

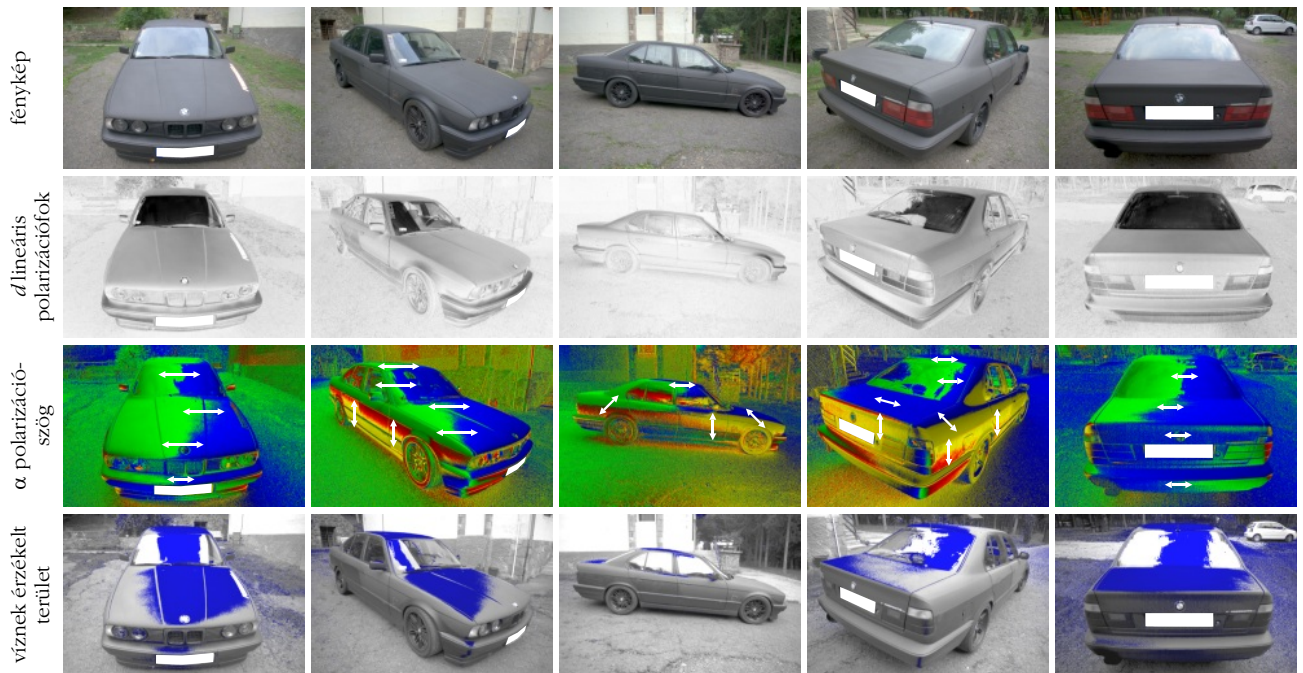
# fizikai szemle



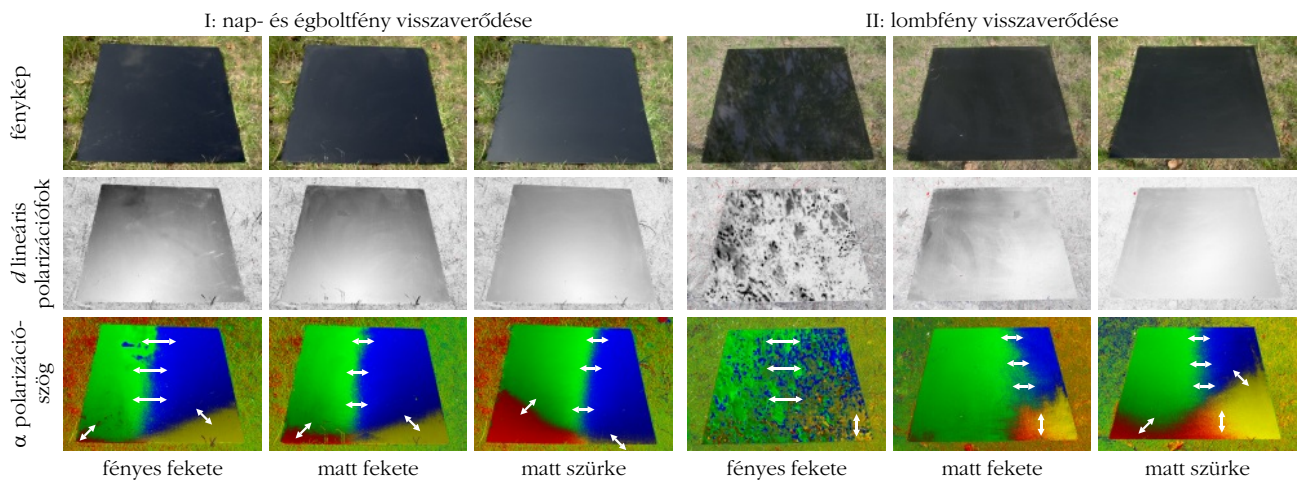
2015/2



Blahó Miklós és társai *Matt fekete autók poláros fényszennyezése: a matt bevonat sem környezetbarát* című írásához

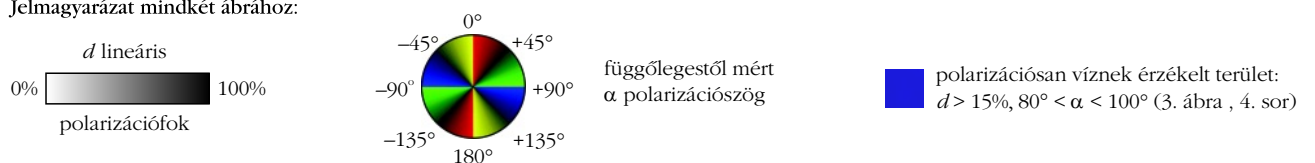


3. ábra. Matt fekete autó öt különböző nézőpontból mért polarizációs mintázatai a spektrum kék (450 nm) tartományában. Az első sorban az eredeti fényképfelvételek, a második sorban a  $d$  lineáris polarizációfok-mintázatok, a harmadik sorban a polarizációirány-mintázatok ( $\alpha$ , az óramutató járásával megegyező irányban) láthatók. A negyedik sorban sötétkék színnel ábrázoltuk a polarotaktikus rovarok által vízként érzékelt területeket, amelyek esetében a visszavert fény a következő tulajdonságokkal rendelkezik:  $d > 15\%$ ,  $80^\circ < \alpha < 100^\circ$ . A képalkotó polariméter optikai tengelyének magassági szöge a vízszintestől  $-20^\circ$  volt.



4. ábra. A terepkísérletekben használt fényes fekete, matt fekete és matt szürke tesztfelületek polarizációs mintázatai a spektrum kék (450 nm) tartományában. Az első sorban az eredeti fényképfelvételek, a második sorban a  $d$  lineáris polarizációfok-mintázatok, a harmadik sorban a polarizációirány-mintázatok ( $\alpha$ , az óramutató járásával megegyező irányban) láthatók. A polariméter nézőpontjai: (I) egy nyílt terület felé (a felületek nap- és égboltfényt vernek vissza), (II) fák és bokrok felé (a felületek lombfényt vernek vissza). A polariméter optikai tengelyének magassági szöge a vízszintestől  $-45^\circ$  volt.

Jelmagyarázat mindkét ábrához:



# Fizikai Szemle

MAGYAR FIZIKAI FOLYÓIRAT

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

**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, Czitrovszky 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, Ujvári Sándor**

Szerkesztő:

**Füstöss László**

Műszaki szerkesztő:

**Kármán Tamás**

A folyóirat e-mail címe:

**szerkesztok@fizikaiszemle.hu**

A lapba szánt írásokat erre a címre kérjük.

**A beküldött tudományos, ismeretterjesztő és fizikatanítási cikkek a Szerkesztőbizottság, illetve az általa felkért, a témában elismert szakértő megalapozott, jóváhagyó véleménye után jelenhetnek meg.**

A folyóirat honlapja:

**<http://www.fizikaiszemle.hu>**



www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

## TARTALOM

<i>Blabó Miklós, Herczeg Tamás, Száz Dénes, Czinke László, Horváth Gábor, Barta András, Egri Ádám, Farkas Alexandra, Tarjányi Nikolett, Kriska György:</i> Matt fekete autók poláros fényszennyezése: a matt bevonat sem környezetbarát – 2. rész	38
<i>Hagymási Imre:</i> Újfajta kritikus viselkedés ritka földfém-vegyületekben	42
<i>Wirth Lajos:</i> A' mennykönek mivoltáról 's eltávoztatásáról való böltselfedés	45

### VÉLEMÉNYEK

<i>Hraskó Péter:</i> A vektorpotenciálról (aki <b>A</b> -t mond, mondjon <b>B</b> -t is)	52
------------------------------------------------------------------------------------------	----

### A FIZIKA TANÍTÁSA

<i>Gócz Éva, Horváth Zsuzsa:</i> Üstökösprojekt két budapesti gimnáziumban	55
<i>Stonauški Tamás:</i> A Hold keringési sebességének mérése	61
<i>Leitner Lászlóné:</i> Információs és kommunikációs technológiák a Szalay Sándor Emlékverseny szolgálatában	64

### HÍREK – ESEMÉNYEK

<i>M. Blabó, T. Herczeg, D. Száz, L. Czinke, G. Horváth, A. Barta, Á. Egri, A. Farkas, N. Tarjányi, G. Kriska:</i> Optical environmental pollution with polarized light even when cars are painted matt black – Part 2	
<i>I. Hagymási:</i> A new kind of critical behavior in rare earth compounds	
<i>L. Wirth:</i> Properties of thunderbolt strokes and how to stay out	

### OPINIONS

*P. Hraskó:* More to be told about the vectorpotential

### TEACHING PHYSICS

<i>É. Gócz, Zs. Horváth:</i> Two Budapest schools offer their pupils astronomic work schedules. Topic: comets	
<i>T. Stonauški:</i> The measurement of our Moon's orbit velocity	
<i>L. Leitner:</i> Methods and hardware serving information and communication for the Szalay Memorial Competition	

### EVENTS

<i>M. Blabó, T. Herczeg, D. Száz, L. Czinke, G. Horváth, A. Barta, Á. Egri, A. Farkas, N. Tarjányi, G. Kriska:</i> Optische Umweltverschmutzung mit polarem Licht auch durch matt schwarze Autofarben – Teil 2	
<i>I. Hagymási:</i> Eine neue Art des kritischen Verhaltens in chemischen Verbindungen seltener Erden	
<i>L. Wirth:</i> Wissenswertes über den Blitzschlag und wie man ihm fern bleibt	

### MEINUNGSÄUSSERUNGEN

*P. Hraskó:* Weiteres über das Vektorpotential

### PHYSIKUNTERRICHT

<i>É. Gócz, Zs. Horváth:</i> Zwei Arbeitspläne für Schüler budapester Gymnasien über Kometen-Astronomie	
<i>T. Stonauški:</i> Die Messung der Geschwindigkeit unseres Mondes auf seiner Bahn	
<i>L. Leitner:</i> Methoden und Apparatur zur Information und Kommunikation für den Szalay-Wettbewerb	

### EREIGNISSE

<i>М. Блало, Т. Херцег, Д. Саз, Л. Цинке, Г. Хорват, А. Барта, А. Эгри, А. Фаркас, Н. Таряни, Г. Кришка:</i> Оптическое загрязнение поляризованным цветом осуществляется даже матовыми красными автомобилями – часть вторая	
<i>И. Хадьяни:</i> Новое критическое поведение соединений редких земель	
<i>Л. Вирт:</i> Громоотводы и другие методы защиты	

### ЛИЧНЫЕ МНЕНИЯ

*П. Храшко:* Подольше о векторпотенциале

### ОБУЧЕНИЕ ФИЗИКЕ

<i>Э. Гоц, Ж. Хорват:</i> Планы двух школ в Будапеште по обсервации комет	
<i>Т. Стонавский:</i> Измерение скорости Луны на своей орбите вокруг Земли	
<i>Л. Лейтнер:</i> Средства и методы информации и сообщения конкурса им. Ш. Салаи	

### ПРОИСХОДЯЩИЕ СОБЫТИЯ

**Fizikai Szemle**

MAGYAR FIZIKAI FOLYÓIRAT

megjelenését támogatják:



# MATT FEKETE AUTÓK POLÁROS FÉNYSZENNYEZÉSE: A MATT BEVONAT SEM KÖRNYEZETBARÁT – 2. RÉSZ

Blahó Miklós, Herczeg Tamás, Száz Dénes, Czinke László, Horváth Gábor  
ELTE Biológiai Fizika Tanszék, Környezetoptika Laboratórium

Barta András

Estrato Kutató és Fejlesztő Kft., Budapest

Egri Ádám, Farkas Alexandra, Tarjányi Nikolett

MTA Ökológiai Kutatóközpont, Duna-kutató Intézet

Kriszka György

ELTE Biológiai Szakmódszertani Csoport

MTA Ökológiai Kutatóközpont, Duna-kutató Intézet

A januári számban megjelent első részben leírt vizsgálatok, elemzések eredményeit mutatjuk be az alábbiakban.

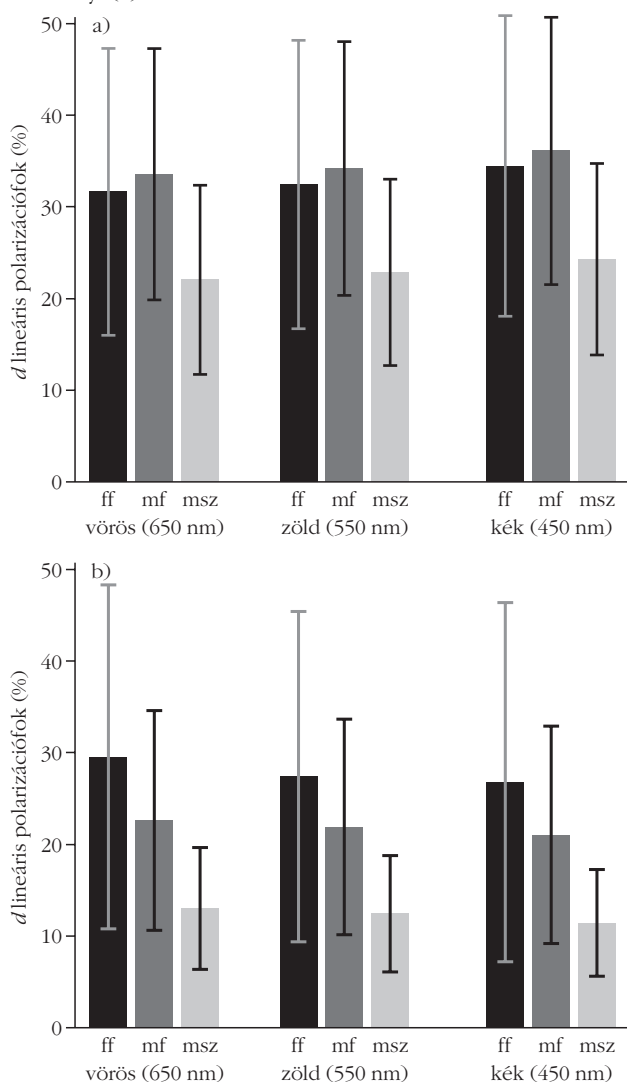
## Eredmények

### Matt fekete autók polarizációs mintázatai

A 3. ábra az első belső borítóoldalon egy tipikus matt fekete autó öt különböző irányból mért polarizációs mintázatát mutatja a spektrum kék (450 nm) tartományában. Jól megfigyelhető, hogy a szélvédő napsütötte részéről visszavert fény  $d$  polarizációfoka igen magas ( $85\% < d < 100\%$ ), míg a függőleges ablakok és karosszériarészek csak gyengén polárosak ( $d < 15\%$ ). A tető, motorháztető és csomagtartó csak részlegesen poláros fényt ver vissza ( $25\% < d < 55\%$ ). Az autóról visszavert fény polarizációfokának térbeli eloszlása meglehetősen homogén. A ferde szélvédő és a vízszintes tető, csomagtartó és motorháztető vízszintesen poláros fényt ver vissza, míg a többi ferde és függőleges autófelület ferde vagy függőleges polarizációirányút. Az autókarosszéria azon részeit, amelyek egy küszöbnél ( $d > 15\%$ ) magasabb polarizációfokú és közel vízszintes polarizációirányú ( $80^\circ < \alpha < 100^\circ$ ) fényt vernek vissza, a polarotaktikus rovarok víznek tekintik [2, 6]. E kettős feltétel a 3. ábra alapján a matt fekete autó szélvédőjére, tetejére és motorháztetejére teljesül, így e felületrészek vonzzák

a vizet kereső polarotaktikus rovarokat. Mindez általában is igaz a matt fekete/szürke karbonfólia- vagy festékbevonatú autókra.

5. ábra. A terepkísérletekben használt fényes fekete (ff), matt fekete (mf) és matt szürke (msz) vízszintes tesztfelületek képalkotó polarimetria segítségével mért  $d$  lineáris polarizációfokának átlaga (oszlopok) és szórása (nagy I alakú pálcikák) a spektrum vörös (650 nm), zöld (550 nm) és kék (450 nm) tartományában, amikor a felületek nap- és égboltfényt (a), illetve fákrol és bokrokról érkező lombfényt (b) vernek vissza.



Kutatásainkat az Európai Unió (EU-FP7, TabaNOid-232366: Trap for the novel control of horse-flies on open-air fields) támogatta. Horváth Gábor köszöni a német Alexander von Humboldt Alapítvány műszeradományát és egy három hónapos, regensburgi kutatási ösztöndíját (3,3-UNG/1073032 STP, 2013. június 1. és augusztus 31. között).

Köszönettel tartozunk *Viski Csabának* (Szokolya), hogy lovastanyáján engedélyezte a 2. kísérletünket. Hálaadás vagyunk *Gyurkovszky Mónikának* és *Farkas Róbertnek* (Parazitológiai és Állattani Tanszék, Állatorvos-tudományi Kar, Szent István Egyetem, Budapest) a 2. kísérletünkben előforduló bögölyfajok meghatározásáért. *Gubek István* (ELTE) logisztikai segítségével is köszönettel tartozunk. Köszönjük továbbá *Antoni Györgyinek* (Pályázati és Innovációs Központ, ELTE) és *Kovács Emesének* (Vörösmarty Turistaház, Mátraháza), hogy a 2.b-c és 3. ábrákon látható matt fekete autókat egy mérés erejéig biztosították számunkra. Köszönettel tartozunk *Rebecca Allennek* is (Michigan State University, USA) az 1.a ábra fényképéért.



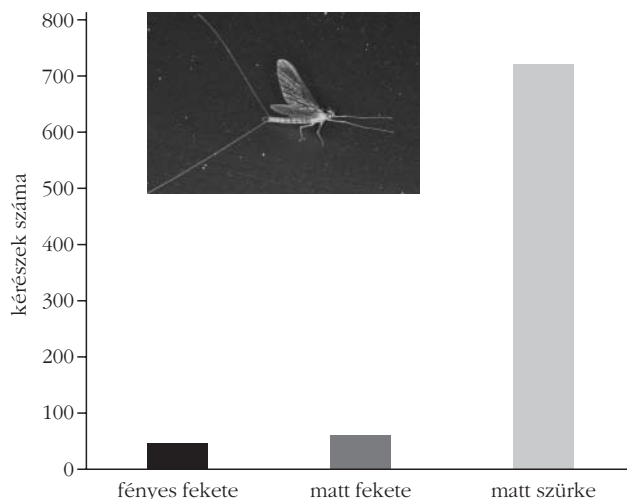
1. táblázat

Az 1. és 2. terepkísérlet során használt 3 vízszintes tesztfelület képalkotó polarimetria segítségével mért  $d$  lineáris polarizációfoka (átlag  $\pm$  szórás, a teljes felületre átlagolva) a spektrum vörös (650 nm), zöld (550 nm) és kék (450 nm) tartományában, amikor a felületek napfényt és égboltfényt, illetve fákról és bokrokról érkező lombfényt vertek vissza

teszt-felületekhez jutó fény forrása	tesztfelület	$d$ lineáris polarizációfok (%) a spektrum látható részének különböző tartományában		
		vörös	zöld	kék
napfény és égboltfény	fényes fekete	31,6 $\pm$ 15,7	32,4 $\pm$ 15,7	34,5 $\pm$ 16,4
	matt fekete	33,6 $\pm$ 13,7	34,2 $\pm$ 13,9	36,1 $\pm$ 14,6
	matt szürke	22,0 $\pm$ 10,3	22,9 $\pm$ 10,2	24,3 $\pm$ 10,5
fákról és bokrokról érkező lombfény	fényes fekete	29,6 $\pm$ 18,8	27,4 $\pm$ 18,0	26,8 $\pm$ 19,6
	matt fekete	22,6 $\pm$ 12,0	21,9 $\pm$ 11,8	21,1 $\pm$ 11,9
	matt szürke	13,0 $\pm$ 6,7	12,4 $\pm$ 6,4	11,4 $\pm$ 5,8

A kísérletekben használt tesztfelületek polarizációs mintázatai

A 4–5. ábra és az 1. táblázat az 1. és 2. terepkísérletünkben használt fényes fekete, matt fekete és matt szürke tesztfelületek polarizációs jellemzőit mutatják a spektrum vörös, zöld és kék tartományában, amikor a felületek napfényt és égboltfényt, illetve fákról és bokrokról származó fényt vertek vissza. A tesztfelületek nagy része vízszintesen poláros fényt tükrözött, ám kis részükről függőlegesen vagy ferden poláros fény verődött vissza, a neutrális pont környékéről (a vízszintesen és függőlegesen poláros területek határától) pedig polarizálatlan fény tükröződött. A fényes fekete és matt fekete felületek verték vissza a legmagasabb polarizációfokú fényt, míg a matt szürke felület csak kevésbé volt poláros. E felületek polarizációs mintázatai csak némileg függték a hullámhossztól. Amikor a tesztfelületek napfényt és égboltfényt vertek vissza, akkor polárosabbak voltak, mint mikor fák és bokrok képét tükrözték. A spektrum kék és zöld tartományában a matt szürke felület polarizációfokának szórása volt a legkisebb (5. ábra, 1. táblázat). A fényes/matt fekete/szürke autók (3. ábra) és a tesztfelületek (4. ábra az első belső borítóoldalon, 1. táblázat) polarizációs mintázatait összehasonlítva azt tapasztaltuk, hogy azok gyakorlatilag egyformák, így tesztfelületeink jól utánozták a megfelelő autókarszériák optikai sajátosságait. Az 1. táblázat és a 4. ábra szerint a megfigyelés irányától függően a spektrum kék, zöld és vörös tartományában a fényes fekete tesztfelület polarizációfokának  $\Delta d$  szórása (kék:  $\pm 16,4$ – $19,6\%$ , zöld:  $\pm 15,7$ – $18,0\%$ , vörös:  $\pm 15,7$ – $18,8\%$ ) 1,9–2,8-szer, 1,8–2,5-szer és 1,5–2,8-szer nagyobb volt, mint a matt szürke felületé (kék:  $\pm 5,8$ – $10,5\%$ , zöld:  $\pm 6,4$ – $10,2\%$ , vörös:  $\pm 6,7$ – $10,3\%$ ). A matt fekete felület  $\Delta d$  szórása (kék:  $\pm 11,9$ –



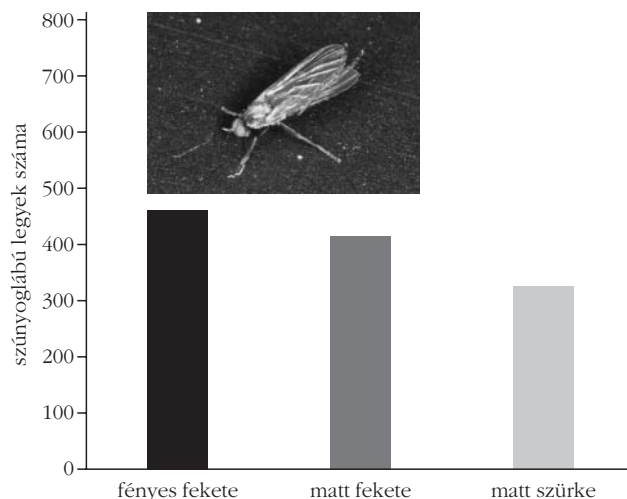
6. ábra. A fényes fekete, matt fekete és matt szürke vízszintes tesztfelületekre rászálló kérészek összegyűjtésének száma az 1. terepkísérlet 6 alkalma során. A fényképen egy fényes fekete tesztfelületre leszállt kérész látható.

14,6%, zöld:  $\pm 11,8$ – $13,9\%$ , vörös:  $\pm 12,0$ – $13,7\%$ ) pedig 1,4–2,1-szer, 1,4–1,8-szer és 1,3–1,8-szer volt nagyobb, mint a matt szürke felületé. Ennek nagy jelentősége lesz a tesztfelületek rovarvonzó-képességének alábbi magyarázatában.

Kérészek, szúnyoglábú legyek és bögölyök tesztfelületekhez való vonzódása

A 6. ábra az 1. kísérlet során a három tesztfelületre leszállt kérészek számát mutatja. Nem volt statisztikailag szignifikáns különbség a fényes fekete és matt fekete felület kérészekre gyakorolt vonzóképesége között. Ám meglepő módon a matt szürke felület 10,7–15,7-szer több kérészt vonzott, mint a másik két fekete felület. A 7. ábrán az 1. kísérletben a tesztfelületekre szállt szúnyoglábú legyek száma látható. E rovarok számára a fényes fekete felület volt a leginkább, míg a

7. ábra. A fényes fekete, matt fekete és matt szürke vízszintes tesztfelületekre rászálló szúnyoglábú legyek összegyűjtésének száma az 1. terepkísérlet 6 alkalma során. A fényképen egy matt fekete tesztfelületre leszállt szúnyoglábú légy látható.



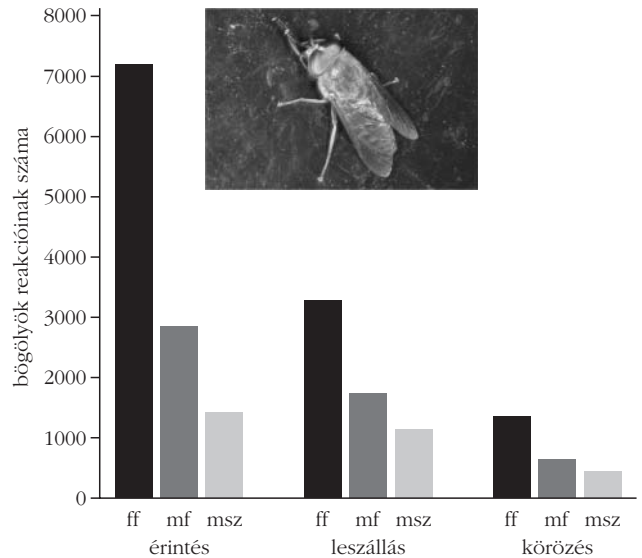
matt szürke a legkevésbé vonzó. A fényes fekete és matt szürke, valamint a matt fekete és matt szürke felületek vonzóképesége közti különbség szignifikáns volt, míg nem adódott szignifikáns különbség a fényes fekete és matt fekete felületeken landoló szúnyoglábú legyek száma között. A 8. ábra a 2. kísérlet során a tesztfelületekre leszálló, azokat érintő és fölöttük köröző bögyök számát mutatja. E három reakciót tekintve, a bögyök számára szignifikánsan a legvonzóbb felület a fényes fekete volt, a leszállás és érintés szempontjából pedig a matt szürke felület volt a legkevésbé vonzó. A matt fekete felület vonzóképesége e két felület vonzóképesége közé esett.

Összefoglalva: (i) A polarotaktikus rovarok fekete autók iránti vonzódása összetetten függ a felületi érdességtől (fényes, matt) és az érintett taxonoktól (kérész, szúnyoglábú légy, bögyö). (ii) A matt fekete autók rovarfajtól függően kevésbé vagy közel azonos módon lehetnek vonzóak, mint a fényes feketék. (iii) A fényes fekete autók poláros fényszennyezése általában nem csökkenthető a jelenleg használt matt festékek használatával. (iv) Nem várt módon a matt szürke autók vonzóbbak lehetnek bizonyos kérészfajok számára, mint a matt feketék.

