

# fizikai szemle

A large, colorful nebula with a blue core and orange outer rings, set against a starry black background. The nebula is the central focus, with a bright blue core surrounded by a ring of orange and yellow gas. The background is filled with numerous stars of varying brightness and colors, including white, yellow, and blue.

2009/6

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

Főszerkesztő:

Szatmáry Zoltán

Szerkesztő bizottság:

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

Szerkesztő:

Füstöss László

Műszaki szerkesztő:

Kármán Tamás

A folyóirat e-mailcíme:

szerkesztok@fizikaiszemle.hu

A lapba szánt írásokat erre a címre kérjük.

A folyóirat honlapja:

<http://www.fizikaiszemle.hu>

A címlapon:

A Csiga-köd (NGC 7293) az ESO chilei  
obszervatóriumában készített felvételen.  
A ködöt a centrumában található 120 000 K  
felszíni hőmérsékletű csillag erős  
UV-sugárzása készíti fénylőre. A köd jól  
kijáratódó finomszerkezetén kívül  
érdemes megfigyelni a háttérben látható  
távoli extragalaxisokat is. (ESO/MPS/WFI)

A hátsó borítón:

A Naprendszer keletkezésének fázisai  
a Jack Hughes (Rutgers University,  
New Jersey, USA) által alkotott  
fantáziaképen (Megszondázzuk  
a Naprendszert című cikkünkhöz).

## TARTALOM

<i>Kereszturi Ákos:</i> Megszondázzuk a Naprendszert	193
<i>Horváth Dezső:</i> Anyag és antianyag (avagy angyalok és démonok?)	200
<i>Hartmann Ervin:</i> Növekedési, egyensúlyi és oldási kristályformák	205
<i>Kovács Ferenc:</i> Üzemidő-hosszabbítás a Paksi Atomerőműben	207
<i>Geszti Tamás:</i> Tisza László, 1907–2009	209
<i>Pecz Béla:</i> Mojzes Imre, 1948–2009	210

### A FIZIKA TANÍTÁSA

<i>Poór Attila:</i> Saját fejlesztésű AD-konverter az oktatás szolgálatában	211
<i>Szabó Árpád:</i> A fizikatanítás kialakulásáról, fejlődéséről és jelenlegi helyzetéről	216

### VÉLEMÉNYEK

<i>Laczkovich Miklós:</i> Bologna és a tanárképzés	218
A „Matematikai közoktatás a PISA/TIMSS felmérések tükrében” műhelykonferencia eszmecseréinek következtetesei	221

### PÁLYÁZATOK

HÍREK – ESEMÉNYEK	225
-------------------	-----

<i>Á. Kereszturi:</i> New devices and methods of solar system research	
<i>D. Horváth:</i> Matter and antimatter: Angels & Demons?	
<i>E. Hartmann:</i> Shape variations depending on the method of obtaining crystals: by growth, keeping in equilibrium or dissolving	
<i>F. Kovács:</i> The prolongation of service life in the Nuclear Power Plant Paks	
<i>T. Geszti:</i> László Tisza, 1907–2009	
<i>B. Pecz:</i> I. Mojzes, 1948–2009	

### TEACHING PHYSICS

<i>A. Poór:</i> An A/D converter developed for the use in education	
<i>Á. Szabó:</i> Education in physics: origins, developments and present state	

### OPINIONS

<i>M. Laczkovich:</i> Bologna and the training of teachers	
Highlights of discussions held at the workshop sessions on “Public education in mathematics as assessed by PISA/TIMSS”	

### TENDERS, EVENTS

<i>Á. Kereszturi:</i> Neue Geräte und Methoden der Erforschung unseres Sonnensystems	
<i>D. Horváth:</i> Materie und Antimaterie: Engel & Dämonen?	
<i>E. Hartmann:</i> Formabweichungen je nach der Art, Kristalle zu züchten: im Wachstum, Erhalten im Gleichgewicht oder durch Lösung	
<i>F. Kovács:</i> Die Verlängerung der Betriebsdauer im Kernkraftwerk Paks	
<i>T. Geszti:</i> László Tisza, 1907–2009	
<i>B. Pecz:</i> I. Mojzes, 1948–2009	

### PHYSIKUNTERRICHT

<i>A. Poór:</i> Ein AD-Konverter eigener Entwicklung und seine Anwendung im Unterricht	
<i>Á. Szabó:</i> Physikunterricht: Ursprünge, Entwicklung und gegenwärtiger Stand	

### MEINUNGSÄUSSERUNGEN

<i>M. Laczkovich:</i> Bologna und die Ausbildung von Lehrern	
Lehren der Diskussionen einer Workshop-Konferenz über „Die Allgemeinbildung in Mathematik in der Sicht der Untersuchungen von PISA/TIMSS”	

### AUSSCHREIBUNGEN, EREIGNISSE

<i>A. Керестури:</i> Новые зонды и способы исследования нашей Солнечной системы	
<i>Д. Хорват:</i> Вещество и анти-вещество: ангелы и демоны?	
<i>Э. Хартман:</i> Формы кристаллов, полученных способами роста, держания в равновесии и растворения	
<i>Ф. Ковач:</i> Удлинение продолжительности службы в АЭС Пакш	
<i>Т. Гестти:</i> Ласло Тиса, 1907–2009	
<i>Б. Печ:</i> Имре Мойзеш, 1948–2009	

### ОБУЧЕНИЕ ФИЗИКЕ

<i>A. Poór:</i> Аналог-цифровой конвертер собственного развития для целей обучения	
<i>Á. Szabó:</i> Обучение физике: начало, развитие и настоящее	

### ЛИЧНЫЕ МНЕНИЯ

<i>M. Laczkovich:</i> Болонья и обучение учителей	
Итоги дискуссий на конференции «Общее обучение математике по исследованиям PISA/TIMSS»	

### ОБЪЯВЛЕНИЯ-КОНКУРСЫ, ПРОИСХОДЯЩИЕ СОБЫТИЯ

Szerkesztőség: 1027 Budapest, II. Fő utca 68. Eötvös Loránd Fizikai Társulat. Telefon/fax: (1) 201-8682

A Társulat Internet honlapja <http://www.elft.hu>, e-postacíme: mail.elft@mtesz.hu

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

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

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

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

Megjelenik havonta, egyes szám ára: 780.- Ft + postaköltség.

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

# Fizikai Szemle

## MAGYAR FIZIKAI FOLYÓIRAT

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

LIX. évfolyam

6. szám

2009. június

## MEGSZONDÁZZUK A NAPRENDSZERT

Kereszturi Ákos  
Collegium Budapest,  
Mars Asztrobiológia Kutatócsoport

A Naprendszer űrszondás kutatása reneszánszát éli napjainkban (lásd *1. táblázat*). Az elmúlt években előtérbe került az apró égitestek vizsgálata, de a Holdhoz is több szonda indult. A Mars vizsgálata – az élet lehetősége miatt – továbbra is kiemelt témakör, és a Szaturnusz holdrendszerének elemzése is reflektorfénybe került. Az alábbiakban e témakörökből emelünk ki néhányat, különösen az elmúlt években született újdonságokra fókuszálva a *Csillagászat Nemzetközi Éve* kapcsán. A cikk végén rövid összefoglalóval kapcsoljuk össze az új ismereteket, és megemlítjük az egyes témakörökhöz kapcsolódó hazai kutatásokat is az irodalomjegyzékben.



dag, felszíne meglepően kevés vasat tartalmaz. A hatalmas becsapódásos Caloris-medence a holdi tengerekkel ellentétben nem sötétebbnek, hanem világosabbnak mutatkozott a környezeténél. Az új mérések alapján pedig a korábban 1300 km-esnek tartott Caloris-medence kissé nagyobb, 1550 km átmérőjű. Viszonylag fiatal, sötét aljzatú és törmelékta-  
rójú kráterek is mutatkoztak a bolygón (*1. ábra*). Emellett több, korábban ismeretlen vulká-

ni központot is azonosítottak, némelyiknél a robbanásos kitörés után visszahullott törmelék is látszik.

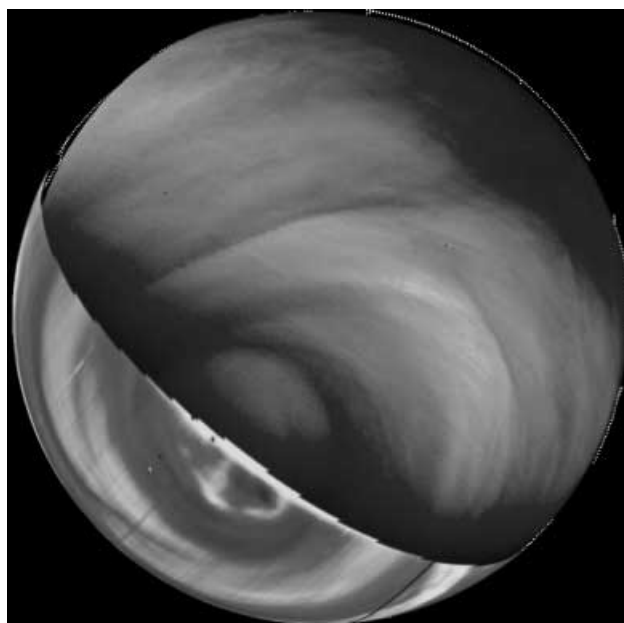
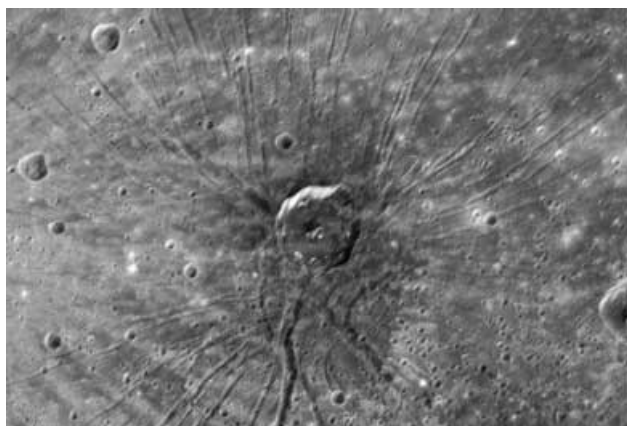
A Venus Express-űrszonda eredményei alapján a *Vénusz* bolygó egyenlítője és az 55 fokos vénuszrajzi szélessége közötti zónában a szélesebbé erősen

*2. ábra.* A Vénusz légköre a Venus Express-űrszonda VIRTIS (fent) és VMC (lent) kamerájával készült optikai és infravörös felvételen (ESA/VIRTIS, VMC teams).

### Belső szomszédaink és a Hold

A Messenger-űrszonda 2008. január 14-én és október 6-án is megközelítette a *Merkúrt*, a legbelső bolygót, megörökítve eddig ismeretlen területeinek nagy részét. Kiderült, hogy míg a bolygó belseje vasban gaz-

*1. ábra.* Egy 40 km átmérőjű kráter és a Caloris-medence centrumában található sugárirányú, csillagszerű töréses alakzat (NASA).



1. táblázat

Az 1990 után indított sikeres űrszondák a Naprendszer égitesteinek vizsgálatára

szonda	indítás éve	célpont	űrügynökség
Hiten, Hogoromo	1990	Hold	JAXA
Ulysses	1990	Nap, napszél	NASA, ESA
Mars Observer	1992	Mars	NASA
Clementine	1994	Hold	NASA
Wind	1994	Nap, napszél	NASA
SOHO	1995	Nap, napszél	NASA, ESA
Mars Global Surveyor	1996	Mars	NASA
Mars Pathfinder, Sojourner	1996	Mars	NASA
NEAR-Shoemaker	1996	Eros kisbolygó	NASA
ACE	1997	napszél	NASA
Cassini, Huygens	1997	Szaturusz és holdjai	NASA, ESA, ASI
Deep Space-1	1998	Braille kisbolygó, Borrelly-üstökös	NASA
Lunar Prospector	1998	Hold	NASA
Nozomi	1998	Mars	JAXA
Stardust	1999	Wild-2 üstökös, Annefrank kisbolygó	NASA
Genesis	2001	napszélből mintavétel	NASA
Mars Odyssey	2001	Mars	NASA
Hayabusa, Minerva	2003	Itokawa kisbolygó	JAXA
Mars Express	2003	Mars	ESA
MER-A (Spirit)	2003	Mars	NASA
MER-B (Opportunity)	2003	Mars	NASA
Smart-1	2003	Hold	ESA
Messenger	2004	Merkúr	NASA
Rosetta, Philae	2004	Steins és Lutetia kisbolygók, Churyumov–Gerasimenko-üstökös	ESA
Deep Impact	2005	Tempel-1 üstökös	NASA
Mars Reconnaissance Orbiter	2005	Mars	NASA
Venus Express	2005	Vénusz	ESA
New Horizons	2006	Plútó	NASA
Stereo-A	2006	Nap, napszél	NASA
Stereo-B	2006	Nap, napszél	NASA
Chang'e-1	2007	Hold	CSA
Dawn	2007	Vesta, Ceres kisbolygók	NASA
Phoenix	2007	Mars	NASA
Selene (Kaguya)	2007	Hold	JAXA
Chandrayan	2008	Hold	ISA

Űrügynökségek: NASA – amerikai, ESA – európai, JAXA – japán, CSA – kínai, ISA – indiai, ASI – olasz

változik a magassággal: a 66 km magasán mérhető 370 km/h-s áramlás a felszín feletti 45–47 kilométeres magassáig ereszkedve 210 km/h-ra csökken – tehát a felhők tetején sokkal erősebb a szél a Vénuszon. A sarkokhoz 65 fokos szélességnél közelebb nagy örvényalakzat mutatkozik, ahol a szélesebbség a magasságtól független, és az örvény közepén majdnem nulla. Általában elmondható, hogy a szélesebbség erősen függ a helyi időtől, a Nap látszó magasságától. A helyi délutáni és esti szelek lényegesen erősebbek, mint a délelőtti és a reggeliek (2. ábra).

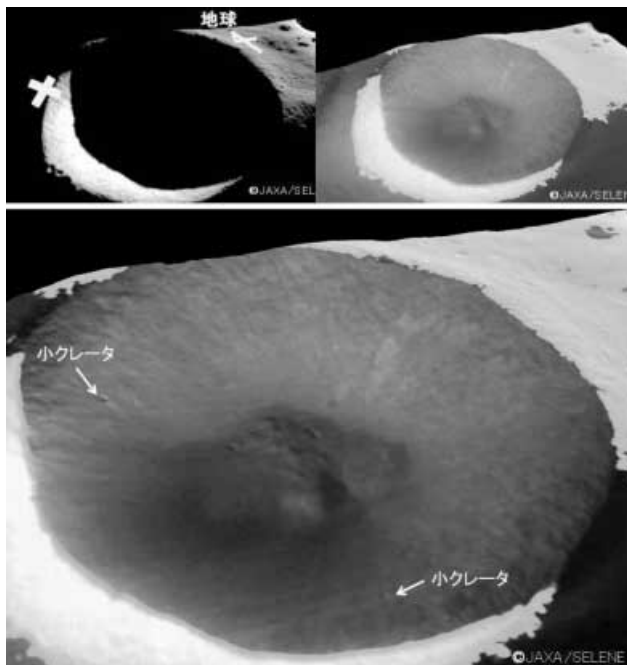
űrszonda 35 kg-os egysége. A felszín 25 percnyi szabadés után érte el, miközben felvételeket készített.

A Hold kutatásának egyik izgalma kérdése, hogy van-e jég a sötét sarkvidéki kráterek fenekén – az eddigi megfigyelések alapján ugyanis ezt nem sikerült egyértelműen eldönteni. A japán Selene-űrszondának a déli sarki 21 km-es Shackleton krátert mutató felvételein nem volt nyoma felszíni jégtakarónak, igaz a szakemberek törmelékréteg alatti jeget feltételeznek (3. ábra). Eközben a Hold körül keringő kínai Chang'e-1 űrszonda elkészítette kísérőnk eddigi leg-

A Galileo-űrszonda régi infravörös méréseinek újabb elemzése alapján a Vénusz felszínén lévő kiemelt és összegyűrt, tesz-szeráknak nevezett területek sugárzásuk alapján gránit-hoz hasonló anyagból állnak. A gránit a Földön szubdukcióra (alábukásra) és víztartalmú közegre utal, ezek pedig globális lemeztektonikát és egykori óceánok létét jelentik. Ha a későbbiekben bebizonyosodik, hogy valóban gránit van a Vénuszon, az erős érvet jelentene a bolygó ősi óceánjai és lemeztektonikája mellett. Am ha létezett is egy kezdeti vizes állapot, az feltehetően nem sokáig, talán néhány százmillió évig tartott. A Nap fokozatosan erősödő sugárzása és a földinél kisebb naptávolság miatt az óceán elpárolgott, majd a vízmolekulák jó része elszökött. Vízburok hiányában a légköri széndioxid nem vált ki üledékes kőzeteket alkotva, és a légkörben maradvá létrehozta a mai erős üvegházhatást.

A Hold egyre több ázsiai állam szemében érdekes célpont, ahol tesztelheti, illetve látványosan demonstrálhatja technikai tudását egy-egy szondával. Ezek közül 2008. november 13-án, magyar idő szerint 16 óra körül a Holdba csapódott az indiai Chandrayan-1





3. ábra. A Selene-űrszonda képe a sarki Shackleton kráterről. Balra fent az eredeti fotó, jobbra fent egy olyan változat, amely kiemeli a kráter aljára a faláról szóródó halvány fényt. Lent ugyanennek a nagyméretű változata látható, a belső lejtőn két apró kráterrel (JAXA, Selene).

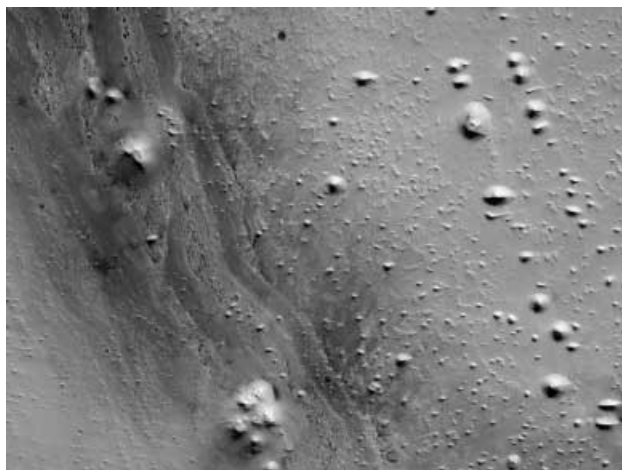
részletesebb, 38 millió km<sup>2</sup>-t lefedő térképét. A 120 méter felbontású képekből összerakott térkép részletessége valamivel meghaladja az amerikai Clementine-űrszonda adatainak 200 méteres felbontását.

## A víz nyomában a Marson

A vörös bolygó kutatásában még mindig fontos motiváció a mai vagy az egykori élet lehetőségének keresése, és így a bolygó különféle felszínformáinak és keletkezésüknek a megértése. A bolygó fejlődéstörténetének egyik nagy kérdése, hogy miért nincsen sok karbonátos üledék a *Marson*. Egykor víz volt a felszínen, amiben a légköri szén-dioxid oldódhatott és karbonátos kőzetek formájában válhatott ki. A korábbi feltételezések alapján az ősi vizek savas kémhatása gátolhatta meg a karbonátok kiválását.

A Mars Reconnaissance Orbiter űrszonda (MRO) eredményei alapján végre nagyobb mennyiségben előforduló karbonátokra akadtak a felszínen, amelyeket egy 1500 km átmérőjű becsapódásos kráterben lévő Nili Fossae alakzatban azonosítottak. Eszerint mégis voltak semleges vagy lúgos kémhatású ősi vizek. Szintén az egykori élet lehetőségével kapcsolatos új eredmény, hogy a Vernal kráter déli részén olyan utóvulkáni hévforrások nyomát azonosították, ahol egykor meleg víz cirkulálhatott a kőzetek repedéseiben (4. ábra). Részletes vizsgálatukra azonban csak a felszínen nyílna majd lehetőség.

A Mars közelmúltját tekintve egyre több megfigyelés utal arra, hogy éghajlata közel 10 millió éves időskálán ingadozik. A forgástengelyt stabilizáló nagy

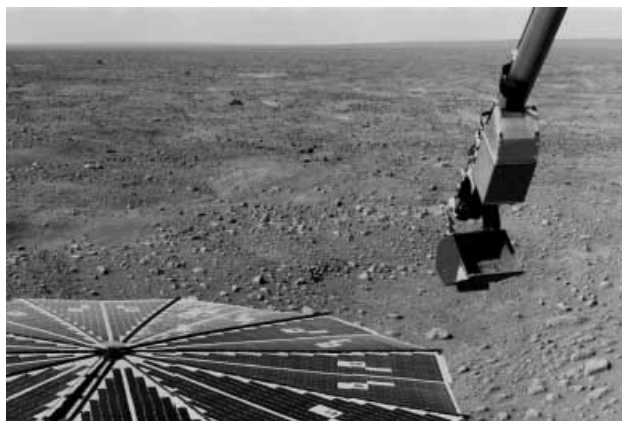


4. ábra. Sötét réteges üledékek a Vernal kráterben (NASA, JPL, UA).

tömegű hold hiányában erősen változik a bolygó tengelyferdesége, és a sarki jégsapkák anyaga időnként részben az egyenlítő vidékére vándorol, illetve egyes szélességi zónákban a porral együtt kifagy a felszínre. A mai éghajlaton nem mindenhol stabil az utóbbi réteg; ahol jégtartalma szublimál, a porszemcsék össze-roskadnak. Mivel mind a réteg képződése, mind pusztulása a beeső napsugárzással kapcsolatos, ezért az eltérő kitettségű lejtőkön eltérő alakzatok azonosíthatók, amelyek a változó besugárzással, kifagyással kapcsolatban keletkeztek – segítségükkel a korábbi éghajlatra következtethetünk.

A bolygó mai felszíni viszonyait tekintve is kiemelkednek az élet lehetőségével kapcsolatos megfigyelések [3]. Földi távcsöves mérésekkel is sikerült a metán jelenlétét megerősíteni a Mars légkörében. A felszín alól szivárgó gáz koncentrációja az ottani tavasszal és nyáron a legmagasabb. Talán a felszín alól olyan repedéseken keresztül jut a gáz a légkörbe, amelyek a télen kifagyó jég miatt elzáródnak, majd nyáron ismét szabaddá válnak. Egy-egy aktív térségben a felszín alól szivárgó gáz mennyisége legalább 0,6 kg/s, ami bolygónkon a földgázmezők természetes szivárgásának nagyságrendjébe esik. Olyan területek felett mutatkozik sok metán, ahol ősi felszíni vízre vagy mai felszín alatti jégre utaló

5. ábra. A Phoenix-űrszonda leszállóhelye poligonális alakzatokkal (NASA, JPL).



