehrenfesthez [9]: „Oppenheimer most Önnél van, miután hosszú időt töltött velem. Szeretném tudni, mi a véleménye róla. Az Ön megítélését nem fogja befolyásolni az a tény, hogy ha nyíltan elismerem, hogy ennyit még nem szenvedtem senkivel, mint vele. Ó látszatra szerény, de valójában belül igen arrogáns. Kétségtelenül nagyon tehetséges, de nincs semmi intellektuális fegyelem benne. Mindent jobban tudó ember modorával és minden neki adott ötletet kisajátítva mindannyiunkat megbénított háromnegyed évre. Végre fellélegezhettem, hogy elment és újra van bátorságom nekikezdeni a munkának. A fiatalok itt ugyanezt érzik. Ne hagyja őt sokáig magával maradni. Stop! Kérem, meg kell mondania a véleményét. Lehet hogy csak túlságosan ideges vagyok!”

Úgy tűnik, Max Bornnal kialakult rossz viszonyát Oppenheimer nem felejtette el, és a maga módján állt bosszút ezért a „kvantummechanika elfelejtett apostolán” [8, 10]. Eljött 1953 decembere, amikor az azóta világhírré szert tett „atombomba atyja” a BBC meghívására hat előadásból álló ünnepi előadás-sorozatot tartott a kvantumfizikáról, mint a hagyományos, nagy presztízsű *Reith Lecture Series* előadója. Az akkor már Edinburgh-ban élő Born nagy élvezettel hallgatta az első három előadást, és örömmel várta a negyediket, amelynek témája már az ő munkásságával is kapcsolatban állt. Nagy csalódására azonban Oppenheimer ki sem ejtette Born nevét, bár igen szemléletesen elmagyarázta a közönségnek a hullámfüggvény statisztikai interpretációjának jelentőségét. Ha valakinek, akkor Oppenheimernek ismernie kellett Born eredményeit ezen a téren, hiszen éppen emiatt utazott hozzá Göttingenbe 27 évvel korábban! Bornnak nagy megrázkódtatást okozott ez az újabb csalódás, hiszen ugyan nem kedvelte Oppenheimert annak arrogáns és agresszív magatartása miatt, azonban ennek ellenére briliáns fizikusnak tartotta. Hosszas vívódás után a következő levelet küldte el Oppenheimernek 1953. december 11-én:

„Különösen örültem annak, hogy hangsúlyozta a kvantummechanika statisztikus interpretációjának a fontosságát, amelyet 27 évvel ezelőtt én kezdeményeztem, de nem tudom csalódottságomat eltitkolni,

A *Fizikai Szemle* szerkesztőbizottsága az 1972-ben meghirdetett VÉLEMÉNYEK sorozatát az olvasók kérésére tovább folytatja ez évben is. A szerkesztőbizottság állásfoglalása alapján „a Fizikai Szemle feladatául vállalja el, hogy teret nyit a fizikai kutatásra és fizika oktatására vonatkozó véleményeknek, ha azok értékes gondolatokat tartalmaznak és építő szándékúak, függetlenül attól, hogy egyeznek-e a lap szerkesztőinek nézetével, vagy sem”. Ennek szellemében várjuk továbbra is olvasóink, várjuk a magyar fizikusok leveleit.

hogy a nevetem nem említette meg, bár másokat, mint például *Bohr*, *Heisenberg* stb. idézett. Öreg ember vagyok, és nincs már különösebb ambícióm, hírnévre sem vágyom. Ez alatt a 27 év alatt hallgattam, de most mégis felteszem a kérdést: miért van az, hogy az én részvételemet, mondhatnám úgy is, vezető szerepemet ebben a mechaniztikustól a modern gondolkodásig vezető fejleményben majdnem mindenhol elhanyagolják? Ez 1934(!)-ben kezdődött, amikor Heisenberg egyedül kapta meg a Nobel-díjat azért a munkáért, amelyet velem és részben *Jordannal* együtt végzett. Ő akkoriban (1925) azt sem tudta, mik azok a mátrixok; rövid idővel később azonban mégis bevezették a »Heisenberg-mátrixok« kifejezést. Ezt még meg tudom érteni, mivel az érintetteknek kívül ki lenne képes arra, hogy három személy együttműködéséből kihámozza a hozzájárulásokat? De a hullámfüggvény statisztikus interpretációja már teljesen más dolog. Heisenberg hevesen ellenezte ezt az elgondolást, és egy levélben »a mátrixmechanika szelleme elárulásának« nevezte...»

Oppenheimer egy hét múlva válaszolt és csak annyit írt, hogy a nevetek a minimumra kellett korlátoznia, „nehogy összezavarja a hallgatóságot”.

1929-ben Oppenheimer befejezte európai „kalandozását”, és végleg visszatért az Egyesült Államokba. Addigra már nevet szerzett magának szakmai körökben, köszönhetően Göttingenben Bornnal közösen végzett munkájának és az abban bevezetett „Born–Oppenheimer-közelítésnek” nevezett módszernek. A pasadenai California Institute of Technology és a University of California, Berkeley is ajánlott fel neki állást, ahol lassan kiépített egy modern elméleti fizikai iskolát az érdeklődő, tehetséges fiatalok részére. Érdeklődése széleskörű volt, a kvantumelmélettől kezdve a magfizikáig és asztrofizikáig sok mindennel foglalkozott.

Először doktoranduszával, *Melba Phillips* kisasszonnyal magfizikai témát kezdett vizsgálni. Ennek az adott aktualitást, hogy az új gyorsítók (ciklotron) segítségével deuteronokat is lehetségessé vált gyorsítani, ezért 1935-ben *Laurence* és munkatársai a University of California berendezésével deuteronokkal kiváltott magreakciókat kezdtek tanulmányozni. Deuteronok és atommagok ütközése esetén különféle magreakciók mehetnek végbe, közülük a leginkább az úgynevezett stripping reakciók a leggyakoribbak.