## Az eredmények megvitatása

Feltételeztük, hogy az erősen és vízszintesen polarizáló felületekkel (tető, motorháztető, csomagtartó) rendelkező fényes fekete autók mattá tétele csökkenti a poláros fényszennyezést, mivel a felület érdessége (mattsága) depolarizálja a visszaverődő fényt. Terepkísérleteinkben azonban azt találtuk, hogy ez nem mindig történik így, ugyanis a vizsgált matt fekete és matt szürke karosszéria-elemek hasonlóan vonzóak vagy még vonzóbbak voltak bizonyos polarotaktikus kérészfajok számára, mint a tanulmányozott fényes fekete autófelületek. Ennek okai a következők lehetnek: (i) Habár a matt szürke tesztfelület kisebb  $d$  polarizációfokú fényt vert vissza, mint a fényes fekete, és (ii) a matt fekete felület kevésbé poláros lombfényt vert vissza a fényesnél, a polarizációfok csökkenése nem volt elég nagy ahhoz, hogy ne legyen vonzó a polarotaktikus rovarok számára. (iii) A matt fekete tesztfelület nagyobb polarizációfokú nap- és égboltfényt vert vissza, mint a fényes fekete. A polarotaktikus vízirovarok vonzódásának egyik feltétele, hogy a visszaverődő fény  $d$  polarizációfoka nagyobb legyen a polarizációérzékelés fajspecifikus  $d^*$  küszöbénél [6]. Ennél fogva az autók fényezésének polarotaktikus rovarokra kifejtett vonzó hatása akkor áll fenn, ha az autó egyes felületrészeiről visszavert fény  $d$  polarizációfoka nem kisebb, mint  $d^*$ .

Meglepő volt azon eredményünk, hogy a matt szürke tesztfelület vonzó hatása a vizsgált polarotaktikus kérészekre jóval nagyobb volt, mint a matt és fényes fekete felületeké. Ennek egyik oka az lehet, hogy a fényes fekete felület  $d$  polarizációfokának  $\Delta d$  szórása 2–3-szor nagyobb volt, a matt fekete felület  $\Delta d$  szórása



8. ábra. A fényes fekete (ff), matt fekete (mf) és matt szürke (msz) vízszintes tesztfelületekre érintéssel, leszállással vagy levegőben körözéssel reagáló bögyök összegyedszáma a 2. terepkísérlet 10 alkalma során. A fényképen egy matt szürke tesztfelületre leszállt bögyö látható.

sa pedig 1,3–2,1-szer volt nagyobb, mint a matt szürkéé (5. ábra, 1. táblázat). A visszavert fény polarizációfokának kis  $\Delta d$  szórása alapvetően a nyugodt, sima felszínű víztestekre jellemző a fodrozódások hiánya miatt [2]. Ezzel szemben a zavaros, turbulens vizek hullámzó, fodrozódó felületére nagy  $\Delta d$  érték jellemző, mert a visszavert fény polarizációfoka nagyban függ a felszín normál vektorának irányától, ami térben és időben véletlenszerűen változik a vízfelszíni hullámzással. Mivel az 1. terepkísérletben vizsgált kérészfajok a nyugodt víztesteket részesítik előnyben [10], így a kis  $\Delta d$  szórású matt szürke tesztfelület egy nyugodt vízfelszín utánözva vonzóbb lehetett számukra, míg az 1,3–3-szor nagyobb  $\Delta d$  szórású két fekete tesztfelületet számukra kedvezőtlenebb, hullámzó vízfelszínként érzékelhették.

A kérészek matt szürke tesztfelülethez való erőteljesebb vonzódásának másik oka az lehetett, hogy a 90%-os szürkességű matt szürke felület 10%-kal világosabb volt a 100%-os szürkességű fekete tesztfelületeknél, miáltal a matt szürke a kérészek pozitív fototaxisa miatt vonzóbb lehetett. Azonban korábban kimutattuk, hogy a vizsgált kérészfajok (*Baetis rhodani*, *Epeorus sylvicola*, *Rhithrogena semicolorata*) a vízfelszín nem fototaxissal detektálják [5]: a fényes/matt, fehér/szürke/fekete vízszintes felületek iránti vonzalmuk a visszavert fény vízszintes polarizációjának következménye, amely polarotaxist nem fényintenzitás (világosság/sötétség) vezérl.

Az 1. táblázatban és az 5. ábrán látható, hogy a kísérleteinkben használt tesztfelületek polarizációs jellemzői gyakorlatilag függetlenek voltak a hullámhossztól a látható tartományban: adott tesztfelület  $d$  polarizációfoka adott megvilágítás mellett 5%-nál kisebb mértékben változott, ami minden ismert állat polarizációérzékelési küszöbe alatti érték.

A fekete autók polarotaktikus rovarok vonzását kiváltó nagy polarizációfokának fizikai okai a következők [2]: Egy dielektromos közeg fényes (sima) felülete két fénykomponenst ver vissza. Az első összetevő a levegő-közeg határáról visszavert fény, amely részlegesen lineárisan poláros, ahol a fő polarizációirány a felszínnel párhuzamos. A közegből jövő és a közeg-levegő határon megtört második komponens szintén részlegesen lineárisan poláros, ám a fő polarizációirány merőleges a felszínre. Ha az 1. vagy a 2. összetevő dominál, akkor az eredő visszavert fény polarizációfoka nagy, a polarizációirány pedig párhuzamos a felszínnel, illetve merőleges arra. Egy fényes (sima) fekete felület esetén az 1. komponens dominál, mert a 2. komponens erősen elnyeli a fekete közeg, így a visszavert fény polarizációfoka nagy lesz. Ha egy fekete felület érdes (matt), akkor mikroszkopikus skálán számtalan apró, elemi felületről áll, amelyek felszíne ugyan sima (fényes), ám véletlenszerű irányulással, miáltal minden lehetséges irányba, diffúzan veri vissza a fényt. Egy adott elemi felület a Brewster-szögben és környékén nagy polarizációfokkal veri vissza a fényt a fent említett 2. komponens elnyelése miatt, ám a felületről visszavert fény polarizációiránya összességében véletlenszerű lesz az elemi felületek véletlenszerű irányulása miatt. Ráadásul, a beeső fény egynél többször is visszaverődhet az elemi felületek erdejéről. Mindez azt eredményezi, hogy egy matt fekete felület által visszavert fény polarizációfoka kisebb, mint egy fényes fekete felületé.

Terepkísérleteinkben a különböző polarizációs tulajdonságú tesztfelületek által vonzott kérészeket, szúnyoglábu legyeket és bögölyöket számoltuk meg. Az 1. kísérletben a vizsgált kérészek nagyon rövid, néhány napos rajzási periódusa során 6 nap alatt 6 számolást hajtottunk végre. Ez  $6 \times 2 = 12$  óra megfigyelést jelentett, ami alatt minden egyes tesztfelületről 96 fénykép készült. A helyhatás kiküszöbölése érdekében a három tesztfelület sorrendjét minden egyes fénykép elkészítése után átrendeztük (egy kísérleti periódusban 24-szer, 5 percenként). A vizsgált kérészek csupán 1 napig élnek, így egy adott nap adott 2 órás kísérlete alatt egy kérész egynél többször is reagálhatott a tesztfelületekre. Ezért a kísérlet során előfordulhatott pszeudoreplikáció a tesztfelületek átrendezése ellenére is. A pszeudoreplikáció akkor lehetett volna elkerülhető, ha a tesztfelületeket ragaccsal vontuk volna be, ami végleg megfogta volna a rájuk szálló rovarokat, ám a matt felületet egy ragasztó csillogóvá tette volna, jelentősen megváltoztatva a reflexiós-polarizációs sajátosságait. Így nem alkalmaztunk ragadós anyagot, miáltal tehát az esetleges pszeudoreplikáció nem volt kiküszöbölhető. Másfelől viszont a vizsgált kérészek egy napos élete azt is jelenti, hogy a 6 kísérleti napon különböző egyedek reagáltak a tesztfelületekre, így összességében az 1. kísérletben a pszeudoreplikáció minimális lehetett. A szúnyoglábu legyek kifejlett egyedei egy napnál tovább élnek, így náluk a pszeudoreplikáció valószínűsége nagyobb lehetett, mint a kérészeknél. Mindamellét valószínű,

hogy a 6 kísérleti napon nem mindig ugyanazon szúnyoglábu legyek szálltak a tesztfelületekre. Hasonló megállapítást tehetünk a bögölyökre is a 2. kísérlet 20 napja alatt, amikor óránként került sor a három tesztfelület ciklikus átrendezésére. A kérészekkel, szúnyoglábu legyekkel és bögölyökkel végzett korábbi hasonló terepkísérleteink [4–6] tapasztalatai és eredményei alapján azt mondhatjuk, hogy az ismétlések száma, illetve az 1. és 2. kísérletünk időtartama elegendően nagy volt ahhoz, hogy statisztikusan szignifikáns különbségeket mutathassunk ki a polarotaktikus rovarok tesztfelületek iránti vonzódásában.

Jelen kutatásunkban a rovarfajok pontos meghatározása lényegtelen volt, mivel a megfigyelt vízirovarcsoportok csupán a tesztfelületek okozta poláros fényszennyezés indikátorainak szerepét töltötték be. Az egyetlen fontos szempont az volt, hogy terepkísérleteinkben a polarotaktikus rovarok reakcióit figyeljük meg a matt/fényes, fekete/szürke karrosszériaelemek optikai vonzó hatásának vizsgálatára érdekében. A kísérleteinkben tanulmányozott összes rovarfajról korábban már kimutattuk, hogy pozitív polarotaxissal rendelkeznek [2].

Minden évben egyre több és több autó rója az utakat. Ha ezek túlnyomórészt fényes és sötét felületűek, akkor erőteljes poláros fényszennyezést okoznak például a fekete vagy sötétszürke aszfaltutakhoz hasonlóan [1, 3, 5]. Cikkünkben bemutattuk, hogy ez a fajta fényszennyezés sajnos nem küszöbölhető ki a manapság a piacon elérhető matt fekete/szürke festékek vagy karbonbevonatok használatával. Az utóbbi időben a matt fényezés technológiája sokat fejlődött, egyrészt azért, hogy az autóknak szembetűnő, matt megjelenést biztosítson, másrészt pedig, hogy a karcok ellen védje a kényes fényezést. Leginkább akkor érné meg e technológiát továbbfejleszteni, ha nagyobb mértékben csökkentené a visszavert fény polarizációfokát, ezáltal csökkentve az autókarrosszériák poláros fényszennyezését. Ekkor a fekete autók mattsága egy környezetbarát divathóbort lehetne a veszélyeztetett polarotaktikus rovarpopulációk védelmét tekintve.

## Következtetés

Terepkísérleteink eredményeiből azt a következtetést vonhatjuk le, hogy az autókarrosszériák mattá tétele nem csökkenti a fekete autók poláros fényszennyezését. Az autók matt felületei bizonyos polarotaktikus rovarokat (például egyes kérészfajokat) még nagyobb számban is vonzhatják, mint a fényes fekete autók. Ezért a fényes fekete festés/bevonat mattrá cserélése környezetvédelmi szempontból egy kedvezőtlen divathóbortnak számít.

## Irodalom

10. Encalada A. C., Peckarsky B. L.: A comparative study of the cost of alternative mayfly oviposition behaviors. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 61 (2007) 1437–1448.

# ÚJFAJTA KRITIKUS VISELKEDÉS RITKAFÖLDFÉM-VEGYÜLETEKBEN

Hagymási Imre  
MTA Wigner FK Szilárdtestfizikai és Optikai Intézet,  
Erősen Korrelált Rendszerek „Lendület” kutatócsoport

Napjaink szilárdtest-fizikájának egyik, talán legtöbb nyílt kérdést tartalmazó területe az  $f$  elektronnal rendelkező rendszerek fizikája. Számos ritkaföldfém- vagy aktinoidavegyületben egzotikus kvantumfázisok megjelenésével találkozunk, amelyek megértése alapvető fontosságú, és még közel sem ismert. Ennek ellenére a terület fejlődése kevésbé látványos, mint a manapság nagy népszerűségnek örvendő graféné vagy nanofizikáé. Mindez arra vezethető vissza, hogy az utóbbi rendszerek esetén az egyrészcskés állapotokkal történő leírás a kísérletekkel jó egyezést ad, míg az  $f$  elektronok rendszerében – ilyenek tipikusan a cérium- vagy uránvegyületek – az elektronok közötti erős Coulomb-taszítás miatt túl kell lépni az egyrészcskés képen. Amikor az elektronok közötti Coulomb-kölcsönhatás erőssége összemérhetővé válik a sávzélességgel, erősen korrelált elektronrendszerekről beszélünk. Ezekben a rendszerekben nem alkalmazható a soktestproblémában jól bevált perturbációszámítás, hanem egyéb, nem-perturbatív módszerek alkalmazása válik szükségessé. Ilyenek például a variációs módszerek, a dinamikai átlagtérelmélet, vagy a sűrűségmátrixos renormálás csoport-algoritmus. Habár ezek a módszerek jól veszik figyelembe az elektronok közötti erős korrelációt, mindegyikük csak bizonyos dimenziókban (egy, két, illetve végtelen dimenzióban) ad jó eredményt, vagy működik hatékonyan. Az egyéb, három dimenziós rendszerekben rendkívül sikeres sűrűségfunkcionál-elmélet pedig nem tudja reprodukálni a korreláció által okozott finom effektusokat.

## Elméleti áttekintés

Az erősen korrelált elektronrendszerek iránti nagy érdeklődés a hatvanas években bontakozott ki a mágneses szennyezők szokatlan viselkedése alapján. A minimális modell, ami a vezetési elektronoknak egy mágneses szennyezőn történő szóródását írja le, a *Kondo-modell* [1]. *Kondo* mutatott rá arra, hogy nem elegendő Born-közelítésben tárgyalni a mágneses szennyezők problémakörét, hanem magasabb rendű folyamatokat is figyelembe kell venni. Kiderült, hogy magasabb rendben egyre divergensőbb járulékok jelennek meg, ami egyértelmű jele, hogy a perturbációszámítás nem alkalmazható a problémára. A modell

1964-es megszületésével egy időben *P. A. W. Anderson* javasolt egy másik modellt, az *Anderson-modell* [2], amelyben a szennyezőt egy fémbe helyezett lokalizált nívóval modellezzük, amelyre a vezetési elektronok föl-le ugorhatnak. A nívón lokális Coulomb-taszítás lép föl és emiatt lokalizált mágneses momentum alakulhat ki. Megmutatható, hogy a két modell bizonyos feltételek esetén ekvivalens egymással. Később, numerikus renormálás segítségével feltérképezték mindkét modell alacsony hőmérsékleti viselkedését, és kiderült, hogy a lokalizált mágneses momentumot a vezetési elektronok leárnyékolják, egy úgynevezett Kondo-felhő alakul ki, amellyel a szennyező szingulett állapotot képez [3]. Felvetődik a kérdés, hogy mi a helyzet akkor, ha több mágneses szennyezőt helyezünk a fémbe. Amíg a szennyezők közötti távolság jóval nagyobb, mint az árnyékolási hossz, addig elfeledkezhetünk a közöttük föllépő kölcsönhatásról, a Kondo- vagy Anderson-modell kielégítő leírását adja a rendszernek. Az ellenkező határeset az, amikor a szennyezők periodikusan, egymáshoz közel helyezkednek el, és a Kondo-felhők közötti nagy átfedés miatt erős csatolás jön létre a szennyezők között. Így jutunk az úgynevezett *periodikus Anderson-modell*-hez. A szennyezők között fellépő, a vezetési elektronok által közvetített kölcsönhatást, a mechanizmus kidolgozói után (*Ruderman, Kittel, Kasuya, Yosida*), RKKY-kölcsönhatásnak nevezzük. Ilyen periodikus elrendezéssel találkozunk egyes ritkaföldfém-vegyületekben, ahol periodikus rendben helyezkednek el az atomi kompaktságukat megőrző  $f$  nívók, amelyek elektronjai keveredni tudnak a széles vezetési sáv elektronjaival. Az RKKY-kölcsönhatásnak köszönhetően számos ritkaföldfém-vegyületben alacsony hőmérsékleten mágnesesen rendezett alapállapotot találunk. Az említett két határeset között található az úgynevezett spinüvegállapotban lévő rendszerek, amelyekben a szennyezők egymástól viszonylag távol helyezkednek el, de az RKKY-kölcsönhatás már nem hanyagolható el, ugyanakkor nem elég erős ahhoz, hogy mágnesesen rendezett állapot alakuljon ki.

Gyakran találkozunk egyes ritkaföldfém-ionoknak különböző vegyértékeivel, ilyen például az  $\text{Eu}$ , amely  $\text{Eu}^{2+}$  és  $\text{Eu}^{3+}$  állapotaiban fordul elő. Ennek oka az, hogy az ion két vegyértékállapota között nagyon kis energiakülönbség van, és a hőmérsékleti fluktuációk következtében egyik vagy másik vegyértékállapota valósul meg. Úgy is fogalmazhatunk, hogy ezekben az anyagokban az  $f$  nívó a Fermi-energia közelében helyezkedik el, így a rajta lévő elektronok száma folyamatosan fluktuál, és átlagosan nem egész számú elektron helyezkedik el rajta. Ezt nevezzük nem egész vegyértékű, vagy vegyes valenciájú viselkedésnek.

Köszönöm *Sólyom Jenő* hasznos megjegyzéseit a kéziratral kapcsolatban. A kutatás a TÁMOP-4.2.4.A/2-11/1-2012-0001 Nemzeti Kiválóság Program című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg. A publikáció megjelenését az OTKA K100908 kutatási szerződés is támogatta.

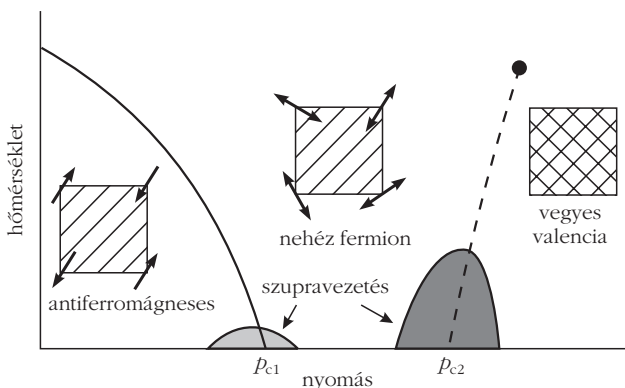


A másik érdekes – és fizikailag meg is valósuló – eset az, amikor az  $f$  nívó mélyen a Fermi-energia alatt helyezkedik el, így egy elektron biztosan a nívóra ugrik, de a nagy Coulomb-taszítás miatt elhanyagolható annak valószínűsége, hogy két elektron legyen rajta. Részletes numerikus és analitikus számolások szerint az  $f$  elektronok sávja a kölcsönhatás következtében igen lapossá válik, ezáltal az  $f$  elektronok nagy effektív tömegre tesznek szert. Ez a növekedés akár százszorosa, de ezerszerese is lehet a szabadelektron-tömegnek. Az itt vázolt kép ad magyarázatot a ritkaföldfém-vegyületekben mért alacsony hőmérsékleti fahő anomális viselkedésére. Alacsony hőmérsékleten az elektronoktól származó fahő a hőmérséklet lineáris függvénye, és az arányossági tényező, amit Sommerfeld-együtthatónak is neveznek, arányos az effektív tömeggel. A kísérleti eredmények szerint a Sommerfeld-együttható akár három nagyságrenddel nagyobb lehet egyes Ce- vagy U-vegyületekben, mint a szokásos fémekben mért érték. Ezt a növekedést csak az elektronok közötti Coulomb-kölcsönhatással lehet magyarázni, mivel az esetleges többi effektus – mint például az elektron-fonon kölcsönhatás – csak jóval kisebb növekedést eredményez az effektív tömegben.

## A $\text{CeCu}_2(\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x)_2$ vegyület kritikus viselkedése

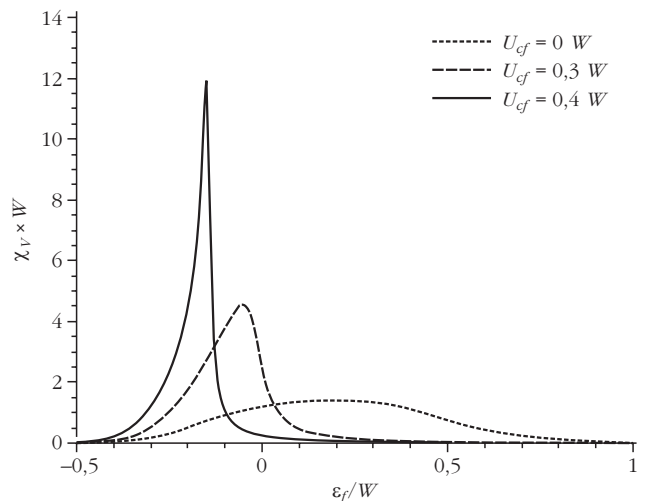
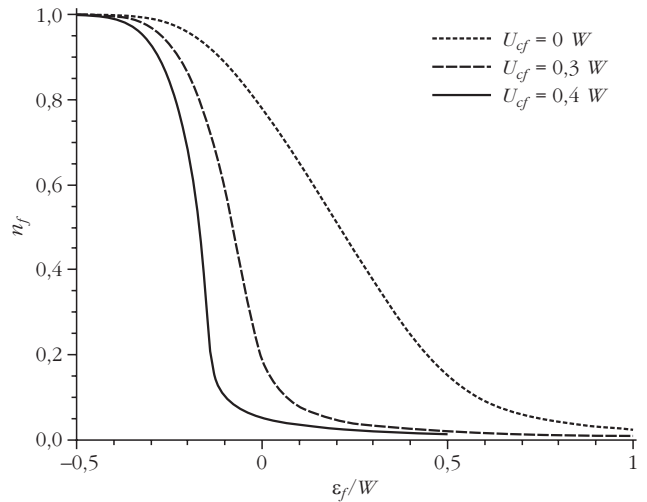
Számos esetben – mint említettük – mágnesezen rendezett alapállapotot találunk ritkaföldfém-vegyületekben. Igen meglepő volt, amikor azt találták, hogy a nyomás növelésének hatására az antiferromágneses fázis eltűnik és az anyag szupravezetővé válik. Sokáig nem volt világos, hogy miként valósulhat meg szupravezetés az antiferromágneses tartomány határán. Kiderült, hogy a szupravezetésért felelős Cooper-párok létrejöttében az antiferromágneses spinfluktuációk játszanak döntő szerepet [4], ellentétben a szokásos fémekben ismert – fononok által közvetített – mechanizmussal. A kilencvenes évek végén újabb meglepő eredményt találtak a  $\text{CeCu}_2(\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x)_2$  anyag fázisdiagramján (1. ábra) [5]. A nyomás tovább-

1. ábra. A  $\text{CeCu}_2(\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x)_2$  sematikus fázisdiagramja [5]. A  $p_{c1}$  az antiferromágneses kvantumos kritikus pont értékét, míg  $p_{c2}$  a kritikus valenciafluktuációk miatt megjelenő kvantumos kritikus pont jelzi.



bi növelésével egy újabb szupravezető fázisra bukkantak a nehéz fermionos (paramágneses) és vegyes valenciájú tartományok határán. Mivel ez a fázis igen messze helyezkedik el az antiferromágneses fázis határától, ezért a szupravezetés megjelenését szükségszerűen más mechanizmusnak kell okoznia. Jelenleg ez még mindig aktív kutatás tárgya. A mérések szerint a kritikus pont környékén, amely a nehéz fermionos és vegyes valenciájú tartományokat választja el, igen élesen, ugrásszerűen változik a Ce-ion vegyértéke [6]. Ezen oknál fogva természetesen adódik a kérdés, hogy találunk-e ilyen éles ugrást valamilyen paramétertartományban a periodikus Anderson-modellben. A részletes elméleti vizsgálatok alapján nincs ilyen tartomány, ezért szükséges a modell kibővítése további kölcsönhatások figyelembe vételével. Miyake javaslata az volt [7], hogy a vezetési és az  $f$  elektronok közötti kölcsönhatás ( $U_{cf}$ ) bekapcsolása már okozhatja a vegyérték éles ugrását. Ezt különböző módszerekkel vizsgálták és azt találták, hogy a kölcsönhatás egy kritikus értékénél megjelenik a vegyérték kritikus fluktuációja, és e fölött értéke

2. ábra. Az  $f$  nívó betöltöttsége (felül) és a valencia-szuszeptibilitás (alul) az  $f$  nívó energiájának függvényében,  $U_{cf}/W = 3$  és  $V/W = 0,1$  paraméterek esetén. A vezetési elektronok sávjának szélességét  $W$  jelöli.



ugrásszerűen változik. A kvantum kritikus pont környékén fellépő vegyérték-fluktuációk okozhatják a szupravezetés megjelenését. Hosszú, itt nem részletezhető számolások szerint az  $f$  nívó betöltöttsége ( $n_f$ ), egyre élesebben változik az  $f$  nívó energiájának ( $\epsilon_f$ ) függvényében  $U_{cf}$  növelésével. Megmutatható [8], hogy a valencia-szuszeptibilitás,

$$\chi_V = -\frac{dn_f}{d\epsilon_f},$$

divergál a kritikus pontban. Ezt a tendenciát szemlélteti 2. ábra, ahol  $U_f$  az  $f$  elektronok közötti Coulomb-kölcsönhatás erősségét, míg  $V$  a vezetési és az  $f$  elektronok keveredését jellemző rögzített paraméterek. Annak az eldöntéséhez, hogy valóban az említett mechanizmus okozza a szupravezető fázis megjelenését, az  $f$  nívó betöltöttségét kellene mérni az  $f$  nívó energiájának függvényében. Az  $f$  nívó betöltöttsége röntgen-fotoelektron spektroszkópiával mérhető mennyiség, az  $f$  nívó energiáját pedig a nyomás növelésével lehet változtatni. Habár ez kísérletileg közvetlenül mérhető mennyiség, azonban a mérési hibák nagysága miatt nem lehet egyértelműen megállapítani, hogy bekövetkezik-e vegyértékugrás. Ezért célszerű olyan mennyiségek kísérleti vizsgálata, amelyek pontosabban mérhetőek, és kapcsolatba hozhatóak a valencia-szuszeptibilitással. Az alábbiakban látni fogjuk, hogy az ellenállás ilyen mennyiség. A szóban forgó anyagokban az ellenállás hőmérséklet-függését alacsony hőmérsékleten az elektron-elektron szórás szabja meg, és ez a következőképpen írható:

$$\rho = \rho_0 + A T^2,$$

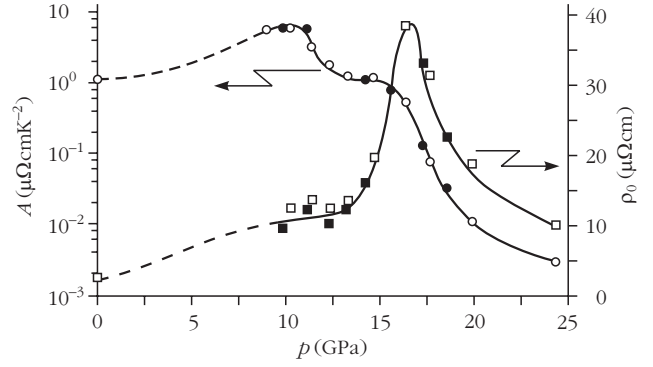
ahol  $\rho_0$  a *maradék-ellenállás*, és az  $A$  arányossági tényező az  $m^*$  effektív tömeg négyzetével arányos:

$$A \sim (m^*)^2. \quad (1)$$

Megmutatható [9], hogy a maradék-ellenállás a következő módon függ a valencia-szuszeptibilitástól:

$$\rho_0 \sim \ln \left| -\frac{dn_f}{d\epsilon_f} \right|.$$

A 2. ábrán látható viselkedés alapján azt várjuk, hogy a kritikus pontban  $\rho_0$  szintén divergál. A mérési eredményeket a 3. ábra mutatja. Jól látható, hogy egy éles csúcs jelenik meg a maradék-ellenállásban és a csúcs környékén  $A$  értéke több nagyságrenddel csökken. A csúcs megjelenése a valencia-szuszeptibilitásban megjelenő éles csúccsal magyarázható. Érdekes hangsúlyozni, hogy ilyen anomális viselkedést csak  $U_{cf}$  jelenlétében kapunk. Hasonló módon az  $A$  tényező viselkedése is megérthető. Belátható [11], hogy az effektív tömeg elektronok közötti kölcsönhatásból származó növekedése szoros kapcsolatban áll az  $f$  nívó betöltöttségével:



3. ábra. A maradék-ellenállás és az  $A$  tényező nyomásfüggése a  $\text{CeCu}_2\text{Ge}_2$  vegyületben [10].

$$\frac{m^*}{m_{\text{band}}} \approx \frac{1 - n_f/2}{1 - n_f}, \quad (2)$$

ahol  $m_{\text{band}}$  a kölcsönhatás nélküli effektív tömeg. (1) és (2) összefüggések alapján könnyen látható, hogy amennyiben az  $f$  nívó betöltöttsége gyorsan lecsökken az  $n_f \approx 1$  értékről, úgy az  $A$  tényezőben is gyors csökkenést várunk. A 2. ábrán látható  $n_f$ - $\epsilon_f$  függést nézve, ismét csak  $U_{cf}$  figyelembe vételével magyarázható ez a gyors csökkenés, enélkül csak jóval lassabb csökkenés jelenne meg az  $f$  nívó betöltöttségében.