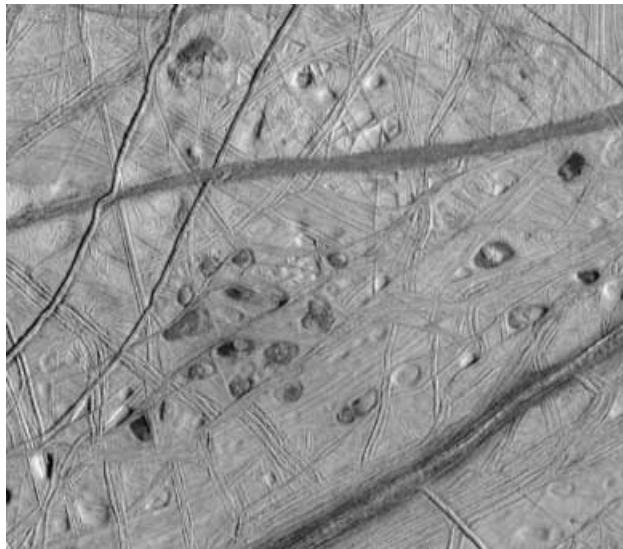
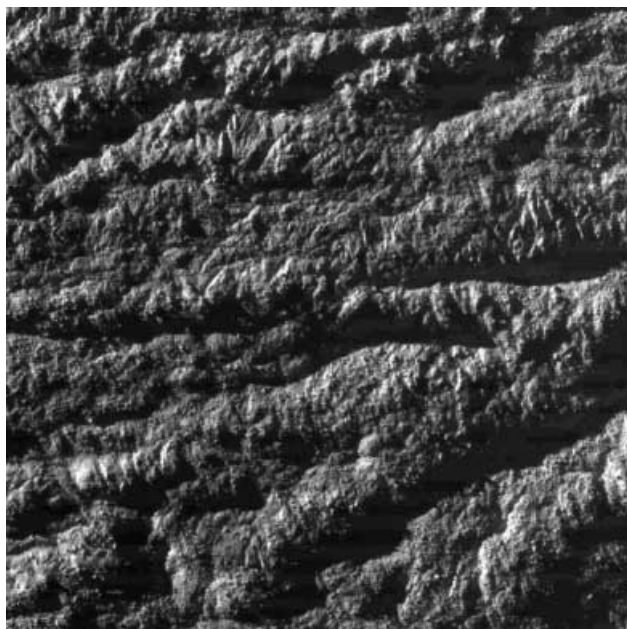
nyomok is vannak – például az Arabia Terra, a Nili Fossae vagy a Syrtis Maior térségében. A metán származhat vulkáni gázkibocsátásból, de akár biogén eredetű is lehet.

A Mars északi sarkvidékén leszállt Phoenix-űrszonda közvetlenül igazolta a felszín alatt 6–10 cm mélyen kezdődő vízjég jelenlétét és a poligonoknak nevezett alakzatok képében sarkvidéki éghajlatváltozások nyomait is (5. ábra). A marstalajban kis mennyiségben agyagásványokat és karbonátokat talált, éjszakai dér képződését, máskor pedig a felhőkből hulló hópelyheket figyelte meg. Az eredmények alapján a poláris térségben a mai jég mellett [6] egykor kevés folyékony víz lehetett a felszín alatt, és akár extrém körülményeket kibíró életformák is fennmaradhattak. Néhány megfigyelés alapján pedig elképzelhető, hogy akár a szonda működése idején is jelen lehetett folyékony víz az olvadáspontot csökkentő összetevők miatt, többek között a szonda leszállólábán.

## Izgalmas jégholdak az óriásbolygók körül

A Jupiter körül jelenleg nem kering űrszonda, így az Europa holdjáról is a korábbi megfigyelések elemzése adott új eredményeket. A színeképek és különböző modellek alapján egy globális, lassú kémiai körforgás körvonalazódik az égitest esetében. Ennek keretében a világűrbeli különböző anyagok, köztük az Io vulkánjai által kibocsátott kén és kénvegyületek hullnak a felszínre. Ezek a napsugárzás és részecskebombázás segítségével a jégben különböző oxidokká, kénessavvá alakulnak, illetve hidrogén-peroxid is keletkezik mellettük. Egyes spektrumok alapján elképzelhető, hogy alkoholok, aldehidek, ammóniatartalmú anyagok is előfordulnak az Europa jégkérgében.

7. ábra. Az Enceladus töréseivel tarkított jeges felszíne (NASA, JPL, SSD).

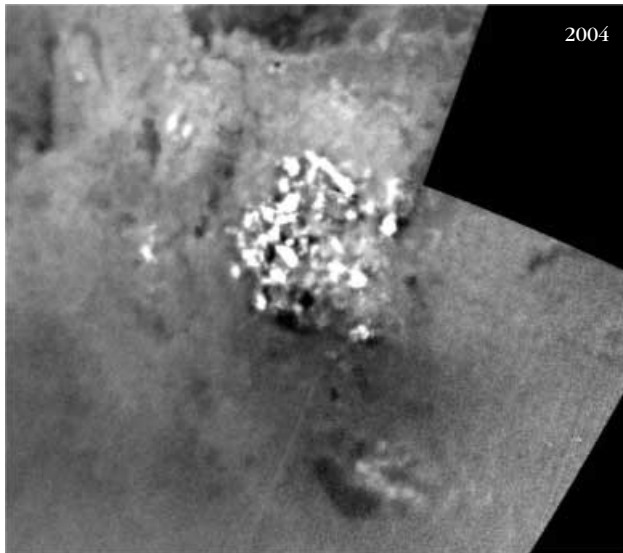


6. ábra. A jég alatti óceán vizéből a jégbe benyomult tömegek, amelyek az óceánban lévő különböző sóktól vörösesbarna színűek (NASA, JPL, UA, UC).

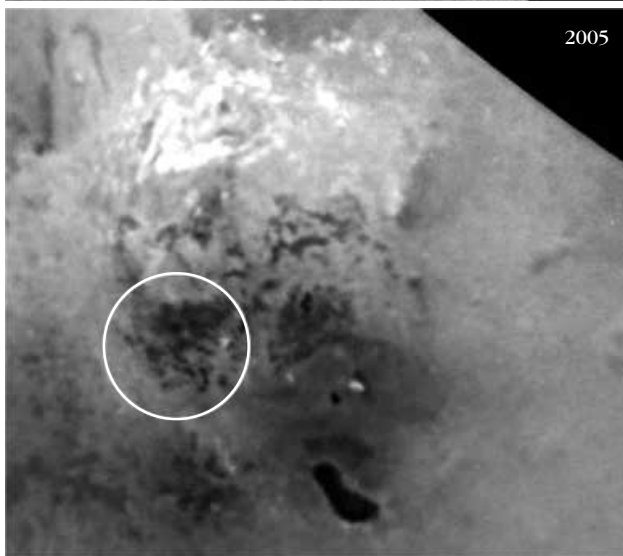
Míg a felszín oxidált jellegű, a jégpáncél alatti óceán fenekén a vulkáni központok redukált komponenseket juttatnak a vízbe. A kémiai modellek és a felszín összetétele alapján az Europa óceánja sós lehet, sok szulfát, magnézium, nátrium lehet benne oldott állapotban (6. ábra). A külső jégpáncél lassú, 10 millió éves időskálán részben újra beolvad, illetve újrafagy. Mindezekről oxidált anyagok jutnak a vízbe, amelyben a mélyről származó redukált komponensekkel keveredve aktív kémiai környezetet eredményezhetnek.

A Szaturnusz körül keringő Cassini-űrszonda a gyűrűk vizsgálata során anyagcsomókat azonosított. Körülbelül 10–50 méteres, hosszúkas testek mozognak a rendszerben, amelyek az apró szemcsék összetapadásával keletkeznek. Amikor túl nagyra nőnek, szétdarabolódnak, majd véletlen ütközések révén újra összetapadnak, tehát lassan változik méretük és cserélődik anyaguk. A diffúz G-gyűrűben egy 250 km széles, 150 ezer km hosszú, a környezeténél fényesebb ív mutatkozott. Ennek belsejében sikerült egy fél km-es holdat azonosítani, amely a gyűrű anyagának forrása. Kiderült továbbá, hogy az 1500 km átmérőjű Rhea holdat 1600 és 6000 km közötti távolságban több kisebb gyűrű övezi. A cm-es testekből álló gyűrűk feltehetően a Rhea holdba történt korábbi becsapódáskor kirepült törmelékeket tartalmazzák.

Az Enceladus hold déli sarkvidékén lévő repedéseiből anyagsugarak törnek elő (7. ábra). A bennük mozgó jégzemcsék és vízgőz 0,6 km/s körüli sebességét a számítások alapján robbanásszerű hevességgel párolgó folyékony víz adhatja – azaz víz lehet a felszín alatt. Az anyagsugarakban a H<sub>2</sub>O mellett széndioxid, szén-monoxid és szerves molekulák is mutatkoztak. Eszerint nemcsak a vizes környezetek, hanem bennük a szerves összetevők is elterjedtebbek lehettek/lehetnek a Naprendszerben, mint korábban gondoltuk.



2004



2005

8. ábra. A Titan déli sarkvidékén lévő felhők (világos foltok) és tavak (sötét foltok).

A Cassini-űrszonda fő célpontján, a *Titanon* sikerült olyan sarkvidéki tavakat azonosítani, amelyek a felhőkből hulló metánesóktól keletkeztek és növekedtek. A 8. ábrán látható felvételpár felső tagja 2004. július 3-án, az alsó pedig 2005. június 6-án készült a 938 nanométeres infravörös hullámhosszon a

10. ábra. Az Itokawa elnyúlt alakja, középen fent a sima, törmelékkel feltöltött területtel (JAXA).



9. ábra. Egy apró szemcse becsapódásnyoma a mintagyűjtő anyagban, az aerogélben (NASA).

Titan déli sarkvidékéről. A világos alakzatok a légkör alacsonyabb részében, a troposzférában mutatkozó felhők, amelyek néhány óra leforgása alatt változnak. Feltehetően ezekből hullik a metáneső, míg a sötétebb területek metántavakat jelölnek a felszínen. Közülük a képen látható legnagyobb, a babszem alakú Ontario-tó színárnyalata a két felvételen az eltérő megvilágítási szög miatt különbözik. A bekarikázott területen megfigyelhető, hogy a két fotó rögzítése között újabb sötét foltok, azaz tavak képződtek, feltehetően az esőzésektől a mélyedéseiben felhalmozódott metánból.

### Apró égitestek vizsgálata

A Stardust-űrszonda mintagyűjtőjében a *Wild-2* üstökösből több mint egymillió szemcse maradt. Ezeket az eddigi vizsgálatok alapján főleg szilikátok és szulfidok alkotják. A strukturálatlan szerkezetű szemcsék többnyire laza aggregátumok, amelyekben a kisebb és nagyobb szemcsék összetétele hasonló. Míg a jeges anyag csillagunktól távol, alacsony hőmérsékleten kondenzálódott, a szemcsék anyagának közel 10%-a a Naphoz igen közel keletkezett, és arra utal, hogy erős sugárirányú keveredés történt az ősi Naprendszerben. A szemcsék szerves anyagokat is tartalmaznak, köztük sokgyűrűs aromás szénhidrogének, metilamin ( $\text{CH}_3\text{NH}_2$ ), etilamin ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_2$ ), alkoholok, agyagásványok és karbonátok is előfordulnak. Mindezek azt igazolják, hogy az élet születése előtt a bolygónkra becsapódó üstökösök sok értékes összetevőt hozhattak a  $\text{H}_2\text{O}$  molekulák mellett is (9. ábra).

Az apró égitestek kutatása terén a Hayabusa-űrszonda az *Itokawa* kisbolygóról adott új ismereteket (10. ábra). Kiderült, hogy a szabálytalan alakú égitest felszínén nemcsak az apró szemcsék mozogtak, amelyek létrehozták a kisbolygó alakját követő síkságokat. Emellett a nagyobb kőzetestek is mozogtak

időnként, és a lejtős területeken hossz tengelyükkel közel párhuzamos irányba rendeződtek. A Rosetta-szonda 2008. szeptember 5-én egy másik kisbolygót látogatott meg, amikor 800 kilométerre haladt el a *Steins* kisbolygó mellett. Az égitesten több becsapódásos kráter is látszott, amelyek közül a legnagyobbak közel 2 kilométeresek, arra utalnak, hogy az égitest felszíne viszonylag öreg lehet. Emellett egymás mellett sorakozó hét olyan kráter is felismerhető, amelyek talán azonos irányból érkező becsapódási sorozattól keletkeztek, miközben a kisbolygó elfordult a tengelye körül.

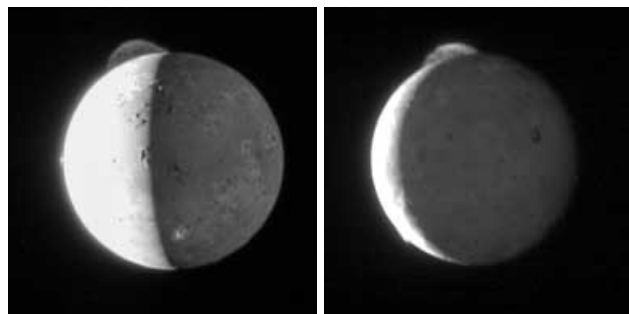
Több új kutatás arra utal, hogy az egyszerű és ellenálló élőlények tetszhalott állapotban tartós űrutazást is kibírnak, főleg ha egy kőzetdarab védi őket a sugárzásoktól. Az egyik nagy kérdés, hogy túlélhetik-e azt, amikor egy bolygó légkörében meteoroként lelassulnak, és közben felizzanak. Ennek vizsgálatára indították a STONE-6 kísérletet, amelynek visszatérő kapszulája a légkörünkben lefekeződött, miközben külső felületén kőzetminták voltak. Az űreszköz 12 napos Föld körüli keringés után 2007. szeptember 26-án landolt. A fossziliákat tartalmazó kőzetben az idős biogén szerkezetek felismerhetők maradtak. Ugyanakkor a körülbelül 1700 °C-ig melegedő külső felülete alatt lévő 2 cm vastag kőzetréteg nem tudta megvédeni az ott lévő, korábban élő cianobaktériumokat a pusztulástól – ennél vastagabb réteg kell a stabil védelemhez.

## A Naprendszer peremvidékén

A korábban nagybolygóként besorolt *Plútónak* és három holdjának vizsgálatára indították a New Horizons-űrszondát. Az űreszköz 2007. február 28-án haladt el a Jupiter közelében, majd az ott végzett hintamanőver tovább gyorsította végső célpontja felé. A legnagyobb közelség alatt az eddigi legrészletesebb megfigyelések történtek a Jupiterről és légköréről, a bolygón megjelenő sarki fényekről az infravörös tartományban. Az Io esetében a Tvashtar névre keresztelt vulkáni központ felett sikerült egy kitörési felhőt (11. ábra), valamint a Vörös Folt nevű légörvényt is megörökíteni.

A Naptól még távolabb jár a két Voyager-űrszonda. A két űreszköz ezekben az években halad át a

11. ábra. Az Io Tvashtar vulkáni központjának kitörési felhője két, kissé eltérő irányból fotózva (NASA, JPL).



heliopauzán: a napszél és a csillagközi anyag ütközése által létrehozott határfelületen. A Voyager-1 űrszonda 2004. december 17-én, a Naptól 85 csillagászati egységre (CSE – a közepes Föld–Nap-távolság) keresztezte ezt a lökeshullámfrontot. Sajnos nem sokkal az esemény után elromlott a szonda plazmadetektora, ezért csak kevés információt sugárzott haza. A Voyager-2, társától délebbre haladva, a Naptól 75 CSE-re érkezett el ehhez a határhoz. Az ekliptika síkjától távolabb tehát közelebb van a lökeshullámfront a Naphoz. Bár a szonda a továbbiakban is távolodott csillagunktól, többször átlépte a határt: hol kifelé, hol befelé szelte át – feltehetően maga a front mozgott ide-oda.

A lökeshullámfronthoz közel váratlanul erős, de a földfelszíninél így is körülbelül százezerszer gyengébb mágneses tér mutatkozott, amelyet a turbulens módon keveredő töltött részecskék hozhattak létre. Az anyag melegebb volt, mint a napszélben a lassulás előtt, tehát a csillagunkhoz közelebb mért érték, de még így is körülbelül tízszer alacsonyabb hőmérsékletű, mint várták. A térségben az energia jelentős része talán nehezen detektálható részecskéknek adódik át, amelyeket a plazmaműszer nem észlelt, és ez a folyamat hűtötte le az anyagot.

## Új Naprendszer körvonalazódik

A fenti legújabb eredményeken túl, az elmúlt mintegy 10 év fontosabb megfigyelései alapján az alábbi kép rajzolódik ki a Naprendszeréről. Általánosan elmondható, hogy megszilárdult az a teória, amely szerint az ősködben az apró testek egymással ütközve egyre nagyobb bolygócsírákat alkottak, miközben összetételüket a naptávolság erősen befolyásolta. Így születtek meg a meleg ősnaphoz közel a magas olvadáspontú fémekből és szilikátos kőzetekből álló Föld típusú bolygók, majd távolabb, a „hóhatáron” túl (ahol a H<sub>2</sub>O is ki tudott már csapódni) létrejöttek az óriásbolygók. A Jupiter és a Szaturnusz esetében ezek kőzet- és jégmagja annyira nagyra nőtt, hogy sok gázt – hidrogént és héliumot – vonzott magához, kialakítva a két legnagyobb tömegű planétát.

A rendszer születésének végére sok olyan bolygócsíra maradt vissza, amelyek ütközéseikkel befolyásolták a már kialakult nagyobb égitestek fejlődését. Itt említhető a Hold keletkezése, amely a Föld és egy közel Mars méretű égitest ütközésekor kirobbant, és a bolygónk körüli pályán maradt törmelékből állt össze. De hasonló kataklizma miatt froghat a Vénusz lassan és társaival ellentétes irányban, és szintén egy-egy óriás becsapódás dönthette meg az Uránusz és a Neptunusz forgástengelyét. A Merkúr külső rétegét ugyancsak egy óriási ütközés robbanthatta le, részben ettől lehet anomáisan magas vastartalma az égitestnek. Különösen a peremvidéken volt sok olyan égitest, amely nem állt össze nagybolygóvá. Itt említhetők a *Kuiper-objektumok* (lásd később), vagy a *Triton*, amelyet a Neptunusz fogott be és tette holdjává.



A *kisbolygók* esetében kiderült, hogy a Mars és Jupiter között húzódó övezet mai tömege közel tizede az egykorinak. Az eredetileg itt található égitestek többségét ugyanis a Jupiter gravitációs zavarai kiszórták a kezdeti időszakban. A Naprendszerben közelről megfigyelt apró égitestek felszínformái igen változatosak, főleg a finom felszíni poranyag vándorlására utalnak jelek. A kisbolygók és üstökösök alakja változatos, szokatlanul sok közöttük a két nagy tömbből összetapadt test. Kiemelt csoportot képeznek a földközeli objektumok, amelyek becsapódásaikkal veszélyeztetik bolygónkat. Ezek űrbeli száma és katonai műholdakkal a légkörben azonosított robbanások gyakorisága alapján jelenleg méteres testekkel közel hetente, tízméteressel néhány évente, százméteressel száz vagy ezer évenként találkozhatunk. Utóbbi jelzi azt a mérethatárt, ahol a kérdéses testek már elérik a felszínt és krátert alakítanak ki a becsapódásaikkal. Igazán nagy, globális hatással pedig a kilométeres objektumok ütközése jár, ilyenekkel nagyságrendileg tízmillió évente találkozhatunk. Ennek megfelelően a földközeli apró égitestek kutatása [8] napjaink kiemelt észlelőprogramjai közé tartozik.

Az elmúlt években az égitestek térképezése révén felszínük egyre nagyobb részét, egyre részletesebb felvételekkel sikerül lefedni [2]. Ezek alapján kiderült, hogy sok, korábban csak a Földről ismert, a belsőt és a felszínt alakító folyamat [4] más égitesteken is megjelenik. Ennek megfelelően homokdűnéket és szélnyomokat a Vénuszon, a Földön, a Marson, a Titanon [1, 5], a földi folyóvölgyekre és medrekre emlékeztető alakzatokat [7] a Vénuszon, a Földön, a Holdon, a Marson és a Titanon sikerült azonosítani. Lejtős tömegmozgások pedig sok apró égitesten, köztük jég-holdakon (Europa, Callisto, Titan), valamint kisbolygókön is előfordulnak.

Az égitestek felszíni változásait nemcsak a fent említett, főként napsugárzással kapcsolatos folyamatok alakítják, hanem belső eredetű hatások is. Bár a Föld típusú égitesteknél a radioaktív bomlással felszabadult hő és az akkrécióból (kezdeti összeállásból) visszamaradt hőmennyiség a fő energiaforrás, az árapályhatás is fontos tényező. Ez leglátványosabban az Io esetében jelentkezik, ahol az árapály folyamatosan deformálja az égitestet, és a felszabaduló hő temérdek aktív vulkáni központot eredményez.

A külső Naprendszer megítélése is sokat változott az elmúlt tíz évben. Napjainkra több mint ezer, a Neptunusznál távolabbi, Kuiper-objektumoknak nevezett égitestet azonosítottak. Kiderült, hogy ezek közé tartozik a Plútó is, amely ennek a csoportnak egy igen nagy, de nem a legnagyobb képviselője. A felismert égitestek és a modellszámítások alapján három nagy égitestcsoportot feltételeznek a Naprendszer peremvidékén: a Kuiper-öv elsősorban a Neptunuszon túl keletkezett égitesteket tartalmaz, amelyek végül nem álltak össze nagybolygóvá. Egy részük a Plútóhoz hasonló pályán, a Neptunusz gravitációs hatása alatt mozog, ezek keringési ideje 2:3 arányú

rezonanciában áll az órásbolygókéval – ezeket nevezik plutínóknak.

Ezer és 10 ezer CSE távolság között húzódik a korong alakú *belső Oort-* avagy *Hills-felhő*, amelyben sok millió, az óriásbolygók térségéből kiszórt apró égitest kering a Nap körül. Még messzebb, 10 és 100 ezer CSE között húzódik a nagyjából gömb alakú *külső Oort-felhő*. Ennek tagjai kötődnek leglazábban a rendszerhez, a közelben elhaladó csillagok, vagy a galaxis távolabbi részeinek gravitációs hatására gyakran elszakadnak a rendszertől, de alkalmanként a belső térségek felé indulnak, ritkán üstökösáporokkal sújtva a bolygókat.

Az új eredmények alapján hangsúlyosabbnak tűnnek az egyes égitestek közötti kapcsolatok, főleg az óriásbolygók holdrendszerain belül. A gravitációs kapcsolatok révén fellépő árapályhatások több jég-holdat felmelegítettek és erősen átalakítottak, némelyek (Europa, Titan, esetleg a Ganymedes, Callisto, valamint talán az Enceladus, Triton) felszíne alatt ma is folyékony vízből álló réteg található. Emellett valószínű, hogy hosszú idő alatt olyan gyenge hatások is, mint például az elnyelődő napsugárzás és annak eltérő irányú visszasugárzása befolyásolja a kisbolygók forgási jellemzőjét és talán pályájukat is.

Végül érdemes megemlíteni, hogy mára kiderült: a bolygókeletkezés és a bolygórendszerek nem egyediek a Világegyetemben. A születő csillagok körül egy jellegzetes anyagkorong: úgynevezett protoplanetáris korong alakul ki, amelynek anyagából később planéták állnak össze. Az így született bolygókból, amelyeket Naprendszeren kívüli helyzetük miatt exobolygóknak neveznek, 2009-ig több mint 300-at azonosítottak. Saját Naprendszerünk változatossága tehát csak a jéghegy csúcsa, számtalan más bolygórendszer és még ismeretlen égitesttípus lehet – szerencsés esetben a Földhöz hasonló objektumokkal, ahol talán szintén lehetőség nyílt az élet kialakulására.