Az atommagok kvantumelmélete szerint a töltött részecskék és atommagok kölcsönhatása egy vonzó, rövid hatótávolságú nukleáris kölcsönhatás, és a taszító Coulomb-kölcsönhatás szuperpozíciója. Ennek alapján az várható, hogy az alacsony energiájú magreakciók valószínűségének energiafüggését a Coulomb-taszítás szabja meg az úgynevezett penetrációs tényező tulajdonságai alapján, azonban a kísérletek arra utalnak, hogy a Coulomb-taszítás hatása nem olyan erős, mint az várható lenne. A jelenség magyarázatára Oppenheimer és *Melba Phillips* szemléletes modellt dolgozott ki [11]. Feltételezésük szerint a deuteronban kötött proton a Coulomb-taszítás hatására

mindig távolabb helyezkedik el az atommagban, azaz a deuteron elektromosan polarizálódik, indukált dipólmomentumra tesz szert, és ez a deformáció adiabatikusan követi az ütköző részecskék relatív mozgását. Ennek következtében a deuteronban kötött proton csak kevésbé hatol be az úgynevezett Coulombgát tartományába, ezért az atommag-reakció energiafüggése különbözhet a Coulomb penetrációs tényező által meghatározott mértéktől.

A Phillips–Oppenheimer-folyamat elnevezés feltehetően *Hans Bethe*től ered, és mai bevett szóhasználat szerint lényegében azt jelenti, hogy a deuteron elektromos térbeli polarizációja befolyásolhatja a kiváltott magfizikai folyamatok hatáskeresztmetszetét. Az elmúlt évtizedekben többféle jelenséget próbáltak meg értelmezni e folyamat segítségével [12], köztük a deuteronok nehéz atommagokon való rugalmas szórásiában tapasztalható anomáliákat, az alacsony energiájú rugalmas proton-deuteron szórási háromtest-számításainak problémáit, sőt még a hírhedt „hideg fúzió” jelenségét is – de sikertelenül. E sorok írójának és amerikai kollégájának csak hat évvel később, 1996-ban sikerült matematikai bizonyítást adni arra, hogy az Oppenheimer–Phillips-folyamat valójában nem is létezik [13].

A 30-as évek második felében kezdett Oppenheimer érdeklődni az asztrofizika iránt, amelynek eredményei többek között az Oppenheimer–Volkoff-egyenletek (1939), amelyek a nyomás gradiensét adják meg egy sztatikus folyadékgömb belsejében az általános relativitáselmélet alapján, így egy csillag belsejének modellezésére alkalmasak. Hasonlóan fontos eredményeket ért el a fekete lyuk jelenségének megjósolása terén is.

Ezekben az években Oppenheimer nem sokat tördött a világ dolgaival és a napi politikával, azonban a nagy gazdasági válság és a németországi zsidók üldözése az egyetemi értelmiségi körökben akkoriban divatos kommunista eszmék felé vonzotta, bár tagadta, hogy valaha is párttag lett volna. 1940 novemberében zűrés körülmények között feleségül vette *Katherine („Kitty”)* *Puening Harrison*-t, a Berkeley egyetem radikális hallgatóját, korábbi kommunista párttagot, akinek negyedik férje lett.

Ezután az események felgyorsultak. A maghasadás felfedezésével megindult a verseny az atomfegyverért, és 1943-ban beindult a Manhattan Terv, amelynek célja az atombomba létrehozása volt az ezért létesített Los Alamos Laboratóriumban. A projekt katonai parancsnoka *Leslie Groves* tábornok volt, aki nagy meglepetésre Oppenheimert bízta meg a tudományos vezetői feladatok ellátásával, bár annak korábbról semmiféle vezetői gyakorlata nem volt. Groves feltehetően felismerte Oppenheimerben a „gőgös és elbizakodott ambíciót”, amely a program sikeres véghezviteléhez elegendő készletet ad. *Isidor Rabi* szerint a kinevezés „zseniális ötlet volt Groves-tól, akit egyáltalán nem tartottak zseninek”.

A Manhattan Tervről és az atombombáról szintén rengeteg irodalom áll rendelkezésre. Közismert, hogy

a projekt sikerrel járt, finálóját három dátummal lehet röviden összegezni:

- 1945. július 16. Trinity kísérleti robbantás, Jornada del Muerto sivatag, Alamogordo mellett, New Mexico államban.
- 1945. augusztus 6. Hiroshima, Little Boy, az első uránbomba bevetése.
- 1945. augusztus 9. Nagaszaki, Fat Man, az első plutóniumbomba bevetése.

Oppenheimer egyszerre nemzeti hős lett, széles körben ismert személyiség, akinek sokat köszönhet az amerikai nép. Külön érdekesség, hogy *John Adams* amerikai zeneszerző *Doctor Atomic* címmel operát is írt erről, amelynek főszereplője Robert Oppenheimer, az „atombomba atyja”. Az opera középpontjában az 1945. június 16-án a Manhattan Terv keretében végrehajtott első kísérleti atomrobbantás áll („Trinity test”).