◆

Összefoglalva azt mondhatjuk, hogy a vezetési és  $f$  elektronok közötti kölcsönhatás várhatóan fontos szerepet játszik a  $\text{CeCu}_2(\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x)_2$  vegyületben, és ez egy újfajta kritikus viselkedés megjelenését okozza. Ezt a tagot is figyelembe véve a periodikus Anderson-modellben már értelmezni lehet a vegyérték éles változását és számos egyéb kísérleti eredményt. Ezen túlmenően számos egyéb mennyiség kritikus exponensére hibahatáron belüli értéket jósol, mint például a mágneses szuszeptibilitás vagy a Sommerfeld-együttható esetén [12]. Fontos hangsúlyozni azonban, hogy a kapott eredmények a végtelen dimenziós modellre vonatkoznak, míg a valódi szilárd testek háromdimenziósak, amelyeket jelenlegi módszereinkkel nem tudunk pontosan kezelni. Tudjuk, hogy valódi háromdimenziós rendszerekben a kvantumfluktuációk nem hanyagolhatók el, így kellő óvatossággal kell kezelni a végtelen dimenziós eredményeket.

## Irodalom

1. J. Kondo, *Prog. Theor. Phys.* 32 (1964) 37.
2. P. W. Anderson, *Phys. Rev.* 124 41 (1961).
3. H. R. Krishna-murthy, J. W. Wilkins, K. G. Wilson, *Phys. Rev. B* 21 (1980) 1003.
4. K. Miyake, S. Schmitt-Rink, C. M. Varma, *Phys. Rev. B* 34 (1986) 6554; D. J. Scalapino, E. Loh, Jr., J. E. Hirsch, *Phys. Rev. B* 34 (1986) 8190; P. Monthoux, G. G. Lonzarich, *Phys. Rev. B* 59 (1999) 14598.
5. H. Q. Yuan, et al., *Science* 302 (2003) 2104.
6. J.-P. Rueff, et al., *Phys. Rev. Lett.* 106 (2011) 186405.
7. K. Miyake, *J. Phys.: Condens. Matter* 19 (2007) 125201.
8. I. Hagymási, K. Itai, J. Sólyom, *Phys. Rev. B* 87 (2013) 125146.
9. K. Miyake, H. Maebashi, *J. Phys. Soc. Jpn.* 71 (2002) 1007.
10. D. Jaccard, et al., *Physica B* 259–261 (1999) 1.
11. T. M. Rice, K. Ueda, *Phys. Rev. B* 34 (1986) 6420.
12. K. Miyake, S. Watanabe, *J. Phys. Soc. Jpn.* 83 (2014) 061006.

# A' MENNYKÖNEK MIVOLTÁRÓL 'S ELTÁVOZTATÁSÁRÓL VALÓ BÖLTSELKEDÉS

Wirth Lajos  
Jászberény

*Kerekgedei Makó Pált* mind a kortárs irodalom, mind a mai tudománytörténet a 18. század egyik legjelentősebb magyar természettudósának tartja, annak ellenére, hogy az ő nevéhez nem fűződnek olyan önálló tudományos eredmények, mint kortársai közül *Segner János Andráséhoz*, *Hell Miksáéhoz* vagy *Born Ignácéhoz*. Az egyetemek és akadémiák filozófiai fakultásai számára írt, és számos kiadást megért logikai, metafizikai, fizikai és matematikai kompendiumai, valamint az infinitezimál-számítás elemeit és az algebrai egyenletek aritmetikai és grafikus megoldását taglaló tanulmányai méltán emelik a felsoroltakkal egy sorba.

A tankönyvek mellett négy fizikai disszertáció is fűződik Makó Pál nevéhez, amelyeket 1781-ben Budán egy gyűjteményes kötetben is megjelentetett. Makó disszertációi összefoglaló dolgozatok, amelyek széles irodalmi háttérre alapozva olyan kérdésköröket taglálnak, amelyek az adott korban az érdeklődés homlokterében álltak. A Hold légkörét, illetve annak hiányát tárgyaló tanulmánya (*De Atmosphaera Lunae*) csak az említett gyűjteményes kiadásban szerepel. Időben elsőként a Föld alakjával foglalkozó disz-

szertációja (*De Figura Telluris*. Olomucii, 1767) [1] jelent meg, amelynek aktualitását az adta, hogy az idő tájt a Föld több pontján folytak mérések a délkör egy fokához tartozó ívhossz meghatározására. Például *Boscovich* és *Maire* (1753) a pápai állam területén, *Beccaria* Piemontban (1763) végzett méréseket, míg *Liesegang* Ausztriában, Stájerországban, Morvaországban és Magyarországon folytatta vizsgálatait.

Makó Pál két dolgozatot is szentelt a kortárs tudósokat és az érdeklődő laikusokat egyaránt foglalkoztató elektromos jelenségek ismertetésének és magyarázatának. Az elsőben, amely *Révai Miklós* fordításában magyarul is megjelent *A' mennykönek mivoltáról, 's eltávoztatásáról való böltselkedés* (1781) [2] címmel, a dörzselektromos valamint a légköri elektromos jelenségek természetének azonosságát mutatja ki, továbbá a villámhárítók készítésének és alkalmazásának szabályait ismerteti meg az olvasókkal, számos nevezetes villámcsapás esetleírásával fűszerezve. A második dolgozat először németül jelent meg *Abhandlung vom Nordlichte* [3] címmel, és a sarki fény természetével foglalkozik. A három részre tagolt értekezés első részében nagy szá-

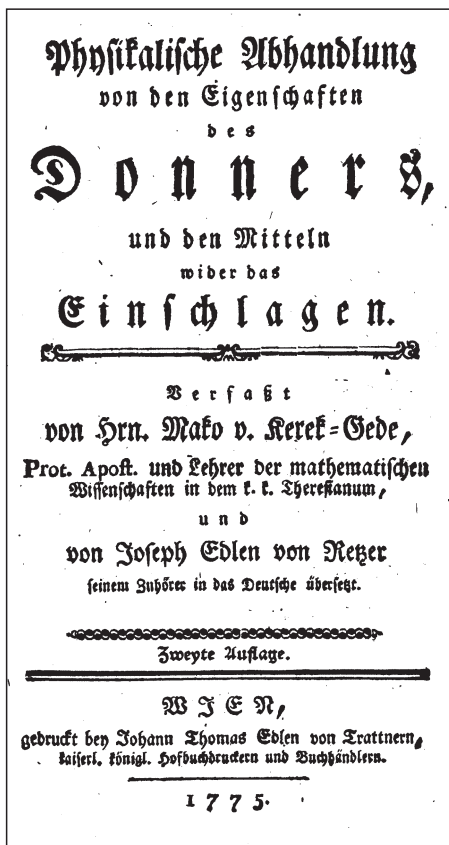
mú észlelési adat alapján részletes számításokkal azt vizsgálja, hogy a megfigyelt fényjelenségek a Földtől milyen magasságban következtek be. Számításai szerint a sarki fényt 28 és 218 mérföld (nagy többségükben 80 és 120 mérföld) közötti magasságban észlelték, ami 213, illetve 1657 km (610 és 912 km) magasságnak felel meg. A dolgozat második részében azt foglalja össze, hogy a megfigyelések szerint a sarki fény milyen egyéb természeti jelenségekkel van kapcsolatban. Kiemeli, hogy sarki fény feltűnése idején az iránytű akár több fokkal is eltérhet az eredeti irányától. A jelenség természetét ugyan nem tudja megadni, de úgy véli, hogy valamilyen elektromos effektusról lehet szó. A disszertáció harmadik részében Makó áttekintést ad arról, hogy korának természettudósai hogyan vélekedtek a sarki fényről.

A jelen írásban Makó Pál legnépszerűbb művét, az eredetileg *Dissertatio physica de natura et remediis fulminum*

A *Dissertatio physica de natura et remediis fulminum* német nyelven *Physikalische Abhandlung von den Eigenschaften des Donners, und den Mitteln wider das Einschlagen* címen megjelent második kiadása (Bécs, 1775).



*Neque concursum Caeli neque fulminis iram  
Nec metuunt ullas tuta --- ruinas. Ovid. Met. 5.*





címmel latinul írt munkát szeretném bemutatni, amely műfaját tekintve közbülső helyet foglal el a nivós ismeretterjesztő mű és a tudományos dolgozat között. Sikerehez nagyban hozzájárult, hogy *Joseph von Retzer*; Makó tanítványa még a kéziratból lefordította németre, és ez a német fordítás előbb jelent meg (1772) [4], mint a latin eredeti (1773). Az első kiadásokat három éven belül újabbak követték mindkét nyelven, ami abban a korban is páratlan sikernek számított.

A bemutatás formáján gondolkodva egy pillanatig sem volt kétséges a számomra, hogy ha a *Böhltselkedés* tartalmáról, színvonaláról, korszerűségéről viszonylag röviden szeretnék hiteles és meggyőző képet adni, akkor a szerzőt magát kellene valahogy szóra bírni. Eszembe jutott, hogy több mint ötven éve Rényi Alfrédnek ennél sokkal nagyobb feladatot is sikerült megoldania, amikor néhány fiktív levéllel, egy rövidke könyvben olyan hihetően és szuggesztíven rajzolta meg a valószínűség-számítás megszületését, hogy az olvasónak az volt a meggyőződése: ez csak így történhetett. Az én helyzetem lényegesen könnyebb volt, mert a hiteles forrás létezik, de sokkal kisebb a rendelkezésre álló terjedelem.

Makó Pál korában szokás volt, hogy a professzorok tömör tételek és vizsgakérdések (*materia tentaminis*) formájában összefoglalták előadásaik anyagát a vizsgázók számára. Így jutottam arra a gondolatra, hogy hátha ez lesz a megfelelő forma: egy fiktív tézisgyűjtemény, annyi különbséggel, hogy a kérdések nem a szokásnak megfelelően a tételek után, hanem egyenként, azokat megelőzve szerepelnek. Emellett még egy engedményt kellett tenni, a könnyebb olvashatóság érdekében a szöveget a mai nyelvhasználathoz és helyesíráshoz kellett közelíteni.

## Makó Pál: Tételek a mennykőnek mivoltáról és eltávoztatásáról

„Franklin, a’ természetnek ama’ nevezetes vizsgálója volt az első, ki Amerikában 1751 esztendőben ama’ jeles megfejtését tette a’ párázatkörnyékben lévő folyadékknak, és Európába átszolgáltatta. Delibard tett azután először Frantziaországban hasonlatos próbát, és ugyan olly szerentsés is volt, hogy egy 40 nyomnyi magasságú hegyes vas póznából, melyet a’ szabad levegőbe felállított, és gyánta által egyéb közellévő testeknek közlésektől szorgalmatosan elfogott, égi háború támadáskor tűzfullánkokat látott kiugrani, a’ mit az ember külömben mesterséggel gyántáztatott bádogg tsévén szokott tapasztalni. Ennek a’ különös találmánynak helybeállítására reá vetették magokat Delor, Nollet, Monnier, Buffon, és más többek, és úgy szólván mintegy vetekeve: maga a Király is megbecsülte jelenlétével azoknak híres próbájokat, és tsodálta az olly ritka, és a’ mesterséges gyántáztatall mindenben egyező láttatokat. Ezeket követték Kanton Londonban, Garde Florentziában, Rikman Pétervárat, Moszkaországban, Vinkler Lipsziában, Bosze Vittembergában, Bekkária Turinban, Milius és Ludolf Berolinban.

A felhőkblől olly bőséggel meggyűjtötték a’ gyántás tűzfullánkokat, hogy póznájoknak a’ hegyén mind azokat a munkálódásokat tapasztalták, a’ mellyek külömben a’ gyántás szerszámok által szoktak előadatni, azaz a’ lángot, a’ tsengetyűknek hangzásokat, a’ rugást, a’ palatzk megtelést, az égettbor’ meggyulladását, ’s a’ többbit.”

### 1., *Mi okozza a testek elektromos állapotát?*

Ha jól megvizsgáljuk az elektromosság hatásait, amelytől a villám is ered, tapasztaljuk, hogy az bizonyos folyadéktól származik, amely „igen vékony”, és mozgatas által folyik ki a testekből. Azt, hogy minden elektromosan töltött test ilyen folyadékot tartalmaz, érzékszerveink bizonyítják: látjuk sötétben a szikrát, halljuk a lángpattanást, kénköves gőz szagát érezzük, és a feltöltött testek érintésekor ütést érzünk.

### 2., *Miként viselkednek a testek az elektromos folyadékkal szemben?*

Vannak olyan testek, amelyek felületén és belsején is könnyen áthatol az elektromos folyadék: ilyenek az ércek, a zsírtalan nedvességek, a növények, az állatok stb. Más testeken minden látható jel nélkül nyugszik ez a folyadék, akkor is, ha sok gyűlik össze bennük: ilyen az üveg, a porcelán, a kénkö, a viasz, a szurok és a gyanta.

### 3., *Hasonlítsuk össze az elektromos folyadékot és a közönséges tüzet!*

A tapasztalat azt mutatja, hogy az elektromos folyadék nem hatol át sem az üvegen, sem egyéb szigetelőn, sem a levegőn. Az üveget akkor sem melegíti fel és akkor sem világít, ha az nagy mennyiségben tartalmazza. „A levegőtől kiürült helyen” is látható módon világít, ahol a közönséges tűz el szokott aludni. A tűzzel melegített testekbe is befolyik, és ott összegyűlik. Mindkettő képes megoldvasztani az érceket, meggyűjtja az égett bort, a folyadékokat kiterjeszti és elpárologtatja.

### 4., *Hogyan változtatható meg a testekben levő elektromos folyadék mennyisége?*

Ez kiváltképpen a szigetelőknben háromféleképpen történhet. Először erős, többszöri ütögetéssel: tapasztal-

Franklin 1752. júniusi kísérlete, amellyel igazolta a villám és az elektromosság azonosságát. Ez vezetett a villámhárító kifejlesztéséhez.



talható, hogy az üvegcserepek a szalmapolyvát magukhoz vonzzák. Másodsor gyenge melegítéssel: ez okozza a turmalin, egyéb drágakövek és az olvasztott kénkő elektromosságát. Végére a legközönségesebb mód a szigetelőknél a vezetőknél való dörzsölése. A vezetőknél bekövetkezik ez a változás akkor is, ha más, előzetesen feltöltött testhez közelítjük őket. Az elektromos kísérleteknél jól kell vigyázni, hogy a földdel vagy más vezetővel való érintkezést megakadályozzuk. Ez üveg, viasz, selyem és más szigetelő segítségével oldható meg.

#### 5., *Hogyan mutatható ki a légköri elektromosság?*

Állítsunk fel szurokkal az épület legmagasabb részére mintegy 12 láb magasságú, felül hegyes vaspóznát. Kössünk rá keresztben egy rövidebb vaspálcát, annak a végéből eresszünk le egészen a szobába egy láncot, amelyet minden más testtől selyemfonallal szigeteljünk el. A láncra függesztünk egy öngolyóbist, amelynek az átmérője két hüvelyk legyen, tőle három hüvelyknyire akasszunk fel egy vaspálcára egy csengettyút, közük pedig kössünk selyemfonallal egy borsnyi ércgolyócskát. A pózna elektromos állapotát a csengettyűszó fogja jelezni.

#### 6., *Miből állapítható meg, hogy a levegő töltése pozitív-e vagy negatív?*

Ha egy hegyes végű láncot erősítünk a vaspóznához, akkor, ha a pózna pozitív töltésű, a lánc végén fényes fűrt látható, olyan mint egy fénylő ecset. Máskor ez elmarad, de ha ujjunkkal a lánchoz érünk, abból erős szikra pattan ki, ami a negatív töltés jele. Egy vaspálcával közelítve a póznához még biztosabbá tehető a tapasztalat. Ha a láncon tüzes fűrtöt látunk, a pálcá hegyéből, amellyel a vaspóznát megérintjük, csillagocská pattan ki, ha pedig a láncon tűnik fel a csillagocská (ami a negatív töltés jele), a pálcá odaközeltett hegyéből fűrt fog kipattanni. Lichtenberg gyantával különböző vastagon bevont bádogtányérokat vett, és azokat behintette igen finom burgundi szurokporral, tiszta kénkövel, gyantával, sárkányvérrel (cinóber), nádmézzel, likopódiummal. Ha ezekre elektromos szikrát ütött, a keletkezett nyomokból megállapíthatta, hogy pozitív vagy negatív töltéstől származtak-e.

#### 7., *Hogyan hat az elektromosság a vízre? (Beccaria kísérlete)*

Vaspálcára kössünk egy láncot és a lánc végére tegyünk egy jó nagy vízcseppet! Tegyük alá egy vízzel telt bádogedényt úgy, hogy a csepp egy hüvelyknyire legyen a víz felszíne felett! Töltsük fel a láncot elektromossággal! A vízcsepp megnyúlik, mint egy kis oszlop és az edényben levő víz is felpúposodik. Ha tűt közelítünk a lánchoz, vagy megérintjük, az oszlopocskák megrövidülnek, majd visszanyerik eredeti cseppalakjukat.

#### 8., *Mi történik akkor, ha szigetelő vagy gyűlékony anyagot, vagy vékony fémet ér az elektromos szikra?*

Ha jól feltöltött leideni palack kampójára egy vízzel vagy kénesóval megtöltött kis, vékony üveget akasz-

tunk, és egy olyan fém pálcával, amely a palack külsejével érintkezik, a kis üveghez közelítünk, az elektromos szikra összetöri az üveget.

Tekerjünk puskaport papírhengerbe, szűrjünk a két végébe egy-egy vasdrótot, és süssük ki rá az elektromos palackot! A puska por lángra lobban. Ha üvegcsőbe tesszük a port, akkor az többnyire középpont gyullad meg, és az üveg széttörik. Vékony dróttal mindig sikerül a kísérlet, de ha vastag pálcát használunk, az fel sem melegszik.

Két üvegtábla közé helyezzünk egy aranylevelet, majd a táblákat jól összeszorítva süssük ki rá egy elektromos palackot! Az arany nem csak elolvad, hanem mésszé is válik, és az üveget bársonypiros folttal jelöli, amelyeket azután semmiféle választóvízzel ki nem lehet venni.

#### 9., *Hogyan bizonyíthatjuk, hogy a villámcsapás képes a vastárgyakat mágnessé tenni?*

Tegyünk egy vékony tűt észak-déli irányba, és süssük ki rá néhány elektromos palackot, majd tegyük vigyázva, hogy el ne süllyedjen, víz felszínére! Be fog állni észak-déli irányba, mégpedig úgy, hogy az a vége, amelyet a szikra ért, szüntelen délre néz. Ha másodszori kisütésekkel a másik végét üttetjük meg, akkor az a vége fog déli irányba nézni.

(„Én e végre egy húzásnyi vastag dróttal szoktam élni, és mindig azt tapasztalom, hogy attól a résztől, amelyet a szikra ért, az iránytű déli sarka elfordul” – írja Makó.)

#### 10., *Miképpen vélekedhetünk arról, amit a Lányiban történt híres esetről mondanak, mármint, hogy a villám a szent Bibliából vett szöveget nem éri?*

Tegyünk két nem túl hosszú szót, amelyek közül az egyik piros, a másik fekete betűkkel legyen írva! Tegyük egy vékony, fehér, tiszta gyolcsra, és tegyük két réztábla közé, amelyeknek a széle a szavak széleivel egybeesik. A réztáblákat szorítsuk két üveg vagy fatábla közé, és süssük ki rá többször az elektromos palackot. A fekete betűk rá lesznek nyomva a gyolcsra, a vörösek pedig nem, vagy csak nagyon halványan. A különbség oka abban van, hogy a könyvnyomtatók fekete festéke olajból, terpentintől és koromból áll, míg a vörös miniumból, ami mésszé lett érc.

#### 11., *Miként bizonyítható, hogy az elektromosság átfolyik az útjába eső fémeken?*

Tegyünk két kis láncot, az egyiket csatlakoztassuk az elektromos palack külső, a másikat a belső fegyverzetéhez! Egy csészébe tegyünk vizet, ennek a felszínére tegyünk egy ezüstlevelet, amelynek a széle az egyik lánchoz ér, a másik lánc végét helyezzük a csésze szemközti szélére! Ha a palack megtelik elektromossággal, a két láncvég között az ezüstlevélen át megy végbe a kisülés, és közben a levél megolvad.

Egy száraz üvegpalack szájára tegyünk egy három hüvelyk átmérőjű öngolyót, és függesztünk fölé egy borsnyi golyócskát úgy, hogy éppen érintkezzenek!

Ha a nagy golyót feltöltjük elektromossággal, az a kis golyót néhány hüvelyknyire eltaszítja magától. Közelítsünk egy vas árral fél lábnyira a nagy golyóhoz, az elveszíti a töltést, és az eltaszított golyócska ismét visszaesik. Ha tompa fémtárggyal próbálkozunk, akkor azt igen közel kell a golyóhoz tenni, hogy ugyanazt a hatást elérjük. Ha valakinek kétségei volnának, hogy valóban elszívja a golyó töltését az ár hegye, az vegye ki a fanyélból, szűrje bele tiszta viaszba, majd így közelítse az óngolyóhoz! Barmennyire közelíti is az ár hegyét a golyóhoz, az megőrzi elektromos állapotát. Am, ha az ember ujjával megérinti az árat, a golyócska azonnal visszaesik az eredeti helyére.

Ha ugyanerre az óngolyóra egy tűt erősítünk, vagy homokkal beszórjuk, akkor sohasem sikerül olyan mértékben feltölteni, hogy a kis golyót eltaszítsa magától, mert a tű hegyén, vagy a homokszemcsék élein elveszíti a töltését.

Készítsünk sárgarézből egy hajlott pálcát, az egyik vége legyen hegyes, a másik végződjön gömbben! Közelítsük a gömböt az elektromos palack kampójához, a hegyét pedig csak messziről a palack külsejéhez! Lassanként, kisülés nélkül kiürül a palack, és a csúcson tűzfürtöt látunk. Ha pedig a pálca mindkét vége gömbben végződik, mindkét végét egészen közel kell tenni az elektromos palack nyakához, hogy kisülést tapasztaljunk, ami nagy csattanással fog járni.

12., *Miképpen mutatható be, hogy a mennykő azon az úton jár, „melyben legkevesebb az ellenerőlködés”?*

Tegyük egy vastányérra viaszgolyócskákat úgy, hogy a középpontjaikat összekötő szakaszok különböző sokszögeket alkossanak, de a golyócskák olyan távol legyenek egymástól, amelyet az elektromos hatás könnyen legyőz. Tartsuk kézben a tányért, és közelítsük az első golyóhoz az elektromos láncot, az utolsót pedig érintsük meg az ujjunkkal. A golyócskákból kipattanó lángok jól mutatják „a mennykőnek tsavargó szaladását”. Ugyanezt szépen elő lehet adni úgy is, hogy valami cifra üvegtáblára olyan hajlásokkal és csavarásokkal aranyleveleket ragasztunk, amilyen úton a mennykővet szoktuk látni villámlani. Süssük ki a palackot az aranylevelekre, a szikra követni fogja az arany görbe útját, nem szalad egyik szegletből a másikba. Ugyanez mutatható be egy olyan láncocskával, amelynek a karikái váltakozva szaruból és vasból vannak, és különböző alakúra hajtogatjuk, majd kisütjük rá az elektromos palackot.

13., *Milyen próbatételek tanúsítják, hogy a hegyes tárgyak sokkal könnyebben magukba szívják, vagy kibocsátják magukból az elektromos folyadékot, mint a tompák?*

Függesztünk fel az elektromos lánctól mintegy két láb távolságra egy óngolyót. A láncra erősítünk egy tűt úgy, hogy a hegye a golyó középpontja felé mutasson! A tűből látható távolságra kicsapó tűzfürt úgy megtölti a golyót, hogy abból szikrát kelthetünk. Ha ugyanahhoz a golyóhoz kézben tartva közelítjük elé

messziről a tűt, annak a hegyén csillag látszik és a golyó lassan elveszíti a töltését.

Ha egy óngolyóbis két tű hegye között függ, amelyek közül az egyik a láncból áll ki, a másik a földből, és a golyó meg a tűk végei között egy-egy hüvelykujnyi a távolság, az egyikén fürtöt lát az ember, a másikon csillagot, a golyó közepe pedig a töltés semmilyen jelét nem mutatja.

14., *Hogyan magyarázta próbatétellel Franklin, hogy a hegyes tárgyak elszívják a felbőkből az elektromos folyadékot?*

Sodrott selyemzsinórra felfüggesztett egy fontolót. A fontoló rúd hosszabb volt két lábnál, a réz mérlegtányérok, amelyek selyemzsinóron lógtak, egy lábnyira voltak a földtől. Az elengedett mérleg szabadon körbeforgott a zsinóron. Az egyik tányért feltöltötte elektromossággal, a földbe pedig leszárt egy tűt, amelynek gömb volt a végén, és amely fölött a tányérok forgás közben szükségképpen elhaladtak. Valahányszor a feltöltött serpenyő a tű fölé ért, mindannyiszor lebillent, és amikor kellően megközelítette, szikra pattant a tű és a serpenyő között. Azután egy vascsúcsot tett a tűre, amelynek a hegye a serpenyő felé irányult. Ez már messziről magába szívta a serpenyő töltését, és az többé nem is billent le a tű felé. Még akkor sem, ha a vascsúcsot úgy helyezték a tűre, hogy a hegye lejjebb legyen a tű gombjánál.

15., *A szabad természetben milyen tapasztalatok mutatják a légköri elektromosság jelenlétét?*

Bizonyos, hogy az üveg, a porcellán és más, elektromos szigetelő testek az éjjeli harmat által igen megnedvesednek, míg az elektromosságot vezető testekről, főképpen pedig az ércekről a harmat azonnal elveszni látszik.

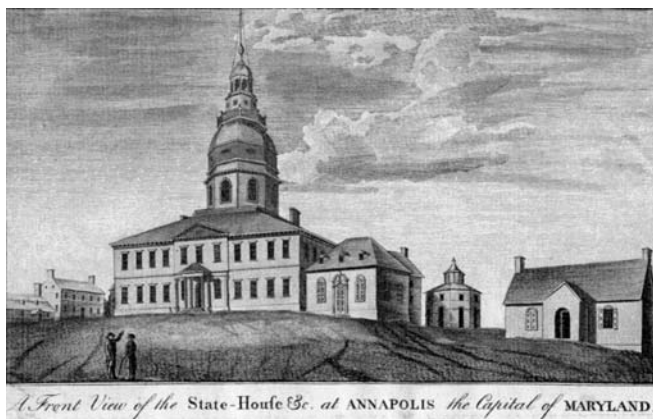
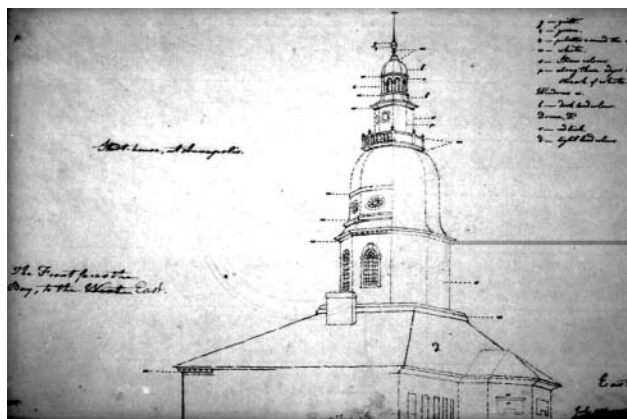
Du Fay megfigyelte, hogy a harmat többnyire a kristályra rakódik, de már a jól ismített érce egy cseppecske sem ragad. Annak igazolására, hogy a harmatot nem az érc emészti el, készített két tölcser, az egyiket cinnből, a másikat kristályból. Az elsőt kristályedényre, a másikat egy cinnedényre tette, mindegyik edénynek szoros nyaka volt, emezen mindenkor harmatot tapasztalt, amazon pedig soha.

Készített az előzőkhöz hasonló bádogtölcser is, ezt bemázolta égettbor által felolvasztott macskaméz-zel, és olyan edénybe tette, amelyet hasonlóan gumival bekent, és emezen kevesebb harmatot észlelt, mint azon, amelyen a kristálytölcser állott.

16., *Miként hat a domború üvegkristályon kiváló vízcseppek mennyiségére azon lap anyaga, amelyre az üvegkristályt helyezzük?*

Du Fay vett két gömbölyűre köszörültetett kristályt, olyat, mint egy-egy óraüveg. Az egyiket ezüst lapra, a másikat porcellán lapra tette, és azt tapasztalta, hogy azon ötszörte, vagy hatszorta is kevesebb harmat volt, de csak a közepén úszott, a széleken kicsinyebbek voltak a cseppek, és a széle teljesen száraz volt. Úgy, mintha az ezüst a harmatot elválasztotta volna.