## Irodalom

1. Gyenizse Péter: Planetomorfológia. in Lóczy Dénes, Veress Márton: *Geomorfológia II.* Dialóg Campus Kiadó, Budapest–Pécs, (2008) 305–362.
2. Hargitai Henrik, Bérczi Szaniszló: Multilingual Maps of the Terrestrial Planets and their Moons: the East and Central European Edition. *European Planetary Science Congress*, (2006) 515.
3. Horváth András, Gánti Tibor, Bérczi Szaniszló, Pócs Tamás, Kereszturi Ákos, Sik András: Marsi dűnefoltok: az élet lehetősége a Marson? *Magyar Tudomány* (2006) 11. 1357–1375.
4. Illés Erzsébet: A Föld mint égitest. *Magyar Tudomány* (1997) 10. 1225–1232.
5. Kereszturi Ákos: *Klimatikus planetomorfológia.* ELTE TTK FFI Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék (2008) oktatási segédanyag.
6. Kuti Adrienn: Thermal behavior of Dokka crater and its surroundings in the north polar region of Mars. *40th Lunar and Planetary Science Conference* (2009) #1006.
7. Mihályi Krisztián, Gucsik Arnold, Szabó József: Drainage Patterns of Terrestrial Complex Meteorite Craters: A Hydrogeological Overview. *39th Lunar and Planetary Science Conference* (2008) #1200.
8. Szabó M. Gyula, Csák Balázs, Sárnecky Krisztián, Kiss L. László: Photometric observations of 9 Near-Earth Objects. *Astronomy and Astrophysics* (2003) 375, 285–292.

# ANYAG ÉS ANTIANYAG (AVAGY ANGYALOK ÉS DÉMONOK?)

– egy hollywoodi film aláfestése

Horváth Dezső

RMKI, Budapest és ATOMKI, Debrecen

*Dan Brown Angyalok és démonok* című regényéből film készült *Tom Hanks* főszereplésével. Mivel a könyv részben a CERN (nemlétező) titkos földalatti laboratóriumában játszódik, ahonnan terroristák antianyagot lopnak a Vatikán felrobbantására, a CERN felajánlotta, hogy a film megfelelő részeit a laboratóriumban forgassák, és CERN-i fizikusok a bemutatóhoz kapcsolódóan előadásokat szerveztek az antianyag-ról. A CERN már a könyvnek is honlapot szentelt, a filmnek viszont a honlapon kívül még egy tudományos ismeretterjesztő kiállítást is.

## Antianyag és CPT-invariancia

Amikor *Dirac* felírta híres egyenletét a fermionok (feles perdületű részecskék, mint például az elektron) mozgásáról, kétféle megoldást kapott, pozitív és negatív energiájút. Habár ez a 20. század legfontosabb fizikai felfedezéseihez tartozik, Diracot valamilyen értelemben szépészeti megfontolások vezették: relativisztikusan invariáns, azaz a teret és időt egységesen kezelő, lineáris egyenletet keresett és talált. Részecske és antirészecskeje, a töltés előjelen kívül, minden mérhető tulajdonságában egyezik. Dirac a negatív energiájú megoldásokat a pozitívak hiányának értelmezte, feltételezve, hogy a negatív energiájú állapotok a természetben eleve betöltöttek, de ha kiemelünk az egyikből egy részecskét, a keletkező lyuk lesz az antirészecske. Ezt az értelmezést, amely hasonlít a félvezetők sokkal később felfedezett vezetési mechanizmusához, a fizika fejlődése meghaladta.

Nem sokkal Dirac elméletének közlése után, 1932-ben *Anderson* kozmikus sugarakban kimutatta a pozitront, az elektron antirészecskéjét; 1933-ban Dirac (*Schrödingerrel* együtt), majd 1936-ban *Anderson* is megkapta a fizikai Nobel-díjat. Számos tudománytörténeti összefoglalót találunk *Vértes Attila* könyvében [1].

Az évek során a *Fizikai Szemle* számos cikkben foglalkozott az anyag és antianyag teljes ekvivalenciáját kimondó CPT-invariancia elvével [2–4]. Arra, hogy ismét ilyesmivel kössem le a tisztelt Olvasót, az *Angyalok és démonok* című, májusban kijött film ad talán elegendő indokot.

A CPT-invariancia elve szerint, ha tükrözzük egy szabad részecske töltését (C, mint *charge*), vala-

mint ellentétes előjelűre fordítjuk a térkoordinátáit (P, mint *paritás*) és az idő irányát (T, mint *time*), akkor annak mérhető tulajdonságai – a töltés-jellegű kvantumszámok előjelen és a perdület irányán kívül – nem változhatnak meg. Mivel a töltéstükrözés során a részecske antirészecskévé változik, ez azt jelenti, hogy a szabad antirészecskék úgy kezelhetők, mint időben és térben ellenkező irányban mozgó részecskék.

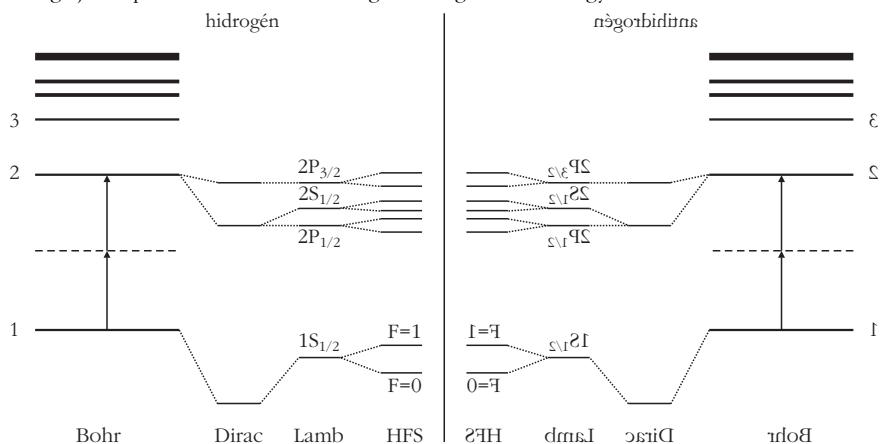
Részecske és antirészecske kölcsönhatása kölcsönös szétsugárzáshoz, annihilációhoz vezet. A pozitron két-fotonos annihilációját elektronon, például, úgy írjuk le, mintha a képbe bejönne egy elektron, az annihiláció térbeli pontjában és idejében kibocsátana két gamma-fotont, majd térben és időben kihátrálna a képből.

## A CPT-invariancia kísérleti ellenőrzése

A CPT-szimmetriát napjainkig minden kísérleti megfigyelés messzemenően alátámasztja, és szerepe annyira alapvető a térelméletben, hogy sokak szerint nem is lehet kísérletileg vizsgálni; látszólagos kis eltérések megfigyelése esetén inkább hihetünk valamelyik megmaradási törvény kicsiny sérülésében, mint a CPT-szimmetriáiban. Ugyanakkor a fizika nagy rejtélye, miért nem látunk antianyag-galaxisokat, miért képződött az ősrobbanás után egy billiomod résszel több anyag, mint antianyag, hogy itt maradjon Világegyetemünk anyagául.

A szimmetriasértés nem idegen a részecskefizikától [5]. Mint tudjuk, a gyenge kölcsönhatás maximálisan sérti a paritás-megmaradást eredményező tükrörszimmetriát, és kis mértékben sérti a töltés- és tértükrözéssel szembeni CP-invarianciát is. A standard modellbe be kell vezetnünk a Higgs-mezőt [6, 7], amely sérti a

1. ábra. Hidrogén és antihidrogén energiaszintjei [9]. A kísérletek célja a kétfotonos átmenet energiájának pontos mérése a közönséges hidrogénatommal egybevetve.





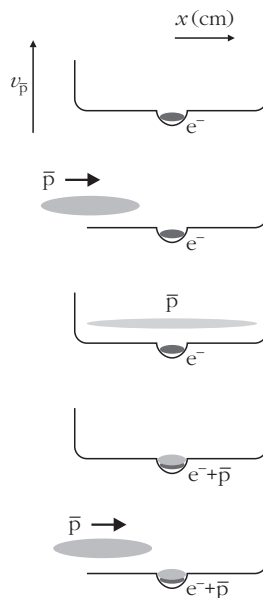
2. ábra. Antiproton keltése, ahogyan az Antiproton-lassítónál történik. A Proton-szinkrotron nagyenergiájú protonjai balról beleütkeznek a kúp alakú céltárgyba, a keletkező antiprotonokat a középső mágneses kürt gyűjti össze és a jobbra elhelyezkedő kvadrupólmágnes fókuszálja. (A CERN *Angyalok és Démonok* kiállításáról.)

gyenge kölcsönhatást létrehozó lokális szimmetriát, hogy az elemi részecskék abban mozogva tömeget nyerjenek. Végül az elmélet bizonyos nehézségei arra ösztönöznek, hogy megoldásul bevezessük a szuper-szimmetriát [8], amely eleve sérül alacsony energián.

Mindezek miatt (vagy mindezek ellenére) komoly kísérleti erőfeszítés irányul a CPT-invariancia ellenőrzésére. A CPT-szimmetria legfontosabb bizonyítéka a feltételezésével végzett számítások bámulatosan pontos egyezése a kísérleti adatokkal, a közvetlen kísérleti ellenőrzéséhez azonban csak össze kell hasonlítanunk egy részecske és antirészecske tulajdonságait. Legpontosabb tesztje a semleges K-mezon és antirészecskeje relatív tömegkülönbsége, amely a mérések szerint  $<10^{-18}$ . A CERN-ben 1999 végén megépült *Antiproton-lassító* (Antiproton Decelerator, AD) berendezés [10] fő célja *antihidrogén*-atom (antiproton és pozitron között állapota) előállítása, hogy a hidrogénatoméval összehasonlítva a CPT-szimmetriát ellenőrizzék (1. ábra).

## Antianyag előállítása

Az első antihidrogén-atomokat a CERN Alacsonyenergiás antiproton-gyűrűjénél (LEAR) állították elő 1996-ban, a LEAR működtetésének utolsó évében [11]. A gyűrű gyors antiprotonjait keresztették egy xenon atomnyalábbal, a xenonatomok elektromágneses terében az antiprotonok elektron-pozitron (részecske-antirészecske) párokat keltettek, és a relativisztikus antiproton bizonyos (igen kis) valószínűséggel *felcsípte* a pozitront, antihidrogént képezve. A tárológyűrű elektromágneses tere a semleges antihidrogén-atomot már nem hajlította körbe, az egy egyenes nya-



3. ábra. Antiproton csapdázása. A csapdában elektronok vagy pozitronok vannak, amelyek szinkrotron-sugárzással energiát veszítve hűtik magukat. A protonok sokszor átszelve őket, szintén lehűlnek, ekkor a csapdát megnyithatjuk a következő protoncsomagnak.

lábvezetéken kirepült, ahol azután egy fóliával elválasztották az antiprotonot és a pozitront, és külön-külön annihiláltatták őket. 12 eseményt észleltek, és a szimulációval becsült háttérrel 3 eseményre becsülték, tehát 9-et tulajdoníthattak antianyagnak.

Az energiaszintek meghatározásához (spektroszkópiához) lassú antihidrogén-atomok kellenek. A CERN az antiprotonok előállításához 25 GeV energiájú protonokat ütköztet irídium-céltárggyal, ahol proton-antiproton párok keletkeznek GeV fölötti energiával.<sup>1</sup> Az antiprotonokat mágneses térrel összegyűjtik (2. ábra), majd állandó hűtés (azaz az egymáshoz képesti relatív sebességük fogyasztása) mellett, több lépésben lelassítják az AD 5,8 MeV-es energiájára.

Lassú antihidrogén előállításához az antiprotonokat elektromágneses csapdában kell egészen alacsony energiára szorítanunk, hűtenünk (3. ábra). Mivel az Antiproton-lassító antiproton-csomagja 100 ns ( $10^{-7}$  s) méretű és a csapda mintegy 1 m hosszú, 0,4 keV alá le kell lassítanunk az eredetileg 5,8 MeV energiájú antiprotonnyalábot, hogy a csapda nyitása és csukása között a legtöbb antiproton a csapdába kerüljön. Az ASACUSA együttműködés [12, 13] erre a célra épített egy ellenkező irányba kapcsolt gyorsító-rezonátoron alapuló utólassítót, a másik két kísérlet szabályozható vastagságú anyaggal lassít. Ez utóbbi egy nagyságrenddel kisebb határfokú, de a spektroszkópiai méréshez nem kell sok antihidrogén atom, azonosítás céljából valószínűleg egyenként fogjuk tanulmányozni őket.

Hideg antihidrogén-atomokat elsőként az ATHENA [14, 15] (most felváltotta az ALPHA [16]) és az ATRAP [17, 18] kísérletek állították elő a CERN Antiproton-lassí-

<sup>1</sup> Az energia részecskefizikai egysége általában a GeV =  $10^9$  eV, 1 eV (elektronvolt) energiára tesz szert egységnyi töltésű részecske (pl. elektron vagy proton) 1 V feszültség átszelésekor.

tójánál elektromágneses csapdában. Nagy sűrűségű antiproton- és pozitron-plazmát vegyítettek; a rekombináció (az antiproton és a pozitron antiatomban egyesülése) után a semleges antihidrogén-atomok a csapda közepét elhagyva az edény falán annihiláltak. Az ATRAP és ALPHA kísérletek célja, antihidrogén-spektroszkópia, még messze van; jelenleg a magasan gerjesztett állapotban keletkező antihidrogén alapállapotra hozását, és a semleges atomok mágneses térben való helyben tartását kell megoldani. Az újonnan alakult AEGIS együttműködés az antihidrogén gravitációs tömegét tervezi 1% pontossággal megmérni. Azt, hogy a proton és az antiproton a Föld gravitációs terével azonosan hat kölcsön, nem a CPT-szimmetria, hanem az Einstein-féle gyenge ekvivalencia elve állítja.

Az ATRAP és ATHENA kísérletében az antihidrogén-atomok antiproton–pozitron–pozitron hármas ütközésben keletkeztek: szükség van egy harmadik szereplőre, hogy teljesülhessen az energia és az impulzus megmaradása, és a fotonkibocsátással járó sugárzásos rekombináció valószínűsége kicsi. Gondosan tanulmányozták a keletkezési mechanizmust és több érdekességet fedeztek fel. Ha például túlhűtik az antiprotonokat, teljesen szétválnak a pozitronfelhőtől és csökken a rekombináció esélye, ha viszont gerjesztéssel növelik az energiájukat, akkor is kevesebb lesz az antihidrogén, mert az ütközések szétverik az igen magasan gerjesztett állapotban keletkező, tehát kis kötési energiájú (anti)atomokat.

## Antianyag a mindennapi gyakorlatban?

### Antianyag a gyógyászatban

A világ részecskegyorsítóinak több mint felét, mintegy 9000-et, az orvostudomány használja, a maradék legnagyobb részét pedig az anyagtudomány. A gyógyászat gyorsítói túlnyomórészt diagnosztikai célokat szolgálnak, de például a kibekéssel operálnak, és használnak gyorsítót tumorok operációs eltávolítása közbeni besugárzásra, hogy az esetleg ottmaradó rákos sejteket elpusztítsa.

Antianyag alkalmazásaként széleskörűen használják a pozitronemissziós tomográfiát, Magyarországon is több helyen. Pozitronemisszióval bomló izotópot juttatnak a vizsgált szövetbe, ahol a kibocsátott pozitron elektronokkal annihilál. A kibocsátott fotonok kirajzolják a szövet alakját és aktivitását.

Az ACE kísérlet [20] az antiprotonok terápiás alkalmazhatóságát vizsgálja, hogy mennyire roncsolják a rákos sejteket a bennük megálló antiprotonok. A első eredmények biztatóak [21], az antiproton hatása a protonénak mintegy négyszerese, de a valódi alkalmazhatósághoz az ára nagyon magas.

### Antianyag, mint üzemanyag?

A legegyszerűbb antianyag, antihidrogén előállításához nagyenergiájú részecskeütközésben kell előállítanunk pozitront és antiprotonot, lelassítani őket, a plaz-



4. ábra. Tom Hanks, az *Angyalok és démonok* főszereplője a Nagy Hadronütköztető ATLAS detektoránál.

mákat csapdában hűteni és összenyomni, és mindezek után az antihidrogént mágneses térben vagy lézercsapdában tárolni. Mindegyik lépés lényegesen több energiát igényel, mint amennyit az antianyag majd hordoz, még ha az előállítás hatásfoka 100%-os volna (mint ahogy persze sokkal kevesebb), a végső különbség mintegy 10 nagyságrendnyi. Durva becslés szerint a CERN-nek 1 gramm antihidrogén előállítása a jelenlegi ütemben egymilliárd évig tartana, és az összes antianyag, amit a CERN idáig előállított, annyi energiát hordoz, amellyel pár percig lehetne csak működtetni egy villanykörtét.

A NASA (Amerikai Űrkutatási Hivatal) mindezek ellenére komolyan finanszírozott kutatásokat ebben az irányban, mert az antianyag valóban kiváló energiaakkumulátor lenne, ha sikerülne építeni kis, hordozható antiproton-csapdát [22].

### Antianyag bomba?

Az antianyag, mint robbanóanyag kérdése, Dan Brown *Angyalok és démonok* című regényével került napirendre [23]. Főszereplője (akárcsak *A Da Vinci kód* című regényéé) egy Robert Langdon nevű kutató a Harvard Egyetemről, aki az Illuminátusok nevű titkos társaság után nyomozva megakadályozza a Vatikán felrobbantását egy kiló antianyaggal, amelyet a CERN titkos, föld alatti laboratóriumából loptak el.

A könyv megjelenésekor a CERN honlapot nyitott a következő információval:

- A CERN valóban létezik, és megépítette a világ legnagyobb részecskegyorsítóját egy száz méterrel a föld alatt levő, 27 km hosszú, kör alakú alagútban.
- A CERN viszont teljesen nyitott intézmény, nincsenek titkos laboratóriumai és semmi baja a Vatikánnal.
- A CERN valóban előállít antianyagot, de nem az LHC-nál, hanem az Antiproton-lassítónál, mikroszkopikus mennyiségben, amely nem hordozható és nem alkalmas bombakészítésre.



5. ábra. Balra: A CERN Globe kiállítóterme: órási gömb fából. Jobbra: A CERN *Angyalok és démonok* kiállítása a Globe-ban.

- Az antianyag kutatása tisztán tudományos, a Világegyetem keletkezésével összefüggő kérdésekre keres választ.

Hozzá kell tennem, hogy bármely antihidrogénnél nehezebb antianyag előállításához lassú antineutronokra lenne szükség, amelyet ugyanúgy nagy energián állítanánk elő, mint az antiprotont, de lelassítani nem tudnánk, mert semleges lévén nem lép elektromágneses kölcsönhatásba. Az antineutron anyagban az atommagokon szóródik, nem az elektronok terén, mint az antiproton, ráadásul ütközéskor az annihiláció valószínűsége az energia csökkenésével egyre növekszik.

A lap a ténylegesen folyó antianyag-vizsgálatok céljain és technikai hátterén kívül sok értékes információt tartalmazott a részecskefizikai kutatásokról általában és a CERN-i irányokról, módszerekről.

Később, amikor újságírókban felmerült, hogy a Nagy Hadronütköztető (Large Hadron Collider) esetleg olyan fekete lyukakat kelt majd, amelyek elnyelhetik a Földet, a CERN előadás-sorozatokat szervezett a félreértések tisztázása és a közvélemény megnyugtatása érdekében.

## Angyalok és antiangyalok

Egy kutató sok mindenre képes, hogy kutatásaihoz pénzt szerezzen. Pályázatokat ír és kilincsel különböző pénzosztó alapítványoknál, igyekszik bebizonyítani, hogy kutatásai fontosabbak, eredményei jelentősebbek, mint versenytársaié. Az országos kutató intézmények vezetői még nehezebb helyzetben vannak, nekik ugyanis nem hozzáértő kollégákat, hanem politikusokat kell meggyőzniük ugyanerről. A legnehezebb azonban az olyan nemzetközi intézeteké, mint a CERN, akiknek az összes tagország főbb politikusait kell állandóan biztosítaniuk az intézmény fenntartásának szükségességéről. Idén igen nagy izgalmat váltott ki, amikor Ausztria tudományügyi minisztere bejelentette, hogy kezdeményezik Ausztria kilépését a CERN-ből; végül az osztrák kancellárt sikerült meggyőzni róla, hogy ne tegyék.

Megtudván, hogy film készül az *Angyalok és démonok*ból, a CERN felajánlotta, hogy a CERN-ben játszódó jeleneteket (mintegy 5 perc a film elején) a Laboratórium területén vegyék fel. Ez aztán nem így történt, *Ron Howard* és Tom Hanks, a film rendezője és főszereplője járt ugyan a CERN-ben (4. ábra) és a stáb

6. ábra. Balra a filmben szereplő antianyag-csapda az *Angyalok és démonok* kiállításon, jobbra a valószínűségi antianyag-tároló a CERN ASACUSA kísérletéhez.





készített néhány háttérfelvételt ott, de a forgatás Los Angelesben történt, díszletek között (ahogyan azt a hozzáértő azonnal látja). A film ugyan nem lett sokkal tudományosabb, mint a könyv, de olyan részleteket azért elhagytak belőle, mint a CERN főigazgatójának saját szolgálati repülőgépe.

A filmet 2009 májusában mutatták be. A CERN megingt honlapot [24] szentelt a filmnek, a Chicago melletti Fermilab viszont előadás-sorozatot szervezett róla, amellyel bejárták az Egyesült Államokat és Kanadát, és felszólították európai kollégáikat, kövessék a példát. A Sony Pictures természetesen hozzájárult a dologhoz, csak arra kérte az előadókat, ne hangsúlyozzák a bemutató előtt, mekkora badarság a film antianyagra vonatkozó része. Mi, magyar részecskefizikusok nem lelkesedtünk az akcióért: jónak látjuk, ha felkészülünk antianyaggal kapcsolatos kérdésekre, de célzott sajtókonferenciát és előadókörutot szervezni nem fogunk. A felhívásra való reagálásokból hasonló hozzáállást érezni más európai országokból is.

## A kiállítás

Ami igazán jónak tűnik, az a kiállítás, amelyet a CERN a filmnek szentel. *Angyalok és démonok* a címe, és a Globe-ban található, a svájci kormány által a CERN-nek ajándékozott óriási fagömbben (5. ábra). Belépve a látogatót hatalmas tábla fogadja a kiállítás felépítéséről, majd egy konzolon megnézhetjük a film CERN-re vonatkozó perceit.

A kiállítás szervezői párhuzamot vonnak tudomány és képzelet között. Szerepel a film antianyag-csapdája (6. ábra) és egy valódi Penning-csapda belső része. Felmerül a kérdés, vajon hogyan lehet azt a roppant erős mágneses teret úgy előállítani, hogy ne legyen fém a rendszerben, azaz a repülőter fémdektora ne érezlje. Nagyon jó ötlet volt a kiállítás vége felé a ha-

talmas tabló a Világegyetem azon rejtélyeiről, amelyeket várakozásunk szerint az LHC meg fog válaszolni a eljövendő években (7. ábra).

## Köszönetnyilvánítás

A szerző köszönettel tartozik kollégáinak, a PS-205 és ASACUSA kísérlet résztvevőinek, főleg a Tokiói Egyetemnek, a csaknem húszéves kellemes és eredményes együttműködésért, és amiért a legkülönbözőbb OTKA- és TÉT-pályázatok (jelenleg OTKA NK67974 és K72172, valamint TÉT-JP-21/2006) támogatásával együtt is igen szegény magyarokat befogadták és anyagilag támogatták.