Az operát 2005. október elsején mutatta be a San Francisco Opera Amszterdamban. Érdekességként feltétlenül meg kell említeni, hogy a mű 2008. november 8-án Budapesten is látható volt a Művészetek Palotájában, HD videó közvetítésben a Metropolitan Operából. Az opera szövegét *Peter Sellars* írta, számos „eredeti történeti forrás”, a védikus irodalom egyik alpműve, a Bhagavad-Gíta, tewa indián dalok, valamint *John Donne* és *Muriel Rukeyser* költeményeinek felhasználásával. A darab főszereplői a Manhattan Terv kulcsfigurái: Robert Oppenheimer, Leslie Groves tábornok, *Teller Ede* és *Robert Wilson*, továbbá Oppenheimer felesége, Kitty, *Jack Hubbard*, a projekt fő meteorológusa, *James Nolan* kapitány, és az Oppenheimer-gyerekek *Pasqualita* nevű tewa indián dadája [14].

A II. világháború után a Los Alamosban dolgozó kutatók nagy része – feladatuknak, az atombomba létrehozásának sikeres teljesítése után – visszatért az egyetemi életbe. Sokan közülük úgy tartották – köztük Hans Bethe is –, hogy az Egyesült Államoknak nem kellene több tömegpusztító fegyvert kifejlesztenie, és ezzel példát kellene mutatni a Szovjetunióknak is. Ezzel szemben Teller, Ernest Lawrence és *Luis Alvarez* azzal érveltek, hogy elkerülhetetlen a hidrogénbomba kifejlesztése az amerikai nép védelme érdekében. Teller Maria Goeppert-Mayer segítségével számításokat végzett a „szuperbomba” megvalósíthatóságára vonatkozóan, azonban az eredmények alapvetően optimista interpretálásuk ellenére sem voltak meggyőzőek. Sokan, köztük Oppenheimer is, úgy gondolták, hogy ésszerűbb az erőfeszítéseket egy taktikai atomfegyver-arsenál létrehozására fordítani, mint a kétséges eredménnyel járó „szuper” kifejlesztésével bajlódni. 1946-ban ezért Teller is visszatért a Chicagói Egyetemre.

A helyzet gyökeresen megváltozott, amikor 1949-ben a Szovjetunió végrehajtotta első kísérleti atomrobbantását. Az eredmény felkészületlenül érte a nyugati politikai köröket. *Truman* elnök késedelem nélkül reagált az eseményre, és 1950. január 31-én bejelentette:

„Mint a fegyveres erők főparancsnokának, kötelességeim közé tartozik arról gondoskodni, hogy országunk képes legyen megvédeni magát minden lehetséges agresszió ellenében. Ennek megfelelően utasítottam az Atomenergia Bizottságot, hogy folytassa munkáját az atomfegyverek minden lehetséges formáján, beleértve az úgynevezett hidrogén- vagy szuperbombát is.” 1950-ben Teller visszatért Los Alamosba, és újult erővel kezdett dolgozni a *szuper* megvalósításán [15].

A háború után a nemzeti hős Oppenheimer „divatba jött”. Több bizottság elnöke lett, köztük az Atomenergia Bizottság (Atomic Energy Commission, AEC) tanácsadó testületének, amely esetenként érdekellentétekhez vezetett. Monk azt a példát említi, hogy a Pentagon azért mondott le a hidrogénbomba létrehozásáról, mert Oppenheimer azt technikailag megvalósíthatatlannak ítélte. Ezek után azt közölte az Atomenergia Bizottsággal, hogy a Pentagon nem érdekli a hidrogénbomba kifejlesztése. Ilyen és hasonló ügyeskedéseivel rontani kezdte vezető szerepét a legfelsőbb politikai körökben, amelyek elismerésére annyira vágyott.

A *J. Edgar Hoover* vezette FBI állandó megfigyelés alatt tartotta Oppenheimert már a háború előttről, amikor Berkeley-ben kommunista szimpatizánsokkal került összeköttetésbe, és több párttaggal is közeli kapcsolatban volt, beleértve feleségét és annak testvérét. Az FBI ellátta Oppenheimer politikai ellenfeleit terhelő adatokkal, akik között feltétlenül meg kell említeni *Lewis Strausst*, az Atomenergia Bizottság elnökét, aki már régóta táplált ellenérzéseket Oppenheimerrel szemben, egyrészt mert az ellenezte a hidrogénbombát, másrészt mert többször is megszegyénítette őt a Bizottság előtti vitában.

Oppenheimert kommunista kapcsolata miatt már több esetben feljelentették, költőien fogalmazva „utolérte őt a múltja”. Mivel ragaszkodott hozzá, hogy ügyében őt is meghallgassák, 1949. június 7-én vallomást tett a Kongresszus Amerika-ellenes Tevékenységet Vizsgáló Bizottsága előtt. Elismerte, hogy az 1930-as években kapcsolatban állt a Kommunista Párt több tagjával. Azt is önként elmondta, hogy néhány diákja, köztük *David Bohm*, *Giovanni Rossi Lomanitz*, *Philip Morrison*, *Bernard Peters* és *Joseph Weinberg* Berkeley-ben aktív kommunista tevékenységet folytatott. Ez a vallomás a fizikus közvéleményt megdöbbenettette, mivel a „feldobott” diákok karrierje alaposan megsínylette Oppenheimer önvédelmi akcióját. Oppenheimer tevékenységére vonatkozóan csak egyetlen magyarázattal tudott szolgálni: „Hülye voltam”. *Hargittai István* szerint Monk könyvének fénypontja a híres Oppenheimer-meghallgatás részletes tárgyalása. Mint közismert, a Bizottság előtt szerepelt Teller Ede is, akinek elítélő véleménye egyesek szerint döntő szerepet játszott abban, hogy Oppenheimer biztonsági engedélyét (security clearance) nem hosszabbították meg. A Bizottság indoklása szerint „jellemében alapvető hiányosságok vannak” továbbá „az általa ismert kommunistákkal való kapcsol-



latai messze túllépték az óvatosság és mértékletesség határait”. A meghallgatás teljes szövege megtalálható az interneten [16].