Franklin villámhárítóterve és a villámhárítóval felszerelt, kész épület.

### 17., Hogyan magyarázhatók Du Fay tapasztalatai a különböző anyagú táblákkal?

Összetett két táblát, amelyek közül az egyik rézből, a másik üvegből készült, és mindig azt tapasztalta, hogy emezen bőven volt harmat, amazon pedig igen ritkán. Sőt amikor a két szelet fölébe üvegtáblát is tett, az a tábla, amely az üvegszeleten volt, harmatos lett, a másik pedig harmat nélkül való volt.

Nyilvánvaló, hogy ezeknek a látványoknak az eredete a légkör elektromosságában van. A testekben mindenütt meglévő elektromos gőz a meleg és a hideg miatt különböző változásoknak van alávetve, és mivel ez a gőz a harmatban és az ércekben a leggyorsabb, ugyanazok a változások történnek a harmatban, mint az ércekben. A harmatcseppek nem ragadnak az ércekre, mert azonos elektromos állapotban vannak. Az üvegen, porcelánban, és minden más szigetelő testben nehezen változik az elektromos folyadék, ezért ragadnak rájuk bőségesen a harmatcseppek, mivel ellentétes elektromos állapotban találják a testeiket. Ugyanezért lepi be hideg éjjel az ablaküveget a pára, az önt viszont nem. Általában az éjjeli nedvesség mindig jobban nedvesíti a gyapjút, szőrt, posztót és más szigetelőket, mintsem a kezét, arcot és más vezetőket.

### 18., Hogyan mutatják meg a növények a légköri elektromosság jelenlétét?

Sok palánta nyilvánvaló módon mutatja meg a légköri elektromosságot, az ambrus, a tamarinda, az oenothera, az archirantes és mások, kivált, amelyek nyíló virágot teremnek, amelyek napkeltekor kinyílnak, estére pedig be szoktak borulni. Hasonlóképpen a lenfonál is, amely egy elektromos láncon függ, és ha elektromossá válik, felfejtődik, ha pedig elveszti az elektromosságát, ismét összeáll.

Még ennél is jobban kimutatják az élőpalánták (sensitíva), amelyeknek a leveleit még nappal is, ha ujjunkkal megérintjük, lesüllyednek, mivel az érintéstől elvesztik a töltésüket. Ha ezek a palánták napnyugtakor elektromossá válnak, amikor a széles levelek már csüggedten lógnak, és akkor érinti meg az ember, ezek a levelek még jobban lesüllyednek. Eből kitetszik, hogy az elektromosság élteti őket. Ah-

hoz pedig, hogy elektromosan töltöttek maradjanak, el kell választani a földtől, az a dús nedvesség választja el őket amelyet nappal kiizzadnak.

### 19., Milyen kapcsolatban van az eső és a felhőszakadás a légköri elektromossággal?

Ezek bizonyosan a légköri elektromossággal vannak kapcsolatban, mert ha az elektromos folyadékkal telített felhő, ha a hegynek ütközik, arra kiönti az elektromos folyadékot, miként a közönséges tüzet is, ha a hegy valamivel hidegebb. Ezért a páracseppek, megfosztva az elektromosságtól megszűnnek taszítani egymást, összeállnak, és megnedvesítik a hegyet harmat vagy eső formájában, attól függően, hogy gyengébb vagy erősebb talál lenni az elektromosság, amint lassabban vagy gyorsabban esik a hegyre a felhőből.

### 20., Miképpen magyarázható a hópelyhek kis foltocskáinak egyforma alakja, amikor a levegőben található vízcseppkéek rend nélkül mozognak?

Vegyünk több, mintegy négy hüvelyknyi lenfonalat, függesszünk mindegyikre arannyal befogott viasz golyóbisocskákat, a végükön kössük össze mindegyiket, és akasszuk egy elektromos láncre! A fonalak annál jobban ellökődnek egymástól, mennél eleve- nebb az elektromosság munkája. Azonban a golyók között mindig egyenlő távolság lesz, és egyike mindig a középpontban marad, úgy, hogy a többi szabályos sokszöget alkot. Ezek a golyóbisok nem kevés hasonlatosságot mutatnak a pára részecskéikkel, és mivel egyedül a szabályos hatszöget foghatják közre más, hasonló hatszögek, ebből következik, hogy a hófoltocskák is, amelyek eme gőzrészecskékből összeállnak, szükséggéppen hatszög képet mutatnak.

### 21., Némelyek úgy vélik, hogy az égi elektromosság nem elegendő a tapasztalható mértékű hatásokat okozni. Azt mondják, hogy egy fonál, ha mindenütt dörög is körben az ég, nem tér el 30°-nál jobban a függőlegestől, holott mesterségesen elektromossá téve 40°-ra is elhajlik. Hogyan vélekedjünk erről?

Téves az a következtetés, hogy az égi elektromosság gyengébb, mint a mesterséges, mert annak gyengébb lesz az ereje a fonalban, mivel az elektromos

testek távolabb esnek, amint ez magától is nyilvánvaló. Mivel pedig a fonal az elektromos lánchoz igen közel van, és annak párázatokörnyékébe mélyen elmerül, ezért nem kell csodálkozni, ha a fonal ilyen közelről a gyengébb erővel is jobban megtelik, mint az égi elektromosságnak sokkal nagyobb erejével a felhők szokott távolságából.

22., *Mit tartunk arról az ellenvetésről, hogy a fegyverzettel nem sűrített, vagy az égi elektromosságnak nincs olyan ereje, mint annak, amely a mennykővel lecsap?*

A felhők, hatalmas méretük miatt, nagyon nagy bőségben tartalmazzák az elektromos folyadékot, ami sűrítés nélkül is képes igen sebesen kiütni. Ezzel kapcsolatban említsük meg Volta úr nevezetes kísérletét.

Ő ezüsttel befogatott 12 hengert, amelyek mindegyike 6 húzásnyi vastag, 8 nyomnyi hosszú volt, és hármat-hármat a végeikkel úgy foglalt egybe, hogy a tengelyeik egyenesen állottak besűrva. Következésképpen négy sor hengert kapott, mindegyiknek 24 lábnyomnyi hosszával, ezeket felaggatta selyemzsinórral egyenlő távolságokra, mindegyik között három lábnyomnyi ürességet hagyván, és egy vas vesszőt tett keresztbe rájuk, úgy, hogy összesen csak egy közlővesszőt tegyenek ki, amelynek a hossza 96 lábnyom. Ezután a szoba ablakán egy hosszú vasdrótot engedett le egy néhány száz lábnyira levő kútba. A drót egyik végét egy személy tartotta, közel állva a közlővesszőhöz, a kút száján egy másik ember állt, aki kettészakította, egyik végét a jobb, a másikat a bal kezében tartotta. Az aki a szobában a drót végét fogta, a másik kezével a közlővesszőből fűrtöt süttetett ki, amely a dróton leereszkedett, hogy mindkét ember olyan elektromos ütést kapott, hogy a leydeni palackot a testükön érezték kisülni.

23., *Volta úr kísérlete alapján hogyan érthetjük meg a felhőkben levő elektromos folyadék mennyiségét és erejét?*

Vegyünk felhőt 900 nyomnyi hosszúnak, 1800 nyomnyi szélesnek, és 90 nyomnyi vastagnak. Ennek a helyén el lehetne helyezni 1000 hengersort, amelyeknek a hosszúsága 9000 nyom volna, és mindegyik sor egymástól 9 nyomnyira állna. A tapasztalat szerint az ilyen henger annyi elektromos folyadékot foglal magában, mint 4 négyzethüvelyk a fegyverzett üvegből, minden ilyen sor egy négyzetlábnyival volna egyenértékű. Következésképpen az ezret egybevéve ott már temérdek elektromosság van együtt, és

mégis, kétségkívül sokkal többet foglalna magában a felhő, mint az egymástól kilenc nyomnyi távolságra levő hengersorok. Tehát a mennykőnek az egész hatását a közlővesszők természetéből is kikövetkeztethetjük, anélkül, hogy a fegyverzett palackokkal való hasonlatosságot kellene a felhőkben keresni.

24., *Miként tudják az elfolyató eszközök, röviden elfolyatók, a házakat, tornyokat, kastélyokat, hajókat a mennykőcsapástól megoltalmazni?*

Nem szabad elfelejteni, hogy kiváltképp a hegyes, kiálló testek az elektromos folyadékot a felhőkből lehúzzák, vagy ellenkezőleg, a földből a felhőkbe juttatják, úgy, hogy az sehol nem gyűlhet össze nagyobb mennyiségben, és sehol nem okozhat oly nagy ütéseket, mint amikor nincsenek csatornái. Miként az elektromos palack sem telhet meg soha, ha olyan elfolyatót alkalmazunk, amelyen az elektromos tűz a palack külső felületéről a belsőre lassan átfolyhat.

25., *Hogyan bizonyíthatjuk be, hogy az igen vékony ércdrótok is hatalmas mennyiségű elektromos folyadékot képesek elvezetni?*

Futtassuk meg egy könyv kötését a külső szélén arannyal, olyan finoman, ahogy csak lehet. Ha a megfuttatott rész nem tesz ki egy négyzethüvelyket, a súlya alig nyomja egy szem egy harminchatod részét. Próbával megbizonyosodhatunk róla, hogy öt nagy palackot minden sérelem nélkül át tudunk sütni rajta. Ezért, ha egy vasdrótnak a vastagsága egy hüvelyk negyed része, ötezerszer több ércet foglal magában, mint az arany, ezáltal huszonötezer olyan palackot lehet rajta keresztül kisütni, és ezek bizonyosan több elektromos folyadékot bocsájtanak ki, mint amennyit egy magányos felhő magában foglal. Ha a drót vastagsága fél hüvelyk, ezen a csatornán mérhetetlen mennyiségű elektromos folyadék fog elfolyani. (Makó: „En

Giuseppe Toaldo fémek vezetéséről írt könyve, Velence, 1774.



egy nyolc négyzetlábnyi felületen összegyűlt elektromos folyadékot egy rézdróttal szoktam elfolytatni, amely nem olvad meg, noha nem vastagabb egy hüvelyk tizenkettő részénél.”)

26., *Hogyan kell a biztonságos elfolyatókat kialakítani?*

Hogy a villámcsapás veszedelmét eltávoztassuk az épületekről, azokra néhány láb magas vaspóznát állítunk föl. Jó, ha a pózna egyenes, hogy az elfolyató több folyadékot ne szívjon magába, mint amennyit veszedelem nélkül el tud vezetni! Ahogy Stanley ajánlja, a talpát akár fába vagy más anyagba is beleverhetjük, csak a felsőbb része a vasvesszőtől egész a földig a vasvessző egyenes, töretlen folytatása legyen. Ahol pedig a póznát a tetőbe erősítik, meg kell erősíteni vékonyra kalapált ötlemezzel, amely azt körül fogja, és vaskarikával mindenfelől jól hozzá kell szorítani. Magát a vasvesszőt is ugyanolyan karikával a póznához jól hozzá lehet kapcsolni. Ha a kémények közel vannak a fedél tetejéhez, és elég magasak, jobb azokhoz kötni a póznát. Főképpen arra kell vigyázni, hogy az épületnek semmi része, vagy a kémény az elfolyatónál magasabban ki ne álljon, mert ilyenkor a védelem gyakran hatástalan.

27., *Franklin Benjamin volt az első, Philadelphában, aki a mennykő elfolyatókat fedelekre kezdte felállítani. Kik voltak azok a neves férfiak, akik Európában követték a példáját, és hol állították fel az első elfolyatókat?*

Divits Prokopius premontrei szerzetes Franklin találmányával egy egész nyáron át megoltalmazta a mennykőtől Preditz lakosait Morvában. Hasonlót emeltetett fel Beccaria a Valentini palotán, Turin mellett. Fontana apát úr nemrégén állított fel a nagyherceg engedelmével egy mennykő elfolyatót Florenciában, Livornumban, Sienában, és egyéb városokban. Hamburgban az 1769. esztendőben állították fel az első elfolyatót Szent Jakab tornyára, azután más tornyokra, puskaportartó házakra, és más nagy nyilvános épületekre.

„A Budai Királyi Oskola Mindenesség Palotájára feltételettel 1777. esztendőben. Maga a mostani Felső Császár Béts körül a portartó épületeket, azután az Eugénus Palotáját is a külvároson ugyanazon és a következő esztendőben ily szerszámmal felfegyvereztette.”

Londonban a Királyi Tudós Társaság az 1772. esztendőben Cavendisht, Watsont, Franklint és Róbertsont a mai napig szerencsés következással rendelte őt porház felfegyvereztetésére. Ugyanaz a Társaság választotta még az 1769. esztendőben Franklint, Cantont, De Lavalt, Watsont és Wilsont, hogy a Szent Pál székesegyház magas tekeboltját felfegyvereztessék.

28., *Milyen anyagokat alkalmazunk az elfolyató eszközök készítésére?*

A drótok, amelyek a mennykő tápláló folyadékát elnyelik, rézből legyenek, mert ha vasból lesznek, azo-

kat a rozsdá megfogja, és akadályozzák az elektromos folyadék szabad folyását. A sárgaréz drótok nagyon törekenyek, ha ki vannak téve a nyári meleg hatásának, és a változó levegő viszontagságainak. Ezért mondotuk előbb, hogy a csillag, amit a pózna hegyébe szoktak tenni vagy rézből legyen, vagy erősen be legyen aranyozva, hogy a rozsdá meg ne fogja!

Ha a drótok igen vékonyak, könnyen megeshet, hogy az elektromos folyadék ereje által vagy megolvadnak, vagy félbe törnek, és a közelükben levő testek könnyen meggyulladnak. Tehát általában inkább vastagabb drótot vegyünk! De mivel többször tapasztalták, hogy a vékonyabb drót a légkörből a tüzet messzebből leszívja magába, és gyorsabban elfolyatja, ezért tanácsosabb vékony drótokból összefont kötelet alkalmazni. Ezeket a drótokat nem kell beépíteni a falba, hanem kívülről függenek szabadon, mert a beépített drótokon lefolyó elektromos folyadék a falakat megrepeszti. A drótot az elfolyatótól olyan helyen kell elhelyezni, ahol nem sokan járnak, az ajtóktól, ablakoktól távol esnek. A drótok egész darabból legyenek, nem hajlott és egymásba foglalt tagokból állók. Az elfolyatók alsó részét legjobb valami közel elfolyó patakba vagy csatornába beereszteni, ha az nem lenne, bátran meghagyhatjuk a földnek felszínén, de hegyesnek kell lennie, és az épület fundamentumától legalább két lábnyira kell lenni.

29., *Hogyan kell az elfolyatót felállítanunk, ha egy tornyot akarunk a mennykőcsapástól megoltalmazni?*

Ha a torony bádoggal vagy rézzel van befedve, arra tekintettel kell lenni, hogy a keresztet tartó pózna vagy egyvégben érje a fedelet, vagy legalább valami vaskapoccsal hozzá legyen szegezve. Az esőcsatornákat pedig rézdrótokkal oda kell kötni a fedél széléhez. Végül a csatornából efféle drótokat eresszünk le egész a földig. Ha pedig maga a templom is rézzel van befedve, mind a két fedelet egy pózna alá egybe kell kötni, és ebből aztán a drótot leereszteni az esőcsatornáig. Különös figyelmet érdemelnek a toronyórák, mert azoknak a számjeles tábláit többnyire rézből készítik és a rézfedeleket alá szokták szegezni. Ez igen veszedelmes, mert ha az elektromos tűz a fedélről a számjeles táblára átszökken, bejut az óraműbe, ahonnan a dróton a harangnyelvig eljut, és mivel ott megszűnik a drót, nagy kárt tud tenni.

30., *Hogyan kell eljárni a löportornyok védelménél?*

Itt igen vigyázni kell, hogy amennyire lehet, kevés vasat használjanak. Legtanácsosabb, ha alacsony fedéllel, félgömbformára építetnek, minden kiálló rész nélkül, és felülről, szokás szerint, elfolyatóval látják el őket. Ezen felül az épületet be kell keríteni magas, és egymástól jó messze ültetett fákkal, amelyekkel elfolyhat az ártalmas elektromos folyadéknak a nagyobb része. Ha a porház alján gránátok és bombák vannak, az elfolyató végét messzire el kell vinni a faltól. Lehetne mintegy tíz lábnyira egy vagy két vitorlafát a porháznál magasabbra felállítani, és azokat is felszerelni elfolyatóval.



### 31., Miként óvhatjuk meg a hajókat a mennykőcsapástól?

A hajókba az árbocfákat szurkos fákból szokták fagyni, azon kívül szurokkal bekenni, és hegyetlenül hagyni. Többnyire ezért vannak a mennykőütésnek jobban kitéve. A védelem érdekében az árbocfát erősen be kell mázolni szurokkal, és a felső részébe egy nagy rézkarikát kell beverni, amelyen négy bearanyozott vashegy álljon, valamivel alacsonyabban, mint az árbocfa teteje. A karikából eresszünk le egy író toll vastagságú vasvesszőt az árboc hosszában, és azt akasszuk be erősen egy vaspóznába, amely legyen átütve a hajó alján, és annak mindkét oldalán álljon ki. A pózna mindkét végében azután vas szálakból készült rojtos kötést kell leereszteni, hogy szüntelen a vízben ússzanak. Utoljára az árbocfa vitorláját bekenjük szurokkal, és rézdróttal összekötjük a rézkarikával.

### 32., Hány elfolyatóra van szükség a különféle épületek védelmére, és hogyan kell azokat elhelyezni?

Egy tornyot vagy hajót elegendőképpen megoltalmaz egyetlen elfolyató, kettő pedig elég egy olyan épületnek, amely kétszáz láb hosszú, de a két végébe kell felállítani. Két, egymással szöget bezáró épületszárny esetén három elfolyatóra van szükség, egyiknek a szög csúcsában kell állnia, kettőnek az épület két végében. A négy szögletű épület pedig négy elfolyatót kíván.

El kell vetni azonban a darabokból összerakott elfolyatókat, mert az összegyűlt elektromos folyadék az elfolyató darabjaiban hathatósan kiönti magát. Ezért a vas karok, korlátok, láncok és póznák a háznak azt a részét, ahol található megoltalmazzák ugyan, de egy szersmind a villámcsapást oda irányítják, ahol a házrészek nincsenek ilyen vas szerszámokkal felékesítve. A szalmával vagy náddal befedett parasztházak legjobban úgy oltalmazhatók meg, ha a közelben levő fákat, vagy ha ezek nincsenek, a háznaknál magasabbra állított vitorlafákat vasvesszővel megfelelő módon felfegyverzik, és alul sövényvel elkerítik, hogy a marhák ne mehessenek a közelébe.

#### Irodalom

1. Makó Pál: Dissertatio de figura Telluris. Olomucii, 1767. [http://digital.onb.ac.at/OnbViewer/viewer.faces?doc=ABO\\_%2BZ179894200](http://digital.onb.ac.at/OnbViewer/viewer.faces?doc=ABO_%2BZ179894200)
2. A' mennykönek mivoltáról, 's eltávoztatásáról való böltsekedés, melyet deák nyelven írt, és most feles másolatokkal megjobbított Makó Pál, magyarázta pedig Révai Miklós., Pozsonyban és Kassán, Landerer Mihály költségével és betűivel / 1781, 202, [1] p., - 8°. <http://books.google.hu/books?id=dtddAAAACAAJ>
3. Paul Makó: Abhandlung vom Nordlichte. In: Beyträge zu verschiedenen Wissenschaften von einigen Oesterreichischen Gelehrten, Wien, 1775. <http://books.google.hu/books?id=YoULAQAAlAAJ>
4. Paul Makó: Physikalische Abhandlung von den Eigenschaften des Donners, und den Mitteln wider das Einschlag (2. Auflage), Wien, 1775. <http://books.google.hu/books?id=h4k5AAAACAAJ>

## VÉLEMÉNYEK

# A VEKTORPOTENCIÁLÉRŐL (aki **A**-t mond, mondjon **B**-t is)

Mrskó Péter  
PTE Elméleti Fizika Tanszék

## A potenciálokról általában

Az Olvasó kedvéért röviden összefoglaljuk az elektromágneses potenciálok néhány fontos tulajdonságát. Ezeket természetesen az [1]-ben is meg lehet találni.

Az elektromágneses mező az **E** elektromos és a **B** mágneses mezőn keresztül fejt ki a hatását. Ez a két mező szerepel ugyanis a töltésekre ható **eE** Coulomb-erő és az **e(v × B)** Lorentz-erő képletében.

A számításokban azonban ezeknél a mezőknél gyakrabban használják az **A** vektorpotenciált és a  $\phi$  skalárpotenciált, amelyeket a

$$\mathbf{B} = \text{rot } \mathbf{A} \quad \text{és} \quad \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t} - \text{grad } \phi \quad (1)$$

képletek kapcsolnak össze az elektromágneses mezőkkel.

Reflexiók Hárs György és Varga Gábor írására [1].

A potenciálokat az **E** és a **B** kiszámítását megkönnyítő segédmenyiségeknek tekintjük, mert amikor a töltésekre kifejtett hatásról van szó, mindig az (1) kombinációban fordulnak elő. A potenciálok egyértelműen meghatározzák a térerősségeket, de adott térerősségekhez végtelenül sok különböző potenciál tartozik. Ha az (1) képletben **A**-t és  $\phi$ -t olyan **A'**-vel és  $\phi'$ -vel helyettesítjük, amelyek az

$$\mathbf{A}' = \mathbf{A} + \text{grad } \chi \quad \text{és} \quad \phi' = \phi - \frac{\partial \chi}{\partial t} \quad (2)$$

mértéktranszformációval kaphatók meg **A**-ból és  $\phi$ -ből, akkor az **E** és a **B** mezők változatlanok maradnak.

Mivel az elektromágneses mezőről minden tapasztalati információ **E** és **B** közvetítésével jut el hozzánk, az egymástól mértéktranszformációban különböző vektor- és skalárpotenciálok közül nem tudunk kiválasztani egy „igazit”. Segédmenyiségekről

lévén szó ez egyáltalán nem hiányosság, hanem inkább előny, hiszen lehetőséget ad arra, hogy az éppen vizsgált problémához leginkább megfelelő potenciált válasszuk.

A potenciálok gyakran alkalmazott rögzítési módja az, amikor  $\mathbf{A}$ -t divergenciamentesnek választjuk és megköveteljük, hogy a végtelenben tartson nullához. Ez a *Coulomb-mérték*.

Tekintsünk most egy nagyon hosszú *ideális* szolenoidot. Mint ismeretes, egy ilyen szolenoid belsejében tengelyirányú homogén  $\mathbf{H}$  mágneses térerősséget találunk, amelynek nagysága a szolenoid egységnyi szakaszán átfolyó árammal egyenlő, a szolenoidon kívül pedig nincs mágneses mező. Ez a Stokes-tételből következik, amelynek következtében minden olyan kontúrra, amely a szolenoidot egyszeresen körülöleli

$$\oint (\mathbf{A} \cdot d\mathbf{l}) = \int (\text{rot} \mathbf{A} \cdot \mathbf{n}) ds = \int (\mathbf{B} \cdot \mathbf{n}) ds = \Phi. \quad (3)$$

A jelölések sztenderdek, és  $\Phi$  a mágneses fluxus értéke a szolenoid belsejében. A (3) alapján könnyen felírhatjuk a végtelenül hosszú  $R$  sugarú ideális szolenoid vektorpotenciálját Coulomb-mértékben, hengerkoordinátákban:

$$\mathbf{A} = (A_r, A_\phi, A_z) = \begin{cases} (0, \frac{r\Phi}{2\pi R^2}, 0), & \text{ha } 0 < r < R, \\ (0, \frac{\Phi}{2\pi r}, 0), & \text{ha } R < r. \end{cases} \quad (4)$$

Az [1]-ben a 2. ábra ezt az  $A_\phi$ -t mutatja az  $r$  függvényében.

A szolenoidon kívül ezen  $\mathbf{A}$  mező rotációja nulla, ezért itt  $\mathbf{B} = 0$ , ahogy lennie kell. Ebből következik, hogy hiába különbözik itt maga az  $\mathbf{A}$  nullától, nem vált ki semmilyen elektrodinamikai hatást.

## Az Aharonov–Bohm-effektusról<sup>1</sup>

A múlt század közepén *Y. Aharonov* és *D. Bohm* nagy jelentőségű felfedezést tett. Az elektronokkal végezhető kvantummechanikai kétrés-kísérletet vizsgálták, amelyben az elektronnyaláb minden egyes elektrona mindkét résen áthaladva önmagával interferál. Arra jöttek rá, hogy ha a részek közé ideális szolenoidot helyeznek el úgy, hogy a két résnyaláb közrefogja, akkor az interferenciakép  $e\Phi / \hbar$  szöggel eltolódik [2]. Ez azért nagyon meglepő, mert az elektronnyaláb teljes egészében a szolenoidon kívül helyezkedik el, ahol egyáltalán nincs mágneses mező ( $\mathbf{B} = 0$ ).

<sup>1</sup> Az [1]-ben az Aharonov–Bohm-effektusról is szó esik, de a belőle levont következtetések elfogadhatatlanok.

Aharonov és Bohm dolgozata szenvedélyes vitát váltott ki. Eleinte sokan kétségbe vonták a számítások helyességét, amikor pedig az igazuk kétségtelenül bebizonyosodott, a fáziseltolódást a vektorpotenciálnak tulajdonították, amely (4) szerint körülöleli a szolenoidot, és ezért képes közvetlenül hatni az elektron hullámfüggvényére. Az elméletből és későbbi kísérleti igazolásából azt a következtetést vonták le, hogy a kvantummechanikában nemcsak  $\mathbf{E}$  és  $\mathbf{B}$ , hanem az  $\mathbf{A}$  vektorpotenciál is a „saját jogán” megfigyelhető.

Ez az interpretáció azonban gyenge lábakon áll, ma már nem is ez a mértékadó felfogás. Először is, amikor a szolenoidot a résznyalábok nem fogják közre, semmilyen hatása sincs az interferenciaképre, bármilyen közel legyen is valamelyik résznyalábhoz. Másodsorban, továbbra is érvényben marad az az érv, hogy a potenciálok mértéktranszformációval megváltoztathatók anélkül, hogy ez bármilyen hatással lenne a fizikai jelenségekre, az Aharonov–Bohm-effektust is beleértve.

A vektorpotenciál ezek szerint – az [1] állításával ellentétben – az Aharonov–Bohm-effektusban sem válik önállóan mérhető mennyiséggé. A kvantummechanikai jelenség újdonsága abban áll, hogy a  $\text{rot} \mathbf{A}$  mellett a vektorpotenciálból képzett másik mértékinvariáns kifejezéstől, az  $\oint (\mathbf{A} \cdot d\mathbf{l})$ -től függ. A szemlélet számára persze teljesen hozzáférhetetlen, hogy egy mennyiség integrálja úgy befolyásolja egy mérés eredményét, hogy az integrandus elemei külön-külön teljességgel kimutathatatlanok. De a szemléletnek ez a kudarca valójában már a szolenoid nélküli kétrés-kísérletben bekövetkezett.

## Az [1] gondolatmenetének bírálata

Miből vonja le mindezek ellenére Hárs György és Varga Gábor már a cikkük címében azt a következtetést, hogy a vektorpotenciál valószínűleg létező vektormező?

Az érvelésüket két koncentrikus szolenoidból álló elrendezésre alapozzák, amelyet ideális transzformátornak tekintenek. Részletes számítással megmutatják, hogy amikor a belső tekercsben egyenáram folyik, a külső tekercs helyén a mágneses mező még nem túl ideális viszonyok között is gyakorlatilag nulla, végtelen hosszú, ideális szolenoid körül pedig (4) következtében pontosan nulla. Ez a helyzet akkor is fennmarad, amikor a két szolenoid transzformátor üzemmódban működik, vagyis  $\Phi$  periodikusan függ az időtől: „...a primer tekercsen kívül, a szekunder tekercs helyén gyakorlatilag nincsen mágneses tér, így a mágneses fluxus és annak változása is csak a primer tekercs belsejére korlátozódik”. A belső (primer) szolenoid eszerint anélkül hoz létre indukált feszültséget a külső (szekunder) tekercsben, hogy ott megjelenne mágneses térerő.

Ez, mint állítják, lehetetlen lenne, ha a külső tekercs helyén nem lenne ott a (4) vektorpotenciál. Az

$$\mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t}$$

képlet alapján *ennek, a már ott lévő vektorpotenciálnak* a változása hozza létre azt az elektromotoros erőt a külső tekercsben, amelynek a valóságos megléte ily módon a vektorpotenciál realitásának a kézzelfogható bizonyítéka.