## Irodalom

1. Vértes Attila (szerk.): *Fejezetek a nukleáris tudomány történetéből*. Akadémiai Kiadó, 2008.
2. Horváth Dezső: Szimmetriák az elemi részecskék világában. *Fizikai Szemle* 53/4 (2003) 122. <http://www.kfki.hu/fszemle/fsz0304/hd0304.html>
3. Horváth Dezső: Antianyag-vizsgálatok a CERN-ben. *Fizikai Szemle* 54/3 (2004) 90.
4. Horváth Dezső: Szimmetriák és sértésük a részecskék világában – a paritásértés 50 éve. *Fizikai Szemle* 57/2 (2007) 47.
5. Trócsányi Zoltán: Az eltűnt szimmetria nyomában – a 2008. évi fizikai Nobel-díj. *Fizikai Szemle* 58/12 (2008) 417.
6. Trócsányi Zoltán: A Standard modell Higgs-bozonja nyomában az LHC-nál. *Fizikai Szemle* 57/8 (2007) 253.
7. Horváth Dezső: A részecskefizika anyagelmélete: a Standard modell. *Fizikai Szemle* 58/8 (2008) 246.
8. Horváth Dezső: Szuperszimmetrikus részecskék keresése a CERN-ben. *Magyar Tudomány* (2006/5) 550.
9. M. Charlton, J. Eades, D. Horváth, R. J. Hughes, C. Zimmermann: Antihydrogen physics. *Physics Reports* 241 (1994) 65.
10. Az Antiproton-lassító (Antiproton Decelerator, AD) honlapja, <http://www.cern.ch/PSdoc/acc/ad/index.html>
11. G. Baur et al., *Phys. Lett. B* 368 (1996) 251–258.
12. ASACUSA kísérlet, *Atomic Spectroscopy And Collisions Using Slow Antiprotons*, <http://www.cern.ch/ASACUSA>
13. R. S. Hayano, M. Hori, D. Horváth, E. Widmann: Antiprotonic Helium and CPT Invariance. *Reports on Progress in Physics* 70 (2007) 1995–2065.
14. ATHENA kísérlet, *ApparaTus for High precision Experiments on Neutral Antimatter*, <http://athena.web.cern.ch/ATHENA>
15. M. Amoretti et al.: Production and detection of cold anti-hydrogen atoms. *Nature* 419 (2002) 456.
16. ALPHA kísérlet, *Antihydrogen Laser Physics Apparatus*, <http://alpha.web.cern.ch/alpha>
17. ATRAP kísérlet, *Antimatter TRAP*, <http://atrap.web.cern.ch/ATRAP>
18. G. Gabrielse et al.: Background-free observation of cold antihydrogen with field-ionization analysis of its states. *Phys. Rev. Lett.* 89 (2002) 213401.
19. AEGIS kísérlet, *Antihydrogen Experiment: Gravity, Interferometry, Spectroscopy*, <http://aegis.web.cern.ch/aegis/home.html>
20. ACE kísérlet, *Antiproton Cell Experiment*, <http://www.phy.au.dk/~hk/introduction.html>
21. N. Bassler et al.: Antiproton radiotherapy. *Radiotherapy and Oncology* 86 (2008) 14–19.
22. G. Gaidos, R. A. Lewis, G. A. Smith, B. Dundore, S. Chakrabarti: Antiproton-catalyzed microfusion/fusion propulsion systems for exploration of the outer solar system and beyond. In: *Antimatter Space Propulsion at Penn State University*. <http://www.engr.psu.edu/antimatter>
23. D. Brown: *Angels and demons*. Pocket Books, 2000.
24. *Angels & Demons, the science behind the story*, <http://angelsanddemons.cern.ch>

7. ábra. Az LHC megoldandó rejtélyei az *Angyalok és démonok* kiállításon.



# NÖVEKEDÉSI, EGYENSÚLYI ÉS OLDÁSI KRISTÁLYFORMÁK

Hartmann Ervin  
MTA SZFKI

A kristályok alakja már régen felkeltette az emberek érdeklődését. Idősebb *Plinius Naturalis Historia* című művének XXXVII. könyvében így ír a kvarckristályról: „Miért hatszögűek az oldalai, arra nehéz magyarázatot adni, annál is inkább, mert a csúcsai nem ugyanúgy néznek ki, másrésztől pedig oldalainak simasága annyira tökéletes, hogy azt semmiféle műgonddal nem lehetne utolérni.” *J. Kepler* érdeklődését a hatszöges hópehely keltette fel. Egy kis könyvecskét is kiadott erről 1611-ben (*1. ábra*). Mineralógusok ezrei évszázadokon keresztül gyűjtötték az adatokat a természetben előforduló kristályformákról. Munkájuk eredményeit *V. Goldschmidt* összegezte a 18 kötetes *Atlas der Kristallformen* című művében a 20. század elején. Az adatgyűjtés azóta is tovább folyik, most már a mesterségesen növesztett kristályokon is. Ezek az úgynevezett növekedési formák. A növekedési formák és a kristályok belső szerkezete közti összefüggésre először *A. Bravais* (1866) mutatott rá, szerinte a megfigyelt kristályfelületek párhuzamosak az atomokkal legtömöttebb rácssíkokkal. Az ő elképzelését fejlesztette tovább *G. Friedel* (1907), majd *J. D. H. Donnay* és *D. Harker* (1937) [1]. Az előbbi elméletek csupán a kristályszerkezet geometriai jellemzőit vették figyelembe. A kristályszerkezet és a kristályok morfológiája közti kapcsolat vizsgálatakor *P. Hartman* és *W. G. Perdok* (1955) a kötési energiákkal számolt. *P. Bennema* munkatársaival (1982) a periodikus kötési láncok (periodic bond chains, röviden PBC) elméletét alkalmazta a morfológiai fontossági sorrend megállapítására gránát-kristályok esetén [1–3].

A kristályok egyensúlyi formájának fogalmát *J. W. Gibbs* (1878) és *P. Curie* (1885) vezette be. Szerintük az egyensúlyi alak esetén a

$$\Phi = \sum \sigma_i F_i$$

kifejezésnek minimuma van, ahol  $\sigma_i$  a specifikus felületi szabad energia,  $F_i$  pedig az adott  $V$  térfogatú kristály felületeinek nagysága, és az összegezést az összes  $N$  lapra kell végrehajtani. *G. Wulff* (1901) a fenti eredményt geometriailag interpretálta. Ha  $\Phi$  minimum, akkor a  $V$  térfogaton belüli ponttól a felületekhez húzott merőlegesek  $h_i$  nagyságára fennáll:

$$\frac{h_1}{\sigma_1} = \frac{h_2}{\sigma_2} = \dots = \frac{h_N}{\sigma_N}$$

A Wulff-elv igazolását *M. von Laue* 1943-ban adta meg [1]. A Wulff-elv lehetőséget ad a kristály egyensúlyi formájának megszerkesztésére. A fajlagos felületi energia polárdiagramja mindegyik pontjában a ponthoz tartozó rádiusvektorra merőleges síkot kell állítani. Ekkor a Wulff-elv szerint, az egyensúlyi formát

az a test mutatja, amelyet azon pontok összessége alkot, amelyekhez a kezdőpontból kiindulva el lehet jutni anélkül, hogy valamely síkot metszenénk [4].

Elméletileg számos kristály egyensúlyi formáját meghatározták. A számításoknál a kristálynak valamilyen egyszerű formájából indultak ki, majd egymás után leválasztották a kristály felületéről mindazon molekula-építőelemeket, amelyeknek kötési energiája kisebb a közepes leszakítási munkánál. Ily módon megjelentek mindazon lapok, amelyek a kristály egyensúlyi formájához tartoznak. Ezek után a lapok területét addig variálták, amíg valamennyi kristálylapra azonos nem lett a közepes leszakítási munka.

A kristályok egyensúlyi alakját elméletileg szépen meg lehet állapítani, a kísérleti meghatározás viszont – finoman szólva – nehézkes. Többen gömb alakúra formált kristályon kis túltelítettségénél figyelték a kristálylapok kialakulását. A kialakult lapok közül azokat tekintették egyensúlyi lapoknak, amelyek nem mutattak felületi barázdáltságot. Még kis növekedési sebességnél is legfeljebb csak az egyensúlyi lapokra lehet következtetni. Az egyensúlyi formára, azaz az egyensúlyi lapokon kívül, azok felületének arányára is utalást kapni már jóval nehezebb. Jobbnak tűnik az a módszer, amely az egyensúly körüli ingadozásokat használja fel az egyensúlyi forma megállapítására. Timsóból egy 3 cm-es átmérőjű gömböt esztergáltak ki, ezt a gömböt telített timsó-oldattal együtt egy gumilabdába helyezték, majd hermetikusan lezárták a gumilabdát. Egy automatika lassan forgatta a labdát és kétóránként rövid ideig néhány fokkal felmelegítették. A melegítés hatására a kristálygömb oldódni kezdett, majd visszahűléskor ismét nőtt. Néhány hónap leforgásával az eredetileg gömb alakúra formált kristály oktaéderes formát vett fel, amely a későbbiekben már nem változott.

1. ábra. Kepler könyve a hatszögletű hópehelyekről.



Az egyensúlyi forma kísérleti meghatározásához célszerű kisméretű kristályt vele összemérhető térfogatú anyafázisban vizsgálni. Kisméretű kristályok esetén ugyanis az egyes lapokhoz tartozó közepes leszáktási munkák különbsége nagyobb, tehát nagyobb a hajtóerő az egyensúlyi forma felé. Az anyafázis és a kristály térfogatainak összemérhető volta viszont azt eredményezi, hogy az ingadozások hatására a kristályról leváló, illetve a kristályhoz hozzánövő molekulák az anyafázisban uralkodó telítettségi viszonyokat is erősen megváltoztatják, amelyek oly módon hatnak vissza, hogy az egyensúly létrejőjön.

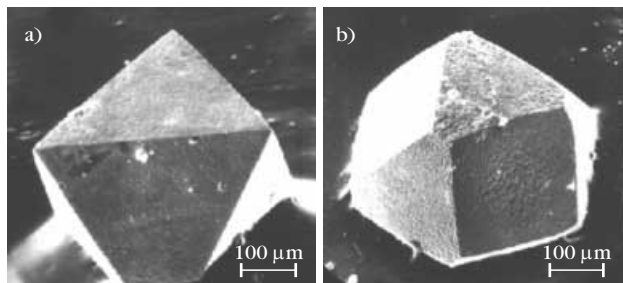
Optikai mikroszkóp alatt vizsgáltak ammónium-klorid oldatcseppekben végbemenő kristályképződést. A túltelített cseppekben a szalmiáksó először dendritek alakjában kezdett kikristályosodni. Ekkor a cseppeket izolálták és hőmérsékletüket lassan változtatták. Ennek hatására a dendritek felbomlottak egyedi kristályokra, majd a kisebb kristályok feloldódtak, a nagyobbak nőttek. Végül a cseppben egyetlen kristály maradt, amely  $\{110\}$  lapokkal volt borítva. Az elmélet szerint is a  $\text{NH}_4\text{Cl}$  kristályok egyensúlyi formája  $\{110\}$  lapokból áll.

Kristályformák a kristályok oldódásánál is kialakulhatnak. Így keletkeznek az oldódási formák. Az elmúlt három évtizedben két elmélet jelent meg az egykristálygömbök oldási formáival kapcsolatban [5–7].

A. E. Szmirnov és munkatársai (1981) szerint az ideális oldási forma egy poliéder, amelynek csúcsait úgy kapjuk meg, hogy az ideális Wulff-féle test belsőjében fekvő pontból a test lapjaira merőlegeseket húzunk, és ezekre felmérjük a megfelelő rácscsúcs-távolságokat. Az ideális Wulff-test a reciprokrács valamely pontjához tartozó Dirichlet-tartomány. Egy rácspont Dirichlet-tartománya egy poliéder, amelynek valamennyi belső pontja közelebb van az adott rácsponthoz, mint bármelyik más rácsponthoz. A reciprokrács Dirichlet-tartományát határoló lapok párhuzamosak a translációs rács legsűrűbb hálósíkjával. Kimutatták, hogy csupán 24 ideális Wulff-test létezik. Mivel minden Wulff-testhez egy ideális oldási forma tartozik, összesen 24 ideális oldási forma lehet. A köbös rendszerhez tartozó ideális oldási formák: oktaéder, archimedesi kocka-oktaéder és rombo-dodekaéder.

Az oldási formák másik elmélete molekula-kinematikai megfontolásokon alapul. Az R. Lacmann és munkatársai (1974) által kidolgozott modell szerint az oldási formát az egyensúlyi forma csúcsainak „levágásával” lehet megkapni. Például kocka alakú egyensúlyi forma esetén a nyolc sarkot levágva oktaéder oldási formához jutunk. A modellben feltételezték, hogy az oldási formák lapjai az egyensúlyi forma lapjaiból összetevődő mikroszkopikus, illetve szubmikroszkopikus teraszokból állnak.

A fenti elméletek szisztematikus ellenőrzését Beregi Jelena kollégámmal végeztük el és az eredményeket tucatnyi cikkben közzeltük [6]. Több mint ötven, különböző összetételű, köbös  $m\bar{3}m$  szimmetriájú gránát-kristályt ( $\text{R}_3\text{A}_{(5-x)}\text{B}_x\text{O}_{12}$ , ahol  $\text{R} = \text{Lu}, \text{Yb}, \text{Er}, \text{Ho}, \text{Y}$ ,



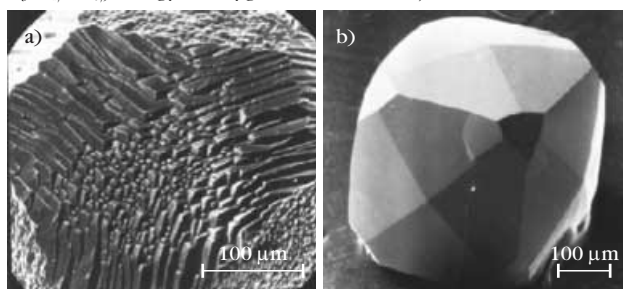
2. ábra. Ittrium-vas-gránát kristálygömb végső oldási formája (a) és közbülső oldási formája (b) hidrogén-bromidban.

Gd, Eu, Sm és Ca; A, B = Fe, Ga, Al, Sc, Ge, In és V;  $0 \leq x \leq 5$ ) és több mint 500 mintatestet vizsgáltunk meg. A gránát-kristályokat magas (1000–1200 °C) hőmérsékletű  $\text{PbO-PbF}_2\text{-B}_2\text{O}_3$  olvadék-fluxból, lassú hűtéssel (0,5–1 °C/óra) spontán kristályosodás révén nyertük. Az úgynevezett as-grown kristályok  $\{211\}$  és  $\{110\}$  lapokkal voltak határolva. Összehasonlítás céljából néhány esetben Czochralski-módszerrel növesztett kristályokat is vizsgáltunk. A növesztett kristályokból 1,4 mm élhosszúságú kockákat vágunk ki, amelyeket Bond-malomban SiC-dal kerekítettünk és alumíniumoxid szuszpenzióval políroztunk. A körülbelül egy milliméter átmérőjű egykristálygömböket különböző savakban, foszforsavban, azeotrópos hidrogén-bromidban, kénsavban, 90 és 330 °C hőmérséklet-tartományban, széles időhatárok (1 perc és 75 óra) között oldottunk. Az oldást legtöbbször több lépésben végeztük.

Az oldási formákat sztereomikroszkóppal és JEOL JSM-35 pásztázó elektronmikroszkóppal Lábár János (MFA) aktív közreműködésével vizsgáltuk. A kristálylapok indexeléséhez kétkörös optikai goniométert használtunk.

Hidrogén-bromidos oldásnál a gránát egykristálygömbök oldásánál jól kifejezett oktaéder formát (2.a ábra) vagy kocka-oktaéder kombinációt (2.b ábra) kaptunk. Az oldási forma lapjai gyakran  $\{211\}$  indexű teraszokból álltak (3.a ábra). A gránát kristálygömbök foszforsavas oldásánál  $\{111\}$  és  $\{hk0\}$  lapok kombinációját kaptuk (3.b ábra). Az oldás előrehaladtával az oktaéder lapok egyre kisebbek lettek, s végül csak a  $\{hk0\}$  lapok maradtak meg. Érdemes felfigyelni a kristálylapok simaságára is, azaz ebben az esetben az egyensúlyi lapokból álló teraszok itt szubmikroszkopikusak voltak.

3. ábra. a)  $\text{Gd}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}$  egykristálygömb hidrogén-bromidban történő oldásakor az oktaéder kristálylapokon keletkező teraszok. b)  $\text{Y}_3\text{Fe}_{4.1}\text{Ga}_{0.9}\text{O}_{12}$  egykristálygömb oldási formája foszforsavban.



1. táblázat

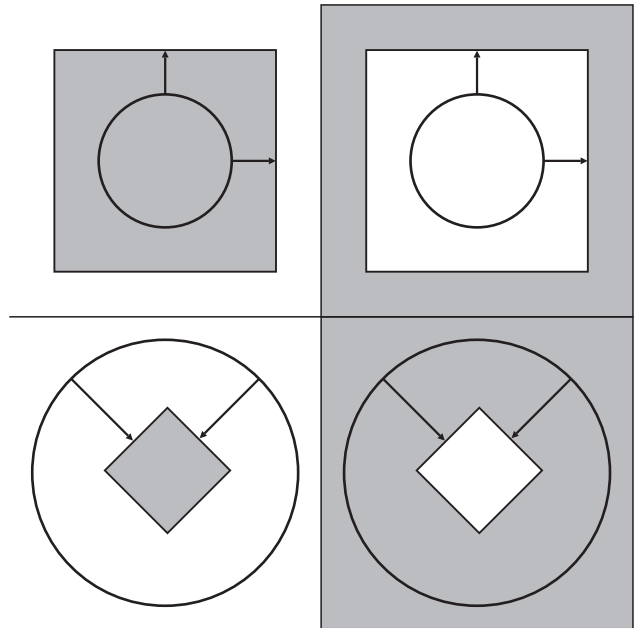
Kristálylapok gyakorisága gránát-kristályokon		
lapok indexei	oldási formán	növekedési formán
{111}	37%	2%
{bk0}	26%	5%
{100}	22%	5%
{bbl} $b > l$	14%	3%
{bll} $b > l$	< 1%	38%
{110}	0%	40%
{bkl}	0%	7%

Mivel több mint 500 mintatestet vizsgáltunk meg, lehetőségünk volt különféle statisztikákat készíteni, összeállítani. Az 1. táblázatban láthatjuk, hogy mely kristálylapok milyen gyakorisággal jelennek meg a gránát-kristályok oldási, illetve növekedési formáin (az utóbbi statisztikát az irodalomból vettük).

Kísérleteink azt mutatták, hogy a Lacmann-elmélet jobban írja le a valóságot mint Szmirnov elmélete.

Felmerülhet az a kérdés is, hogy egy „negatív” kristály, azaz egy kristály belsejében levő üreg, hogyan nagyobbodik, illetve zsugorodik. Erre ad választ a kristálynövekedési korrespondencia-elv (W. Kleber; 1931) [5]: Egy konvex kristálygömb növekedésekor ugyanazon kristálylapok alakulnak ki, mint egy konkáv gömbüreg továbbdoldásakor, illetve egy konvex kristálygömb oldódásakor ugyanazon kristálylapok alakulnak ki, mint egy konkáv gömbüreg kitöltődésekor. A kristálynövekedési korrespondencia-elvet szemlélteti a 4. ábra. Hogyan tudjuk egy kristályban lévő gömb alakú üreg viselkedését vizsgálni? A megoldás egyszerű, akárcsak a gordiuszi csomó esetében: a kristályt ketté kell vágni. Egy kristály felületén lévő félgömb alakú üreg továbbdoldásakor, illetve kitöltődésekor hasonló folyamatok játszódnak le. Gránát-kristályokon igazoltuk a fenti elvet is.

A kristály alakja nemcsak a kristály belső szerkezetétől, hanem a túltelítéstől, a környező közeg hőmérsékletétől és összetételétől is függ. Ha az egyensúlytól való eltérések meghaladnak bizonyos mértéket, dendrites, illetve szkeletes formák alakulhatnak ki [2–3]. Kényszerítő külső feltételek esetén a kristály alakja ezeket tükrözi. Gőzből történő növekedéskor az egy-



4. ábra. A kristálynövekedési korrespondencia-elv szemléltetése.

kristály az öt környező kvarc ampulla alakját veszi fel. Szabályozott Czochralski-növesztésnél henger alakú kristályt kapunk, amelyen csak a kristályvarratok utalnak a kristály belső szerkezetére. Olyan kristálynövesztési módszert is kifejlesztettek már, amelyen cső alakú zafír egykristályt tudunk növesztetni.

L'art pour l'art-nak tűnhet a kristályformákkal való foglalkozás. A gyógyszerek felszívódását a bennük lévő mikrokristályok oldódása határozza meg. Milliméter nagyságú gránát kristálygömböket a mikroelektronikában használtak.

#### Irodalom

1. C. J. Schneer (szerk.): *Crystal form and structure*. Dowden, Hutchinson & Ross Inc., Strudsburg, Pennsylvania, 1977.
2. D. T. J. Hurle (szerk.): *Handbook of crystal growth*. North-Holland, Amsterdam, 1993.
3. G. Müller, J. J. Métois, P. Rudolph (szerk.): *Crystal growth: from fundamentals to technology*. Elsevier, Amsterdam, 2004.
4. L. D. Landau, E. M. Lifsic: *Statistikus fizika I*. Tankönyvkiadó, Budapest, 1981.
5. R. B. Heimann: *Auflösung von Kristallen*. Springer-Verlag, Wien–New York, 1975.
6. E. Hartmann, E. Beregi, *J. Cryst. Growth* 128 (1993) 74–81.
7. A. Pimpinelli, J. Villain: *Physics of crystal growth*. Cambridge University Press, Cambridge, 1998.

## ÜZEMIDŐ-HOSSZABBÍTÁS A PAKSI ATOMERŐMŰBEN

A Paksi Atomerőmű 2001-ben megfogalmazott stratégiai céljai között – illeszkedve a Magyar Villamos Művek Rt. hosszú távú terveihez – szerepel atomerőművi blokkjainak tervezési üzemidőn (azaz 30 éven) túl 20 évvel történő üzemeltetése.

A tervezett üzemidő-hosszabbítás engedélyköteles tevékenység. A Nukleáris Biztonsági Szabályzatok

szerint ahhoz, hogy az atomerőmű blokkjai az előzetesen tervezett üzemidőn túl is működtethetők legyenek, meg kell újítani az üzemeltetési engedélyt. A tervezett üzemidő meghosszabbítására irányuló szándékot 4 évvel a tervezett üzemidő lejártá előtt kell bejelenteni az Országos Atomenergia Hivatal Nukleáris Biztonsági Igazgatóságának (OAH NBI), amellyel

egyidejűleg be kell nyújtani a tervezett üzemidőn túli üzemeltethetőség feltételeinek megteremtésére előirányzott programot. A továbbüzemelésre vonatkozó engedélykérelmet pedig blokkonként kell benyújtani az OAH NBI-hez, legkésőbb a tervezett üzemidőre érvényes üzemeltetési engedély lejárta előtt 1 évvel. (Ez az 1. blokk esetében, amely 1982 óta üzemel, a 2011. évet jelenti.) Ehhez a műszaki dokumentáción túl mellékelni szükséges egyéb hatósági engedélyeket, amelyek közül kiemelt jelentőséggel bír a környezetvédelmi engedély. Az üzemidő-hosszabbítás nukleáris engedélye csak érvényes környezetvédelmi engedély birtokában adható ki.