Monk könyvének tartalmát röviden összegezve, Oppenheimer jellemének voltak alapvető hiányosságai, amelyek nem tették őt szerethető munkatárssá. Ami magfizikai tevékenységét illeti, arra pedig talán nem a „briliáns” jelző a legalkalmasabb.

#### Irodalom

1. Ray Monk: *Robert Oppenheimer: A Life Inside the Center*. Amazon, 2012.
2. Hargittai István, *Nature* 491, 670 (29 November 2012)
3. Steven Shapin, *The Guardian* 16 November 2012, <http://www.guardian.co.uk/books/2012/nov/16/inside-centre-robert-oppenheimer-monk-review>
4. <http://en.wikipedia.org>
5. <http://newworldencyclopedia.org>
6. Bencze Gyula: *Az Oppenheimer-Phillips-folyamat életrajza. Esettanulmány 3 felvonásban*. Simonyi Károly Tudományos Emlékülés, Magyar Tudományos Akadémia, 2006. október 11.

7. Kai Bird, Martin J. Sherwin: *American Prometheus, The Triumph and Tragedy of J. Robert Oppenheimer*. Alfred A. Knopf, New York, 2005.
8. Nancy Thorndike Greenspan: *The End of the Certain World, The Life and Science of Max Born*. Basic Books, New York 2005.
9. Silvan S. Schweber: *Einstein and Oppenheimer: The meaning of genius*. Harvard University Press, 2008.
10. Bencze Gyula: A kvantummechanika elfelejtett apostola, *Természet Világa* 2005/12.
11. J. R. Oppenheimer, M. Phillips: Note on the Transmutation Functions for the Deuterons. *Physical Review* 48 (1935) 500.
12. H. A. Bethe: The Oppenheimer-Phillips Process. *Phys. Rev.* 53 (1938) 39.
13. Gy. Bencze, Colston Chandler: Nonexistence of the Oppenheimer-Phillips process in low-energy deuteron-nucleus collisions. *Physical Review C* 53 (1996) 880.
14. Bencze Gyula: Az „atombomba atyja” dalra fakad, avagy zenedráma az első atombomba megszületéséről. *Természet Világa* 2009/4
15. Bencze Gyula: Teller, a magfizikus és a „megatonna ember”. *Magyar Tudomány* 2008/3 208.
16. <http://www.pbs.org/wgbh/americanexperience/features/transcript/oppenheimer-transcript>

## HÍREK – ESEMÉNYEK

# A TÁRSULATI ÉLET HÍREI

## Felhívás javaslatételre

A korábbi évekhez hasonlóan az idén is szándékunkban áll kiosztani az Eötvös Loránd Fizikai Társulat érmeit és díjait. Ezúton is kérjük a Társulat szakcsoportjait, területi szervezeteit és a Társulat valamennyi tagját, hogy a Társulat tudományos díjainak odaítélésére vonatkozó javaslataikat (pályázatukat) 2013. április 8-ig szíveskedjenek eljuttatni a Társulat titkárságára (1121 Budapest, Konkoly Thege Miklós út 29–33., 31. épület, II. emelet, 315. szoba).

A kitüntetések és díjak odaítélésével kapcsolatban az Alapszabály vonatkozó rendelkezései az irányadóak, azok kiosztására a 2013. május 25-én megrendező Küldöttközgyűlés keretében kerül sor.

### Az Eötvös Társulat kitüntetései és díjai

#### Társulati kitüntetések

- *Eötvös Loránd Fizikai Társulat Érem* a Társulat azon tagjának adható, aki a fizika területén hosszú időn keresztül folytatott kutatási, alkalmazási vagy oktatási tevékenységével és a Társulatban kifejtett munkásságával kiemelkedően hozzájárult a fizika hazai fejlődéséhez.
- A Társulat *Prometheusz-éremmel* – „A fizikai gondolkodás terjesztéséért” – tüntetheti ki azt, aki a fizikai műveltség fokozásához országos hatással hozzájárult.

- A Társulat *Eötvös Plakett* emléktárgya annak a tagnak/személynek ítélhető oda, aki rendkívüli mértékben nyújt segítséget a Társulat célkitűzéseinek megvalósításához, továbbá neves külföldi vendégnek a Társulat valamely rendezvényén tartott előadása alkalmából.

A két éremre a Társulat Elnöksége tesz javaslatot a Küldöttközgyűlés felé, a plakettekről az Elnökség dönt és arról a Küldöttközgyűlést tájékoztatja.

#### Tudományos díjak

A Eötvös Loránd Fizikai Társulat az alábbi tudományos díjakat adományozhatja:

- *Bródy Imre-díjat* annak a személynek, aki a fizika alkalmazásának területén,
- *Budó Ágoston-díjat* annak a személynek, aki az optika, molekulafizika vagy a kísérleti fizika területén,
- *Detre László-díjat* annak a személynek, aki a csillagászatban, valamint bolygónkkal és annak kozmikus környezetével foglalkozó fizikai kutatások területén,
- *Gombás Pál-díjat* annak a személynek, aki az alkalmazott kvantumelmélet kutatása területén,
- *Gyulai Zoltán-díjat* annak a személynek, aki a szilárdtestfizika területén,
- *Jánossy Lajos-díjat* annak a személynek, aki az elméleti és kísérleti kutatások területén,

- *Novobátzky Károly-díjat* annak a személynek, aki az elméleti fizikai kutatások területén,
- *Schmid Rezső-díjat* annak a személynek, aki az anyag szerkezetének kutatása területén,
- *Selényi Pál-díjat* annak a személynek, aki a kísérleti kutatás területén,
- *Szalay Sándor-díjat* annak a személynek, aki az atom- vagy atommag-fizikában, illetve ezek interdiszciplináris alkalmazási területén,
- *Szigeti György-díjat* annak a személynek, aki a lumineszcencia- és félvezető-kutatások gyakorlati alkalmazásában,
- *Bozóky László-díjat* annak a személynek, aki a sugárfizika és a környezettudomány területén,

- *Felsőoktatási Díjat* annak a személynek, aki a felsőoktatás területén kimagasló eredmény ért el.