Figyeljük meg jól, a szerzők nem tagadják, hogy  $\mathbf{A}$  mindig az  $\mathbf{E}$ -n (és persze a  $\mathbf{B}$ -n) keresztül hat. Arra mutatnak rá, hogy ahol ez a hatás bekövetkezik, nincs se  $\mathbf{E}$ , se  $\mathbf{B}$ , csak  $\mathbf{A}$  van. Ebből vonják le azt a következtetést, hogy a vektorpotenciál valóságosan létező vektormező.

Mi a baj ezzel az első látásra kifogástalan érveléssel? Ha egy kicsit jobban elgondolkozunk rajta, magát azt a *kritériumot* kezdjük egyre gyanúsabbnak találni, amely szerint egy fizikai vektormezőnek csak ott lehet időbeli deriváltja, ahol ez a mező *már eleve ott volt*. Az olyan szubsztanciális közegek, mint a víz vagy a levegő, valóban csak ott jöhetnek rezgésbe, ahol már ott voltak. De az  $\mathbf{E}$ -nek, a  $\mathbf{B}$ -nek vagy akár az  $\mathbf{A}$ -nak egyáltalán nem kellett eleve „ott lennie”, ahol hatáskat kifejtik, hiszen érkezhettek máshonnan is, például a belső szolenoid felől.

Amikor az ember ezen ellenvetés megalapozottságát kezdi egyre meggyőzőbbnek találni, hamar ráébred arra is, hogy a cikk érvelése szempontjából a külső tekercs léte tulajdonképpen teljesen lényegtelen. Mondjunk is le róla és helyette rögzítsünk le a belső szolenoidtól valamilyen távolságban egy pontszerűnek tekinthető dipólt, amely az elektromos mező hatására képes polarizálódni. A cikk érvelését megismételhetjük, és eljuthatunk arra – a most már tényleg egyre kétségesebb – következtetésre, hogy amikor a szolenoidban váltóáram indul be, a (4) időfüggő  $\Phi$ -vel érvényben marad, ezért a szolenoidon kívül  $\mathbf{B}$  továbbra sem jön létre, a dipól helyén eleve ott lévő vektorpotenciál viszont változni kezd, ezáltal létrehoz elektromos mezőt, amely képes polarizálni a dipólt. Mivel pedig a tapasztalat szerint a dipól tényleg rezgésbe jön, ezzel beigazolódik a vektorpotenciál fizikai realitása.

De miért ne érkezhette ez a hatás a szolenoidból sugárzás formájában? A cikk számítási módja szerint valóban nem érkezhett, mert a

$$\text{rot } \mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{j} + \frac{1}{c^2} \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \quad (5)$$

egyenlet csonkított (kvázistacionárius) rot  $\mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{j}$  változatát használták. Ha ebben a  $\mathbf{B}$ -t helyettesítjük rot  $\mathbf{A}$ -val, Coulomb-mértékben a  $\Delta \mathbf{A} = -\mu_0 \mathbf{j}$  Poisson-egyenletre jutunk, amelynek megoldása minden időpillanatban a tér minden pontjában meghatározza  $\mathbf{A}$ -t és  $\mathbf{B}$ -t az áram *ugyanabban a pillanatban* érvényes értéke alapján.

Ha így számolunk, valóban nincs sugárzás, amit – talán – úgy is értelmezhetünk, hogy minden marad ott, ahol volt. Egy transzformátornál ez a kvázistacionárius közelítés teljesen elegendő minden olyan kérdés megvizsgálásához, amely a transzformátor működése szempontjából érdekes lehet. De az a kérdés, hogy amikor a transzformátor primer tekercsét áram alá helyezzük, kell-e valaminek már eleve ott lennie a szekunder tekercs helyén ahhoz, hogy benne feszültség indukálódjon – ez a kérdés nem tartozik a transzformátor tervezőjét érdeklő problémák közé.

Amikor azonban mégis éppen ez az, ami érdekel, nem használhatjuk az (5) csonkított változatát, mert ezzel ahelyett, hogy a problémát vizsgálni kezdenénk, már el is döntöttük. A csonkítatlan (5) egyenletet kell alapul venni, amely a vektorpotenciállal kifejezve hullámegyenlet:

$$\frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \mathbf{A}}{\partial t^2} - \Delta \mathbf{A} = \mu_0 \mathbf{j}.$$

A (4) vektorpotenciál ezen egyenletnek időfüggő  $\Phi$ -vel sem megoldása, mert az egyenlet az  $\mathbf{A}$  véges sebességű *terjedését* írja le.

Az a lehetőség, hogy a külső tekercset az érvelés sérülése nélkül pontszerű dipóllal helyettesíthetjük arra utal, hogy az elrendezést kifejezetten félrevezető primer és szekunder tekercset tartalmazó transzformátornak tekinteni. A kérdésfeltevésnek sokkal inkább megfelel, ha úgy nézünk rá, mint egy rádióadóra és egy rádióvevőre. Ekkor számítások nélkül is tudhatjuk, hogy semminek se kell eleve ott lenni a vevőnél ahhoz, hogy miután az adó működni kezd, a vevő (kis késéssel) megszólaljon. Ehhez egyáltalán nem szükséges, hogy a vektorpotenciál valóságosan létező vektormező legyen.

#### Irodalom

1. Hárs Gyögy, Varga Gábor: A mágneses vektorpotenciál, mint valóságosan létező vektormező. *Fizikai Szemle* 65/1 (2015) 14–18.
2. Geszti Tamás: *Kvantummechanika*. Typotex, Budapest, 2007.



# SZÁMÍTUNK RÁD, LÉGY A FIZIKA BARÁTJA!

**Támogasd adód 1%-ával az Eötvös Társulatot!**  
**Adószámunk: 19815644-2-41**

## ÜSTÖKÖSPROJEKT KÉT BUDAPESTI GIMNÁZIUMBAN

Gócz Éva – Lónyay Utcai Református Gimnázium és Kollégium  
Horváth Zsuzsa – Kosztolányi Dezső Gimnázium

Az üstökösök ritka égi jelenségnek számítanak az átlagember számára, pedig üstökösök mindig vannak az égbolton. Megfigyelésükhöz általában (nagy) távcsövekre vagy űrtávcsövekre van szükség. Szabad szemmel csak akkor látunk üstököst, ha némelyikük közel kerül a Naphoz és a Földhöz is, és ez valóban ritkán történik meg. 2013 ilyen szempontból különleges évnak számított, több üstökös is járt a közelünkben, köztük olyanok is, amelyek fényessége távcső nélkül is észlelhető. Ezek között is kiemelt várakozás kísérte a decemberre várt ISON-üstököst, amelyről a csillagászok feltételezték, hogy rendkívüli fényessége miatt különleges élményt jelent majd minden érdeklődő számára.

A média talán még a csillagászkét is meghaladó, felfokozott figyelemmel várta és kürtölte szét az égi szenzációt. Néhány hangzatos cím a sok közül: Az üstökös, ami nagyon közel lesz a bolygóhoz,<sup>1</sup> Napi 50 millió kiló port okád az ISON-üstökös,<sup>2</sup> Már a Föld pályáján belül az ISON-üstökös,<sup>3</sup> A Föld felé száguld a szuperüstökös.<sup>4</sup>

A különlegesnek ígérkező eseményre a 2013-as Fizika Tanári Ankétan *Nyerges Gyula: Az évszázad üstököse!?* című érdekes előadása hívta fel a figyelmünket. Ekkor született az ötlet, hogy a szeptemberben induló új tanévben *Üstökösök éve – 2013* című fakultatív rendezvénysorozatot indítunk két budapesti nyolcosztályos gimnázium – a Lónyay Utcai Református Gimnázium és Kollégium és a Kosztolányi Dezső Gimnázium – diákjai számára. Reméltük, hogy a program során nemcsak az üstökösökről szereznek hiteles elméleti ismereteket a diákok, de az ISON-üstökös megfigyelésével igazi csillagászati élményben is részüket lesz. Természetesen azt is fontosnak tartottuk, hogy az üstökösökkel foglalkozva felkeltjük érdeklődésüket általában a fizika iránt. A programot mindkét iskolában szeptemberben, korhatár nél-

kül hirdettük meg, így mindkét iskolából alsó és felső évfolyamokból egyaránt szép számmal voltak érdeklődő jelentkezők.

### Mit tud egy átlagos diák az üstökösökről?

Az üstökösprojekt bevezetőjeként igyekeztünk felmérni, mit tudnak tanulóink a témáról. A „kicsik” rajzoló feladatot kaptak: azt kellett megrajzolniuk/megfesteniük, milyennek képzelik az üstökösöket. A közel száz elkészült rajz jelezte, hogy a kisdíjakok elképzelései nem terjedtek túl a bulvármédia információin. A fentebb idézett médiacímekkel összhangban a rajzok színes üstökösei is becsapódással fenyegetve száguldanak a Föld felé, csóvájuk pedig a Nap irányába mutat (1. ábra).

A nagyobb diákoktól legalább elemi szintű konkrét tudást vártunk. Tájékozottságukat kérdőíves módszerrel mértük fel. Megkérdeztük láttak-e már üstököst? Mekkora és milyen anyagból állnak az üstökösök? Miért van csóvája az üstökösnek, miből áll és milyen sűrű lehet a csóva? Honnan származnak a Naprendszer belsejében és így a Föld közelében megjelenő üstökösök? stb.

A kapott válaszokból kitűnt a diákok többségének teljes tájékozatlansága a témában. Talán nem tanulság nélküli néhány tipikus választ meglemlítenünk.

A megkérdezettek közül üstököst az égen valójában még senki nem látott – az 1996 tavaszán fénylő Hyakutake- (melyről a Fizikai Szemle az év augusztusi számában jelent meg címlapkép), majd az 1997-ben ragyogó Hale-Bopp-üstökösre (címlapon 2005 decemberében) már csak a felnőttek emlékeznek –, sokan összekeverték az üstököst a meteorhullással. Az üstökösök méretére és anyagára vonatkozóan a legkülönbözőbb válaszok érkeztek a néhány méteres

1. ábra. Üstökösöket mutató gyerekrajzok a program kezdetén.

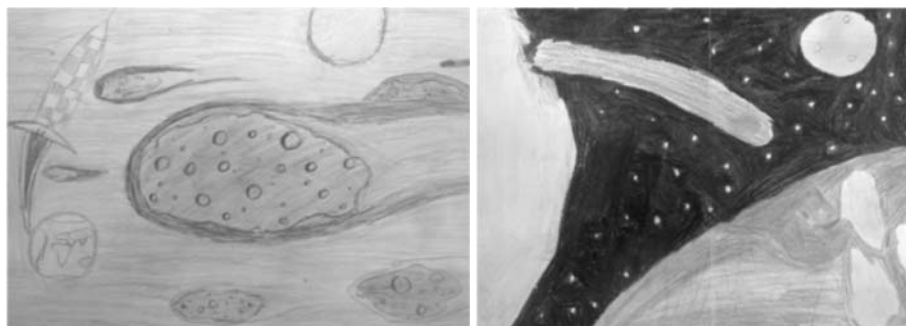
A szerzők, akik az ELTE Fizika Doktori Iskola Fizika Tanítása Program hallgatói köszönetet mondanak *Érdi Bálintnak*, *Jubász Andrásnak* és *Tél Tamásnak* (mindhárman az ELTE oktatói), hogy tanácsaikkal segítették cikkük megírását. Programjaik a TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0030 számú projekt keretében, illetve iskoláik támogatásával valósulhattak meg.

<sup>1</sup> mno.hu

<sup>2</sup> index.hu

<sup>3</sup> www.origo.hu

<sup>4</sup> www.origo.hu





nagyságtól („egy szekrényhez hasonló méretű”) egészen a Nap méretének negyedéig. Az üstökösök anyagára legtöbbször kőzetet írtak – jégről, gázokról senki nem tett említést. Rákérdeztünk arra is, hogy veszélyesek-e az üstökösök? Erre legtöbbször igennel válaszoltak és azt a Földdel történő esetleges ütközéssel magyarázták.

## Az üstökösprojekt programja

A program iránt érdeklődők nagy száma és a kiinduló tudásfelmérésben tükröződő tudatlanság igazolta, hogy az üstökösök feldolgozása szerencsés témaválasztás volt. Ezután minden figyelmünket a program megvalósítására koncentráltuk. A foglalkozásokat úgy terveztük meg, hogy legyenek nagy közös rendezvények, kiscsoportos iskolai beszélgetések, és végül szeretnénk volna, ha a projektet az ISON-üstökös közvetlen megfigyelésének élménye zárja le.

A közös rendezvények közül elsőként a Planetáriumban tett látogatást, az üstökösökről itt elhangzott előadásokat és a vetített látványos bemutatót kell kiemelni. A munka ezután az iskolákban külön kisebb csoportokban folytatódott, elsősorban a Planetáriumban látottak, hallottak részletes megbeszélésével, csoportos feldolgozásával. A foglalkozásokra a diákok igyekeztek maguk is utánanézni az üstökösökkel kapcsolatos érdekességeknek, aktuális híreknek. Fontos szempont volt az üstökös kutatás történeti bemutatása.

Meghatározó rendezvényünk volt a két iskola közös projektnapja, amit a Lónyay Utcai Református Gimnáziumban tartottunk. Meghallgattuk két meghívott tudós vendégünk előadását. *Lukács Béla* (MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont) *Üstökösök, avagy a látható semmik* címmel tartott izgalmas előadást, amiben történeti áttekintés keretében hallhattunk érdekesebb üstökösökről, majd egy rövid összefoglalást az üstökösökkel kapcsolatos legfontosabb tudnivalókról. *Vizi Pál Gábor* (MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont) *Az égi anyagok* című előadása az üstökös megfigyelő őrszondák érdekességeinek bemutatásával indult, majd az előadó meteoritkereső kalandjairól hallottunk élménybeszámolót.

A projektnap fő attrakciója a valóságához hasonlatos üstökösmodell közös elkészítése volt. Az előadások szünetében klubszerű beszélgetés, játékos üstökös-puzzle és kvíz<sup>5</sup> tette változatossá a programot. A kvíz eredménye egyúttal azt is megmutatta, hogy programunk nem volt hiábavaló, az induláskor meglehetősen tudatlan diákjaink a végére biztosan többet tudtak az üstökösökről, mint akár az egyetemisták átlaga.

A projekt záró programja, amitől az igazi nagy élményt reméltük, sajnos elmaradt. Az „évszázad üstököséként” várt ISON-üstökös a Nap közelében elhalad-

va gyakorlatilag megsemmisült, mielőtt a Földről szabad szemmel is megfigyelhető lett volna [1]. A közvetlen élmény helyett meg kellett elégednünk az ISON-ról készült csillagászati felvételekkel és a megsemmisüléséről az interneten megtekintett videóval.

A következőkben a projekt során az üstökösökről szerzett ismereteket és az „élethű” üstökösmodell elkészítését foglaljuk össze, remélve, hogy segítséget és kedvet adunk más iskolák tanárainak és diákjainak hasonló programokhoz.

## Amit az üstökösökről megtanultunk

### *Mióta tudjuk, hogy az üstökösök égitestek?*

A szabad szemmel is látható üstökösök minden korban kiváltották az emberek csodálatát, a régi időkben félelmüket is. A félelem természetesen az üstökösök ismeretének teljes hiányából fakadt. Amíg egyes égi jelenségeket már megszoktak, sőt előre jelezni is tudták bekövetkezésüket (például a napfogyatkozásokat már az ókorban is), az üstökösök előre kiszámíthatatlanul, váratlanul jelentek meg, majd tűntek el rövid idő után az égboltról. Érdekes módon az üstökösöket ötszáz éve még a tudósok többsége légköri fényjelenségnek vélte az arisztotelészi elgondolás szerint.

*Tycho Brahe* (1546–1601) megfigyelései és mérései alapján már sajátos égitesteknek tartotta az üstökösöket. Megvizsgálta az 1577. évi nagy üstökös helyzetét, és mivel nem tudta a parallaxisát<sup>6</sup> kimutatni, a Holdtól messzebb levőnek találta, és ezért a „távoli égi világba” sorolta. Brahe még két üstökösöt (1585-ben és 1590-ben) figyelt meg, és végzett helyzetükre vonatkozó méréseket. Ezek a mérések is megerősítették meggyőződését, hogy az üstökösök égitestek. Csillagász kortársai azonban nehezen változtatták meg nézetüket a kométákkal kapcsolatosan. Még *Galileo Galilei* sem hitte el, hogy az üstökösök égitestek, hanem légköri fényjelenségeknek tartotta őket [2].

### *Az üstökösök pályája*

Mivel egy üstökösöt csak rövid ideig lehet megfigyelni az égbolton, a kevés mérési adat alapján nem volt egyszerű meghatározni az üstökösök pályáját. *Kepler* (1571–1630), aki a bolygók mozgását helyesen írta le három törvényével, az üstökösökről még úgy gondolta, hogy azok egyenes vonalú mozgást végeznek. *Isaac Newton* (1643–1727) az általa felismert gravitációs erőtvényéből arra következtetett, hogy miként minden Nap közelében mozgó égitest, így az üstökösök is kúpszelet (általában ellipszis vagy parabola) pályán kell, hogy mozogjanak. *Edmund Halley* (1656–1742) korábbi üstökösök pályaadatát tanulmányozva a 18. század elején igazolta, hogy vannak visz-

<sup>5</sup> A kvíz kérdéseit és a megoldásokat a cikk internetes változatának függelékében, <http://fiztan.phd.elte.hu/nyilt/hallgatoi.html> mutatjuk be.

<sup>6</sup> A napi parallaxis jelenségének oka az, hogy a Föld felszínén elhelyezkedő megfigyelő a közelebbi égitesteket más és más irányokból látja (a Holdnak a legnagyobb a horizontális napi parallaxiszöge).



2. ábra. A Biela-üstökös 1846 februárjában, nem sokkal azután, hogy magja két darabra esett szét.

szatéró, elnyújtott ellipszis pályán mozgó üstökösök. A később róla elnevezett üstökös periódusidejét és így a következő megjelenése időpontját is kiszámolta. Az üstökös a megadott időben visszatért, de ezt a csillagász már nem élhette meg. A későbbiekben kiszámolt pályákon az egyre nagyobb távcsövek segítségével a nagyon halvány üstökösöket is sikerült megtalálni, és távolodásukat egyre tovább nyomon követni [2].

#### Az üstökös magja és csóvája

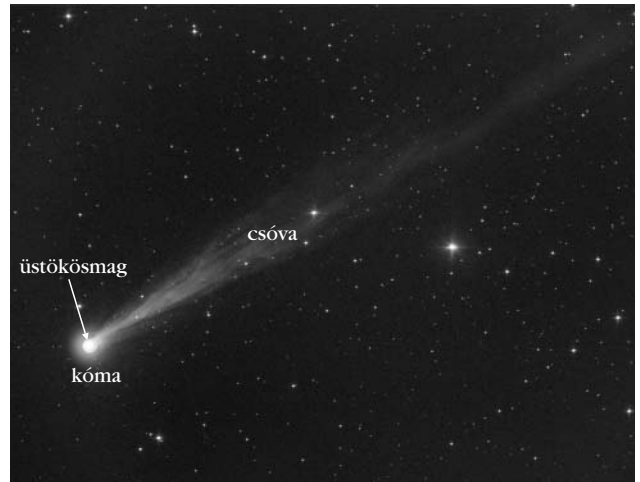
Az üstökös látványának értelmezéséhez az első lépést a csóva irányának megfigyelése jelentette. Megfigyelték, hogy az üstökös csóvája mindig a Nappal ellentétes irányban áll. (Ez akkor a legmeglepőbb, amikor az üstökös a Naptól távolodik, hiszen ekkor a csóva halad elől.) Észrevették, hogy a csóva Nap felőli kezdőpontja egyfajta fényes „mag”, aminek fényessége azonban változhat. 1846-ban a Biela-üstökös magja láthatóan darabokra esett szét (2. ábra). Megfigyeltek olyan (napsúroló<sup>7</sup>) üstökösöket, amelyek napközben „szétporlaktak”, de voltak olyanok is, amelyek „túléltek” a Nap közelségét, és távolodva tőle vált igazán látványossá csóvájuk. Fokozatosan elfogadottá vált, hogy az üstökös egy viszonylag kis kiterjedésű magból, az azt körülvevő „kómából” és a mindig a Nappal ellentétes oldalon megfigyelhető, hosszan elhúzódó csóvából áll (3. ábra).

#### Az üstökösök anyaga

Az üstökösök anyagi összetételéről a 19. század közepétől vannak spektroszkópiai mérésekből származó adataink. Ezek fontos információt adtak a csóva és a kóma anyagáról, de a mag mibenlétére a csillagásznak hosszú ideig csak feltevéseik, sejtéseik voltak. Az üstökös mag erős szublimációjára és anyagkiáramlásaira koncentrálna a csillagászok többsége több darabból összeállt testnek, egyesek jeges porszemcsékből álló kondenzátumnak gondolták a magot. A laza szerkezetű mag modelljével szemben súlyos ellenérv volt, hogy egy ilyen mag nem élhetné túl a Nap közelségét, pedig ezt több megfigyelés is bizonyította.

A múlt század közepén alkotta meg *Fred Lawrence Whipple* (1906–2004) az üstökös magok „piszkos hó-

<sup>7</sup> A napsúroló üstökösök nagyon közel, sokszor csak pár százezer kilométerre haladnak el a Nap felszínétől.



3. ábra. Az üstökös<sup>8</sup> részei.

golyó” modelljét. Eszerint a mag egyetlen anyagdarabbá erősen összefagyott, szilárd, döntően vízjeget tartalmazó test. A Nap sugárzása a mag felszíni rétegét felmelegíti, elporlasztja, így a magból folyamatosan gáz és por áramlik ki, hol gyorsítva, hol fékezve az üstökös mag mozgását (forgását és kis mértékben keringését is). A Halley-üstökös közelében elhaladó űrszondák 1986-ban megerősítették a magról alkotott elképzeléseket. A Deep Impact űrszonda Tempel 1-üstökössel 2006-ban történt találkozása óta az üstökös magjáról alkotott kép némileg módosult. Az űrszonda egy becsapódó egységet lőtt az üstökös magba, és az így kirobbantott anyag összetételét vizsgálta. Az eredmények szerint a mag porózus szerkezetű (átlagos sűrűsége mintegy  $0,6 \text{ g/cm}^3$ ), és a magban a korábban feltételezettnél jóval nagyobb volt a por aránya és kevesebb a jég. Az új modellt „jeges porlabda” elnevezéssel emlegetik, egyszerre utalva az anyagösszetétel – a korábbi elképzeléshez képest megváltozott – arányaira és a szilárd mag porózus szerkezetére is [3].

#### Honnan jönnek és hova mennek az időnként a Föld közelébe kerülő üstökösök?

Az üstökösök származási helyéről a 20. század közepén születtek elfogadható feltételezések. *Gerard Kuiper* (1905–1973) és *Kenneth Edgeworth* (1880–1972) úgy gondolta, hogy a rövid (200 évnél kisebb) periódusú üstökösök pályái a Naptól 40-100 Cs<sup>9</sup> távolságban lévő Kuiper-övig terjednek. *Jan Oort* (1900–1992) szerint a hosszú periódusú üstökösök a Naprendszer külső tartományában (100-100 000 CsE távolságban), a róla elnevezett Oort-felhőben keringenek, mielőtt egy közeli csillag hatására a Naprendszer belső vidékébe lökődnének [4]. Nem zárhatjuk ki a csillagközi térből származó üstökösök létét sem.

<sup>8</sup> A SWAN-üstökös, *Michael Jäger* és *Gerald Rhemann* felvétele 2006. október 4-én a nap csillagászati fényképe volt.

<sup>9</sup> 1 CsE (csillagászati egység) a Föld és a Nap átlagos távolsága, körülbelül 150 millió km.

## *Jelentenek-e veszélyt Földünkre a Naprendszer üstökösei?*

Az augusztusi égen gyakran megfigyelhető „hullócsillagok”, ha pillanatszerűen is, de mutatnak látvány-hasonlóságot az üstökösökkel. Az aggodalmaskodó kérdésekre a tudomány nem adhat egy esetleges katasztrófális ütközést biztosan kizáró választ. 1994-ben például megfigyelték, ahogy a Shoemaker–Levy 9-üstökös a Jupiter bolygóba csapódott, és ennek nyomai még a becsapódás után is hosszan látszóttak. Azt azonban állíthatjuk, hogy a Föld és egy üstökös hasonló találkozásának valószínűsége nagyon-nagyon kicsi. Ennek ellenére a csillagászok szervezeten és folyamatosan figyelik a Föld környezetébe kerülő égi objektumok, aszteroidák és természetesen az üstökösök mozgását is, és többféle megoldást is találtak egy esetleges ütközés elkerülésére.

### *Napjaink üstökösmegfigyelései*

Az üstökösök kutatásában – a csillagászat több más területéhez hasonlóan – nagy előrelépést hoztak az elmúlt évtizedek űrszondás megfigyelései. A SOHO űrtávcső például 1995-ös fellövése óta több mint kétezer (napsúroló) üstökösöt fedezett fel. Ennek jelentősége jól érzékelhető, ha azt nézzük, hogy 1978-ig összesen 1027 üstökösöt katalogizáltak, és ha ezek között a visszatérőket csak egyszer számítjuk, a korábban megfigyelt üstökösök száma 658-ra csökken [2].

A déli Föld-féltekén az elmúlt években két igen fényes üstökös is megfigyelhető volt, a McNaught (–5 magnitúdós<sup>10</sup>) üstökösöt 2007-ben, míg a Lovejoy (C2011 W3, –3 magnitúdós) üstökösöt 2011-ben csodálhatták meg az ott lakók. Az említett üstökösök fényességét érzékelhetjük, ha összehasonlítjuk a telihold körülbelül –13, a Vénusz –4, a Szíriusz –1 magnitúdós fényességével, és figyelembe vesszük, hogy a szabadszemes észlelés határa körülbelül +6 magnitúdó. Különösen fényes üstökösökről régi időkben is tudunk. Így például a korabeli források 1680-ban és 1744-ben is beszámolnak a nappali égbolton is látható üstökösökről. A valaha megfigyelt és hitelesen leírt üstökösök közül a legfényesebb az 1882-es évi „nagy üstökös” lehetett, aminek fényességét –15 magnitúdósra valószínűsítik a csillagászok. Legutóbb 1965-ben a napsúroló Ikeya–Seki-üstökös látszott a nappali égbolton is –10 magnitúdós fényességével.

## Üstökösmodell készítése az iskolában

Az üstökösökről tudományos előadásokat hallgatunk, bemutatókat nézünk végig. Úgy gondoltuk azonban mindezek után sem felesleges, ha diákjaink legalább egy kicsinyített modellen közvetlenül is ta-

pasztalják az üstökösjelenséget: megtapogathatják a fagyott magot, és láthatják az üstökös csóváját.

A modellüstökös magját a tudományos anyagösszetétel szerint igyekeztünk megkeverni. A valódi üstökösök magja vízzel együtt összefagyott porszerű anyagokból (legnagyobb hányadban szilikátokból) és a fagyott anyag közti pórusokba bezáródott gázokból áll. Az elkészített modell tömegének döntő részét szilícium-dioxid (körülbelül egy pohárnyi homok) és 1-1,5 liter csapvíz alkotta. A tudományos hűség és a játék kedvéért minden olyan anyagot igyekeztünk belekeverni üstökösünk magjába, amikhez hasonlókat a tudományos vizsgálatok a valóságban is kimutattak. Így a szulfidok képviselésében kevés elporított vasszulfidot, ammóniaként 1-2 ml szalmiákszeszt kevertünk az anyagba. A kimutatott szénvegyületek képviselésében vörösbort, kevés keményítőt adtunk hozzá, az erőteljesebb párolgás (csóvaképződés) reményében, pedig alkoholt.

Az üstökösök magok a Naprendszer legsötétebb, legfényelnyelőbb anyagai. A fényvisszaverő képességük tipikusan 2-4% között van. Ezt az értéket az általunk készített modell esetében por alakú aktív szén hozzáadásával értük el.

A fenti anyagokat 5 literes műanyagtálba helyeztünk vastag szemeteszsákba öntöttük és a vízzel masszává kevertük. Hátra volt még az üstökösök magjainak „összefagyasztása”, lehetőleg úgy, hogy a keménnyé fagyott jég és por gázokat is tartalmazzon. A megoldást a „szárazjég” jelentette. A kereskedelemben beszerezhető szárazjég (szilárd széndioxid) hőmérséklete –78,5 °C, ezen a hőmérsékleten a szilárd anyag szublimál, azaz belőle közvetlenül CO<sub>2</sub> gáz fejlődik, miközben hőt von el környezetéből. A műanyagzsákban előkészített anyagmasszához körülbelül 1,5-2 kg granulált (a kereskedelemben legkisebb méretben kapható) szárazjeget kevertünk és az egészet vastag, jól szigetelő műanyagkesztyűt húzva gyorsan egybegyűrtük és egy hosszabb fapálcára nyomkodtuk. A kísérlet ezen fázisa valódi látványosság. Miközben a képlékeny anyagmasszát a víz összefagyasztja, az elpárolgó széndioxid egy része gázbuborékok formájában bezáródik az anyagba, a széndioxid másik része elkeveredik a környező levegővel és azt annyira lehűti, hogy a levegő páratartalma füstszerű látványt adva kicsapódik. Üstökösünk magja néhány perc alatt elkészült, azaz csontkemény tömbként ráfagyott a fapálcára, amivel azután kiemeltük és a levegőben tartottuk.