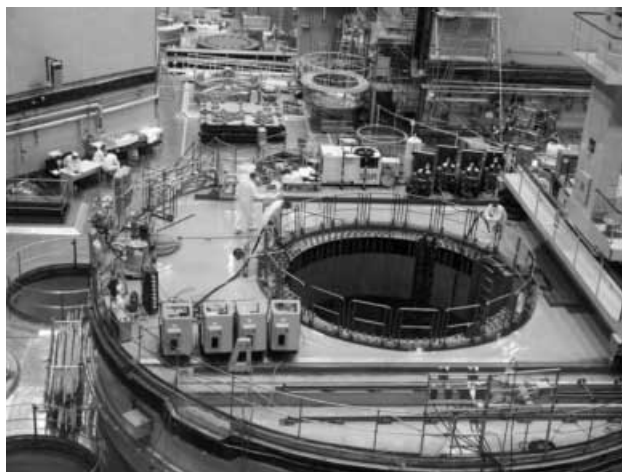
## Környezetvédelmi engedélyezés

Az üzemidő-hosszabbítás környezetvédelmi engedélyezési eljárásához kapcsolódóan 2006-ban elkészült *A Paks-i Atomerőmű 1–4. blokk. A paksi atomerőmű üzemidő-hosszabbítása. Környezeti Hatástanulmány* című dokumentum. Az atomerőmű 2006. március 13-án – az erőmű blokkjainak 20 éves üzemidő-hosszabbítására vonatkozóan – benyújtotta a környezetvédelmi engedélykérelmet az Alsó-Duna-völgyi Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Igazgatósághoz.

A környezeti hatástanulmány részletesen elemzi és értékeli az atomerőmű környezetének állapotát, az atomerőmű jelenlegi és az üzemidő-hosszabbítás időszakára vonatkozó környezeti hatásait. A hatástanulmány megállapításait összegezve elmondható, hogy a jelenlegi környezeti hatásokhoz képest a meghosszabbított üzemidejű erőmű működése időszakában sem volumenben, sem erősségben, sem terheléstípusban nem várható lényegi, meghatározó változások. A 20 éves továbbüzemelés alatt (a megfelelő karbantartási, biztonsági gyakorlat megőrzésével, fejlesztésével) nem várható az üzemzavarok gyakoriságában, súlyosságában és nagyságrendjében változás.

2006. folyamán hazai, és – az Espooi Egyezmény alapján – nemzetközi, környezeti hatásvizsgálati engedélyezési eljárás zajlott. Hatósági, illetve önkormányzati szervezésű közmeghallgatás Pakson és Kalcson történt. A nemzetközi eljárásban Ausztria, Románia és Horvátország kívánt részt venni. Így közmeghallgatásra és hatósági konzultációra került sor Mattersburgban, Nagyváradon (Oradea) és Eszéken (Osijek). Az esooi eljárás lezárultát mindhárom ország írásban elfogadta.

A szakhatósági állásfoglalások, a szakértői vélemények, a közmeghallgatásokon felmerült kérdések és válaszok figyelembe vételével a környezetvédelmi felügyelőség 2006. október 25-én kiadta az üzemidő-hosszabbítás környezetvédelmi engedélyét. Az Energia Klub Környezetvédelmi Egyesület a határozat ellen fellebbezést nyújtott be. A fellebbezést az Országos Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség nem találta megalapozottnak, és 2007. január 31-én kelt határozatában az elsőfokú határozatot egy pontban megváltoztatta, egyebekben helyben hagyta.



Karbantartás közben

A határozat ellen az Energia Klub keresetet terjesztett elő a Baranya Megyei bíróságon. 2007. szeptember 24-én tartották az üzemidő-hosszabbítás környezetvédelmi engedélyével kapcsolatos első bírósági tárgyalást. Ekkor alapvetően tényismertetés történt. A második bírósági tárgyalásra 2007. december 5-én került sor, amelyen a Baranya Megyei Bíróság ítéletet hirdetett. Ebben elutasította az Energia Klub Környezetvédelmi Egyesület keresetét, amelyben a felperes a környezetvédelmi engedély tárgyában hozott határozat felfüggesztését és szükség esetén új eljárásra történő kötelezését kérte. Az ítélet ellen nincs helye fellebbezésnek.

## Az üzemidő-hosszabbítás előkészítésének műszaki feladatai

A műszaki feladatok közül először azon rendszerek és rendszerelemek körét kell meghatározni, amelyek a blokk tervezett élettartamán túli biztonságos üzemeltetéséhez szükségesek. Meg kell határozni azon öregedési folyamatokat, amelyeket a blokk tervezett élettartamán túli üzemeltetés engedélyezése kapcsán kezelni kell. Fel kell mérni a terjedelmébe tartozó rendszerek, rendszerelemek állapotát, értékelni kell a működő öregedéskelzési programokat, szükség esetén módosítani kell azokat, illetve új programokat kell kidolgozni. Meg kell határozni a blokk tervezett élettartamán túli üzemeltetés engedélyezésében érintett, korlátozott időtartamra érvényes elemzések szükséges terjedelmét, azok érvényességét, kiterjeszhetőségét értékelni kell. Gondoskodni kell a minősített állapot fenntartásáról. Mindezek után meg kell határozni az előzőekből következő intézkedéseket.

A fenti tevékenységek elengedhetetlen feltétele volt egy korszerű informatikai rendszer létrehozása, amely egységes formában, minden felhasználó számára hozzáférhetően tartalmazza az erőmű működésével kapcsolatos információhalmazt.

Elsősorban az említett feladatok eredményeinek figyelembe vételével került sor az egyes blokkok tervezett üzemidejének lejártáig elvégzendő feladatlista összeállítására. A program részvénytársasági ellenőrzése, jóváhá-



gyása után a Nukleáris Biztonsági Szabályzat által előírt legkésőbb 2008. december 15-i határidő előtt egy hónappal a programot benyújtottuk az OAH NBI részére.

## További feladatok

A paksi blokkok üzemidő-hosszabbításának megvalósításáig elvégzendő feladatokat az üzemidő-hosszabbítás program foglalja össze, amely három fő részből áll:

1) Az engedélyezés kötelező feladatai, amelyeket az Nukleáris Biztonsági Szabályzat határoz meg. Itt azok a feladatok szerepelnek, amelyeket még el kell végezni az üzemeltetési engedély kérelem megalapozásához.

2) Az engedélyezéshez szükséges egyéb feladatok. Ezek elsősorban az üzemidő-hosszabbítás engedélykérelmének összeállításához közvetlenül szükséges

feladatok: külső szakértői támogatások, független szakértői véleményezések, Nemzetközi Atomenergia Ügynökség véleményezése stb.

3) Paksi Atomerőmű Zrt. szintentartási programja, amely az atomerőmű önálló és átfogó programja. A szintentartási program funkcióját tekintve az élettartam-gazdálkodás fontos integráló programja, s összefüggései miatt az üzemidő-hosszabbítás program egészébe tartozik annak érdekében, hogy az üzemidő-hosszabbítás prioritásai érvényesíthetők legyenek. A szintentartási program a Paksi Atomerőmű Zrt. teljes vagyona megkövetelt műszaki állapotának fenntartását szolgáló beruházásokra vonatkozik, az üzemeltetés, karbantartás infrastruktúrájára, az üzemeltető szervezet működésének feltételeit jelentő eszközökre (vagyontárgyakra) terjed ki.

*Kovács Ferenc*

Paksi Atomerőmű Zrt.

# TISZA LÁSZLÓ

1907–2009

Április 25-én elhunyt *Tisza László*, az Amerikában élő híres magyar fizikus. 1907. július 7-én született, két hónap múlva töltötte volna be 102. életévét. Akik ismerték, a legutóbbi évekig fáradhatatlan gondolkodónak, beszélgető és levelező társnak ismerhették, aki a róla készült írásokat is nagy alaposággal javítgatta – ezt a megemlékezést már nem lesz alkalma javítani.

Munkásságának az a része, amely számára meghozta a világhírt, egy olyan fontos tudományterülethez kapcsolódik, amely a tizenkilencedik-huszedik század fordulóján született: a nagyon hideg anyagok fizikájához. Az abszolút nullához közeli hőmérsékletekre lehűtve, a legtöbb gáz először cseppfolyósodik, majd kristályossá fagy. Nevezetes kivétel a hélium, amely cseppfolyósodik, de nem fagy meg. Ehelyett

Martinás Katalinnal és Ropolyi Lászlóval Veszprémben, 1990-ben.



valami sokkal izgalmasabb történik vele: átmelegszik *szuperfolyékony*, azaz belső sűrűlódás nélküli állapotba. Ennek első elméleti magyarázatát adta meg Tisza László 1938-ban a híres *kétfolyadékos modell* létrehozásával, amely máig is a folyékony hélium fizikájának maradandó és megkerülhetetlen keretét jelenti.

Ezzel Tisza László – akarva, nem akarva – műfajt teremtett a fizikában: a *fél-fenomenologikus elmélet* műfaját. Ez átmenetet jelent a megfigyelt jelenség és annak atomi szintű, mikroszkopikus magyarázata között. Tisza arra jött rá, hogy a szuperfolyékony hélium furcsán kétarcú viselkedése – sűrűlódásmentes átfolyás egy kapillárisban, sűrűlódásos örvénylés egy tágasabb forgó edényben – a hidrodinamika nyelvén úgy írható le, mintha a folyadék egy viszkozitás nélküli és egy normális viszkozitású folyadék keveréke lenne. Ez a leírásmód azonnali gyümölcsöt is hozott: Tisza László ennek alapján jóslta meg a *második bang*, a csak ilyen extrém körülmények között fellépő hullámszerű hővezetés jelenségét, amit szinte azonnal elvégzett kísérletek igazoltak. A kétfolyadékos kép máig is tökéletesen működik; ami feladat a mikroszkopikus elméletre marad, az a látszólagos keveréket alkotó két folyadék tulajdonságainak magyarázata.

Tisza számára a kétfolyadékos modell együtt született egy kézenfekvőnek látszó mikroszkopikus szereposztással: az első pillanattól kezdve úgy gondolta, hogy a viszkozitás nélküli, szuperfolyékony komponens egy azonos kvantumállapotú héliumatomokból álló *Bose–Einstein-kondenzátum*, a normális viszkozitású komponens pedig a kondenzátumból kimaradó atomok gázszerű együttese alkotja.

Erről a magyarázatról hamarosan kiderült, hogy nem igaz. Nem is lehetett igaz: a Bose–Einstein-kondenzáció a maga egyszerűségében csak ideális gázszerű rendszerekben létezhet, amelyekben az atomok kölcsönhatása pillanatnyi ütközésekre korlátozódik. A sűrű folyékony héliumban ezzel szemben az atomok folyamatosan érintkeznek és kölcsönhatásban állnak egymással, ami a hélium-folyadékot már a kvantummechanikai alapállapotban is bonyolult szerkezetté ragasztja össze. A valódi magyarázatra később *Landau* jött rá: a viszkózus „normál” folyadék-komponenst az alapállapotú hélium-folyadékban terjedő *elemi gerjesztések*, közelebről: a hanghullámok kvantumai, a *fononok* alkotják. Ezt azóta számtalan kísérlet és részletesebb elmélet igazolta; ez szolgált később Landau Nobel-díjának legfontosabb hivatkozásával.

Tisza László ezt a történetet kudarcként élte meg. Ahelyett, hogy részt vett volna abban a hallatlanul sokoldalú és sokszínű fejlődésben, amit – nagyrészt az ő eredményein elindulva – a sokrészesecske-rendszerek fizikájának nevezett tudományterület átélt, ő hosszú életének maradék alkotó erejét Amerikában, a Massachusetts Institute of Technology megbecsült professzoraként, tudatos választással a fizikai konkrétumoktól távolabb eső területekre: a termodinamika, statisztikus fizika és kvantummechanika alapjainak kutatására és tanítására fordította. Legmaradandóbb, halhatatlan alkotása mégis a szuperfolyékony hélium megértésére ablakot nyitó kétfolyadékos elmélet, amely nélkül szegényebb lenne a fizika. Tisza László, nyugodjék békében.

*Geszti Tamás*

ELTE Komplex Rendszerek Fizikája Tanszék

## MOJZES IMRE

1948–2009

2009. április 17-én elhunyt *Mojzes Imre*, az MTA műszaki tudományok doktora.

1948. február 8-án született Kalocsán. A moszkvai Energetikai Egyetemen 1972-ben szerzett fizikusi, majd a budapesti Közgazdaságtudományi Egyetemen politológusi diplomát.

1972-től az MTA Műszaki Fizikai Kutató Intézetének osztályvezetője, a mikrohullámú eszközök főosztály-vezetője, tudományos igazgatóhelyettese, végül tudományos tanácsadója volt. 1991-től a BME Elektronikai Technológia Tanszékén egyetemi tanár, 1992-től tanszékvezető. 1995 és 1999 között a Bay Zoltán Anyagtudományi és Technológiai Intézet tudományos igazgató-helyettese. Az ezredforduló idején évszámkezelési kormánybiztosként jelentősen hozzájárult a hazai számítástechnika fejlesztéséhez.

Első munkahelye az Egyesült Izzó volt. 1973-ban az MTA Műszaki Fizikai Kutatóintézethez (MFKI) csatlakozott. A III-V félvezetők kutatásával foglalkozott, elsősorban a Gunn-dióda kutatás-fejlesztés témában. Kiemelkedő hazai alkalmazott kutatási eredménye – a vezetése alatt álló osztállyal – a Gunn-dióda kissorozatú gyártása és széleskörű alkalmazása. Számos korszerű fejlesztéssel gazdagította a hazai ipart. A Gunn-diódán alapuló mikrohullámú adómodul lehetővé tette a mikrohullámú technika alkalmazását az egészségügyben, a területvédelemben, a közlekedés szer-



vezésben. Mojzes Imre vezette a mikrohullámú távmérő berendezés mikrohullámú egységének a fejlesztését és kissorozatú gyártását. A komplett berendezés a MOM-mal együttműködésben készült és a magyar ipar valódi sikerterméke volt az 1980-as években.

Ebben az időben Mojzes Imre vezette az ELFT Félvezető szakcsoportját.

Sikeres fejlesztéseiben lényeges szerepe volt az alapkutatásnak. Az MFKI-ban kifejlesztett *in situ* tömegspektrométeres nagyvákuumú (UHV) berendezés alkalmazásra került a félvezető kontaktálási technológiában. A kontaktált dióda hőkezelése, felfűtése alkalmmával az arzén, foszfor és egyéb gázok leadását *in situ* követték. Az eljárás jele EGA (evolving gas analysis), amelyet számos külföldi kutatóhely is átvett. Mojzes Imre bevezette az *in situ* időbeli ellenállásmérést is. Az eredmény az optimális kontaktálási technológia megvalósítása lett. Az EGA kidolgozásában Mojzes Imre meghatározó szerepet játszott és nemzetközi elismerést vívott ki. Ezzel az eredményével és műszaki alkotásaival szerezte meg az MTA műszaki tudományok doktora fokozatot. Később a módszert sikerült pásztázó elektronmikroszkópban is megvalósítani (egyidejű EGA+SEM). Ez egyben tálcán kínálta azt a kutatási területet – a felületi morfológiában megfigyelt fraktálmintázatot, illetve ennek összekapcsolását fizikai paraméterekkel, például kontaktusellenállással – amellyel az utóbbi években foglalkozott, és amelyről nem tudtuk, hogy utolsó témája lesz.

A BME Híradástechnika Tanszék egyetemi tanáraként sok fiatalt vont be a fenti témába. Egész munkássága során mindig bátorította és segítette a fiatalok

előmenetelét. Nagy szerepet vállalt a nanotechnológia népszerűsítésében, kezdeményezője és elnöke volt az MTA Nano Törzsasztalnak.

Tudományos munkássága mellett jelentős volt oktatói tevékenysége is: évfolyamok sorát tanította az elektronikai alkatrészek, a nanotechnológia, az elekt-

ronikus kereskedelem témakörében. Aktívan részt vett a korszerű mérnökképzés fejlesztésében a Budapesti Műszaki Egyetemen és az utóbbi években a Debreceni Egyetemen is.

Emlékét tisztelettel őrizzük.

Pecz Béla

## A FIZIKA TANÍTÁSA

# SAJÁT FEJLESZTÉSŰ AD-KONVERTER AZ OKTATÁS SZOLGÁLATÁBAN

Poór Attila  
Széchenyi István Gimnázium, Sopron

A soproni Széchenyi István Gimnázium 2008 őszén nyújtotta be pályázatát az Oktatási és Kulturális Minisztérium Útravaló Nemzeti Ösztöndíjprogram *Út a tudományhoz* című alprogramjára, amelyen 390.000,- Ft támogatást nyert.

A kutatási projekt célja egy oktatást segítő AD-konverter megépítése fizikai és kémiai mérésekhez, hozzá kapcsolható kiegészítő érzékelők tervezése, elkészítése, kommunikációs és feldolgozó szoftver kifejlesztése.

A feladatot *Poór Attila* kémia-fizikai-informatika szakos tanár vezetésével három 11. évfolyamos diák: *Balázs Ádám*, *Horváth Kristóf* és *Polgár Andor* oldotta meg (1. ábra). A pályázatot támogatta a Nyugat-

magyarországi Egyetem Erdőmérnöki Kar Kémiai és Termőhelyismerettani, valamint a Faipari Mérnöki Kar Fizikai és Elektrotechnika Intézete.

A projekt eredményeit a csoport 2009. május 28-án mutatta be az érdeklődőknek a Széchenyi István Gimnázium fizika szaktantermében.

A helyi szaktanári körben már korábban megfogalmazódott a kitűzött cél iránti igény, hiszen az elmúlt években jelentősen csökkent a műszaki és természettudományos órák száma, ugyanakkor nem változott a tananyag mennyisége, ami a minőségi oktatást teszi szinte megvalósíthatatlanná. Ezekről a problémákról és a megoldási javaslatokról részletesebben olvashatunk *Kertész János: A Természettudományos közoktatás javításáért* című tanulmányában és a különböző tudományos szakmai ajánlásokban. (*Fizikai Szemle* 59/1 (2009) 26., valamint a Szemle <http://fizikaiszemle.hu> honlapján.)

A projekt megvalósítása pontos ütemterv szerint zajlott, a téma szakirodalmának feldolgozásától a gyakorlati kivitelezésen át az oktatási alkalmazhatóság vizsgálatáig. A feladatokat maradéktalanul megoldottuk, biztosítva a további fejlesztések lehetőségét. Az alábbiakban röviden összefoglalom az elvégzett munkát, s az elért eredményeket.

## AD-konverter

### Technikai paraméterek:

- 8 db 12 bites bemeneti csatorna
- 4 db programból vezérelhető kapcsoló
- 3 db kontroll LED (működés, kapcsolat és az 5 V-os kimenet)
- 5 V-os stabil kimenet, ami a mérő eszközök táplálására felhasználható
- méréshatár: 0–5 V
- érzékenység: 1,25 mV
- pontosság: körülbelül 1%

1. ábra. Polgár Andor, Balázs Ádám, Poór Attila, Horváth Kristóf



- maximális mintavételezés: 1000 db/s
- szabadon és pontosan állítható a mintavételezés sebessége (1000 db/s ... 1 db/perc)
- USB porton kommunikál a számítógéppel.

Az AD-konverter tokozott képét, valamint a szerelt belsejét mutatja a 2. ábra. A 3. ábrán az AD-konverter elvi kapcsolási rajza látható.

#### Az AD-konverter utasításkészlete:

A kommunikáció az AD-konverterrel az USB porton keresztül 8 byte-os csomagok formájában történik. Az első byte mindig 170 (csomag kezdete), a második az utasítás kódja, a harmadik és negyedik az utasítás paraméterei, az ötödik mindig 85 (csomag vége), a többi byte jelenleg nem használt.

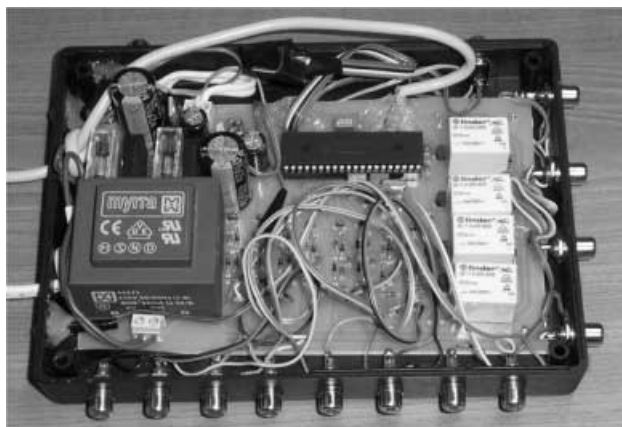
A kommunikációban egy mCHID.dll nevű file-t használunk, ezt az interneten találtuk és szabadon felhasználható. Ez a driver USB HID-on keresztül 8 byte-os csomagokat továbbít egy USB-s eszköz és a számítógép között. (Ezért használunk 8 byte-os csomagokat.)

#### Az AD-konverternek küldhető utasítások:

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
170	1	csat	0	85	x	x	x
A mérni kívánt csatorna beállítása (csat: a beállítani kívánt csatorna sorszáma [0...7])							
170	2	hi	lo	85	x	x	x
A mérési időköz beállítása ms-ban (hi = ms div 256; lo = ms mod 256) (ms = 256·hi+lo)							
170	3	hi	lo	85	x	x	x
A mérések számának beállítása (hi = db div 256; lo = db mod 256) (db = 256·hi+lo)							
170	4	0	0	85	x	x	x
A mérés indítása							
170	5	0	0	85	x	x	x
A mérés megszakítása							
170	6	sz	0	85	x	x	x
Az sz sorszámú relé bekapcsolása [0...3]							
170	7	sz	0	85	x	x	x
Az sz sorszámú relé kikapcsolása [0...3]							
170	8	sz	0	85	x	x	x
Az sz sorszámú relé állapotának invertálása [0...3]							

#### Az AD-konverter által küldött válaszok:

A parancsok végrehajtása után az AD-konverter nyugtázza a feladatokat és visszaküldi a parancs második ... ötödik byte-jait. Ha az első byte tartalma 2, az azt jelenti, hogy az utasítást végrehajtotta. Elvileg, ha ugyanitt 3-at küld vissza, akkor az utasítást nem tudta végrehajtani. (Ilyent azonban nem tapasztaltunk!)



2. ábra. A tokozott Analóg-Digital-konverter, valamint belseje

A mért értékek küldésekor az első byte tartalma 1, a második és harmadik byte tartalmazza a mért értéket (mért érték = 256[második]+[harmadik]).