A tudományos díjakra az Alapszabály szerint a Társulat szakcsoportjai és területi szervezetei, valamint a Társulat tagjai tehetnek javaslatot, de minden társulati tag maga is pályázhat a díjakra. A díjak elnyerésének a társulati tagság nem feltétele. A javaslatokat és a pályázatokat az illetékes szakcsoportok véleményével együtt a [www.elft.hu](http://www.elft.hu) weblapról letölthető vagy a titkárságon beszerezhető űrlap felhasználásával kell a Társulat titkárságára eljuttatni. A díjazottak személyéről a Díjbizottság javaslatára a Társulat Elnöksége dönt.

*Kürti Jenő*  
főtitkár

*Kamarás Katalin*  
díjbizottsági elnök

## Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat 2013. évi Küldöttközgyűlése

Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat 2013. május 25-én, szombaton 10.00 órai kezdettel tartja Tisztújító Küldöttközgyűlést az Eötvös Loránd Tudományegyetem Fizikai épületének (Budapest, XI. Pázmány Péter sétány 1/A) 083. előadótermében (Eötvös-terem).

A Küldöttközgyűlés nyilvános, azon bárki részt vehet. A Küldöttközgyűlésen a Társulat bármely tagja felszólalhat, de a szavazásban csak a területi és szakcsoportok által megválasztott és küldöttigazolvánnyal rendelkező küldöttek vehetnek részt.

Amennyiben a Küldöttközgyűlés a meghirdetett időpontban nem határozatképes, akkor munkáját 10.30-kor, vagy a napirend előtti előadás után kezdi meg. Az ily módon megismételt Küldöttközgyűlés a megjelent küldöttek számára való tekintet nélkül ha-

tározatképes, de a jelen értesítésben szereplő tárgysorozatot nem módosíthatja.

A hagyományos napirend előtti előadást (kezdetre 10 óra) *Horváth Dezső* tartja *Hogyan is állunk a Higgs-bozonnal?* címmel.

Az Társulat Elnöksége a következő tárgysorozatot javasolja:

1. Elnöki megnyitó;
2. A Szavazatszámoló bizottság felkérése;
3. Főtitkári beszámoló, 3.1 A 2012. évi közhasznúsági jelentés, 3.2 A 2013. évi költségvetés, 3.3 Határozati javaslat;
4. A Felügyelő Bizottság jelentése;
5. Vita és szavazás a napirend 3.–4. pontjaival kapcsolatban;
6. Előterjesztés az új tisztségviselők megválasztására;
7. Vita és választás;
8. A Társulat díjainak kiosztása;
9. Zárszó.

## Ericsson-díj 2013 – felhívás díjazandó tanárok ajánlására

Az Ericsson Magyarország Kutatás-Fejlesztési Igazgatósága által 1999-ben alapított díjat általános és középiskolákban tanító fizika- és matematikatanárok nyerhetik el. A díjkiosztó ünnepségre 2013. június elején, a tanév végén kerül sor.

Az Ericsson-díjakat 2013-ban is két kategóriában ítélik oda 2-2 matematika- és 2-2 fizikatanár részére egyenként 250.000 Ft jutalommal.

„Ericsson a matematika és fizika népszerűsítéséért” díjat olyan tanárok kaphatnak, akik tanítványaikkal bekapcsolódtak a *Középiszkolai Matematikai és Fizikai Lapok* vagy az *ABACUS* folyóiratának pontversenyébe, vagy a tanítás mellett évek óta a legtöbbet teszik a tantárgyuk iránti érdeklődés felkeltéséért-megszeretéséért.

„Ericsson a matematika és fizika tehetségeinek gondozásáért” díjat olyan tanárok kaphatnak, akiknek tanítványai a *Középiszkolai Matematikai és Fizikai Lapok* vagy az *ABACUS* versenyein, illetve a Varga Tamás, Kalmár László, Arany Dániel matematikaversenyek, matematika vagy fizika OKTV, Öveges József, Jedlik Ányos,

Mikola Sándor, Szilárd Leó fizikaversenyek, a Nemzetközi Matematika vagy Fizika Diákolimpiák, a Kürschák József matematikai tanulmányversenyek vagy az Eötvös Loránd fizikaversenyek valamelyikén a 2008–2009-es tanévtől kezdődően elnyerték az első öt díj egyikét.

A díjakat a MATFUND Alapítvány ítéli oda, a Bolyai János Matematikai Társulat és az Eötvös Loránd Fizikai Társulat Ericsson-díjbizottságainak ajánlása alapján. A díjazandókra írásos javaslatot nyújthatnak be szakmai és társadalmi szervezetek, a javasolt tanár tevékenységét ismerő kollégák, tanítványok. Segítségként használhatják a különböző kategóriák pályázati adatlapjait, ezek letölthetők a <http://www.komal.hu> vagy a <http://www.ericsson.hu/ericsson-dij-2013> internetcímről. Ha a korábban már javasolt tanár nem kapott díjat, a felterjesztést (hivatkozva a már beküldött jellemzésre, esetleg kiegészítve azt) kérjük, ismételjék meg!