Az így elkészített fagyott sárgolyó valóság-hű modellje az üstökösök tudományos elképzelésének. Az üstököshöz azonban a magon túl a jellegzetes csóva is hozzátartozik. Modellüstökösünk csóvája is láthatóvá tehető, ez azonban csak látványában nyújt hasonlóságot, a különbségek lényegesebbek. A valódi üstökös csóváját a magból a napsugárzás hatására leváló por és gázok alkotják, amit a napszél terel át a mag Nappal ellentétes oldalára. Modellünk esetén a „csóvát” egyszerű köd alkotja. Az apró vízcseppek szórják a fényt, ezért a ködcsóva különösen oldalról megvilágítva látható jól. Ha a magot nyugalomban tartjuk a

<sup>10</sup> Magnitúdó: az égitestek fényességének meghatározására használt, a fény intenzitásának logaritmusával arányos skála mértékegysége. Egy magnitúdó különbség 2,5-szeres fényintenzitás-aránynak felel meg. A magnitúdóskála fordított, azaz minél kisebb a magnitúdó értéke, annál fényesebb az objektum [7].

levegőben, a csóva függőlegesen lefelé irányul, ahogy a nagyobb sűrűségű hideg levegő „lefolyik” a magról, vízszintesen húzva a magot a levegőben, a ködcsóvát a „menetszél” a mag mögé tereli. Modellüstökösünk látványát – kis ügyeskedéssel – a valódiéhoz hasonlóvá tehetjük. A Nap hatását helyettesítsük egy erős fényű lámpával és egy mellette elhelyezett, meleg levegőt fújó hajszárítóval! A 4. ábrán bemutatott fotó modellüstökösünkről készült sötét háttér előtt. A képen jól látszik a fagyott üstökösragot tartó pálca. A meleg levegőt a pálca irányából, kicsit távolabbról fújtuk a fagyott magra. A megvilágító lámpát a hajszárító irányából, de enyhén ferdén irányítottuk az üstökösre, így a fény nem csak a fagyott magot, de a mögötte húzódó csóvát is jól megvilágította.



4. ábra. Modellüstökösünk fagyott magja és csóvája.

#### Megjegyzések

Az üstökösrag összefagyasztása gyors, határozott mozdulatokat és óvatosságot kíván, hiszen a vastag kesztyű csak korlátozottan véd a fagyástól. Épp a fagyásveszély miatt a mag összefagyasztása tanári feladat.

A megfagyott mag megtapogatása, keménységének tesztelése rövid ideig tart, így nem jár fagyásveszéllyel. Foglalkozásunk alkalmával valamennyi diák ragaszkodott ahhoz, hogy maga is hozzáérjen, egy pillanattal megfogja, megnyomja a fagyott sárgolyót, még úgy is, hogy az anyagba kevert szén befeketítette kezüket.

A látványos kísérlet nem jelent igazán nagy költséget. Alapanyagainak döntő része és a védőkésztyű a kémiaszertárban megtalálható, a legnagyobb kiadást a szárazjég jelenti.<sup>11</sup>

## Az ISON-üstökös, amely megsemmisült mielőtt megfigyelhettük volna

Terveink szerint a féléves üstökösprojektünk fénypontja az „évszázad üstököseként” várt ISON-üstökös közös megfigyelése lett volna a 2013 decemberében.

#### Amit az ISON-üstökösről a projekt során megtudtunk

Az üstökösöt 2012. szeptember 21-én, a Jupiteren túl, 6,3 CsE távolságban fedezte fel Vitali Nevski és Artyom Novichonok az oroszországi Kislovodskban. Az újonnan felfedezett üstökösökről, amelyek először kerülnek a Naprendszer belsejébe, eleinte nagyon keveset mondhatunk. A csillagászok a korábbi üstökösökhöz hasonlítva próbálnak meg előrejelzéseket adni velük kapcsolatban. Az összehasonlítás fontos támpontja az új üstökös pályaelemeinek meghatározása. Mivel az ISON mért pályaadatái az 1680-as (C/1680 V1 Kirch), igen látványos üstököséhez hasonlítottak, különleges érdeklődés és figyelem fordult felé. A mérési adatokból hamar egyértelművé vált, hogy az ISON is napsúroló üstökös. Pályaelemeinek megfigyeléseiből arra következtettek a csillagászok, hogy valószínűleg az Oort-felhőben keringhetett létrejötté óta, amely körülbelül a Naprendszer keletkezésének idejére tehető. Valamilyen gravitációs hatás vagy egy ütközés térítette ki néhány millió évvel ezelőtt, közel kör alakú pályájáról, és így került arra a közel parabola alakú pályájára, amelyen a Naphoz közelített. A megfigyelések arra mutattak, hogy az ISON most került először napközelsébe [5]. Ez azért érdekes, mert első alkalommal az üstökösök különösen sok anyagot veszítenek, ami nagy fényességet és látványos csóvát eredményezhet. Az ISON 2013. november 28-án került legközelebb a Naphoz. Keletkezése óta feltehetően nem szenvedett komoly anyagvesztést, őrizte még magjának külső burkát, így sokan remélték, hogy lényeges anyagvesztéssel ugyan, de túléli a Nap közelségét. Ha így történik, éppen karácsonykor került volna – látványos csóvát húzva – a Föld közelébe. Sajnos nem így történt.

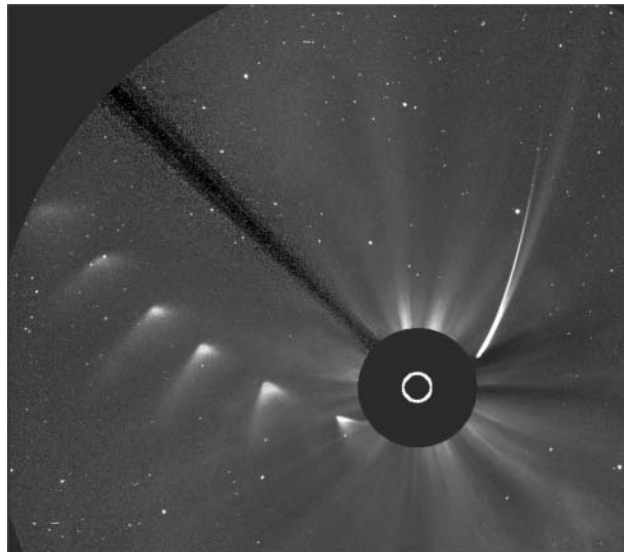
Az ISON-üstökös „balála”

A Naphoz ilyen közel elhaladó üstökösök esetén gyakori, hogy az erős sugárzás hatására megsemmisülnek. A csillagászok az ISON esetén is számoltak ennek bekövetkezésével, de biztosat senki nem tudott mondani. Előadónk az ISON-ról beszélve ennek esélyét nekünk is elmondták, mindezek ellenére bizakodtunk, hogy mégsem így történik. Az ISON-üstökös november végi perihélium-átmenetkor a tudósok műszereikkel követték az eseményeket. Ha nem is lett az évszázad üstököse az ISON, a legjobban megfigyelt üstökös címet bizonyosan megkaphatná.

<sup>11</sup> Az szárazjeget egy, az internetről kikeresett cégnél vásároltuk. 2013 novemberében körülbelül 4500 Ft volt a megvásárolható legkisebb kiszerelés.



A földi obszervatóriumok és lelkes amatőr csillagászok távcsövein túl több űrtávcső, űrszonda is nyomon követte az ISON-t. Amikor a Marshoz közeledett (10,5 millió km-re közelítette meg a vörös bolygót), akkor a Messenger és a Mars Express műholdak kísérték figyelemmel. Amikor a Naptól nem látszott egy ideig (2013 nyara), akkor a Hubble-űrtávcső készített képeket róla. Figyelte a Chandra, a Venus Express, a Proba-2 is, a végnapjait pedig a SOHO és STEREO űrszondák segítségével örökítették meg [5]. Bár szabad szemmel nem láthatuk, de ezekkel az eszközökkel igen szép, látványos felvételek készültek az ISON-üstökösről. Az üstökös utolsó napjának pillanatfelvételeit egy képre vetítve láthatjuk az 5. ábrán. Középen a Napot, egy úgynevezett koronagráffal takarták ki. E korong takarásába szép csóvával repült az ISON-üstökös (a kép jobb oldalán), de onnan már csak porfelhőként jött ki. E szétoszló porfelhő maradványait távcsövekkel, köztük űrtávcsövekkel is keresték, de az üstökösnek nyoma sem volt – teljesen megsemmisült<sup>12</sup> [5].



5. ábra. Az ISON-üstökös utolsó napja. Szétporlásának fázisait láthatjuk a Nap közelében. [SOHO (ESA & NASA)]<sup>13</sup>

## Irodalom

1. Sárnecky Krisztián: Az ISON-üstökös a Nap áldozata lett. *Fizikai Szemle* 64/4 (2014) 110–112.
2. Hédekvári Péter: *Üstökös kutatás az űrkorszakban*. Magvető Kiadó, Budapest, 1983.
3. <http://solarsystem.nasa.gov/deepimpact/index.cfm>
4. Szegő Károly: Új eredmények az üstökösök fizikájából. *Fizikai Szemle* 52/5 (2002) 149–151.
5. <http://solarsystem.nasa.gov/smallworlds/cometison.cfm>
6. Csillagászati hírportál: <http://www.csillagaszat.hu>
7. A Magyar Csillagászati Egyesület honlapja: <http://www.mcse.hu>

## Függelék

Az *Üstökös kvíz* kérdéseiből (a helyes válasz kiemelve, a válaszok végén zárójelben az adott válaszok aránya).

- 1) Ki nevezte először az üstökösöket „piszkos hógolyónak”?  
 A. Fred Whipple (14%)  
 B. Gerard Kuiper (47%)  
 C. Jan Oort (22%)  
 D. Kenneth Edgeworth (17%)
- 2) Ki ismerte fel először, hogy az üstökösök nem légköri jelenségek, hanem a Föld atmoszféráján kívüliek?  
 A. Nikolasz Kopernikus (23%)  
 B. Tycho Brahe (11%)  
 C. Johannes Kepler (47%)  
 D. Galileo Galilei (19%)
- 3) Hogyan különböztetik meg az üstökösöket egymástól?  
 A. A színük és a nagyságuk alapján. (22%)  
 B. Az alakjuk alapján. (3%)  
 C. A pályájuk alapján. (67%)  
 D. Minden üstökös más, nem látunk többször egy üstökösöt. (8%)
- 4) Átlagosan milyen méretű egy Nap közelében járó üstökös?  
 A. A magja néhány méter, a kómája ezer km átmérőjű és a csóvája akár 10 000 km hosszú is lehet. (20%)  
 B. A magja száz méter, a kómája 10 000 km átmérőjű és a csóvája akár millió km hosszú is lehet. (9%)  
 C. A magja néhány kilométer, a kómája millió kilométer átmérőjű és a csóvája 150 millió km hosszú is lehet. (40%)

- D. A magja ezer kilométer, a kómája 100 millió kilométer átmérőjű és a csóvája 1,5 milliárd km hosszú is lehet. (11%)
- 5) Mennyire sűrű az üstökös csóvája?  
 A. Olyan ritka, hogy a Földön nem is tudunk annyira ritka vákuumot létrehozni. (19%)  
 B. Olyan ritka, mint a bennünket körülvevő levegő. (11%)  
 C. Egy sűrű ködhez hasonló sűrűségű. (17%)  
 D. Mivel por is van benne, egy porviharhoz hasonlíthatnánk leginkább. (53%)
- 6) Átlagosan milyen távol haladnak el bolygónk mellett az üstökösök?  
 A. Néhány kilométernyire közelítenek meg bennünket. (11%)  
 B. A földi légkör tetejét súrolják. (17%)  
 C. 50–100 millió kilométer távolságban subannak el. (69%)  
 D. Egy-két fényévnire. (3%)
- 7) Milyen anyagokból állnak az üstökösök általában?  
 A. Víz, széndioxid, por, metán, ammónia (61%)  
 B. Víz, nitrogén, oxigén, szén (28%)  
 C. Szén, aminosavak, szénhidrogének, cián (11%)  
 D. Szilikátok, nátrium, szulfidok (0%)
- 8) Hány üstökös létezik a Naprendszerben?  
 A. Néhány száz (11%)  
 B. Néhány ezer (11%)  
 C. Néhány millió (53%)  
 D. Több milliárd (25%)
- 9) Mi történik, ha a Föld áthalad egy üstökös csóváján?  
 A. Az egész égen keresztül látjuk átívelni az üstökösöt. (67%)  
 B. Lehűl a Föld légköre. (5%)  
 C. Nem látunk semmit, mintha sűrű köd venne körül bennünket. (17%)  
 D. Meghalunk a csóvában levő mérgező gázoktól. (11%)
- 10) Melyik üstökösre szállt le 2014-ben a Rosetta-űrszonda?  
 A. A Halley-üstökös magjára (46%)  
 B. A Lovejoy-üstökös magjára (14%)  
 C. A Csurjumov–Geraszimenko-üstökösre (17%)  
 D. A Donati-üstökösre (23%)

<sup>12</sup> Részletes beszámolót olvashatunk a Nap áldozatává lett ISON-üstököséről Sárnecky Krisztiántól [1].

<sup>13</sup> Az üstökös végső óráit megörökítő kisfilmet a [http://sohowww.nascom.nasa.gov/hotshots/index.html/1311\\_038\\_AR\\_EN.mp4](http://sohowww.nascom.nasa.gov/hotshots/index.html/1311_038_AR_EN.mp4) internet-címen láthatjuk.

A 11. osztályban a csillagászat témaköréből emeltem ki egy epizódot, hogy szakköri munkában részletebben is megvizsgáljunk egy égitestet.

A Hold Föld körüli keringését játszottam el a diákokkal fizikaórán, amikor az egyik tanuló megkérdezte, hogy vajon a Föld tengely körüli forgásának kerületi sebessége, vagy a Hold Föld körüli keringési sebessége a nagyobb? Egy kis rávezetés után volt olyan diák, aki a periódusidők hányadosaiból megbecsülte a két szögsebesség viszonyzatát:

$$\frac{\text{Hold keringési ideje}}{\text{Föld forgásának periódusideje}} = \frac{27 \text{ nap}}{1 \text{ nap}} = 27.$$

Azaz a Föld  $\omega_{\text{Föld}}$  forgási szögsebessége a Hold  $\omega_{\text{Hold}}$  keringési szögsebességének 27-szerese:

$$\omega_{\text{Föld}} = \frac{2\pi}{T_{\text{Föld}}} \Rightarrow \frac{2\pi}{27 \cdot T_{\text{Föld}}} = \omega_{\text{Hold}}$$

ahol  $T_{\text{Föld}}$  a Föld forgásának periódusideje, 1 nap = 86 400 s. A Föld egyenlítői kerülete  $K_{\text{Föld}} \approx 40$  ezer km, így a Föld forgásának maximális kerületi sebessége:

$$v_{\text{Föld}} = \frac{K_{\text{Föld}}}{T_{\text{Föld}}} \approx \frac{4 \cdot 10^7 \text{ m}}{8,64 \cdot 10^4 \text{ s}} \approx 460 \text{ m/s}.$$

A Hold keringési sebességét a Föld–Hold-távolság  $\bar{d}$  átlagának felhasználásával kaphatjuk meg:

$$v_{\text{Hold}} = \omega_{\text{Hold}} \bar{d} \approx \frac{2\pi}{27 \cdot 8,64 \cdot 10^4 \text{ s}} \cdot 3,84 \cdot 10^8 \text{ m} \approx 1000 \text{ m/s}.$$

Tehát a Föld tengely körüli forgása maximális kerületi sebességének több mint kétszerese a Hold Föld körüli keringési sebessége. A keringési sebességeket a tanulók a függvénytáblázatból kikeresve ellenőrizték.

A diákok érdeklődése adta az ötletet, hogy mérjük meg a Hold keringési sebességét filmes technikával.

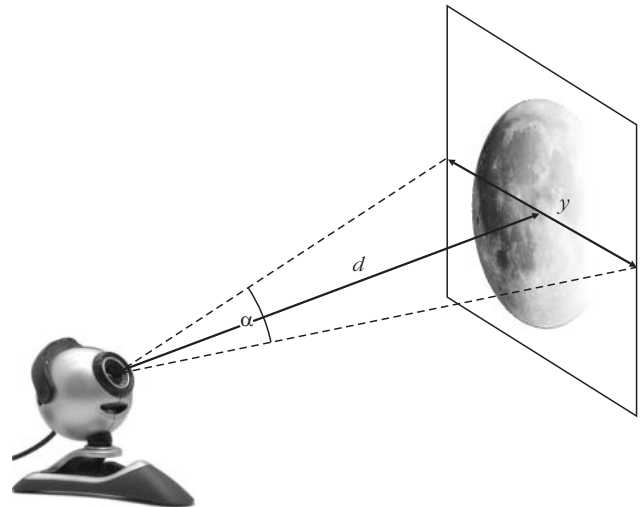
## A mérés

Az érdeklődők először házi feladatot kaptak: sorozatfelvételt kellett készíteniük a WebCam Laboratory [1] programmal. A tanulók megmérték a saját kamerájuk  $\alpha$  látószögét (1. ábra). A kamera látószögéből és a  $d$  Hold–Föld-távolságból a teljes képernyő által befogott szélességet meg tudták határozni.

$$y = 2 d \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}. \quad (1)$$

A Hold–Föld-távolságot a Hold felszínén elhelyezett lézertükrök segítségével mérik az Egyesült Államok űrügynöksége.

Köszönöm Juhász András és Jánosi Imre segítségét.



1. ábra. A kamera kalibrálásához meghatározott távolságra levő, ismert méretű tereptárgyat kell lefényképezni.

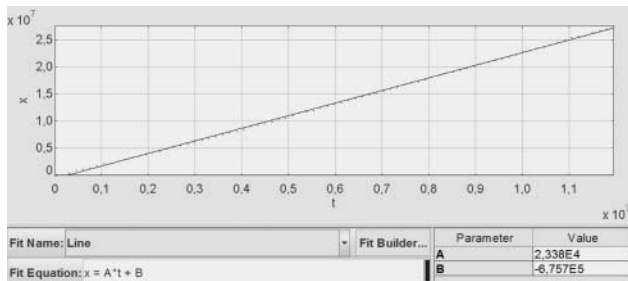
mokban és Franciaországban holdi lézertáv-méréssel foglalkozó obszervatóriumokban, néhány centiméteres pontossággal [2].

Mivel a Hold–Föld-távolság nem állandó az égitestek mozgása során, a felvétel dátumának megfelelő értéket kellett behelyettesíteni az (1) képletbe. A Hold–Föld-távolságot, tetszőleges dátumot választva, másodpercre pontosan a <http://time.unitarium.com/moon/where.html> weboldalon lehet megtalálni. A tanulók a felvétel kezdeti és végső időpontját átszámolták az egyezményes koordinált világidőre (UTC). Ezen időpontokra – 2012. december 30. 6:19:55 és 6:39:55 (UTC) – a weboldalon működő szoftver kiszámolta a keresett távolságokat, amelyek rendre 397 251,485 km, illetve 397 208,891 km. A kalibráláshoz szükséges távolságadat a két leolvasott érték átlaga volt (397 230,188 km).

A Tracker [3] szoftverrel a felvételekről szakköri munka keretében videóanalízist végeztünk. A szoftver

2. ábra. A 25. filmkocka nagyított képe a videóanalízis-szoftver képernyőjén.





3. ábra. A szoftver által meghatározott értékeket ábrázolva, és azokhoz egyenest illesztve, az  $A$  paraméter adja  $v_x$  nagyságát.

könnyen felismerte a sötét háttérből kiemelkedő Holdat, és követte annak mozgását. A programban a kalibráláson kívül rögzíteni kellett, hogy két szomszédos filmkocka között mennyi idő telt el (a mi esetünkben ez 15 s volt). A koordinátatengelyeket úgy állították be a tanulók, hogy az első filmkockán az origóba essen, az utolsó kockán pedig a  $x$  tengely pozitív részén legyen a Hold képe (2. ábra).

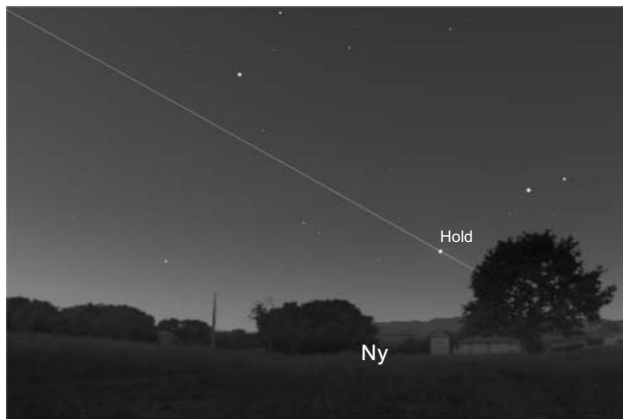
A szoftver által kiszámított  $x$ - $t$  értékpárokhoz egyenest illesztve (3. ábra) a tanulók meghatározták a Hold látszó mozgásának sebességét az égbolton az  $x$  irány mentén, amire 23,38 km/s adódott.

A sebességvektor iránya változó volt, de a felvételekről elmondhattuk, hogy a Hold keletről nyugati irányba haladt az égbolton. A pontos tájolást a Stellarium nyílt forráskódú számítógépes planetáriumprogrammal [4] végezték el a diákok. Megadták a mérés pontos idejét és helyét, majd megkeresték a virtuális égbolton a Holdat (4. ábra).

Az elemzés során két „szokatlan” dologra lettek figyelmesek a tanulók: a Hold látszó pályája görbe, a kapott sebességérték pedig igen nagy.

A diákokat ötleteltettem, és a vita eldöntésének céljából azt a feladatot kapták, hogy a következő szakköri órára könyvtármunka alapján próbálják igazolni gondolatmeneteiket. A következő szakkör kiselőadásai alapján a tanulók megállapították, hogy a Hold látszólag kör alakú pályája és keletről nyugatra mozgása miatt lassan mozgó égitest kell, hogy legyen (5. ábra).

5. ábra. Minden álló, vagy lassan mozgó égitest látszólag körpályát ír le, amelynek középpontja az égi pólus, a Föld forgástengelyének dőfpontja az égbolton [6].



4. ábra. A mérési adatok alapján megadott virtuális kép a Stellarium programban.

Rájöttek, hogy a látszó mozgás (és a viszonylag nagy sebesség) a Föld tengely körüli forgásának eredménye. Ahhoz, hogy a Hold keringési sebességét megkaphassuk, le kell vonni a Föld forgásából származó  $v_l$  látszólagos mozgást.

$$v_l = \omega_{\text{Föld}} (d + R + r) = \frac{2\pi}{T_{\text{Föld}}} (d + R + r) = 29,48 \frac{\text{km}}{\text{s}} \quad (2)$$

Ahol  $R$  és  $r$  a Föld és a Hold sugara.

A számolásnál a Föld szögsebesség-ingadozásai elhanyagolhatók, a Hold-Föld-távolság változásai, amely 21 296 km, viszont kevésbé (6. ábra).

A tanulók a (2) sebességértéket összehasonlították a mért értékkel ( $v_m = 23,38$  km/s), és a következő megállapításokat tették:

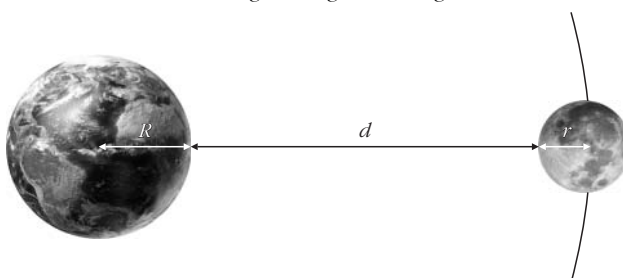
1. A mért sebességérték a Föld forgásának látszólagos mozgási sebességénél kisebb, tehát a Hold keringési iránya megegyezik a Föld tengely körüli forgásának irányával. Ennek ellenőrzéseként az adatok alapján lefuttattunk egy szimulációt, amely másodperc pontosan mutatja a két égitest helyzetét és mozgását [5] (7. ábra).

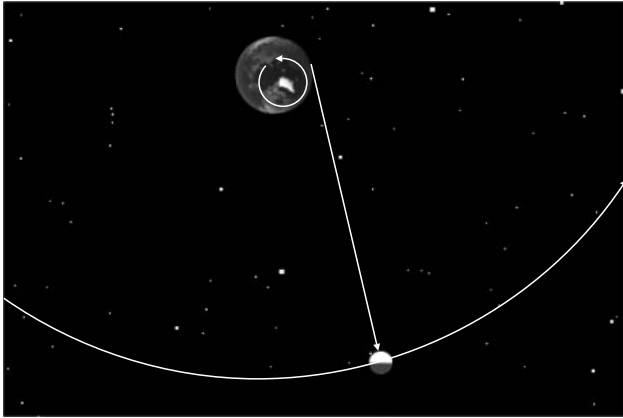
2. A Hold pálya menti sebességét az alábbi összefüggés alapján határoztuk meg:

$$v_{\text{Hold}} = v_l - v_{\text{mért}} \approx 6,1 \text{ km/s}. \quad (3)$$

A tanulók a Wikipédián megkeresték a Hold pálya menti sebességét, amelynek legkisebb, átlagos és

6. ábra. A Hold-Föld-távolságból ( $d$ ) és az égitestek sugaraiból ( $r$ ,  $R$ ) kiszámolható a látszólagos mozgás sebessége.





7. ábra. Az adatok alapján lefuttatott szimuláció [5] magyarázó nyilakkal ellátott képe.

legnagyobb értéke rendre 0,968 km/s, 1,022 km/s, illetve 1,082 km/s.

A látszólagos mozgási sebességhez képest a Hold mért keringési sebességére valóban kis értéket kapunk, de az a hivatalos értéktől eltért ( $\Delta v \approx 5$  km/s). Az eltérés okainak tisztázása további vizsgáldást tett szükségessé.

## A pontatlanság okai

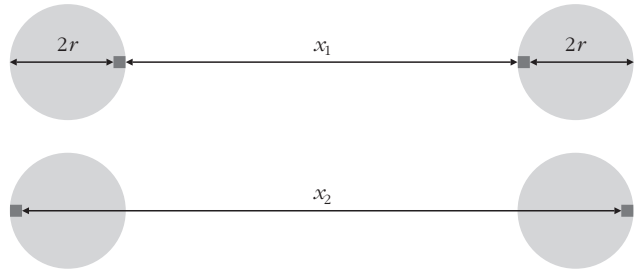
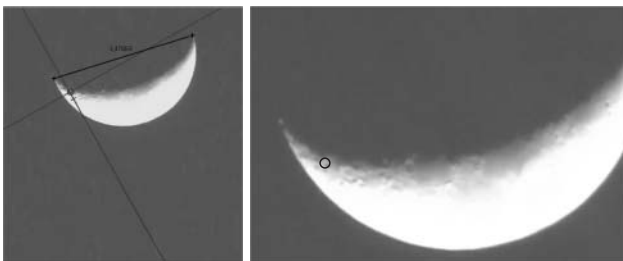
Munkánk során ügyeltünk a pontos időmérésre, a távolságadatokat precíz meghatározására, a kalibrálásra, tehát a hibát máshol kellett keresnünk. A felvett filmanyagot vettük görcső alá és vizsgáltuk meg részletesebben. A felvételen kinagyítottuk a Holdat és meglehetősen pixelesnek találtuk azt. A szoftver a Holdat, mint kis pixelekből álló fényes területet érzékelt, amelynek fényessége is változott az időben. A fényváltozás miatt a Hold szoftver által automatikusan detektált helyzete nem mindig esett a terület középpontjába.

A felvétel  $t_{\text{videó}} = 1220$  másodperce alatt a Hold által megtett út a 4. ábra alapján: 27 850 km volt, ennek maximális hibája a 8. ábra szerint a Hold sugarának négyszerese. A keresett hibát a (4) összefüggés adja meg:

$$\Delta v = \frac{4r}{t_{\text{videó}}} = \frac{4 \cdot 1735 \text{ km}}{1220 \text{ s}} = 5,7 \frac{\text{km}}{\text{s}}. \quad (4)$$

Pontosabb mérést csak komolyabb optikával lehet megvalósítani. Ennek hiányában sem adtuk fel a reményt,

9. ábra. A Hold átmérőjét használtuk a kalibráláshoz. A koordinárendszer  $x$  tengelye a mozgás irányába mutat (balra). A felvétel nagyított képe (jobbra). A részletgazdagabb felvétel lehetőséget adott a pontosabb nyomkövetésre.