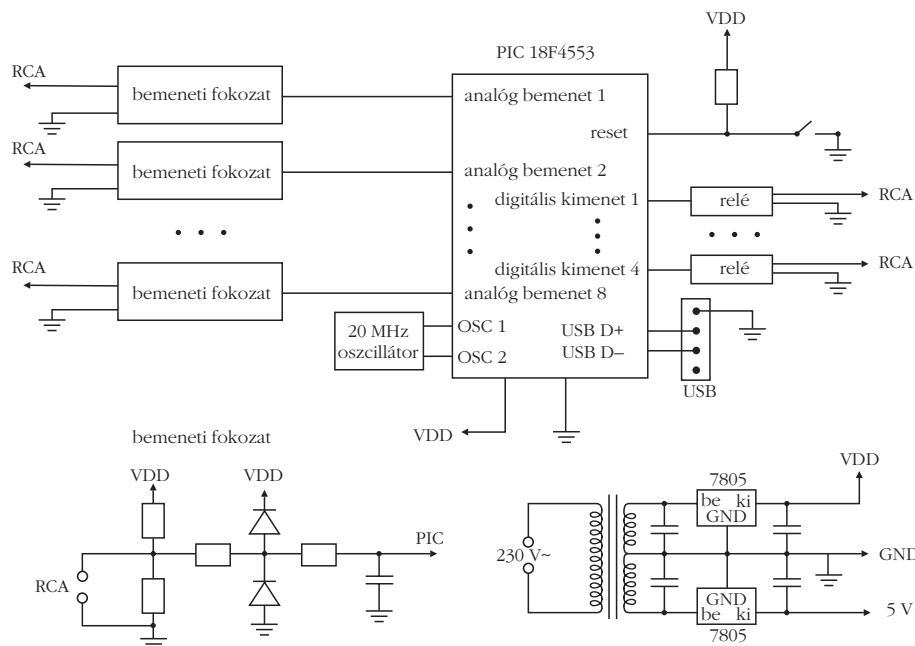
## Mérőeszközök/érzékelők

Az eddig megvalósított mérésekben a következő fizikai mennyiségeket tudjuk mérni:

- **Megtett út:** ezt precíziós potenciométerek tengelyére szerelt korongokkal valósítottuk meg. Két mérőkorongot is készítettünk, egyikkel körülbelül 90 cm-es, a másikkal 210 cm-es elmozdulás vizsgálható körülbelül 1 mm-es pontossággal. Próbálkoztunk ellenálláshuzal alkalmazásával is, de érintkezési problémák miatt döntöttünk a potenciométerek alkalmazása mellett. Így egyébként sín pályára sincs szükség.

- **Hőmérséklet:** a klasszikus termisztoros megoldást választottuk. Egy 4,7 kΩ-os termisztor ellenállás-változását használtuk fel. Az érzékenysége 0,02 °C (0–40 °C intervallumban). Megfelelő kalibrálás után a pontossága 0,05 °C. Mivel mi a hőmérséklet-különbséget akarunk mérni, ezért nekünk a 0,1 °C-os pontosság is megfelelt. A termisztorok festékrétegét lakkozással erősítettük meg, mert vegyszerek jelenlétében (HCl és NaOH) használtuk. Ez a hőátadást egy kicsit lassította. A termisztor beállási ideje körülbelül 15–20 s. Próbálkoztunk műanyagréteg felvitelével is, ez sokkal ellenállóbbá tette a termisztor, de a beállási idő 90–120 s-ra nőtt, ezért mérésnél a lakkbevonatút használtuk.

- **Fényintenzitás:** egy fotoellenállás változásának mérésével elég nagy érzékenységgel határozható



3. ábra. Az AD-konverter vázlata

meg. Mivel az erre irányuló mérésünk egy másik érzékelő (CO<sub>2</sub>) hiányában jelenleg még nem valósult meg, ezért a részletes vizsgálatokat nem végeztük el. Csak két tájékoztató adat: egy világító LED helyzetét 1–15 cm között körülbelül 0,5 cm-es pontossággal tudtuk meghatározni; az ablak előtt elhaladt teherautókat még 2 m-es távolságból is érzékelni lehetett. Természetesen egyszerűbb esetekben fénykapuként is használható, például fordulatszám-mérés, cseppek számlálása stb.

• *Hang:* a mikrofonokról jövő jel túl kicsi, hogy megfelelő pontossággal érzékelni lehessen, ezért készítettünk egy erősítőt, amivel már jól mérhető jeleket kaptunk. Mivel az AD-konverterünk mintavételezési frekvenciája jóval kisebb, mint a gyakorlatban használt hangkártyáké, ezért nem is ilyen jellegű hangfeldolgozást terveztünk. Beszéd felismerésére és feldolgozására nem alkalmas. A szabályos zenei hangok még jól vizsgálhatók és kirajzolhatók. Egyébként a környezetben bekövetkező hangintenzitás változásának észlelésére szántuk. Mellkasra erősített mikrofonnal a szívverés jól érzékelhető.

## Szoftverek

Egy, az interneten található és szabadon felhasználható mcHID.dll nevű programon kívül az összes többi szoftvert mi készítettük. Az interneten találtunk néhány szabadon felhasználható példaprogramot a USB hídon való kommunikációról. Ezek túlnyomó többsége Visual Basic nyelven íródott. Ezért mi is ezzel a nyelvvél próbálkoztunk. Az első adatátvitelt is ezen a nyelven valósítottuk meg az AD-konverterünk és a számítógép között.

Későbbiekben megvalósítottuk az adatbeolvasást C# és Delphi programnyelveken is. Az egyedi szoft-

verek készítésénél a fő hangsúly áthelyeződött a Delphire. (Gimnáziumunk évek óta rendelkezik ezen programozói nyelv legális példányával.) A mért adatok feldolgozása és megjelenítése saját fejlesztésű programokkal történik.

Visual Basicben az univerzális felhasználást biztosító programot készítettük el, lehetőséget adva, hogy a felhasználók egy XML file tartalmának módosításával saját elképzelésüknek megfelelően „testre szabhassák” a program megjelenítését. Az adatok összegyűjtését, ábrázolását és mentését valósítottuk meg, az elmentett adatokat mindenki a „kedvenc” programjával dolgozhatja fel. (Akár valamelyik táblázatkezelővel, így ké-

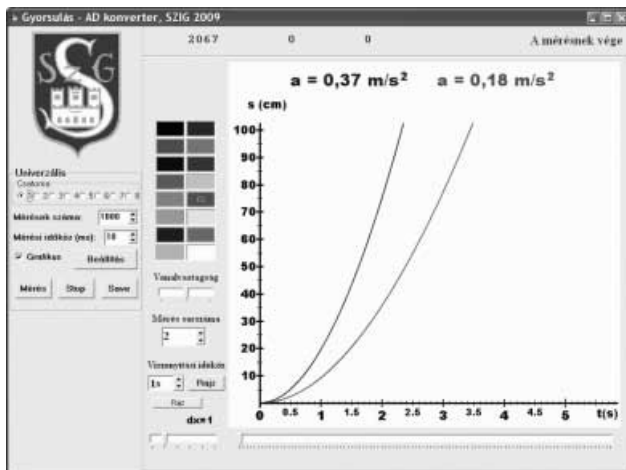
szén kap olyan matematikai segítséget, ami különben számára esetleg nehezen lenne megvalósítható.)

A C# nyelven csak az adatok beolvasását oldottuk meg, hogy a vállalkozó szellemű felhasználó saját „kénye-kedve” szerint dolgozhassa fel a mért adatokat.

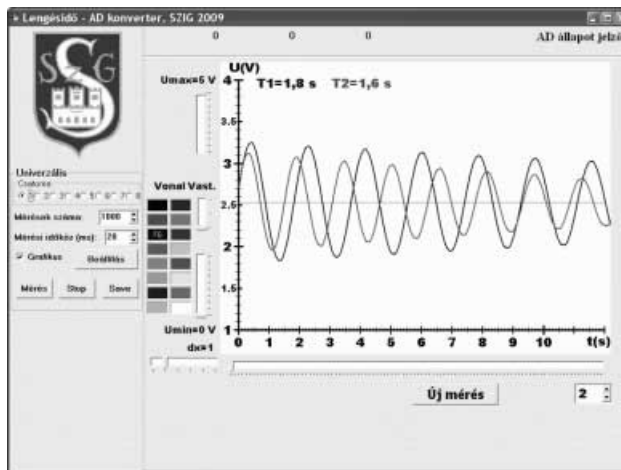
A Delphi nyelven írt programjaink a leginkább testreszabottak. Az általunk készített alapprogramból fejlesztettük tovább az adott mérés igényeinek megfelelően. Mindegyik szoftverünkben lehetőség van a következőkre:

- Beállítani, hogy melyik csatornán akarunk mérni.
- Hány adatot és milyen időközönként akarunk mérni.
- Beállítható, hogy csak mérni akarunk vagy egyből ábrázoljuk is a kapott értékeket (a régebbi gépek esetén 10 ms-nál rövidebb idő alatt gondot jelent egyszerre mérni és rajzolni is, egy 5 éves gép, ha nem kellett rajzolni, gond nélkül tudott 1 ms-onként mérni).
- Mind a függőleges, mind a vízszintes tengely skálázható a várt értékeknek leginkább megfelelő tartományra.
- A vízszintes tengely görgethető, ha túl sok adatot mérünk, követhetjük az ábrázolt, de a képernyőn már nem látható jeleket.
- A célprogramok az adott méréshez kapcsolódó adatokat feldolgozzák és megjelenítik (pl. lengésszám, gyorsulás, reakcióhő stb.)
- Néhány célprogramban a szoftver automatikusan érzékeli a mérés megkezdését, természetesen itt is lehetőség van a manuális indításra.
- Egymás után több mérés is végrehajtható, összehasonlíthatjuk az ábrán különböző színekkel megjelenő értékeket.
- A mért adatok és az ábrák elmenthetők, később újra feldolgozhatóak.





4. ábra. Gyorsuló mozgás



5. ábra. Lengő mozgás

## Megvalósult és bemutatott mérések

### Gyorsulásmérés

A haladó mozgást egy potenciométerre szerelt korong segítségével érzékeltük. A potenciométert az AD stabilizált 5 V-os feszültségével tápláltuk. A kapott jel közvetlenül rávihető az AD-konverterre (4. ábra). Elég érzékeny összeállítást kaptunk, 1–2 mm-es változást már érzékelni lehetett.

Egy kiskocsira szerelt súllyal valósítottuk meg a gyorsuló mozgást. Körülbelül 1 m-es út állt rendelkezésünkre, 10 ms-onként mértünk. Az elindulást a program automatikusan érzékeli. A mérés végén kiszámolja és kiírja a gyorsulás értékét. A mérés megismételhető úgy, hogy kisebb súllyal húzzuk a kiskocsit. A más színnel rajzolt görbén azonnal látható a különbség. Természetesen ez a kiírt gyorsulás számértékén is látható. Ez egy jól reprodukálható és gyorsan elvégezhető, látványos kísérlet.

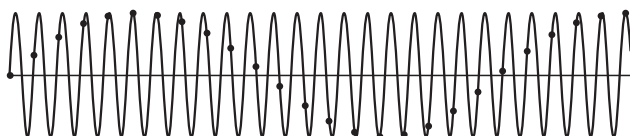
### Lengő mozgás

A potenciométer tengelyére egy vékony rudat szereltünk, amelynek a végén egy elcsúsztatható nehezék volt. Az összeszerelés többi része megegyezett a gyorsuló mozgásnál leírtakkal. Ha két mérést végzünk, a súly elcsúsztatásával jól szemléltethetjük, hogy az inga lengésideje függ az inga hosszától (5. ábra).

### Lebegés

Két egyforma frekvenciájú hangvilla közül az egyiket kicsit elhangoltuk. A két eltérő frekvenciájú hangot egy mikrofon és egy erősítő alkalmazásával vittük rá az AD-konverterre. Az AD-konverterünk nem elég gyors tetszőleges hangok feldolgozásához. Tiszta zenei hangok esetén viszont jól reprodukálható a jel,

6. ábra. Magyarázat a zenei hangok mérésének lehetőségéhez

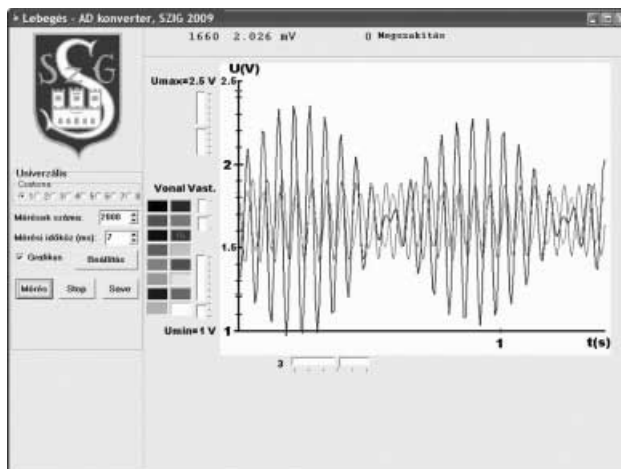


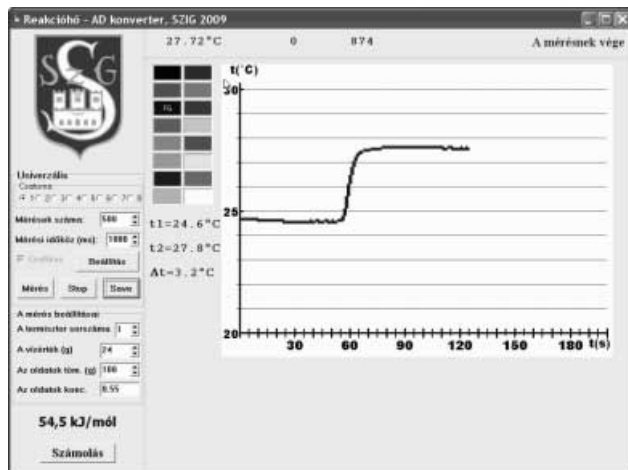
ha a hang frekvenciájának és a mintavételezés frekvenciájának hányadosa nem egész szám (6. ábra). A mi beállításunknál a hang frekvenciája körülbelül 3,1-szer volt nagyobb, mint a mintavételezés frekvenciája. Tehát 31 teljes rezgésből származó jelből rajzolt ki egy rezgésnek megfelelőt a képernyőre (7. ábra).

### Reakcióhő mérése

Ez a mérés hagyományosan sok időt igényel. Ezt próbáltuk lerövidíteni, és a technikai igényeit is csökkentettük. Az oldatokat előző nap előkészítve elegendő egy hőmérő használata, hiszen a két oldat hőmérséklete egyforma. Mivel a mérést igyekszünk gyorsan elvégezni, ezért hőszigetelés nélküli edényeket alkalmazunk. (Mi mindössze két főzőpoharat és egy általunk készített termisztoros hőmérőt használtunk.) A viszonylag pontos eredmények érdekében hasonló körülmények között meg kell határozni a készülék vízértékét. Ezt az oldatok tömegével megegyező tömegű, különböző hőfokú vizek összeöntésével meg is tettük. Maga a mérés nagyon gyors. Az elején kell egy kicsit várni, amíg a hőmérő felveszi az oldat hőmérsékletét, ez körülbelül fél perc. Majd összeöntjük a két oldatot. A mi esetünkben NaOH-t öntöttünk HCl-ba. Az összeöntés után egy kis keverés, majd ismét várakozunk 1–2 per-

7. ábra. Lebegés





8. ábra. Reakcióhő mérése

cet, amíg a hőmérő beáll a végső hőmérsékletre. A program az oldatok tömegéből, koncentrációjából és a hőmérsékletváltozásból kiszámolja a reakcióhőt (8. ábra). Az így kapott értékek általában 10%-nál kisebb mértékben térnek el a tényleges értékektől. Az egész mérés elvégezhető körülbelül 5 perc alatt. Nem is a pontosság volt a fő célkitűzésünk, hanem egy gyors, a tanórán is elvégezhető kísérlet.

## További tervezett és részben megvalósult mérések

### Egyenesvonalú egyenletes mozgás

A gyorsuló mozgásnál ismertetett elrendezéssel megvalósítható. A kiskocsit kézzel vagy inkább egy kis motorral egyenletesen húzzuk. Természetesen mások a kirajzolt görbék és más a feldolgozásuk, értelmezésük.

### Rezgő mozgás

Itt mindenképpen érdemes a sín pályát használni. A sín két végéhez rúgóval rögzített kiskocsi rezgéseit lehet vizsgálni. A kocsi egy kifeszített ellenálláshuzal felett mozog. Itt komoly érintkezési gondjaink voltak. Ha a kocsi egy pillanatra nem érintkezik a huzallal, az AD-konverterre hibás adatok érkeznek. Az érintkezés a kiskocsi súlyának növelésével javítható, de minden mérés előtt újra be kell „játszani” az optimális állapotot. Ha kevés a hibás adat, azt szoftveresen is ki lehet hagyni. Próbáltuk üzembiztosabbá tenni a kísérletet úgy, hogy itt is potenciométert használunk. Ez az érintkezési problémákat meg is oldotta, de itt egy ellensúlyra is szükség volt, ami visszaforgatja a potenciométert. Sokat kell próbálkozni, míg a megfelelő beállítást sikerül megtalálni. Mivel látványában nagyon hasonlít az ingánál tapasztaltakra és az sokkal egyszerűbben és megbízhatóbban kivitelezhető, egyelőre nem véglegesítettük ezt a mérést.

### Szívműködés vizsgálata

Egy érzékeny mikrofont erősítettünk a mellkasra, majd a mikrofon jelét az erősítőn keresztül az AD-konverterre kötöttük. Csendes környezetben vizuálisan jól azonosíthatók a szívdobbanások. Fizikai terhelés után

(20 fekvőtámasz) jól látható, hogy a szívdobbanások közötti időszakok lerövidültek. Az esetleges háttérzaj miatt egyelőre tanórai bemutatásra nem alkalmas, de mindenképpen fejlesztésre alkalmasnak ítéljük. Megpróbáljuk sztetoszkóppal kombinálni a mikrofont, és hogy a szoftver automatikusan határozza meg a pulzusszámot.

### Növények asszimilációjának vizsgálata

Egy búrában elhelyezünk egy növényt és egy CO<sub>2</sub> szenzort. A búrában megnöveljük a CO<sub>2</sub> mennyiségét 1–2%-ra, majd hermetikusan lezárjuk. Az AD-konverterre rákötiük a CO<sub>2</sub> szenzort és egy fényintenzitás mérőt. Több napon keresztül vizsgálánk, hogyan változik a CO<sub>2</sub> szint a fényintenzitás függvényében. Természetesen ezt nem tanórai mérésnek szánjuk, hanem inkább szakkör keretében. A kapott adatok már az órákon is bemutathatók, felhasználhatók. Ez a kísérlet azért nem valósult meg, mert nem tudtunk megfelelő CO<sub>2</sub> szenzort beszerezni! Több gázérzékelő szenzort is találtunk elfogadható áron, de ezek más gázokat érzékeltek (CO, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH). Sajnos csak komplett, kazánházakban használható, nagyméretű riasztókat találtunk. Ezek elég drágák és inkább csak egy kritikus szint elérésének jelzésére valók, mintsem pontos mérésekre.

*A következő tanévben szeretnénk befejezetlen terveinket is megvalósítani, reméljük, hogy új ötletek is érkeznek hozzánk. Mi nyitottak vagyunk, hogy minden értelmes, képzést segítő kísérletben részt vegyünk.*

## A projekt értékelése

A kutatási projekt egyik legnagyobb eredményeként elmondhatjuk, hogy megvalósult a tanár-diák együttgondolkodás, sikerült a munkába bevont diákok segítségével társaik figyelmét is felkelteni a téma iránt. A feladatot kihívásnak tekintették és lelkesen dolgoztak a megoldás érdekében.

A műszaki és természettudományi tárgyakat oktató kollégák iskolán kívül és belül egyaránt érdeklődtek, kérdések és közös fejlesztések iránti igények fogalmazódtak meg a fizika, kémia, biológia és informatika területéről.

Az elnyert támogatásból beszerzett Samsung plazmakijelző biztosítja a finomvonalas ábrák kiváló megjelenítését, a tantermi alkalmazást.

*Összefoglalva:* a projekt nemcsak a diákok tananyagfejlesztésben, kutatásban való részvételét segítette elő, hanem élményszerűbbé teszi a „mostoha”, kényszerből kísérletekben szegénnyé vált oktatást, segíthet a pályaválasztásban, annak megerősítésében. Ezt igazolja a diákok véleménye:

„A kutatómunka jóval nehezebb, mint középiskolai tanulmányaink, mivel utóbbiban elég 80%-ra teljesíteni, addig az előbbiben 100%-ot kell, különben az adott program nem működik.”

„Ez a kutatómunka nem hasonlított az iskolai tanuláshoz... a már megszerzett tudásunkat kellett alkalmaznunk, amely kiegészült új ismeretekkel, tapasztalatokkal, segítve a felsőoktatási tanulmányokra való felkészülést.”

# A FIZIKATANÍTÁS KIALAKULÁSÁRÓL, FEJLŐDÉSÉRŐL ÉS JELENLEGI HELYZETÉRŐL

Szabó Árpád  
Nyíregyházi Főiskola, Fizika Tanszék

Tudom, hogy a természettudományos közoktatás kritikusan mondható helyzetével foglalkozott a Magyar Tudományos Akadémia, az Eötvös Loránd Fizikai Társulat, valamint számos fórum és több jeles tudós is hallatta hangját. A fizikaoktatás igen sajnálatos helyzetével kapcsolatban mégis ajánlom írásomat, amelyben a tantervek alapján, azaz olyan aspektusban elemzem a fizikaoktatás óraszámának alakulását, amelyen megvilágításban még nem tárgyalták. Így az is megtudható, hogy már az 1868-as tanterv és azóta minden egyes tanterv, egészen 1980-ig több órát irányzott elő a fizika tanítására, mint a jelenlegi.

A fizika tantárgy kialakulása hosszú folyamat eredménye. Már az ókorban az egyiptomiaknál, a görögöknél, a rómaiaknál előfordult, hogy szervezett formában történt az egyes asztrófizikai ismeretek átadása. Az ókorban voltak a fizikának ismertebb művelői: *Thalész, Démokritosz, Arisztotelész, Arkhimédész*, de csak a 17. század elején *Galilei, Kepler, Descartes, Huygens, Newton* és más tudósok munkássága alapján vált a fizika önálló tudománnyá.

*Comenius (Ámos János)* volt az első, akinek sikerült meghonosítani a természettudományos szemléletet az iskolában. Ő az első, aki az alsó- és középfokú oktatásban helyet adott a fizikai ismeretek tanításának. A fizika tanításával összefüggő első törvényes intézkedés Németországban született meg 1662-ben, amelynek alapján a németországi iskolákban elkezdtek az iránytű, a mágnesek, a súlyok, a homokóra, a vízszintező stb. tanítását. A fizikatanítás egyes magyarországi kollégiumokban is igen korán elkezdődött. Már az 1630-as években tanították a fizikát a gyulafehérvári, a nagyenyedi, a debreceni, a sárospataki kollégiumokban. A fizikatanítás úttörői *Bisterfeld János, Maróti György, Szilágyi Tönkő Márton, Simándi István, Hatvani István, Piskárkosi Szilágyi Márton* professzorok voltak.

*Pósbázi János* a *Philosophiae Naturalis* (1667) című munkájában fizikával (mechanikával) is foglalkozott. A tanárok felismerték a karteziánus hagyományokkal szemben a kísérletek jelentőségét. Szilágyi Tönkő Márton az 1667-ben kiadott tanulmányában már a kísérletezés fontosságát hangsúlyozza. Simándi István sárospataki tanár volt a legelső Magyarországon, aki 1709-ben a fizikát kísérletek bemutatásával tanította. *Tőke István* nagyenyedi kollégiumi tanár az 1736-ban megjelent fizikakönyvében száznál több kísérlet leírását adta meg. Az első magyar nyelvű fizikakönyvet *Molnár János* írta 1777-ben.