*A beérkezési határidő: 2013. április 15.*

Cím: MATFUND Alapítvány, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A. Kérjük, a borítékra írják rá: Ericsson-díj! E-mail cím: [matfund@komal.hu](mailto:matfund@komal.hu).

## BÉLYEGEK ÉS A FIZIKA OKTATÁSA

Boros László  
Berlin

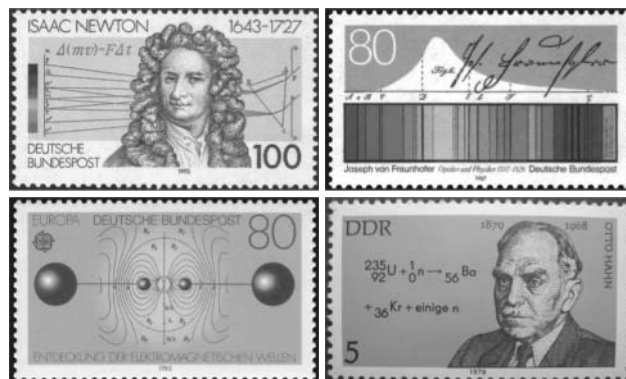
A neves grafikusok által tervezett művészi kivitelű miniatúrák, a bélyegek, nem csak kordokumentumok, hanem esztétikai élményt is nyújtanak. Az elektronikus könyv egyik nagy előnye, hogy a bélyegképeket a képernyőn fel lehet nagyítani és ezzel a finomabb részletek is felismerhetővé válnak. A könyv 204 színes táblaképen több, mint 1500 bélyeget és egyéb filatéli dokumentumot tartalmaz a gyűjteményemből.<sup>1</sup>

Bár a könyv célja nem a bélyeggyűjtés népszerűsítése volt, mégis 2012 novemberében a mainzi Nemzetközi Filatéliai Irodalmi Kiállításon díjat nyertem. Ez a döntés annak ellenére született, hogy a nemzetközi zsűrinek nem volt magyarul tudó tagja, így csak az ábrák német nyelvű szövege és a tartalomjegyzék alapján tudták megítélni a művet.

Könyvemben nyolc témát tárgyalok – ezek mindegyike kapcsolatban van a sugárzással –, többnyire történeti feldolgozásban. A sokszínűség a témaválasztásból következik: az elektromágneses hullámok spektruma 18 nagyságrendet ölel fel és ehhez csatlakoznak a részecske- és a nem-ionizáló sugárzások, mint például a hang és a neutrínó. Nyilvánvaló, hogy mind a tulajdonságok köre, mind a felhasználási területek tárháza óriási.

Az első két fejezetben a sugárfizika és a csillagászat tudománytörténetét vázolom fel. Ebben a klasszikus fizika tárgyalását követően olyan modern témákat is bemutatok, mint a legújabb kvantummechanikai al-

kalmazások, a kvantum-teleportáció, a kvantum-számítógépek és -kriptográfia elve. Újszerűen tárgyalom *Einstein* relativitáselméletét, majd annak csillagászati következményeit és alkalmazásait, a gravitációs lencse-effektust és a gravitációs hullámok kimutatására és csillagászati alkalmazására vonatkozó kísérleteket.



A teljes elektromágneses spektrumban végzett asztrofizikai megfigyelésekkel is megismerkedhetünk. A rádióhullámoktól az infravörös, a látható és ultraibolya fényen keresztül eljutunk a spektrum nagyenergiájú komponenseiig, mint a röntgen- és gamma-sugárzás, valamint az ultra nagy energiájú gamma-kitörések vizsgálatáig. Ezek az Univerzum korai stádiumáról nyújtanak ismereteket és olyan egzotikus objektumok, mint a neutroncsillagok, a fekete lyukak, a kvazárok, a sötét anyag és sötét energia felfedezéséhez vezettek. A kutatáshoz új megfigyelési technikák és eszközök kifejlesztésére volt szükség, megjelentek a látható, az infravörös és ultraibolya fényre, valamint a röntgen- és gamma-sugárzásra érzékeny űrteleszkópok. A neutroncsillagászat detektorait elhagyott bányákban, hegyek alatt átvezető autópálya-alagutakban és a tenger mélyén kellett elhelyezni, hogy a zavaró háttérsugárzást csökkentsék. Az új ismeretek új kozmológiai modell kifejlesztéséhez vezettek. A tudományos fantasztikus irodalom a Naprendszeren kívüli bolygók és a Földön kívüli civilizációk létezését jósolta meg. Az exobolygók kutatása máris nagy sikerek-