8. ábra. A lehető legrosszabb azonosítást feltételezve (az objektum helyzetét a kis négyzet jelöli) a felvétel első és utolsó képkockáján a Hold által megtett út:  $x_2 = x_1 + 4r$ .

hogy a méréseinket pontosítsuk. Feltételeztük, hogy a világhálón vannak olyan filmek, amelyek a webkamerás felvételeinknél sokkal jobb felbontásúak és azok elemzésével pontosabb mérési eredményekhez jutunk.

## Mérések videómegosztón található filmekről

A YouTube videómegosztón rengeteg hasonló film közül választhatunk. A kamera látószögének legegyszerűbb meghatározása az lenne, ha a filmet feltöltő elárulja kamerájának adatait, ez azonban igen ritka. Ennek hiányában olyan filmet érdemes választani, ahol fel van tüntetve két képkocka között eltelt időtartam, és a kép meglehetősen nagyított. Ekkor a kalibráláshoz a kamera látószöge helyett a Hold átmérőjének számértékét használhatjuk fel. A nagyított kép lehetőséget ad egy kisebb kráter kijelöléséhez, ami lényegesen precízebb nyomkövetést eredményez az előző méréshez képest. Az egyik ilyen használható filmet a [7] webcímről töltöttük le (9. ábra). A film 1 kép/s mintavételezéssű, 6 percet fog át, és 2013. október 3-án készült.

A 6 perces időtartam alatt a Hold látszó pályája egyenesnek tekinthető. A videóanalízist lefuttatva a diákok a Hold látszó mozgására 27,2 km/s sebességet kaptak (10. ábra).

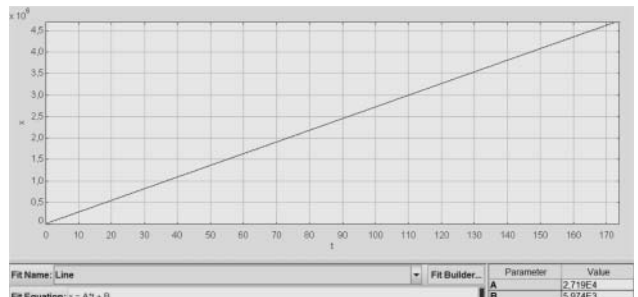
A felvétel időpontjához tartozó 385 288,989 km Hold-Föld-távolságot behelyettesítve a (2) összefüggésbe 28,6 km/s értéket kaptak.

A Hold pálya menti sebessége e két adatból:

$$28,6 - 27,2 \text{ km/s} = 1,4 \text{ km/s}.$$

A film készítésének napján a Hold-Föld-távolság körülbelül 385 000 km volt [5], ami megközelíti Hold

10. ábra. Az  $x-t$  grafikonon a videóanalízissel meghatározott pontokra illesztett egyenes meredekségét az  $A$  paraméter adja meg, ami a Hold látszólagos mozgási sebességével egyezik meg.



pályájának fél nagytengelyét. A Hold keringési sebessége e helyzetben  $\approx 1,1$  km/s, amit mérési eredményünk jól közelít.

## Konklúziók

A Hold keringési idejének mérése jó lehetőség volt a tanulóknak a számítógép fizikai célokra történő használatára otthon és a szakkörön. A mérési eredmények ellenőrzése után rávettem őket arra, hogy a mérés hibáinak feltárása és korrigálása is hozzátartozik a tudományos munkához. A hiba felismerése és a mérés továbbfejlesztése abban erősítette meg a diákokat, hogy munkájukat körültekintően végezve, a körülmények részletes vizsgálatával sokszor adódik lehetőség a korábbi nehézségek

leküzdésére. Esetünkben drága műszerek hiányában az internet segítette az újabb mérések elvégzésében. A mérés során használt adatok önmagukban is beszédesek voltak, de a szimuláció segítségével jobban át tudták élni a vizsgált mozgásokat. Eredményeiket osztálytársaik kiselőadás formájában ismerhették meg.

## Irodalom

1. <http://www.webcamlaboratory.com>
2. [http://www.urvilag.hu/tavoli\\_vilagok\\_kutato/20070308\\_milyen\\_messze\\_van\\_a\\_hold](http://www.urvilag.hu/tavoli_vilagok_kutato/20070308_milyen_messze_van_a_hold)
3. <https://www.cabrillo.edu/~dbrown/tracker> – ingyenesen letölthető videóanalizátor szoftver
4. <http://www.stellarium.org/hu>
5. <http://time.unitarium.com/moon/where.html>
6. <http://palomarskies.blogspot.hu/2008/07/stars-in-sky-go-round-and-round.html>
7. [https://www.youtube.com/watch?v=kGrcC83zG\\_U](https://www.youtube.com/watch?v=kGrcC83zG_U)

# INFORMÁCIÓS ÉS KOMMUNIKÁCIÓS TECHNOLOGIÁK A SZALAY SÁNDOR EMLÉKVERSENY SZOLGÁLATÁBAN

Leitner Lászlóné

Nyíregyházi Evangélikus Kossuth Lajos Gimnázium

2014. október első hétvégéjén harmadik alkalommal rendeztük meg Nyíregyházán a Szalay Sándor Fizika Emlékversenyt. A kiírást eljuttattuk az ország minden evangélikus, néhány református, valamint Szabolcs-Szatmár-Bereg megye összes iskolájába. Végül az evangélikus intézményeken kívül egyetlen KLIKK

általános iskola jelentkezett. A névadó szelleméhez híven a verseny a tudományok közötti kapcsolatot, a kísérletek és a gyakorlati megvalósítások egységét szolgálja. Az emlékversenyen alkalmaztuk az információs és kommunikációs technológia (IKT) nyújtotta lehetőségeket a felkészüléstől a megvalósításig.



A 2015. évi

## 58. Fizikatanári Ankét és Eszközbemutató

A 2015. évi ankétot március 26-tól 29-ig Hévízen, a Hunguest Hotel Panorámában és az Illyés Gyula Általános Iskolában rendezzük meg.

Témák: 2015 a Fény Éve. Oktatás.

Állandóan frissülő részletek a Társulat [www.elft.hu](http://www.elft.hu) honlapján.

Az ankét 30 órás akkreditált továbbképzés.

A műhelyfoglalkozásokat március 27-én és 28-án délutánra tervezzük.

A műhelyfoglalkozások mellett a sikeres **10 perces kísérletek** című programot is meg kívánjuk szervezni.

ELFT Tanári Szakcsoportjainak vezetősegei

0 2 m 4 m





## Az előkészületekről

A verseny előkészítése és a felkészülés hosszabb időt igényelt a versenyzőktől és a szervezőktől. A versenyen részt vevő csapatok a felkészüléssel járó munkát 2014. május végén kezdhették el.

Ezzel együtt a szervezők is folyamatosan dolgoztak. A teljes verseny értékelési útmutatóját a felkészítő tanárokhöz szeptember végén juttattuk el, ennek függvényében folytathatták a versenyzők felkészítését.

A feladattípusok meghatározásától a részletes munka leírásán át az értékelésig állandó figyelemmel kísérték, tanácsaikkal támogatták és segítették a szervezők munkáját az iskola egykori tanulója, *Kovács Adám* és *Hadbázy Tibor*.

## A verseny formája

A tanulók három korcsoportban mérhették össze tudásukat, a három korcsoportban a versenyfeladatok részben eltérőek voltak. A jelentkezés és a versengés két főből álló csapatokban történt. A csapat összetételét tekintve feltétel volt, hogy a csapattagok különböző évfolyamúak, vagy ha ugyanazon évfolyamról érkeznek, külön neműek legyenek. Így a 7. és 8., a 9. és 10., valamint 11. és 12. évfolyamon tanuló diákok alkothattak egy-egy versenypárost.

## A verseny tartalma

Az emléksverseny témakörei a fizika tudomány által érintett témák legtöbbször tartalmazzák, figyelembe véve az adott korosztály ismereteit. A verseny során a csapatoknak több munkatípussal kellett dolgozniuk. A feladatok között szerepelt kutatómunka a nyomtatott vagy elektronikus források felhasználásával, összefoglaló és prezentáció összeállítása, kísérleti eszköz készítése és annak bemutatása a versenyen. Az októberi hétfőn záró feladatok kitöltése, helyszínen végzendő kísérletek, mérések végrehajtása, szimulációval támogatott kísérletsorozat teljesítése és jegyzőkönyv készítése várt a versenyzőkre.

## Előzetes feladatok

*2013. év öt legkiemelkedőbb fizikai-biológiai eredményéről készített beszámoló*

A feladatrész – amelyet képek és ábrák nélkül két oldalban, pdf-formátumban lehetett benyújtani – célja, hogy a fiatalok a tudományban megjelenő írások között kutassanak, olvassák a különböző oldalakat nyomtatott vagy elektronikus formában. A gyűjtött munka szelektálása, preferálása, valamint szerkesztése a kritikai érzéktől a globális gondolkodáson át az IKT hatékony alkalmazásának rutinjáig több területet is felölel. A feladatrész hozadéka emellett tájékozottság, nyitottság, szélesebb látókör. Az alábbiakban két későbbi győztes, *Bősze Zsófia* és *Szász Norbert* e témában beadott írását közöljük.

„A 2013-as év sem telt el tudományos kutatások és felfedezések nélkül. Kutatók, kutatócsoportok dolgoztak azon, hogy olyan dolgokat fedezzenek és találjanak fel, amely a jövőben hasznos lehet az emberiség számára, vagy éppen segít megérteni az Univerzum kialakulását.

A fizika terén *François Englert* és *Peter Higgs* értek el kimagasló sikereket, akik 2013-ban osztoztak a fizikai Nobel-díjon, amit a Higgs-mechanizmus és a Higgs-bozon elméletéért kaptak.

A Higgs-bozon más néven Higgs-részecske egy olyan részecske, amelyet a részecskefizika Standard modellje jósolt meg. Ez a részecske a közvetítője a Higgs-térnek, ami felelős a többi részecske tömegéért. A részecske létezését viszont csak 2013-ban sikerült bebizonyítani az ATLAS és a CMS (a Nagy Hadronütköztető gyűrű részecskefizikai kísérletével végzett) kísérletekkel a CERN Nagy Hadronütköztetőjében. Létezik úgynevezett Higgs-mező, ami egy olyan tér, ami meghatározza a benne lévő részecskék tömegét azáltal, hogy átmenetileg eltorzul a benne haladó részecske környezetében.

A Higgs-mechanizmus lényege, hogy tömeget ad a részecskének. E nélkül minden fénysebességgel száguldana.

A 2013-as orvosi Nobel-díjat sejtbiológusok; *James E. Rothman*, *Randy W. Schekman*, amerikai tudósok és *Thomas C. Südhof*, német kutató megosztva kapták. A három tudós sikertelenül megfigyelték, miként szervezik a sejtek szállítórendszerüket. Minden egyes sejt ugyanis egy apró »ipari létesítménynek« tekinthető, amely különböző molekulákat állít elő és exportál, pontosan eljuttatva azokat a megfelelő célállomásra. A molekulák szállítása parányi »hólyagokban«, vezikulumokban történik. A három, 2013-as Nobel-díjas vezikulum transzport szabályozásának genetikai és molekuláris alapjait tárta fel, amelyeknek köszönhetően a küldemények a megfelelő időben érkeznek a megfelelő helyre.

Univerzumunk születésének magyarázatára irányuló kutatás június 18-án felélénkült, amikor egy olyan részecskét fedeztek fel a japán Tsukubában található Nagy Energiájú Gyorsító Kutató Szervezet tudósai, amelyről megerősítették, hogy négy kvarkot (a protonnál és neutronnál is kisebb elemi részecskét) tartalmaz. Bár ez nem tűnhet olyan fontosnak, a tudósok számára ez a felfedezés új magyará-



zatokra és elméletekre teremt alkalmat abban a vonatkozásban, hogy miként jött létre az anyag először. E felfedezés előtt, az anyag létrejövételére adott magyarázat korlátozott volt, mivel csak kettő- vagy háromkvarkos részecskéket fedeztek fel eddig. A tudósok  $Zc(3900)$ -nak nevezték el ezt az új részecskét, és azt feltételezik, hogy az Ős-robbanás utáni elképesztően forró első másodpercben keletkezett. Azonban néhány fizikus kritikával illette a felfedezést, mondván, hogy ez nem több két összprezselődött mezonnál (kétkvarkos részecskéknél). Mindennek ellenére ez a felfedezés nagyszerű a fizika számára és hozzájárul ahhoz a számtalan módszerhez, amely arról szól, hogyan keletkezhetnek az anyag első darabjai.

Június 18-án bejelentették, hogy a Harvard és az Illinois Egyetem egyik kutatócsoportjának sikerült olyan lítium-ion akkumulátort előállítani szintetikus úton, ami kisebb egy homokszemnél és vékonyabb egy emberi hajszál szélességénél. A kutatóknak ezt az eredményt váltórosos elektródák hálózatának finom rétegzésével sikerült elérni. Miután a 3D-s terv elkészül a számítógépen, a nyomtató olyan speciális tintát használ, amely olyan elektródákat tartalmaz, amelyeket úgy terveztek, hogy azonnal megszilárduljanak, mielőtt érintkezésbe lépnek a levegővel. A szerkezet méretének köszönhetően széles körben felhasználható.

A Bostoni Egyetem egyik kutatócsoportja egy olyan tanulmányt tett közzé június 19-én, amely az antibiotikumokban található ezüst előnyeivel foglalkozik. Míg régóta ismeretes, hogy az ezüst erős mikrobaellenes tulajdonságokkal rendelkezik, a tudósok csak nemrégiben fedezték fel, hogy képes átalakítani a normál antibiotikumokat a szteroidok antibiotikumává. Most már tudjuk, hogy az ezüst számos kémiai folyamatban vesz részt azért, hogy megakadályozza a baktériumok összekapcsolódásait, lassítsa az anyagcseréjüket. Komplex tanulmányok kimutatták, hogy az ezüst és antibiotikum keverék legalább ezerszer hatásosabban pusztítja el a baktériumokat, mint az antibiotikum egyedül. Ez egy izgalmas felfedezés az orvosok számára, mivel folyamatosan nőnek a nemesfémek felhasználásának és alkalmazásának a lehetőségei.

Amint látható nagyon sok hasznos dolgot fedeztek fel a tudósok, kutatók 2013-ban. De a fentiek csak a töredéke annak a sok sikernek, amit 2013-ban elértek az emberek. A jövő nagyon sok még felfedezésre váró dolgot rejt, ami talán majd segít megérteni az Univerzum keletkezését és hasznára válik az emberiségnek, könnyebbé teszi életüket.”

*Kísérleti elrendezés, modell, vagy működőképes makett elkészítése – lehetőleg háztartásban fellelhető eszközök segítségével – az emberi test fizikus szemmel témakörben*

A kísérlethez részletes leírást pdf-formátumban 2014. szeptember 20-ig kellett benyújtani. Az írásos munkára vonatkozó egyéb előírás nem hangzott el, a beadott dolgozatok sokszínűsége azonban arra utal, hogy a kiadott utasítást az egyértelmű értékelés érdekében egységesíteni kell. A kísérleti eszköz bemutatására, a kísérletről szóló prezentációra a verseny nyitónapján Power Point vagy Prezi alkalmazásával került sor. A bemutatáshoz a rendelkezésre álló idő 10 perc volt. A megadott időt egyetlen csapat lépte túl, a többség nem használta ki azt. A prezentációk a zsűri (Jarosievitz Beáta, Sükösd Csaba, Kovách Ádám, Hadházy Tibor és Cseh Imre) véleménye alapján még sok kívánnivalót hagynak maguk után.

## A verseny két napja

### Az első nap fő munkafeladatai

#### *Zártvégű feladatsorok megírása*

Az első feladatsor a kiadott kutatásokat foglalta össze. A feladatlap 20 állítást tartalmazott, amelynek igazságtartalmáról kellett a csapatoknak dönteni. A helyes

döntés másfél pontot, a hibás nulla pontot ért. Azok az állítások, amelyeknél a csapatok nem tudtak dönteni egy pontot értek. A döntésképtelenséget maximum öt alkalommal jelezheték a versenyzők.

A másik feladatlap kérdéseinek témája az emberi test fizikai nézőpontból. Ezen a lapon a témával kapcsolatos feladathelyzetekre kaptak a versenyzők néhány alternatívát, amelyek közül több is választ adhattott a feltett kérdésre. A csapatok feladata volt megtalálni az összes lehetőséget úgy, hogy a hibás válaszok ne kerüljenek be a kiválasztottak közé. A tökéletesen teljes válasz két pontot, ha a válaszban egy hiány vagy egy hibás válasz szerepelt, egy pontot ért. A feladatlapokat Cseh Imre állította össze.

#### *Előkészített kísérlet bemutatása, prezentáció*

A csapatok saját munkamegosztásuknak megfelelően mutatták be az elkészített kísérleti eszközt, hajtották végre a kísérletet, illetve demonstrálták a kiválasztott részeket. A szóbeli kommunikáción belül az előadói készség, az igényes fogalmazás, az esztétikus bemutatás mellett itt is jelentős szerepe volt a jól megválasztott és megszerkesztett IKT alkalmazásnak.

### A második nap fő munkafeladatai

*Szimulációval támogatott kísérletsorozat végrehajtása az animáción rendelkezésre álló mérőeszközök alkalmazásával*

A feladatot a kiadott utasítássorozatnak megfelelően lépésenként végrehajtva, több mérés elvégzésé-



vel, megállapításokkal, majd következtetések levonásával teljesítették a versenyzők. A számítógéppel megvalósított kísérletek a diákok körében népszerűek, azok módszeres alkalmazása azonban még nem egységes. A versenyt megelőző héten az egyenlőtlen ségek csökkentése érdekében a regisztráló csapatok megkapták azt a linket, amelynek alapján a kísérletso-rozat a versenyen zajlott: <https://phet.colorado.edu/en/simulation/fluid-pressure-and-flow>.

#### *Kísérleti feladatok az ember „mérhető” fizikai tulajdonságai alapján*

A feladatok egyszerű eszközökkel, könnyen és rövid idő alatt megvalósítható mérésekkel és számításokkal kiegészített elemeket tartalmazó részekből álltak. A kísérleti feladatok végrehajtására ugyanannyi idő állt a csapatok rendelkezésére. Ez alatt az idő alatt a munkatempó függvényében akár három méréssel is foglalkozhatott egy csapat. A mérések a manuális készség, a mérőeszköz használatának készsége, az elemi számolási készség, valamint a kritikai érzék fejlesztését egyaránt szolgálták. Ugyanakkor a versenyzők az időkorlát miatt olyan helyzetbe kerültek, amelyben felelős döntést kellett hozniuk társuk, és az általuk képviselt intézményre vonatkozóan: vagy kevés, de alaposan átgondolt kísérletet végeznek el, vagy mindegyik kísérletbe belekóstolnak. A tapasztalatok alapján a versenyzők nem a minőség, inkább a mennyiség szempontját választották a döntés alapjául.

A kísérleti eszközök listáját, valamint az ötletet, amelynek alapján a kiadott kísérleteket a versenyzők elvégezték, minden nevező csapat előzetesen megkapta: [http://titan.physx.u-szeged.hu/modszertan/jatsszunk\\_fizikat.html](http://titan.physx.u-szeged.hu/modszertan/jatsszunk_fizikat.html).

#### A verseny díjazása

A versenyen részt vevő valamennyi csapat Szalay Sándor Emlékoklevelet kapott.

Az induló csapatok között korosztályonként hirdünk I., II. és III. helyezettet.

Az első korcsoport (a 7–8. évfolyam) versenyzői közül első helyezett lett a Budapest, Deák Téri Evangélikus Gimnázium csapata: *Takács Anna* és *Lenhardt Máté*, felkészítő tanáruk: *Szőkéné Mezősi Tímea*.

A második korcsoport (a 8–9. évfolyamosok) első helyezettje ugyancsak a Budapest, Deák Téri Evangélikus Gimnázium csapata: *Fábián Csenge* és *Csoma Rita*, felkészítő tanáruk: *Szőkéné Mezősi Tímea*.

A 11–12. évfolyamos tanulók korcsoportjában a Bonyhádi Petőfi Sándor Evangélikus Gimnázium tanulói: *Bősze Zsófia* és *Szász Norbert* – felkészítő tanáruk *Wiandt Péter* – lettek a legjobbak.

Ezen kívül a legjobb eredményt elért különböző évfolyamú koedukált csapat különdíjban részesült.

Mint minden évben, az ATOMKI is felajánlott egy különdíjat, amelyet a legeredményesebb kísérletező csapat nyert el.

**2015. ÁPRILIS 18. A FIZIKA MINDENKIÉ**

2015 a Fény Nemzetközi Éve, rendezvényünk fókuszában a FÉNY áll.  
Tanároddal, barátaiddal, szüleiddel vegyél részt az országos fizikanapon!

Információért látogass el weboldalunkra:  
**WWW.AFIZIKAMINDENKIE.KFKI.HU**

Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat szervezésében

A FÉNY NEMZETKÖZI ÉVE 2015

Támogatók: Wigner EK Tungstam Schröder

## A TÁRSULATI ÉLET HÍREI

### Jelölési/pályázási felhívás az Eötvös Loránd Fizikai Társulat kitüntető érmeire, valamint felsőoktatási és tudományos díjaira

Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat Díjbizottsága jelöléseket, illetve pályázatokat vár a Társulat 2015. évi kitüntető érmeire, valamint felsőoktatási és tudományos díjaira. Kérjük a Társulat szakcsoportjait, területi csoportjait és valamennyi tagunkat, hogy a kitüntetésre érdemes kollégákat és tudományos eredményeiket bemutató javaslataikat *2014. március 10-ig* szíveskedjenek eljuttatni a Társulat titkárságára (1092 Budapest, Ráday utca 18. földszint III.). A tudományos díjakat a kutatók saját kezdeményezésükre is megpályázhatják.

A Társulat elnöksége 2015. január 14-i ülésén pontosította az egyes társulati díjakkal elismert tudományos teljesítmények jellegét. Meghatározta azokat a hosszabb időszakban végzett egyenletesen magas színvonalú tevékenységet elismerő díjakat, amelyek *kiegészítik a tudományos kiválóságnak az MTA doktora címmel történő elismerésébe tartozó kört*. Mellettük definiálta a kutatói pálya kezdeti (az MTA-doktor cím elnyerése előtti) szakaszán elért, tematikusan jól körülhatárolt eredményeket elismerő díjak körét. Megfelelően módosította a két körbe tartozó jelölések/pályázatok benyújtására szolgáló adatlapokat, a díjak jellegéhez igazította az előírt mellékleteket. Immár elegendő a mellékletek nagy részének nyilvános (speciális esetben a Díjbizottság tagjaira korlátozott) adatbázisokból történő elérhetősége.

Az adatlapok letölthetők az Eötvös Társulat honlapjának (<http://www.elft.hu>) díjszekciójából, ahol egyben az elbírálási eljárás részleteire vonatkozó ismertetés is megtalálható. Kérjük, hogy a jelölések megfogalmazásában vegyék figyelembe az ismertető információit. Az ismertetés minden díjat hozzákapcsol legalább egy szakcsoport kutatási területéhez, amely szakcsoport ajánlásának beszerzése ajánlatos, de nem kötelező. A tudományos díjak elnyerésének nem előfeltétele a társulati tagság.

A díjakat a Társulat 2015. május végi küldöttgyűlése keretében ünnepélyesen osztjuk ki.

#### 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 fizikai gondolkodás terjesztéséért” *Prometheusz-éremmel* tüntetheti ki a Társulat azt, aki a fizikai műveltség fokozásához országos hatással hozzájárult.

##### *A Társulat Eötvös Plakett emléktárgya*

annak a tagnak/személynek ítélt 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 és felsőoktatási díjak

Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat az alábbi tudományos, illetve felsőoktatási díjakat adományozhatja.

##### *Felsőoktatási díj*

„A fizika felsőfokú (egyetemi és főiskolai) oktatásban és a tanárképzésben sok évtizedes kiemelkedő alkotó és nevelő munkáért”;

##### *Selényi Pál-díj*

„Az alapvető jelenségek kísérleti vizsgálatában, továbbá azokon alapuló technikai eszközök nagy eredetiségű fejlesztésében *hosszú időn át végzett* magas színvonalú munkásságért, nemzetközi érdeklődést kiváltó eredményekért”;

#### *Bozóky László-díj*

„A sugárfizika és a környezettudomány területén *hosszú időn át végzett* magas színvonalú munkásságért, nemzetközi érdeklődést kiváltó eredményekért”;

#### *Bródy Imre-díj*

„Magas színvonalú elvi megfontolásokkal a fizika alkalmazásai területén *hosszú időn át végzett* színvonalas munkásságért, nemzetközi érdeklődést kiváltó eredményekért”;

#### *Budó Ágoston-díj*

„Az optika és a molekulafizika területén, elsősorban kísérleti vizsgálatokban elért, jelentős nemzetközi visszhangot kiváltó, kiemelkedő eredményért”;

#### *Detre László-díj*

„A csillagászatban, valamint bolygónkkal és annak kozmikus környezetével foglalkozó fizikai kutatások területén elért, jelentős nemzetközi visszhangot kiváltó, kiemelkedő eredményért”;

#### *Gombás Pál-díj*

„A kvantumelmélet atom- és molekulafizikai alkalmazásában, továbbá a statisztikus fizikában végzett elméleti kutatásokkal elért, jelentős nemzetközi visszhangot kiváltó, kiemelkedő eredményért”;

#### *Jánossy Lajos-díj*

„A nagyenergiás fizika ( kozmikus sugárzás, részecskefizika és nehézion-fizika) kísérleti kutatása és a kísérleti

eredmények fenomenologikus értelmezése területén elért, jelentős nemzetközi visszhangot kiváltó, kiemelkedő eredményért”;

#### *Novobátzky Károly-díj*

„Az elméleti fizikai kutatásokban elért, jelentős nemzetközi visszhangot kiváltó, kiemelkedő eredményért”;

#### *Gyulai Zoltán-díj*

„A szilárdtestek és a kondenzált anyag fizikájának kísérleti módszerekkel történő kutatásában elért, jelentős nemzetközi visszhangot kiváltó, kiemelkedő eredményért”;

#### *Schmid Rezső-díj*

„Az anyag molekuláris szintű szerkezetét felderítő, jelentős nemzetközi visszhangot kiváltó, kiemelkedő eredményért”;

#### *Szalay Sándor-díj*

„Az atom- és atommagfizikában, illetve ezek interdiszciplináris alkalmazási területén elért, jelentős nemzetközi figyelmet kiváltó, kiemelkedő eredményért”;

#### *Szigeti György-díj*

„A lumineszcencia- és félvezető-kutatásokban elért, jelentős nemzetközi visszhangot kiváltó, kiemelkedő eredményért”.

*Kürti Jenő*  
főtitkár

*Kamarás Katalin*  
a Díjbizottság elnöke

## HÍREK ITTHONRÓL

### Rátz Tanár Úr Életműdíj, 2014

2014. november végén is a Magyar Tudományos Akadémián adták át a Rátz Tanár Úr Életműdíjakat. Az Ericsson Magyarország, a Graphisoft és a Richter Gedeon Nyrt. által létrehozott Alapítvány a Magyar Természettudományos Oktatásért 2001 óta ítéli oda az életműdíjat, amely mára a hazai természettudományos oktatás és egyben a közoktatás egyik legrangosabb elismerése lett. A Rátz Tanár Úr Életműdíjat évente két-két matematika-, fizika-, kémia- és 2005 óta két biológiaszakos tanárnak ítélnek oda, aki kimagasló szerepet tölt be tárgya népszerűsítésében és a fiatal tehetségek gondozásában.

„A tudásalapú társadalomban a legfontosabb infrastruktúra az oktatás, ezért ne csak világhírű tudósaink, hanem tanáraik nevét is ismerjük...” – így szól a Rátz Tanár Úr Életműdíj mottója. Amikor világhírű, magyar származású tudósainkkal büszkélkedünk, kevés szó esik tanáraikról. *Rátz* tanár úr a legendás Fasori Gimnázium tanára volt és többek között *Neumann Jánost* és *Wigner Jenőt* is tanította. Az alapítvány az ő nevét vá-

lasztotta, hogy adózzon nagy múltú és kiváló oktatási kultúránk előtt és méltányolja azon pedagógusainkat, akik ma is áldozatos szakmai munkájukkal és kiemelkedő eredménnyel képzik a jövő tehetségeit.

A három vállalat továbbra is kiemelt figyelmet fordít nemcsak a természettudományos oktatás támogatására, hanem arra is, hogy a kinevelt tehetségeknek olyan munkalehetőséget kínáljanak, amiért érdemes hazájukban maradva keresni a szakmai boldogulást.

### 2014. díjazott fizikatanárai

*Tóth Eszter* 1971-ben matematika-fizika-ábrázoló geometria szakos tanárként végzett az Eötvös Loránd Tudományegyetemen, majd 1976-ban doktori fokozatot szerzett.