Az első hazai tanterv, amelyben a fizika a filozófiától már leválasztott tantárgyként szerepel, 1769-ben jelent meg, ez a református kollégiumok számára íródott, így ez csak néhány iskolát érintett. A Ratio Educationis kibocsátásával, az 1777-es királyi tanügyi rendelet értelmében lett a fizika önálló (még nem kötelező) tantárgy azon gimnáziumokban, amelyekben tudták biztosítani a tanítását. Az 1806-ban kiadott második Ratio (Ratio Educationis Publicae) értelmében jelent meg az 1810-es tanterv, amely a gimnáziumok VII. és VIII. osztályaiban heti 3-3 órát irányzott elő a fizika tanítására, de még ezzel a lehetőséggel is csak azok a gimnáziumok élhettek, amely iskolákban volt fizikatanár (1. táblázat).

A szabadságharc leverése után, 1850-ben, Magyarországon is életbe lépett az osztrák gimnáziumi törvény, és csak ekkor lett minden egyes gimnáziumban kötelező tantárgy a fizika. A gimnáziumok nyolcosztályosak voltak, és a fizikát heti 3 órában tanították a III., a VII. és VIII. osztályokban. Ezt követte az 1868-as Eötvös-féle tanterv, amely a II. osztályban 2 órát, a VII. és a VIII. osztályokban heti 4-4 órát biztosított a tanítására. A Trefort-féle tanterv (1879) még több órát írt elő a fizika tanítására (II. osztály: 2 óra, VII. és VIII. osztályok: 5-5 óra).

Részlet Tőke István 1736-ban megjelent kísérleti fizika könyvéből



1. táblázat

**Különbféle gimnáziumi tantervekben a fizika tanítására fordított idő**

tanterv megnevezése	gimnáziumi osztályok heti óraszám								össz. óra	
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.		
Református gimnáziumi tanterv, 1769	–	2	–	–	–	–	3	3	8	
1810-es gimnáziumi tanterv	–	–	–	–	–	–	3	3	6	
Osztrák gimnáziumi tanterv, 1850	–	–	3	–	–	–	3	3	9	
Eötvös-féle tanterv, 1868	–	2	–	–	–	–	4	4	10	
Trefort-féle tanterv, 1879	–	2	–	–	–	–	5	5	12	
Gimnáziumi tanterv, 1883	–	2	–	–	–	–	4	4	10	
1924-es gimnáziumi tanterv	humán	–	–	2	–	–	–	4	4	10
	reál	–	–	3	–	–	–	4	4	11

2. táblázat

**Általános iskolai és gimnáziumi tantervekben  
a fizika tanítására fordított idő**

tanterv megnevezése	általános iskola			gimnázium				össz óra
	6.	7.	8.	I.	II.	III.	IV.	
1946-os tanterv humán reál	–	3	–	–	2	4	4	13 14
1950-es tanterv humán reál	–	3	2	–	2	4	4	15 17
1962-es tanterv	2	2	2	–	3	3	4	16
1965-ös tanterv	2	2	2	–	2	4	4	16
1978-as tanterv	2	2	2	2	2	3	3	16

Az 1. táblázatból látni, hogy az 1883-as tantervben és az 1924-es (humán tagozat) tantervében a fizikatanítás óráinak száma megegyezik. Az 1924-es tantervi óraszám szerint tanították a fizikát egészen 1950-ig.

Az 1945-ben kiadott rendelet értelmében létrejöttek a nyolcosztályos általános iskolák. Az 1946-os általános iskolai tanterv értelmében lett a fizika kötelező tantárgy, a 7. osztályban heti 3 órában tanították (2. táblázat).

A korábbi nyolcosztályos gimnáziumok négyosztályossá alakultak át. 1950-ben lépett életbe az új gimnáziumi tanterv, amely szerint a humán tagozatos osztályokban tömbösítve már 15, míg a reál tagozatos osztályokban 17 órában tanították a fizikát. A gimnáziumok 1961-ig voltak tagozatosak. Új tantervek jelentek meg mind a nyolcosztályos általános iskolák, mind a gimnáziumok számára 1962-ben, 1965-ben és 1978-ban. Mind a három tantervben a fizikatanítás óráinak száma tömbösítve 16, szinte kétszer annyi, mint amennyi a jelenlegi fizikatanítás óraszámja.

Az 1990-es évek elejétől elkezdett rohamosan csökkenni a fizikaórák száma. (A többi reáltantárgyknál is hasonló a helyzet.) Sajnálatos, de 2000-ben tömbösítve a fizikatanítás óráinak száma csak 9,5 volt és 2003-tól még kevesebb, már csak 9 órában tanítják a fizikát. Kísérletezésre alig van mód, pedig a tanulók várják a kísérleteket, hiszen azok segítségével értik meg, sajátítják el a tananyag mondanivalóját. (Erről bárki meggyőződhet, ha elolvassa az általános iskolai és a gimnáziumi tanulók véleményét a kísérletekről és a kísérletezésről: *Fizikai Szemle* 1996/5, 1997/9 és még jó néhány tanulmányt ajánlhatnánk a tantervkészítők és a minisztériumi munkatársak figyelmébe.)

Sajnálatos és érthetetlen, hogy az Oktatási és Kulturális Minisztérium egyes munkatársai nem veszik figyelembe, hogy napjainkban, a tudomány rohamos fejlődésének korában

- a klasszikus fizika alapjainak és a modern fizika alaptételeinek ismerete nélkül nem érthető a tudomány és a technika fejlődése;
- a tudományos-műszaki haladásban szükségszerűen növekszik a fizika szerepe;

- a fizika, mint alaptudomány, az alapozó tantárgy szerepét tölti be a többi természettudományok között is.

Amiatt, hogy kevés az óraszám, és hogy a 12. évfolyamon már nincs fizika, igen kevesen értik a fizikát, sőt még azt is elfelejtik, amit tudtak. Így jutva el az érettségiig, a felvételiig, már nem is választják a természettudományos pályákat. A fizika és a kémia területén a tanárutánpótlás kritikus helyzetbe került, mintegy tíz éve fokozatosan csökken a fizika és kémia szakos tanári pályára jelentkezők száma, és Magyarországon kirívóan alacsony a természettudományos és a műszaki diplomát szerzők száma. Meg kell jegyezni azt is, hogy az

egyetemeken a fizikát tanító tanárok panaszkodnak (magam is tapasztaltam az utóbbi időkben és tapasztalom napjainkban is, mivel emeritus professzorként fizika tanszéken előadásokat tartok), hogy még ennek a kevés számú jelentkezőnek a felkészültsége is gyenge. De ilyen alacsony óraszám mellett sem az oktatás minősége, sem a tudás színvonala nem fog növekedni. Siralmas a helyzet! Gondoljunk csak a 2008. évi botrányosan alacsony felvételi pontszámra, vagy arra, hogy 2008-ban, az egész országban mindössze 18 fizikatanári diplomát adtak ki. Ki fog fizikát tanítani?

A helyzet javítása érdekében sürgősen cselekedni kell. A pozitív változás érdekében vissza kell állítani a fizika presztízsét, ami óraszám-növeléssel, kísérletek bemutatásával jár. Elengedhetetlen az a követelmény is, hogy a 7. osztállyal kezdődően, hat éven át, a fizika legyen önálló tantárgy, és legyen egy természettudományos tárgyból kötelező az érettségi vizsga, azaz egy szabadon választott természettudományos tárgyból minden tanulónak kötelező legyen érettségizni. Továbbá szakítani kell a kimondottan diszciplínaorientált, merev kötődésű fizikaoktatással. A nyolcosztályos általános iskolákban (7. és 8. osztály) alternatív tantervekre nincs szükség, és az általános iskolákban semmiképpen se integrálódjon a fizika, a kémia és a biológia. A fizikát a továbbiakban is egységes tanterv szerint kell tanítani az ország minden egyes általános iskolájában, de a tanulók érdeklődésének jobb felkeltése érdekében kívánatos a tananyag „humanizálása”, többek között egyes tudománytörténeti elemeknek az oktatásba való beiktatása révén.

A középiskolák reál érdeklődésű tanulói számára pedig, akik olyan életpályára készülnek, hogy a fizikára, mint szakmai alapra van szükségük, a továbbiakban is diszciplínaorientált fizikát kell tanítani.

A humán beállítottságú tanulók, például a jövő filológusai, történészei számára (ha ők is úgy gondolják) nem fontos „kemény fizikát” tanítani, hanem számukra biztosítani kell egy alternatív, egy integrált szemléletű természettudományos oktatást, és ők ebből a tantárgyból tanulhassák a természeti ismeretek alapjait, és érettségi vizsgát is ebből az integrált természettudományos tárgyból tehessenek.

## BOLOGNA ÉS A TANÁRKÉPZÉS

Laczkovich Miklós  
ELTE, Analízis Tanszék

Élénken emlékszem a Bologna-rendszer bevezetését megelőző vitákra. A viták lényegében a „szakma” (vagyis a felsőoktatásban részt vevők) és a politikusok között zajlottak. A szakma részéről sokan feltették a kérdést: mi a Bologna-rendszer bevezetésének a célja? Mi indokolja egy évtizedek óta működő rendszer azonnali felváltását valami totálisan újjal, még hozzá anélkül, hogy komoly hatástanulmányok készüljenek, oktatási kísérleteket végezzenek, az átmenetet segítő intézkedések történjenek és – kudarc esetén – biztosítva legyen a visszatérés a bevált rendszerekhez? Ezekre a kérdésekre a szakma nem kapott érdemi választ. A politikusok homályos nyilatkozataiból három célkitűzés volt kiolvasható: az átjárhatóság, illetve a mobilitás elősegítése, valamint a felsőoktatás tömegessé tétele. Mit mondhatunk ezekről az elmúlt három év tapasztalatai alapján?

*Átjárhatóság*

A Bologna-rendszer bevezetése az átjárhatóságra nincs hatással. A hallgatók a hagyományos rendszerben is kiválóan tudtak egy vagy két félévet más intézményben eltölteni úgy, hogy az szervesen kapcsolódott az itteni tanulmányaikhoz. Az óráikat persze el kellett fogadtatni az anyaintézménnyel, ahogy azt most is meg kell tenniük. Mivel – Bologna ide vagy oda – a tantervek, leadott anyagok, óraszámok intézményenként változnak, az elvégzett tárgyak elfogadtatása elengedhetetlen. Ezen nem lehet és nem is kell változtatni; ez természetes, és nincs olyan nemzetközi oktatási rendszer, amelyben ez feleslegessé válhatna.

*Mobilitás*

A mobilitás növelésének célkitűzése nyilvánvalóan helyes volt, és a mobilitás nyilvánvalóan növekedett is. Ennek azonban semmi köze a Bologna-rendszerhez; az, hogy több diák tölt egy-két szemesztert más intézményben, az annak köszönhető, hogy jó csereprogramok vannak (Erasmus és társai). Ezek birtokában a mobilitás a régi oktatási rendszerben ugyanúgy megnőtt volna.

*A felsőoktatás tömegessé tétele*

Egy rendkívül fontos és kritikus kérdéshez érkezünk. A szakmának arra a kérdésére, hogy tulajdonképpen a felsőoktatást miért is kell tömegessé tenni, a politika soha nem adott értelmes választ.

Természetesen nem arról van szó, hogy a felsőoktatást mindenki számára elérhetővé kell-e tenni, akinek ehhez motivációja, tehetsége és szorgalma van. *Erre* a kérdésre mindenki igennel válaszol, és a magától értetődő megoldás egy olyan ösztöndíjrendszer kidolgozása,

amely – anyagi helyzetétől függetlenül – mindenkinek lehetővé teszi, hogy a felsőoktatás kapuján belépjen: mindenkinek, aki ott helyt akar állni.

De más dolog a felsőoktatás kapuját kitárni, és megint más az ifjúságot egyetlen nyájként a kapun beterelni. Hogy *erre* miért volt szükség, hogy ez kinek vagy minek lenne jó, soha nem derült ki. Csak egyetlen kézenfekvő sejtés fogalmazódott meg (amit a politikusok nem erősítettek meg, de nem is cáfoltak, és nem helyettesítettek mással): a cél talán a munkanélküliség visszaszorítása lehetett, vagyis egyszerűbben fogalmazva: a felsőoktatás átalakítása napközi otthonná. Ez meg is történt, és három év után immár láthatjuk az eredményt, ami csak egyetlen szóval minősíthető: *katasztrófa*. Ezt mindenki tudja, aki a felsőoktatásban oktat, de senki sem tudja, aki a felsőoktatáson kívül van, ezért nem árt a helyzetet röviden vázolni. Engedtessek meg nekem, hogy sarkosan fogalmazzak.

Az egyetemi oktatók idejének, energiájának és szellemi kapacitásának túlnyomó részét egy tudatlan, motiválatlan, érdektelen, tanulásra és munkára képtelen hallgatói tömeggel való vesződés köti le. (A természettudományok oktatói azt látják, hogy a hallgatók nagy tömegei nem tudnak törtekkel számolni, a bölcsészek pedig azt, hogy nem tudnak írni és olvasni.) Emellett érdemi, magasabb szintű oktatásra, a tehetséges, motivált, szorgalmas és elkötelezett hallgatókkal való foglalkozásra már alig marad idő vagy energia. Az egyetemi oktatás értelmetlen, idegörlő és megalázó tevékenységgé züllött.

Magától értetődik, hogy nem a hallgatók felelősek azért, hogy a helyzet idáig fajult. A hallgatók, akiket – ismétlem – nyájként terelnek a felsőoktatásba, nem értik, hogy mi történik velük. Nem értik, hogy miért nem sikereseek, amikor az „esélyegyenlőség” nevében azt ígérték nekik. Nem tudják, hogy milyen az, szenvedélyesen érdeklődni valami iránt, mert senki nem nyitotta fel a szemüket, és a szükséges előismeretek nélkül az egyetem erre már nem képes. Mivel a közoktatásban lehetetlenné vált a komoly teljesítmény megkövetelése, mivel soha nem hallották, hogy egy cél eléréséhez kemény munkára és fegyelemre van szükség, és mivel senki nem mutatta meg nekik, ezért nem tudják, hogyan kell tanulni és dolgozni. A helyzetet tovább rontja, hogy azt látják: azok a barátai és ismerősei, akik ilyen-olyan magánfőiskolák ilyen-olyan szakjait végzik, úgy tesznek le egy vizsgát, hogy két órát tanulnak előtte; nem naponta vagy hetente, hanem egyszer, a vizsga előtt. Mivel 18 éven át mindenki a jogaikról papolt (de a kötelességeikről egy szót sem), ezért azt hiszik, hogy a problémáik jo-



gi természetűek. Paradox módon ez azzal jár együtt, hogy egyre több a csalás és a hamisítás, egyre több a fegyelmi eljárás és a per. A napokban hallottam, hogy az egyik hallgató – miután meghamisította az indexét – a fegyelmi tárgyalásra két ügyvéd társaságában érkezett.

Mindezzel azt akarom mondani, hogy ők – a hallgatók – az igazi áldozatok. Ők azok, akiket belöknek egy olyan rendszerbe, ahová nem valók, ahol nem tudnak helyt állni, ahol hosszú éveket pazarolnak az életükből, de amely rendszert elhagyni sem tudnak, mert a hallgatói státusszal együtt járó kedvezmények és kiváltságok fogva tartják őket. Ma már nálunk is számottevő azon hallgatók száma, akik 7-8-9 éve járnak egyetemre, folyamatosan bukducsolva. Ezért tehát nem egyedül a Bologna-rendszer felelős, hanem mindenekelőtt annak alappillére, a kreditrendszer.

A kreditrendszer az, amely lehetővé teszi, hogy egy tárgyat bármikor elvégezhesse, és hogy egy elégtelen vizsgát gyakorlatilag akárhányszor megismételhessenek. (Tavaly némi feltűnést keltett, amikor egy hallgató kérvényezte, hogy egy alapvető szigorlatot kilencedik alkalommal ismételhessen. Sok oktató ennek kapcsán tudta meg, hogy egy szigorlatot hány-szor is lehet megismételni külön engedély nélkül [hat-szor].) A kreditrendszer mögött (amint a felsőoktatás tömegessé tétele mögött is, hogy ne menjünk még messzebbre) az az ideológia áll, miszerint ezzel megadjuk a hallgatóknak azokat a jogokat és azt a szabadságot, ami megilleti őket. Mármost ez remekül hangzik (a kábítószer-kereskedők is ezt hirdetik), csak éppen velejéig hamis. Mert a halasztás korlátlan lehetősége éppolyan csábító, mint a korlátlanul elérhető kábítószer. Akiben csak csírájában is megvan a halogatásra való hajlam és hogy a munkát a könnyebbik végén fogja meg (és kiben nincs?), az halasztani fog. Aztán megint halasztani fog, aztán kezdi elfelejteni az alapokat, aztán elveszti a napi, intenzív kapcsolatot a tanulmányaival, és onnantól kezdve nincs visszaút, csak évekig tartó vegetálás a diák-életformában, amíg rá nem döbben, hogy hat-nyolc évet elvesztegetett az életéből, és semmit nem ért el. Aki nem tudná: a kredit-neurózisnak már tekintélyes pszichológiai irodalma van.

Ha egy rendszerbe be van építve, hogy hallgatók ezreinek teszi tönkre az életét, akkor azt jognak és szabadságnak nevezni cinikus és felelőtlen. Sajnos ugyanezt kell mondanom a tömegek felsőoktatásba való betereteléséről is. Ez csak akkor volna szabadság, ha a közoktatás megadná hozzá a szükséges alapokat, ha 16-18 éves korukra a diákok tudnának annyit a világról és önmagukról, hogy kialakuljon az érdeklődési körük, ha rájönnek, hogy a tudományok és művészetek izgalmas és felfedezésre váró világok, és hogy a megismerésért érdemes keményen és fegyelmezetten dolgozni. Ha ezek hiányában a politika és az állam azt állítja, hogy jogokat és szabadságot adott az ifjúságnak, akkor ez cinikus és felelőtlen megfogalmazása annak, hogy elengedte a kezüket és cserben hagyta őket.

A magyar felsőoktatás jelenleg tűrhetetlen állapotban van. Azonnali változtatásokra van szükség, amelyek közül a legsürgetőbbek a következők:

- Az egyetemi felvételi rendszer érdemi követelményeinek visszaállítása. Ebbe beleértendő a felvételi pontszámok kiszámításának újragondolása, valamint az érettségi színvonalának emelése (vagyis visszaállítása).

- A kreditrendszer újragondolása és szigorítása.

- Az egyetemi elitképzés kialakítása és támogatása. (Ezt a politika annak idején expliciten megígérte.) Ebbe beleértendő az egyetemi elitképzés finanszírozásának a normatív támogatási rendszertől való függetlenítése.

- A speciális (tagozatos) gimnáziumok fejlesztése és támogatása. Ebbe beleértendő a speciális gimnáziumok azon jogának visszaállítása, hogy felvétellel választhassák ki a diákjaikat. Tudtommal ehhez törvénymódosításra van szükség, mindazonáltal elengedhetetlen.

- Az általános- és középiskolás diákság munkamórájának növelése. Itt *nem az Etika* című tárgy vagy az osztályfőnöki órák óraszámának emelése gondolok, hanem *a fegyelmezett, komoly munka megkövetelésének a lehetőségére*. Tisztában vagyok vele, hogy ehhez jelentős szemléletváltásra és – talán – rendeletmódosításokra van szükség, mindazonáltal elengedhetetlen.

- Az általános- és középiskolai tanárok munkájának *minden lehetséges eszközzel* való segítése. Itt egy mindent átfogó intézkedéscsomagra van szükség – a munkajogtól és fizetésrendezéstől kezdve az adminisztrációs terhek enyhítéséig és az óraszámcsökkentésig. A tanári mesterségnek vissza kell állítani azt a megbecsültségét, ami méltán megilleti, és amit a politika az elmúlt években tökéletesen lerombolt.

- Végül pedig meg kell oldani a tanárképzés problémáját. És ezzel elérkeztünk a Bologna-rendszer legkritikusabb pontjához.

## A tanárképzés

A tanárképzés a Bologna-rendszer – nem találok enyhébb kifejezést – szégyenfoltja. A tanárképzésre áll leginkább az a korábbi megjegyzésem, hogy egy működő oktatási rendszert szétverni és egy totálisan új rendszerrel helyettesíteni anélkül, hogy komoly háttástanulmányok készüljenek, oktatási kísérleteket végezzenek, az átmenetet segítő intézkedések történjenek és – kudarc esetén – biztosítva legyen a visszatérés a bevált rendszerekhez – erre egyszerűen nincs lehetőség.

Kezdjük azzal, hogy a tanárképzésnek a Bologna-rendszerbe való belekényszerítése pusztán elméleti szempontból is indokolhatatlan. Mint láttuk, a Bologna-rendszer kreditcentrikus, és mint ilyen érzéketlen a szakmai tartalomra, egyszersmind mennyiségelvű – ez a tanárképzésben megengedhetetlen, mert itt a szakmai ismeretek jelentős része nem becserélhető.

Ráadásul a nemzetközi átjárhatóságot a tanárképzésben a tanítási rendszerek alapvető különbsége, valamint a nyelvi különbségek jelentősen redukálják; akkor tehát miért is kell a Bologna-rendszerben lennie? Tudjuk, hogy néhány képzésnek (az orvosoknak, a jogászoknak és az építészmérnököknek) sikerült kibújni a Bologna-rendszerből – csak sejtéseink lehetnek arról, hogy ez nekik hogyan sikerülhetett. Megdöbbenő és tragikomikus, hogy a tanárképzésnek (amelynek erre a legtöbb oka lenne) ez nem sikerült – megint csak sejtéseink lehetnek arról, hogy miért nem.

A Bologna-rendszerbe kényszerített tanárképzés sok sebből vérzik.

### *Kétlépcsősség*

Ennek a tanárképzés esetében semmi értelme, hiszen a BSc, BA diplomával nem lehet tanítani. A tanárképzésnek mindig is célja volt, hogy minél több (legalább) kétszakos tanárt képezzen, ezért a tanárképzés mindig is időzavarral küzdött. Mármost a két ciklus két szakdolgozat megírását teszi kötelezővé, ami szörnyű energia-, idő- és kreditpocsékolás. Az oktatott tárgyak mesterséges szétszabdalása a két ciklusra ugyancsak időpazarlással jár.

Az egyterületes BSc-s bemenet egy további igen súlyos szakmai problémát idéz elő. A hallgatók többségének a középiskola után – az ott szerzett tudás és szemlélet hiányosságai miatt – az egyetemi tananyag igen nagy ugrást jelent, és ez önmagában is hatalmas megterhelés. Az egyterületes BSc-s bemenet által kényszerített egységes tempó sok hallgató számára túlságosan megerőltető; számukra nincs elég idő a lassabb, fokozatosabb érésre és felzárkózásra. Ezzel szemben a tanárképzés hagyományos (és különálló, csakis a tanárképzésre koncentráló) rendszerében a hallgatók első éves tanulmányainak csak negyven százaléka volt az egyik tudományterületé és negyven a másiké, ami sokkal kiegyensúlyozottabb ütemet tett lehetővé.