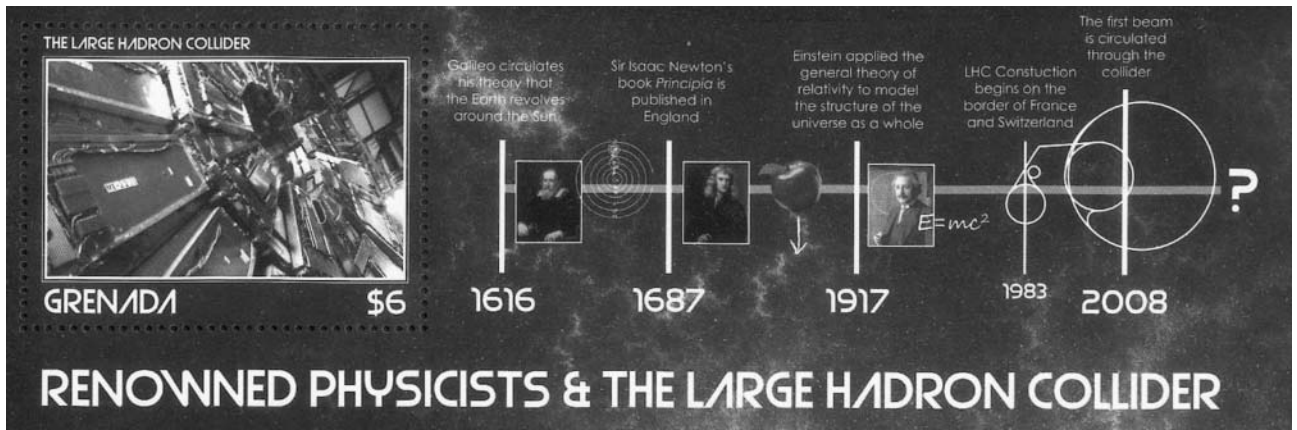
Az írás alapja Boros László: *A sugárzások csodavilága – A filatélia a tudományos ismeretterjesztés szolgálatában* (Typotex Kiadó, Budapest, 2011, 468 oldal, PDF ([www.interkonyv.hu](http://www.interkonyv.hu)) formátumú elektronikus kiadás) című könyve.

Szerző nem pedagógus, ezért nem akar a fizika oktatásával kapcsolatos tanulmányok írásával didaktikai kérdésekbe belekontrálok. Több mint harminc éve él a Német Szövetségi Köztársaságban, ahol sugárfizikusként dolgozott. Így nem lehet tájékozott a hazai fizikaoktatás jelenlegi helyzetéről és problémáiról. Mint a sugárfizika területén nemzetközileg elismert tudományos kutató azonban közel 60 előadást tartott eredményeiről és gyakorlati tapasztalatairól. Korábban a SOTE Radiológia Klinikáján a radiológia tárgy keretében rendszeresen adott elő sugárfizikai és technikai kérdésekről az orvostanhallgatóknak.

Németországban vendégként több előadást tartott a Jénai Technikai Főiskolán sugárfizikai témában. Mindegyik munkahelyén évente kétszer sugárvédelmi oktatásban részesítette a munkatársakat. A hallgatóság egy része kötelező elfoglaltságnak vette az előadásokon való részvételt, ezért nem tanúsított érdeklődést a téma iránt, így nem csoda, hogy figyelmük ellankadt. Rutinos előadóként az az ötlete támadt, hogy a témába illő bélyegek képeinek vetítésével új szintet visz az előadásba. A hallgatóság csaknem mindig élénk érdeklődéssel reagált. Ezen felbuzdulva határozta el, hogy tudományos ismeretterjesztő könyvét kizárólag bélyegekkel és egyéb filatéli dokumentumokkal illusztrálja.

<sup>1</sup> A könyv ábráit oktatási célokból engedély nélkül fel lehet használni és prezentációs programok segítségével a tantermi előadáson vetíteni.





kel járt, a SETI-program keretében intelligens űrlények nyomára még nem bukkantunk. Az utóbbi két témáról is olvashatunk a könyvben.

A harmadik fejezet a kozmoszt kitöltő sugárzás és anyag tulajdonságaival, Földre gyakorolt hatásaival foglalkozik. Itt fontos környezetvédelmi témákkal – mint az üvegházhatás, a klímaváltozás és az ózonpajzsral kapcsolatos problémák – is találkozunk. Ebben a fejezetben ismerkedhetünk meg a napenergián alapuló alternatív energiatermeléssel.



A negyedik fejezet bemutatja a fényforrásokat az ősember által csíholt tüztől a lézerig, majd az optikai jelenségeket, eszközöket és azok alkalmazásait a tükör-



től a holográfiáig. Itt csillagászati vonatkozások is felbukkannak, mint a teleszkópok és planetáriumok.

Terjedelmes fejezet tárgyalja a távközlés technikatörténetét és az elektromágneses hullámok híradástechnikai alkalmazásának módszereit és eszközeit, valamint a szórakoztató elektronikát.



A 6. fejezet a közvéleményt legjobban foglalkoztató és megosztó mag sugárzások kutatási eredményeiről, az atomenergia békés és katonai alkalmazásainak a kérdéséről szól. Itt tájékozódhatunk a nagy európai gyorsító berendezésekben folyó munkákról is. Ezen költséges kutatások célja Goethe Faustja alapján „felismerni azt, ami a világot legmélyebben összetartja”. Informatív az ennek ellentétével, az atombomba fejlesztésével és bevetésével kapcsolatos alfejezet is.



Arra is törekedtem, hogy bemutassam a magyar fizikusok és természettudósok hozzájárulását a fizika egyetemes fejlődéséhez.

Ezután kedvenc témám, a sugárzások gyógyászati alkalmazása következik. Ebben bemutatom a diagnosztikai és terápiás módszereket a fénymikroszkóptól, az ultrahang-diagnosztikán és a lineáris gyorsítón keresztül az NMR-ig.

Az utolsó fejezetben a sugárfóbiát a sugárvédelmi kérdések megvilágításával igyekszem eloszlatni. Ebben nem csak az ionizáló sugárzások elleni védelemmel foglalkozom, hanem rámutatok a napozás és az elektroszmog veszélyeire is. A csernobili katasztrófa kapcsán rávilágítok a reaktorbiztonsági intézkedések fontosságára. Ehhez kapcsolódóan a sugárbiológia néhány kérdésével is megismerkedhetünk.



Az egyes alfejezetek önálló írásként is megállják helyüket. A fejezeteket vezérfonálként a sugárzások és az egységes tárgyalásmód köti össze. Az alkalmazások ismertetése a korábban kifejtett elméleti alapokra támaszkodik.