Életét a tanítás, kutatás iránti szeretet vezérli mind a mai napig. Elsőrendű feladatának tekinti a természettudományos szemlélet kialakítását. Tanítási tevé-



kenységét a precizitás és elhivatottság jellemzi. A sok kísérletezéssel egybekötött fizikatanítás híve. Ezt nemcsak saját iskolájában, a váci Boronkay György Műszaki Középfiskola és Gimnáziumban végzi, hanem máshol is bemutatja, népszerűsítve ezzel a fizikát, a felfedezés örömet.

A fizika népszerűsítése iránti tevékenységét dicséri, hogy egykori tanítványai közül ma többen fizikusként tevékenykednek. A fizika tanításával kapcsolatos ismereteit nagy számban publikálta mind hazai, mind nemzetközi fórumokon. Középfiskolások számára több könyvet írt.

Több mint 20 éven keresztül rendszeres résztvevője volt az Országos Fizikatanári Ankétoknak, ahol több előadást és műhelyfoglalkozást tartott saját kutatásairól. Neki nem elég a 37 tanítási hét az iskolában, hiszen még a nyári szünetekben is fizikatáborokat szervez, amelyekre diákjai örömmel mennek.

Zátonyi Sándor matematika-fizika szakos tanári diplomáját 1977-ben szerezte a szegedi József Attila Tudományegyetemen. 2005-től nyugdíjba vonulásáig tanított a békéscsabai Szent-Györgyi Albert Gimnázium, Szakközépfiskola és Kollégiumban.

Magas szintű szakmai tevékenysége mellett társadalmi feladatokat is végez. Az Eötvös Loránd Fizikai Társulatnak 1977 óta tagja, a Békés Megyei csoport elnöke. Egyik szervezője a Békéscsabán megrendezett, nagysikerű *Játsszunk fizikát!* interaktív kiállításnak.



A kitüntetettek, balról első Tóth Eszter, mögötte Zátonyi Sándor.

A fizikatanári ankétok eszközkiállításain és műhelyfoglalkozásain rendszeresen szerepel, eszközeit, előadásait nagy siker övezi. A számítástechnika és a fizika tanításához kapcsolódóan számos továbbképzést, tanfolyamot vezetett, számítógépes programokat írt a fizika tanításának elősegítésére.

Internetes honlapjai jelentős módszertani segítséget nyújtanak a fizikatanároknak. Tanácsaival, módszertani tapasztalatával szívesen segíti kollégái munkáját, és számos versennyel és vetélkedővel lepte már meg a megye és a város általános és középfiskolás diákjait is.

Társulatunk és a *Fizikai Szemle* szívből gratulál a kitüntetetteknek.

## HÍREK A NAGYVILÁGBÓL

### Az USA két új világklasszis szuperszámítógépet fog építeni

Az USA Energiaügyi Minisztériuma (DOE) bejelentette, hogy két projektet fog indítani a számítástechnika mai csúcsteljesítményének jelentős növelésére. A DOE 325 millió dollárt szán két extrém méretű szuperkomputer megépítésére az Oak Ridge és a Livermore Nemzeti Laboratóriumokban. Az ügynökség továbbá 100 millió dollárt szán a FastForward2 elnevezésű programra, amelynek feladata az új gépeken futó szoftverek és alkalmazások tökéletesítése lesz. Bár az új gépek specifikációi jelenleg még cseppfolyós állapotban vannak, a gépek csúcsebessége várhatóan 100 és 300 petaflop között lesz. (Egy petaflop másodpercenként  $10^{15}$  lebegőpontos műveletnek felel meg.) Ez fontos állomás lesz az első exaskálájú ( $10^{18}$  flop) szuperszámítógép létrehozásának útján, amely a nagy teljesítményű számítástechnika következő mérföldköve lesz.

„Nagyszerű” – mondta *Jack Dongarra*, a Tennessee Egyetem, Knoxville szuperkomputer szakértője. – „Az új gépek csak egy lépésre vannak az exaskálától. Ez lesz az elrugaszkodási pont.” Ez azt is jelentheti, hogy a fejlődés jelenlegi üteme mellett az első exaskálájú szuperkomputer 2022-2023 körül fog munkába állni.

A *Summit* elnevezésű, Oak Ridge-i szuperkomputer a tudományos közösség rendelkezésére fog állni, várhatóan 300 petaflop sebességgel. A Livermore-ba telepítendő *Sierra* elnevezésű gépet 200 petaflop sebességgel a Nukleáris Nemzetbiztonsági Hivatal fogja használni az amerikai atomfegyverek működésének és biztonságának tesztelésére. Mindkettőt várhatóan 2017-ben adják át és 2018-ban állnak munkába.

A gépek túl fogják szárnyalni az Egyesült Államok jelenlegi sebességbajnokát, a 27 petaflop sebességű *Titan*t. Gyorsabbak lesznek a jelenlegi világrekordernél, a 35 petaflop csúcsebességű kínai *Tianhe-2* gépnél.

Az új számítógépek új felfedezéseket fognak lehetővé tenni számos területen, az anyagtudománytól kezdve az atomfegyverek mérnöki technológiáig. „A nagy teljesítményű számítástechnika elengedhetetlen része a tudomány és technológia azon területeinek, amelyekre az Egyesült Államok igényt tart versenyképességének fenntartásához, valamint a gazdaság fejlődésének és a nemzetbiztonságnak a garantálásához” – jelentette ki *Ernest Moniz*, az Egyesült Államok energiaügyi minisztere.

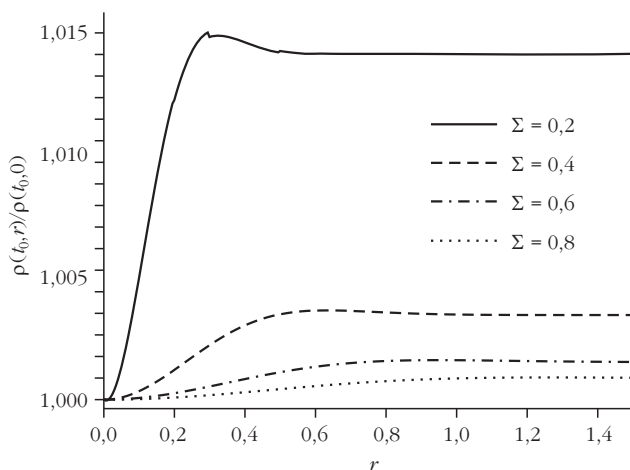
(<http://news.sciencemag.org>)

# EURÓPAI ÉRDEKESSÉGEK A *EUROPHYSICS NEWS* VÁLOGATÁSÁBÓL (2014. szeptember–november)

## Elsődleges görbületi perturbációk és a kozmológiai állandó

A. E. Romano, S. Sanes Negrete, M. Sasaki, A. A. Starobinsky: Non-perturbative effects of primordial curvature perturbations on the apparent value of a cosmological constant *Eur. Phys. Lett.* 106 (2014) 69002.

A Standard Kozmológiai Modell arra a feltevésre épül, hogy a Világegyetem elegendően nagy méretek tartományában homogén és izotróp. Az infláció természetes magyarázatot ad a homogenitásra az Univerzum exponenciális tágulási korszaka révén, és egyben a metrika fluktuációit is megjósolja, jó egyezésben a kozmikus mikrohullámú háttérsugárzás megfigyelt anizotrópiájával és a galaxisok térbeli eloszlásában megfigyelhető legnagyobb skálájú szerkezetekkel.



Különböző szélességű gauss-i profilú görbületi fluktuációkra ráépülő sűrűségprofilok. A függőleges tengelyen a sűrűségnek a centrális sűrűséghez viszonyított értéke szerepel. A vízszintes tengelyen a lokális görbületi perturbáció középpontjától a Hubble-hosszúság egységében mért távolság szerepel. A Gauss-profil  $\sigma$  szélességét is ebben az egységben mérik.

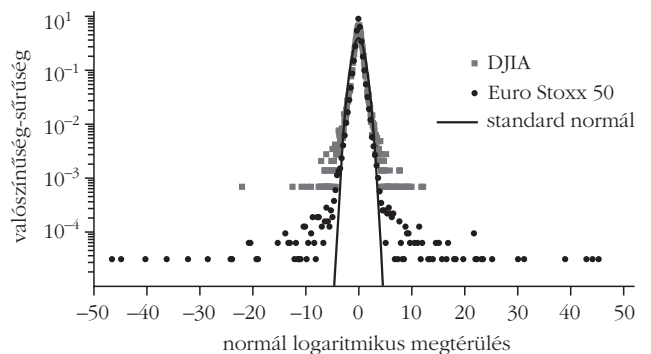
Ez a siker ösztönözte az inflációs forgatókönyv által jósolt elsődleges görbületi ingadozásokból kiépülő lokális sűrűségbeli inhomogenitások által a szupernóvák luminozitási távolságának mért értékére gyakorolt hatás vizsgálatát. Köztudott, hogy ebből a távolságból becsülik meg az Univerzum tágulásának gyorsulását, amelynek legegyszerűbb modellje a kozmológiai állandó nem-nulla értékéből indul ki. A szerzők azt találták, hogy a primordiális görbületi perturbációk átlagszintjétől való eltérésben az egyszeres, kétszeres és háromszoros szórás szintjét elérő sűrűségritkulások a kozmológiai állandó becsült értékében rendre 0,6%-os, 1%-os és 1,5%-os módosulást okoznak.

Ezek az eredmények felső korlátot jelentenek az elsődleges görbületi perturbációk okozta lokális nemlineáris szerkezet monopólus-komponensére, amelyet csak a kozmológiai perturbációszámításon túllépve (nem-perturbatíván) és teljes mértékben relativisztikus modellezéssel lehet tárgyalni.

## Piaci összeomlások és a pénzügyi adatok fraktális szerkezete

E. Green, W. Hanan, D. Heffernan: The origins of multifractality in financial time series and the effect of extreme events. *Eur. Phys. J. B* 87(2014) 129.

A pénzügyi adatok szerkezetének a várt fraktális szerkezettel való folyamatos összevetése segíthet a rendkívüli pénzügyi események korai felderítésében, mivel azok szabálytalan skálázást okoznak. A legfrissebb kutatások azt mutatják, hogy a pénzügyi adatok dinamikájának legszélsőségesebb eseményei – amelyek során nagyon nagy áringadozások jelentkezők – nem követik a multi-fraktális skálázási tulajdonságot. A szerzők ezeket a felismeréseket teszik közzé. Az egészséges pénzügyi piacok multi-fraktális tulajdonságainak értelmezése segítheti az extrém események bekövetkezését előrejelző szerkezeti jelzések azonosítását.



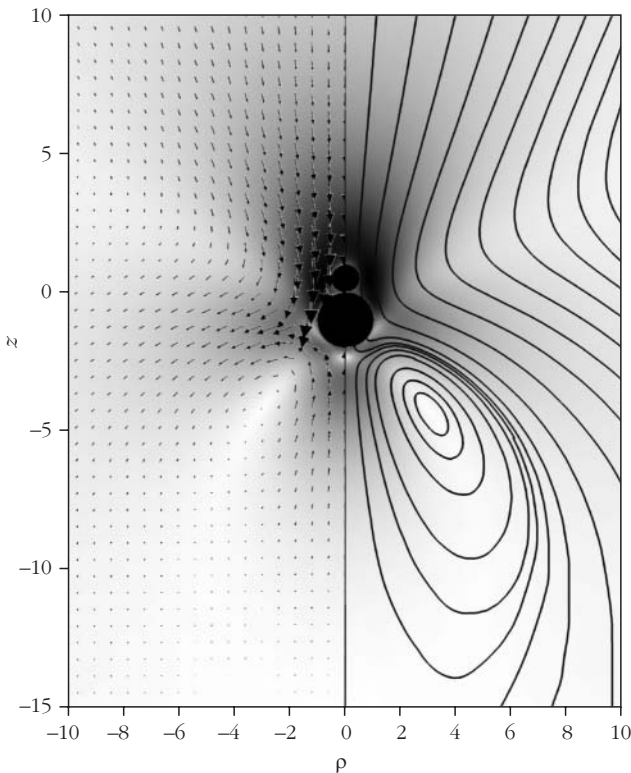
A percnként leolvasott árból a megtérülésekre számolt normált empirikus eloszlások az amerikai DJIA index (szürke négyzetek) és az Euro Stoxx 50 index (fekete körök) adataiból, összehasonlítva a standard normál eloszlással.

Ebben a vizsgálatban a szerzők két adatsor multi-fraktális tesztjét végezték el: a Dow Jones Industrial Average (DJIA) indexét és az Euro Stoxx 50 indexét. Azt bizonyítják, hogy pénzügyi megtérüléseknek az Euro Stoxx 50 indexből vett és logaritmikus skálán ábrázolt eloszlását eltorzítják az annak nehéz „farkát” alkotó szélsőséges események. Ennek következtében elromlik a fraktális skálázás tulajdonsága. A jelen munka következtetése ellentmond az extrém események korábbi vizsgálataiból levont tanulságnak, amely szerint az extrém események hozzájárulnak a multi-fraktalitáshoz.

## Optimális inerciális önmeghajtás tervezése „hóember”-alakú nanorobotra

F. Nadal, O. S. Pak, L. Zhu, L. Brandt, E. Lauga: Rotational propulsion enabled by inertia. *Eur. Phys. J. E* 37(2014) 60.

A kutatás a kis nagyságú, de véges tehetetlenségi erők hatását vizsgálja a mikro- és nano-méretű úszó gépek meghajtására. Következtetéseknek érdekes következményei lehetnek biomedikális alkalmazásokban.



Áramvonalak (jobb oldal) és sebességtér (bal oldal), amelyet kis nagyságú tehetetlenségi erő hoz létre (egymással érintkező gömbökből álló „súlyzó” esete).

A meghajtás szempontjából a mozgó test méretének jelentős szerepe van. Úszó mikroorganizmusokra (például a baktériumok, spermatozómok) a környező folyadék által gyakorolt viszkozus erőhatáshoz képest viszonylag kicsiny inerciális erők hatnak. Ez az alacsony szint nagy kihívást jelent ezen organizmusok önmeghajtó képességének értelmezésében. A szerzők azt találták, hogy az inerciális erők által létrehozott meghajtás iránya ellentétes a viszko-elasztikus folyadék erőhatásával. Vizsgálati eredményük elősegítheti a mozgékonyág szempontjából optimalizált önmeghajtó mikro- és nano-méretű úszó gépek ter-

vezését az orvosi alkalmazások céljára. A tanulmány azt mutatja ki, hogy egy forgó súlyzót, amely egy kis és egy nagy gömbből áll, a tisztán viszko-elasztikus folyadékból a nagy gömbre ható inerciális erők úgy hajtják meg, hogy a egész súlyzó a kis gömb irányában képes előrehaladni. Számításaik alapján a szerzők optimalizálják az önmeghajtó, kis méretű súlyzó geometriáját.

## A modern háromtesterők okozzák a neutroncsillagok kollapszusát

D. K. Gridnev, S. Schramm, K. A. Gridnev, W. Greiner: Nuclear interactions with modern three-body forces lead to the instability of neutron matter and neutron stars. *Eur. Phys. J. A* 50(2014) 118.

A könnyű atommagoktól a nagy tömegű neutroncsillagokig terjedő skálán sikeresen modellezhető magfizikai rendszerek megfelelően választott kettés- és háromtesterőkkel. Elektrosztatikából ismert, hogy két azonos méretű, homogén töltésű gömb egymástól tetszőleges távolságra taszító hatást fejt ki a másikra, amely azonban eltűnik, amikor tökéletes fedésbe kerülnek. Hasonló módon, a háromtesterők egyes újabb modern kifejezéseiben a magfizikai taszítás a három nukleon között megszűnik, ha ugyanabban a térbeli pontban találhatók.

A szerzők matematikai szigorúságú bizonyítást adnak arra, hogy az ilyen tulajdonságú háromtesterők a nagy nukleonrendszerek (például a neutroncsillagok) összeomlását okozzák. A hatás 10 000 feletti neutronszám esetén válik észlelhetővé: a neutronok olyan kötött rendszert alkotnak, amelynek kötési energiája a neutronszám köbével nő. Egy ilyen rendszer sűrűségét illusztrálja a következő oldalon látható *ábra*. Ahhoz, hogy mindez összeegyeztethető legyen a neutroncsillagokra vonatkozó ismereteinkkel, miszerint az alkotórészekre jutó fajlagos energia véges, a háromtesterők modelljeit óvatosan úgy kell megválasztani, hogy a magtörzsek taszító hatása akkor se szűnjék meg, ha a nukleonhármak tökéletes fedésbe kerülnek.

## A vízáblak kínálta leképezési esély

J. A. Pérez-Hernández, M. F. Ciappina, M. Lewenstein, A. Zaïr, L. Roso: High-order harmonic generation at high laser intensities beyond the tunnel regime. *Eur. Phys. J. D* 68(2014) 195.

Ez az elméleti kutatás részletesebb képet ad a vizes közegekben fellépő koherens sugárzás kialakulásának

Szerkesztőség: 1092 Budapest, Ráday utca 18. földszint III., Eötvös Loránd Fizikai Társulat. Telefon/fax: (1) 201-8682

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

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

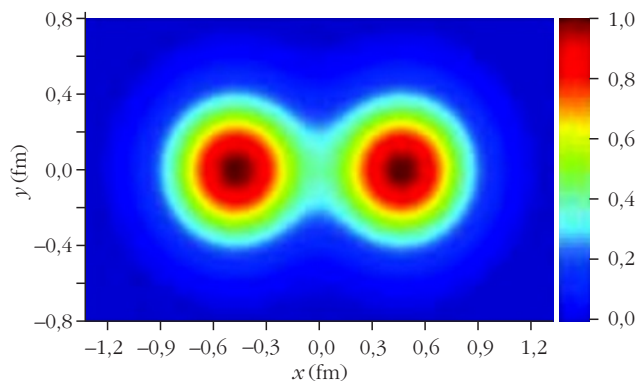
Kéziratokat nem őrünk meg és nem küldünk vissza. A szerzőknek tiszteletpéldányt küldünk.

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)

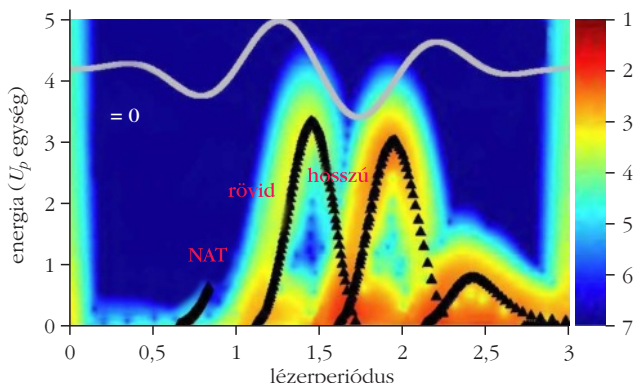


10 000 neutronból álló rendszer kollabált állapotának sematikusán ábrázolt sűrűségprofilja az  $x$ - $y$  síkban a ( $z$  tengely a neutronok elrendeződésének szimmetriatengelye). A polarizált neutronok, amelyek helytelenül parametrizált háromtesterőkkel hatnak kölcsön kis méretű, 0,9 fm távolságra lévő gömbökben koncentrálnak. Gridnev és munkatársai cikkéből.

mechanizmusáról. A kutatások végső célja az, hogy nagy kontrasztot eredményező képeket lehessen készíteni biológiai mintákról.

Hallott valaha is a vízablakról? Ez a sugárzás 3,3 és 4,4 nanométer hullámhossz-tartományba eső része, amelyet a biológiai szövet víztartalma nem nyel el. Az új elméleti elemzés azt igyekszik igazolni, hogy van lehetőség a vízablakba eső koherens sugárzás előidézésére. Ez az észrevétel megalapozhatja a nagy kont-

rasztú képalkotást biológiai mintákra, esetleg használható a nagy pontosságú spektroszkópiában is. A tanulmány olyan fizikai mechanizmust konstruál, amellyel nagy intenzitású lézerek az atomok és molekulák telítési küszöbén túl hatékonyan generálhatják magasabb harmonikusok sugárzását. A szerzők szándéka szerint ezzel jelentősen megjavíthatók a vízablakba eső koherens sugárzás előidézésére irányuló hagyományos technikák. A jelen munkában argon atomokra, korábbi közleményükben hidrogénre végeztek el számításait.



Az argonra három különböző lézerintenzitás esetén végzett numerikus szimulációból származtatott dipólusgyorsulás frekvenciaeloszlása (Pérez-Hernández és mksai ábrája).

EPJ.org

your physics journal

1998: The European Physical Journal launches its first 5 journals

EPJ A B C D E AP ST H PLUS DS PV WOC NBP TI

EPJ COVERS THE WHOLE SPECTRUM OF PHYSICS AND BEYOND

2014 8 Traditional journals (with OA option)



EPJ Web of Conferences



Open-access journal dedicated to archiving conference proceedings. It provides a permanent bibliographic record and makes the proceedings citable and widely available to the scientific community.

increase the visibility and enhance the profile of scientific events



7 Open Access journals



EPJ C Particles and Fields  
 EPJ Data Science  
 EPJ Photovoltaics  
 EPJ Nonlinear Biomedical Physics  
 EPJ Techniques and Instrumentation  
 EPJ Quantum Technology  
 EPJ Applied Metamaterials



# Gyere el a múzeumba!

A kiállítás  
korhatár nélkül,  
fényképes  
igazolvánnyal  
ingyenesen  
látogatható.

Nyitva tartás:  
hétfő-péntek: 8.00-15.00  
szombat: 9.00-13.00  
vasárnap: ZÁRVA

Érdeklődni lehet: 75/50-74-32

[www.atomeromu.hu](http://www.atomeromu.hu)

[www.facebook.com/paksiatomeromu](https://www.facebook.com/paksiatomeromu)



Atomenergetikai Múzeum



paksi  
atomerőmű





# Tájékoztató az Eötvös Loránd Fizika Társulat 2015. évi tagdíjairól

Tisztelt Kollégák!

Mindenekelőtt szeretném tolmácsolni a Társulat elnökségének üdvözlését és újrakezdését a Társulat tagjainak, a fizika barátainak és a *Fizikai Szemle* valamennyi olvasójának. Biztosíthatom Önöket, hogy a Társulat és a *Fizikai Szemle* az idén is változatlan erővel kívánja megvalósítani mindazokat a feladatokat, amelyek betöltésére Alapszabályában vállalkozott. A Társulat elnöksége célul tűzte ki, hogy – bár a Társulatnak és a *Fizikai Szemlének* nyújtott támogatások valószínűleg jelentősen csökkennek a 2015-ös évre – **a tagdíj mértékét nem emeljük** idén.

Kérem tehát, hogy a 2015. évre vonatkozó tagdíjukat, amely megegyezik a tavalyi, csökkentett díjjal az alábbiak figyelembevételével szíveskedjenek befizetni:

- Ha Ön a Társulatunk **rendes tagja**, akkor a 2015. évi tagdíja **8000 Ft**.
- Ha Ön a Társulat **rendes tagjaként általános vagy középiskolai tanár**, akkor 2015. évi tagdíja 800 Ft alaptagdíj + 4200 Ft kiegészítő tagdíj, azaz összesen **5000 Ft**. (Az alap- és kiegészítő tagdíjat együtt kérjük befizetni.)
- Ha Ön **nyugdíjasként** **rendes tagja** a Társulatnak, 2015. évi tagdíja **3000 Ft**. Ezúttal is tisztelettel kérem azokat a nyugdíjas korú tagjainkat, akik nyugdíjuk mellett teljes munkaviszonnyal vagy közalkalmazotti jogviszonnyal rendelkeznek, hogy a tagdíjfizetés szempontjából ne tekintsék magukat nyugdíjasnak!
- Ha Ön **tanulmányait végzi** (felsőoktatási intézmény hallgatója és munkaviszonnyal nem rendelkezik, vagy középiskolai tanuló), akkor kedvezményes tagdíja **3000 Ft**. Ugyancsak **3000 Ft** a kedvezményes tagdíja minden **30 évnél fiatalabb** kollégának (vagyis aki 1985 után született). Kérjük, aki ezzel a lehetőséggel élni kíván és még nem adta meg születési adatait a tagnyilvántartáshoz, írja meg ezt a Társulat titkárságának (elft@elft.hu).

Ugyancsak kérem, hogy bármilyen adatváltoztatást (például e-mailcím megváltozását) közöljenek a titkársággal az on-line felületen, <http://elft.hu/content/tagfelveteli-kerdoiv>, vagy közvetlenül e-mailben (elft@elft.hu).

Kérem, hogy tagdíjukat mielőbb szíveskedjenek rendezni, lehetőség szerint átutalással a **K&H-nál vezetett 10200830-32310274-00000000** számú folyószámlánkra. A közlemény rovatba a befizető nevét kérjük feltüntetni. (Ezáltal a csekkadó megfizetése elkerülhető!) A Titkárságon lehetőség van készpénzes befizetésre is, illetve onnan csekk is kérhető. Tagjainknak tagsági jogon járó *Fizikai Szemle* folyamatos küldését csak azok számára tudjuk biztosítani, akik 2015. évi tagdíjukat rendezték. Felhívom szíves figyelmüket arra, hogy tagdíjuk megfizetését munkahelyük esetleg átvállalja.

Szintén felhívom a figyelmet az **önkéntes többletfizetés** lehetőségére. Kérem, hogy a leírtakra, különösen az utóbbira **külföldön élő** ismerőseiknek is hívják föl a figyelmét, nekik a *Fizikai Szemlét* pdf formában, e-mailen küldjük el, ha nyomtatott *Szemlét* kérne, akkor kérjük vegye figyelembe a lényegesen magasabb postaköltséget. A Társulatba belépni a honlapról lehet: <http://elft.hu/tagfelvetel>.

Az EPS-be csak egyéni tagként lehet belépni. Kérem a kollégákat, hogy a hazai fizika megfelelő képviselője érdekében az **EPS-be minél nagyobb számban lépjenek be**. Az EPS-be annak weblapján, a [www.eps.org](http://www.eps.org) címen lehet belépni; ugyanott lehet fizetni az EPS-tagdíjat is. Az ELFT az EPS taggyegete, így az ELFT tagjai az EPS legkedvezőbb egyéni tagdíját fizetik.

Felhívás tagjainkhoz és a fizika minden barátjához

Tájékoztatom a Társulat tagjait és a *Fizikai Szemle* olvasóit, hogy a 2013. évről szóló **jövedelemadó-bevalláshoz kapcsolódó felajánlások** révén a Társulat 2014-ben **676 997 Ft** bevételhez jutott, amit a korábbi évekhez hasonlóan teljes egészében a *Fizikai Szemle* megjelenetési költségeinek részbeni fedezeteként használtunk fel. E támogatás tette lehetővé többek között azt is, hogy tagjaink folyamatosan megkaphatták Társulatunk folyóiratát, amiért köszönetünket fejezzük ki a Társulat javára rendelkezőknek. Kérem a fizika minden barátját, hogy ha teheti, az idén is rendelkezék személyi jövedelemadója 1%-ának a Társulat céljaira való felajánlásáról és buzdítsa erre barátait, ismerőseit is. Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat nyilatkozaton feltüntetendő adószáma: **19815644-2-41**.

Tisztelettel:

Kürti Jenő  
főtitkár

## EGYSZA

### RENDELKEZŐ NYILATKOZAT A BEFIZETETT ADÓ 1 SZÁZALÉKÁRÓL

Az adózó neve: \_\_\_\_\_

Adóazonosító jele:

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

A kedvezményezett neve:  
(Ennek kitöltése nem kötelező.)

Eötvös Loránd Fizikai Társulat

A kedvezményezett adószáma:

19815644 - 2 - 41

Tisztelt „FIZIKA BARÁTJA” adózó!

Ha önbevalló és postán küldi be adóbevallását, akkor ezt a lapot kitöltve helyezze el a borítékban, vagy a bevallási csomagban szereplő „EGYSZA” lapra írja be a Társulat adószámát!

Ha önbevalló és elektronikusan tölti ki adóbevallását, akkor kérjük az „EGYSZA” lapon a Társulat adószámát szerepeltesse!

Ha a munkáltatója végzi el az adóbevallást, akkor 2015. május 11-ig lezárt, adóazonosító jelével ellátott, ragasztott felületére átnyúlóan, saját kezűleg aláírt postai borítékban adja át kitöltött nyilatkozatát!

Ha már bevallotta az SZJA-t, de még nem rendelkezett annak 1%-áról, akkor a kitöltött nyilatkozatot helyezze borítékba, és azon feltüntetve nevét, lakcímét, adóazonosító jelét küldje el a Nemzeti Adó és Vámhivatal, 1449 Budapest címre! Ne feledje, csak a 2015. május 20-ig elküldött rendelkező nyilatkozatot fogadják be a NAV!