További tájékoztatást a tartalomról a Typotex Kiadó honlapjáról letölthető informatív oldalak, főként a részletes tartalom-, név- és irodalomjegyzék adnak.

A könyv érdemi része, a szöveg szempontjából közböbös, hogy illusztrációként fényképeket, grafikákat és egyéb szokványos ábrákat választottam-e, vagy pedig bélyegeket. A közölt ábrák a postaigazgatások által kiírt pályázatok nyerteseit dicsérik. A tudósokat,

művészeket és egyéb híres embereket bemutató bélyegek kiadása többnyire évfordulókhoz kötődnek. Több művész megelégszik egy portré készítésével. Mások olyan ábrákat rajzolnak, amelyek utalnak a személy tevékenységére, elért eredményeire, például fizikusok esetében egy képletre, fizikai jelenségre vagy készülékre. Szerzőként „mindössze” az volt a feladatomban, hogy a világon megjelent milliós nagyságrendű bélyeg közül kiválasszam a könyv illusztrálására a legalkalmasabbakat. Ez sok éves munka eredménye, amely végülis egy fizika és csillagászat témájú, minden határterületet magába foglaló több mint 27 000 bélyeg adatai tartalmazó adatbank felépítéséhez vezetett. A kiválasztott bélyegeket természetesen meg kellett szerezni, ez gyakran komoly idő és anyagi ráfordítással járt.

A kötetet nem tankönyvnek, hanem a középszintű természettudományos műveltséggel rendelkező olvasóközönség ismereteinek bővítésére szánom, ezért fizikai képletekkel és matematikai levezetésekkel nem teszem próbára az olvasók türelmét. A könyv ennek ellenére alkalmas arra, hogy a középiskolások és tanáraik számára is új ismereteket nyújtson, hiszen számos olyan modern témával találkozhatnak, amelyek lezáratlanságuk miatt még nem kerülhettek be a tantervbe. Tankönyvi kiegészítőként használva, a szakköri foglalkozásokon és tanulmányi versenyekre való felkészülésnél a diákok ismeretét aktualizálja.

A könyv terjedelme miatt nem térhettem ki az egyes témák minden részletére, ezért tömör fogalmazásra törekedtem anélkül, hogy ez az érthetőség rovására menjen. Így sikerült – szakértő olvasók véleménye szerint – olvasható, szórakoztató és informatív művet írnom.

Az olvasó, aki jobban el akar mélyülni az egyes témákban, az ismeretek részletesebb kifejtésének bő tárházát találja a fejezetenként csoportosított irodalomjegyzékben. A felhasznált, főként idegen nyelvű publikációkon kívül, itt számos, az olvasó számára könnyebben hozzáférhető magyar közlemény is megtalálható. Az irodalmi hivatkozások egy része linkként az internetről közvetlenül letölthető. Néhányuk videókat és animációkat is tartalmaz.

Úgy tűnik, hogy sikerült egyesítenem *Rutherford* aforizmája, „a természettudomány vagy fizika, vagy bélyeggyűjtés” két diszciplináját.

A recenzióírók szerint a szerzők ismerik legjobban saját munkájuk erőnyeit és hibáit, és ők a legalkalmasabbak arra, hogy ismertessék művüket. Természetesen fontos, hogy ne legyenek elfogultak és mások véleményét is figyelembe vegyék. Magam is ezt az utat követtem, de tudom, hogy ez nem pótolja egy vagy több pártatlan bíráló véleményét. Továbbra is nyitott vagyok minden jó tanácsra, észrevételre és bírálatra, amelyeket a későbbi kiadásoknál figyelembe vehetek.

Szerkesztőség: 1121 Budapest, Konkoly Thege Miklós út 29–33., 31. épület, II.emelet, 315. szoba, Eötvös Loránd Fizikai Társulat. Telefon/fax: (1) 201-8682

A Társulat Internet honlapja <http://www.elft.hu>, e-postacíme: [mail.elft@gmail.com](mailto:mail.elft@gmail.com)

Kiadja az Eötvös Loránd Fizikai Társulat, felelős: Szatmáry Zoltán főszerkesztő.

Kéziratokat nem őrünk meg és nem küldünk vissza. A szerzőknek tiszteletpéldányt küldünk.

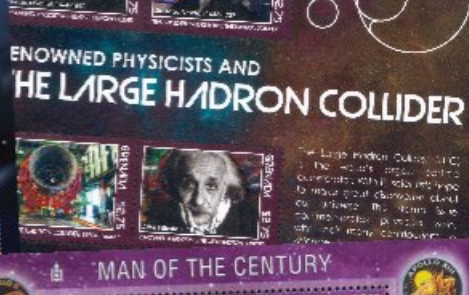
Nyomdai előkészítés: Kármán Stúdió, nyomdai munkálatok: OOK-PRESS Kft., felelős vezető: Szatmáry Attila ügyvezető igazgató.

Terjeszté az Eötvös Loránd Fizikai Társulat, előfizethető a Társulatnál vagy postautalványon a 10200830-32310274-00000000 számú egyzámlán.

Megjelenik havonta, egyes szám ára: 800.- Ft + postaköltség.

**HU ISSN 0015–3257** (nyomtatott) és **HU ISSN 1588–0540** (online)







Jöjjön látogatóba Magyarország  
egyetlen atomerőművébe és  
ismerje meg annak biztonságos  
működését!



# Jövők energiája



## paksi atomerőmű

Tájékoztató és Látogatóközpont  
7031 Paks, Pf. 71  
Telefon: (75) 508 833  
[www.atomeromu.hu](http://www.atomeromu.hu)



Várjuk vendégségbe Magyarországot!