### *Az egységes tanárszak*

Az egyetlen tanári mesterszak meghirdetése azt a káros és romboló filozófiát sugallja, hogy a tanári szakok szakmai része csak másodlagos. Holott mindenki, aki tanított valaha jól tudja, hogy az egyes tárgyaknak nemcsak a szakmai ismeretanyaga más, de gyökereken eltérnek a hozzáállás, gondolkodásmód, problematika, megközelítés, filozófia tekintetében is, amely különbözőségek a tanítás teljesen különböző problémáiban nyilvánulnak meg. (Az az álláspont, miszerint a tanárképzés élesen szakmai és pedagógiai képzésre bontható, elsősorban a nyugati tanítási gyakorlatban terjedt el, és egyben oka is az oktatási rendszerekben fellelhető színvonalbeli különbségeknek.) Az már csak ráadás, hogy az egyetlen tanárszak olyan adminisztratív problémákat vet fel – ezekkel éppen mostanában kezdünk szembesülni –, amelyek feleslegesen és teljesen értelmetlenül megnehezítik az oktatás megszervezését.

### *A minor szak*

A minor szak szakmai tartalma messze nem elegendő, az erre fordítható idő szűkös, a felkészültség nem elég alapos. A minor szakot a major szakkal lényegében egyidőben el kellene kezdeni. Képtelenség, hogy sok tanárjelölt az első három évben a minor szakon csak minimális anyagot tanul; ezt a mesterszakon már lehetetlen pótolni. Vagyis a jelenlegi rendszer az egyterületes BSc-s bemenettel teljesen torzzá és aszimmetrikussá teszi a kétszakos tanárképzést, és ez a mesterszakaszban, a másik irányú torzulással sem egyenlítődik ki. A képzés a BSc-s szakaszban csak minimálisan (a minor szakon pedig egyáltalán nem) veszi figyelembe szakmailag és szakmódszertanilag a leendő tanári pálya specialitásait és követelményeit.

### *A pedagógikum szerepe a tanárképzésben túlbangsúlyos*

Legfontosabb feladatát ennek ellenére nem látja el: sem a felzárkóztató, sem a differenciált tanításra, sem a pedagógiai problémahelyzetek megoldására nem készít fel kellőképpen. Nem is készíthet, mert a pedagógiai ismeretek szaktárgyi tartalom nélkül csak elmélet, amelyet a valóságba átültetni nehéz feladat, ami nem várható el a kezdő tanároktól. Az a tanári tapasztalat, amely az elméleti ismeretek gyakorlatba való átültetését lehetővé teszi, nem jut el a hallgatókhoz, mert a diákok nem találkoznak a szaktanárokkal. Az elméleti képzés gyakorlati képzéssel történő kiegészítése lenne kívánatos.

### *Életkori sajátosságok*

Egyes tantárgyak esetében nagy súlyt kell fektetni az életkori sajátosságok szerinti oktatásra (felső tagozatos, illetve gimnáziumi tanárok oktatása). A jelen keretek között ez megoldhatatlan. Pedig a 10-14 éves korosztály megfelelő színvonalú tanításához a hallgatóknak szűkebb, de alaposabb, részletesebb szakmai ismeretekre van szükségük. Ennek megfelelően a 10-14 éves korosztály tanárai számára a jelenlegi egyetemi tanárképzés szakmai tartalma túl nagy, mégis túl kevés, mert nem tér ki olyan részletekre, amelyeket a tanárjelölteknek el kell sajátítaniuk. Mint az a szakértők előtt nyilván teljesen ismert, a tananyag felépítésekor olyan életkori sajátosságokat kell tekintetbe venni, amelyeket a szakmai tartalomnak nem feladata, a pedagógiai tartalomnak viszont nem lehetősége a tananyagba beépíteni. A szakmai ismeretek átadása során ezeket az életkori sajátosságokat is tekintetbe vevő tanárképzésre van szükség. A probléma az, hogy az új rendszer a tanárképzésben formálisan is lehetetlenné teszi a szakírányokat (amilyen a felsőtagozatos, illetve gimnáziumi tanárok oktatása kellene hogy legyen), hiszen a rendszerből fakadóan erre sehol nincs meg a minimálisan előírt (és értelmes) óraszám-lehetőség.

### *Összefoglalva*

A tanárképzést ki kell venni a bolognai rendszerből, mert abba sem tartalmilag, sem szerkezetileg nem beilleszthető.

# A »MATEMATIKAI KÖZOKTATÁS A PISA<sup>1</sup>/TIMSS<sup>2</sup> FELMÉRÉSEK TÜKRÉBEN« MŰHELYKONFERENCIA<sup>3</sup> ESZMECSERÉINEK KÖVETKEZTETÉSEI

A műhelykonferencián 8 felsőoktatási intézmény, számos középiskola és az Oktatási és Kulturális Minisztérium (OKM) vezető munkatársai, gyakorló szakmódszertani szakemberei, országos tekintélyű tanár-személyiségek és a hallgatói önkormányzatok képviselői vettek részt.

A résztvevők létszáma elérte a negyvenet, akik mindvégig aktívan résztvettek a konferencia munkájában. A program minden egyes előadását élénk vita követte.

Figyelemre méltó egyetértés mutatkozott a matematikaoktatás változása és a középiskolából kikerülő matematikatudásának csökkenése felett érzett aggodalomban.

A hozzászólásokból és a konferenciát követő héten beérkezett javaslatokból az alábbi megállapításokat és javaslatokat ajánljuk a közoktatással foglalkozó szakmai és igazgatási szervezetek, testületek, de elsősorban az oktatásban résztvevő kollégáink figyelmébe.

## A PISA és a TIMSS vizsgálat értelmezése, jelzései

1. A PISA és a TIMSS vizsgálat tartalmában, vizsgálati céljában és a vizsgált minta kiválasztásában is jelentősen különbözik. A TIMSS vizsgálat tanterv alapú, diszciplináris tudást vizsgál. Megállapításai az iskola hatékonyságát minősítik a nemzeti tantervekben foglaltak átadásában. A PISA nem a tanterv alapú, hanem a meghatározó gazdasági erejű, modern társadalmi rendszerű államokban szükségesnek tartott tudást vizsgálja. A PISA vizsgálat, minthogy az országok közoktatási rendszere egészének eredményességét minősíti, befolyást gyakorol a nemzeti oktatási szakpolitikákra. Az oktatási rendszert felmérve lehetőséget ad a ráfordítások és az elért eredmény összhangjának megítélésére is.

2. A nemzetközi vizsgálatok hazai lebonyolítása szigorúan követi a nemzetközi módszertant. Nem alkalmaznak kiegészítő nemzeti szempontú értékeléseket. Az elhangzott előadás jó példa volt a mérési folyamatnak és az eredményeknek a szakmai közvélemény számára történő közvetlen bemutatására, amely sajnos nem rendszeres.

3. Mindkét vizsgálat a tesztelmélet alapján ellenőrzött kérdésekkel és reprezentatív mintákkal dolgozik.

A TIMSS vizsgálat évfolyam alapú mintákon az „iskolázás” eredményességét, a PISA vizsgálat életkor szerint (15 éves korosztály) választott mintával, a tanulás használhatóságát kívánja mérni. A négyévenkénti TIMSS diszciplináris jellegű stabil szerkezete alkalmas egy-egy korcsoport előrelépési folyamatának értékelésére. A háromévenként meg szervezett PISA mérésben rendszeresen alkalmazott innovációknak korlátot szab a törekvés a méréssel kiváltott oktatáspolitikai válaszok hatásának megítélhetőségére.

4. A hazai eredmények a 2000 óta folyó PISA vizsgálatban stabil értéket mutatnak, míg a korábban elindított TIMSS vizsgálatok előbb a rendszerváltozás után iskolába lépők eredményeinek javulását, majd a későbbi korosztályok visszaesését észlelték. Eredményeink matematikából kissé az átlag alattiak. Az eredményeket nem a gyenge teljesítmények „húzzák lefelé”, hanem a kiemelkedő kategóriákba besorolható diákok kis hányada.

5. A PISA eredmények esetén a sajtóból közismert, de mindenképpen említendő tény, hogy hazánkban a többi OECD<sup>4</sup> országhoz képest az iskolák eredményeiben rendkívül nagy különbségek tapasztalhatók, a családi háttér meghatározó hatása is kiugró.

6. A vizsgálatok publicitásának és hatásának elemzése rámutatott, hogy az eredmények nyilvánosságának bemutatott értelmezése leegyszerűsített, a következtetések átpolitizáltak. Az oktatáspolitikai döntően a PISA vizsgálatra alapozva, kiragadott feladatok túlhangsúlyozásával, szinte kizárólag rendeleti lépéseket tesz az iskolarendszer egységesítésére és a tananyag megváltoztatására. Szemben a hasonló helyzetből induló európai országokkal (pl. Lengyelország, Németország), Magyarországon hiányzik a törekvés a szakmai hozzáértésű gárdának (gyakorló tanároktól az OKM szakapparátusáig) a létrehozására, amely képes e vizsgálatok tudományos alaposságú megértésére, a gyakorlatias korrekciók kidolgozására és megvalósítására.

7. A média és a politika befolyására a közvélemény a vizsgálatokban elért besorolást hajlamos egy közoktatási „világbajnokságon” elért helyezésnek tekinteni. Sajnálatos, hogy a szakpolitika megnyilvánulásait is ez az interpretáció befolyásolja. Ez káros az oktatásfejlesztésre, amennyiben a „versenyben” a PISA típusú tesztek közvetlen oktatási utánzásával igyekeznek eredményt elérni. *A vizsgálatok tesztjei nem tananyagot ajánlanak, hanem az oktatási rendszer hatékonyságát mérik a 15 évesek korcsoportjában a társadalmi-*

<sup>1</sup> PISA: Programme for International Student Assessment

<sup>2</sup> TIMSS: Trends in International Mathematics and Science Study

<sup>3</sup> Az ELTE Bolyai Kollégiumának műhelykonferencia-sorozatában 2009. május 23-án tartott tanácskozás dokumentuma.

<sup>4</sup> OECD: Organisation for Economic Cooperation and Development

lag releváns alkalmazások tartományába történő tudás-átadás tekintetében.

8. Hangot kapott az a nézet is, hogy egyes vizsgálatok, napjainkban ilyen a PISA vizsgálat, egyoldalú hangsúlyozása ugyanolyan téves következtetésekre és súlyos következményekre vezethet, mint „üzenetük” teljes visszautasítása. Tény, hogy különbség van a 15 évesektől általában és a matematikaigényes felsőoktatásba kerülők szűkebb csoportjától speciálisan elvárható közvetítés irányában és jellegében. (A PISA mérés szerint sikeres országok egyetemi oktatói is gyakran említik, hogy az egyetemre kerülő diákok matematika alkalmazási készségeit jobban kellene fejleszteni.)

## A matematikatanítás célja, módszerei és a PISA vizsgálat jelzései

1. Fontos a matematikatanításnak a kisgyermek kortól az egyetemig tartó törésmentes íve. A matematikatanításban a *diszciplináris ismeretanyag* mellett egyenrangú a *konkrét megjelenési körtől elvonatkoztatható gondolkodási struktúra kialakítása*, amely az aktuálisan releváns tartalmú feladatanyaggal kombinálva megkönnyíti az *alkalmazásképes tudás* kialakítását.

2. A sikeres problémamegoldás egyik döntő, s gyakran elhanyagolt feltétele a reflektív gondolkozás. A feladatelemzés, majd a feladat megoldása után az ellenőrzés, a megoldás értékelése elengedhetetlen. Ez a problémamegoldási struktúra már a kisgyermekkorban is támogatandó, mert pusztán felnőttkori kialakítása lehetetlen.

3. Kiemelendő a differenciált ismeretszerzés fontossága. A tehetséges diákok számára speciális tananyagokat kell kidolgozni, aminek semmi köze nincs a szegregációhoz. Hasonlóképpen fontos a gyenge képességű tanulók felzárkóztatása, s a különböző környezetbe helyezett azonos tartalmú feladatok megfogalmazásával a tudás-átvitel segítése. A differenciálás minden oktatási szinten a gyermek életkori sajátosságaihoz és absztrakciós szintjeihez alkalmazkodó, speciális továbbképzéssel, alkotó munkával



felkészült tanárszemélyiségeket kíván. A kisgyermekkorai matematikai fejlesztés a hátrányos helyzetű tehetségek felkarolásának legfontosabb eszköze.

4. A matematikaoktatás talán legnagyobb problémája a kiüresített tananyag, az igénytelen, a bizonyítások mellőzését megengedő követelményrendszer. (Megjegyzendő, hogy a résztvevő aktív szakemberek sem tudták eldönteni, hogy a matematikai bizonyítások mellőzése mennyiben kötelező előírás, illetve mennyire a kimeneti [érettségi] követelmények „demokratikus” színvonalcsökkentő visszahatása.) A feladatmegoldások sematizálása a középiskolás korra elzárja a feladatmegoldáshoz szükséges és a kisgyermekkorban még meglévő, divergens, több úton induló gondolkodás fejlődését.

## A felsőfokú matematikaoktatás tapasztalatai és a PISA vizsgálat

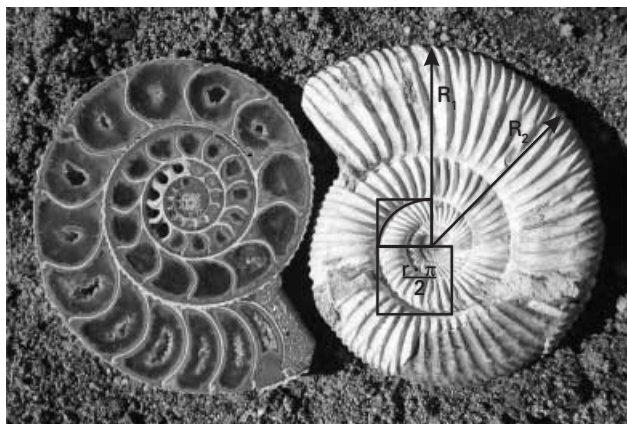
A konferencia a közoktatási tudásfelmérő tesztek eredményeit az egyetemi oktatásba belépők tudásával összevetve is vizsgálni kívánta.

1. A legtöbb szakon az egyetemi alapkollégiumok tapasztalatai alapján a középszintű érettségivel, a felvételi minimumpontszámhoz közeli teljesítménnyel belépő hallgatók tudásában folyamatos és rendkívül nagymértékű a visszaesés. Ezt a PISA és a TIMSS vizsgálatok eredményei nem jelzik. *A természettudományos tárgyak tekintetében már korábban megállapított egyértelmű pozitív korreláció kimutatható az emeltszintű érettségi és az első éves matematika tárgyak követelményeinek teljesítése között is.*

2. Jelenleg az ország egyetemeinek és főiskoláinak természettudományi és műszaki karain szinte mindenütt felzárkóztató kurzusokat vezettek be matematikából és a természettudományos tárgyakból. Ezeknek a kurzusoknak az eredményeként „tünetileg” talán kezelhetők az alapvető matematikai műveletek praktikus alkalmazásában egyre súlyosabbnak tűnő hiányosságok (néhányan ebben is jelezték kételyeiket), de nincs esély az elvont gondolkodás terén kialakult elmaradások pótlására.

3. Az objektív helyzetértékelésben segítene, ha a matematikaigényes felsőoktatásba pályázók felkészültségéről a középiskolai és felsőoktatási matematikaoktatók között folyamatos párbeszéd folyna. A párbeszéd legfőbb haszna az lenne, hogy az érintett réteg felsőbb matematikai tanulmányokra való felkészültségének mérését a továbbtanulási célhoz illeszkedő érettségi feladatkitűzéssel lehetne megvalósítani.

4. A lemaradók nagyszámú csoportjánál elsősorban nem az ismeretanyag hiányossága a gond, hanem a csak hosszú évek alatt kialakítható gondolkodási, fogalomalkotási készségek fejlesztésének elmaradása. A matematikatanítás kisgyermekkortól az egyetemig tartó ideális íve törik meg valahol, s ez hozza rendkívül nehéz helyzetbe az absztrakciót és fogalomalkotást felgyorsult ütemben igénylő egyetemi alapképzést.



Részlet a 2007-es TIMMS felmérés összefoglalójának címlapjáról

5. A fentiek mellett hiányoznak egyes elemi matematikai készségek is, például sok hallgató nem tud a közönséges törtekkel bánni, nem érti, hogy mit jelent az „akkor és csak akkor” kifejezés (szövegértés!!).

6. Vita alakult ki a klasszikus középiskolai matematikai törzsanyag (pl. a geometria) jelentőségéről, illetve a modern világ matematikai eszköztára (valószínűség-számítás, halmazok) egyes elemeinek helyéről. Abban a résztvevők egyetértettek, hogy a gondolkodásfejlesztés szempontjából káros a megemésztetlen fogalmak, receptek halmozásával „modernizált” tananyag. Az említett fejezetek viszont alkalmasak a matematika érdekességének és gondolati sokszínűségének megjelenítésére.

## A negatív tendenciák okairól

A konferencia témája és időtartama nem tette lehetővé a fentiekben leírt hanyatlás okainak teljes feltárását, mégis szükségesnek tartunk megemlíteni néhányat az elhangzottakból:

### Az érettségi és az egyetemi felvétel tisztázatlan viszonya

A középszintű érettségi túlságosan könnyű, a feladatkritizálókat a tömeges sikertelenség elkerülése vezérli. Nem cáfolt véleményként elhangzott, hogy egy jobb képességű hetedikes tanuló jó minősítéssel írta volna meg idén e szint dolgozatát. Az emelt szintű érettségi feladatokat nem a gondolkodási igényesség, hanem a túlnövelt tényanyag jellemzi. *A szintek színvonala és célja közötti bizonytalanság miatt elvész az emelt szint ösztönző hatása, a tisztességes tanulmányi munka helyett a többletpontok megszerzésének legkönnyebb különútját keresik a diákok.*

Az emelt szintű matematika érettségi tartalmi körét csökkenteni kell. A rutinszerű és az igényesebb feladatok a fogalomalkotás és -használat mélységében különbözzenek. Az emelt szintű matematika vizsga anyagának újragondolásával, méginkább egységes feladatsor jövőbeli kialakításával kerülhető el a diákok matematikától (és a természettudományoktól) való elfordulásának további fokozódása.

Az emelt szintű matematika érettségi vizsga felvételi előírása a jelenlegi felsőoktatási finanszírozási rendszerben nem lehet intézményi döntés, csak egységesen vezethető be. Azok számára, akik ezt a szintet nem érik el, a korábbi nulladik évfolyamok mintájára egyéves felkészítést kellene ajánlani középiskolai vagy felsőoktatási keretek között.

A matematika jelentőségének felismerése szempontjából is fontos a reál tantárgyak súlyának erősítése, például egy természettudományos tárgyból is kötelezővé tett érettségivel.

### Az általános társadalmi okok

Az egyetemi oktatásban megjelentek a tanulás és az adott tudományág iránt nem igazán elkötelezett hallgatók is. Az egyetemi életre is kivételnek az általános társadalmi problémák, a kiábrándultság, az igénytelenség, az anyagiasság és az etikátlan magatartás. Mindezek terjedése óriási visszahúzó erő a tehetséges és elkötelezett hallgatók képzésében.

A hangulat érzékeltetésére idézzük *Szendrei Mária*nak a Szegei Tudományegyetem professzorának keserű megállapításait:

„A közoktatást, illetve a felsőoktatást közvetlenül érintő társadalmi folyamatok közül a legfontosabbak a következők:

- nincs becsülete a tudásnak, csak a »papír« a fontos;
- a fiatalok egyre nagyobb részéből hiányzik az érdeklődés és a szorgalom; egyszerűen nem tanulják meg, hogy eredményt csak komoly munkával lehet elérni;
- egyre szélesedik az a generáció, amelyik 25–30 éves koráig nem találkozik semmiféle komoly feladattal, semmiért nem kell felelősséget vállalnia, de célja sincs, mivel erőfeszítés nélkül mindent megkap..., s közben »elfelejt« felnőtté válni;

– egyre többen gondolják természetesnek a csalást, a jogtalan előnyszerzést, és jobb esetben csak rácsodálkoznak, rosszabb esetben lenézik (élhetetlennek, butának stb. tartják), ha valaki ilyesmire nem hajlandó.

A felsőoktatás tömegképzéssé válása, a kreditrendszer bevezetése szinte törvényszerűen vezetett el a közoktatás és a felsőoktatás színvonalának romlásához: könnyen lehet bejutni a felsőoktatásba, és sokáig lehet ott húzni az időt, miközben nemhogy nem kell fizetni az oktatásért, de egyéb ingyenes és kedvezményes szolgáltatások is járnak.

Ez egyenesen elvezet oda, hogy már a középiskolában sem kell nagyon tanulni, sőt az általános iskolában sem..., így egy önmagát erősítő lejtmenetben vagyunk mind a közoktatásban, mind a felsőoktatásban, aminek a következményei tragikusak.”

### A tanári pálya megbecsültsége és a tanárképzés

A közoktatás színvonalának csökkenéséhez nagyban hozzájárul a tanári pálya társadalmi megbecsülésének csökkenése, a tanári és diák-munkafegyelem törvényi szabályokkal történt fellazítása. A tanári pálya egzisz-



tenciális nehézségeinek növekedése (heti óraszám növelése, a bérek reálértékének visszaesése a 2002 előtti szintre, a tanulói jogok parttalan kiterjesztése stb.) a tanári műhelyek megszűnéséhez, s ezen keresztül az együttgondolkodás és a tanári munkában elengedhetetlen pályatársi reflexió lehetőségének csökkenéséhez vezetett. A folyamat annak ellenére erősödik, hogy az OECD országokban a tanárok személyes diáktámogató munkájának jelentőségét felismerték, és a tanárok együttműködésére hatékony intézkedéseket tesznek.

A természettudományos területen, különösen a tanári szakok kiüresedésében megnyilvánuló tendencia kezd áttérni a matematikára is. Vegyes véleményeket, de elsősorban aggodalmat vált ki a matematikatanárok minorszakai között a bölcsész szakok dominánsá válása. Ez előny lehet a kéttannyelvű középiskolák esetében, de uralkodóvá válásával valójában egyszakos matematikatanár-képzés alakul ki.

## Javaslatok

1. A széles mintavételű, nemzetközi szintű felmérések eredményeit sokkal pontosabban és a vizsgálatok célját ismertette mutassák be a társadalomnak. Alakításnak ki az értékelések „üzenetének” fogadására felkészült szakpolitikai hátteret. A tisztviselők felkészültségének fokozásával kerülhető el a vizsgálati eredmények egyoldalú interpretálása, például a torz szerkezeti átalakításokra korlátozódó „rendszerfejlesztés”.

2. A matematikatanítás alapvető fontosságú a logikus gondolkodás, a problémamegoldó készségek fejlesztésében. Színvonalának csökkenése rendkívüli mértékben visszavetheti az ország reálértelmiségének, az igazgatási, közgazdasági, egészségügyi szféra vezetőinek képzését. Ezért a matematikai közoktatásban

érzékelhető és a bevezető egyetemi képzésben az emelt szinten is teljesíteni kész hallgatók szűkebb csoportján kívül sokkolóan mutatkozó romlást mindenképpen meg kell állítani.

3. A középiskolai képzésben újra kell gondolni a matematikaoktatás tartalmát, s akár a tananyag mennyiségének csökkentése árán is erősíteni kell a matematikai fogalomalkotási és problémamegoldási készségeket.

4. A tanulók teljesítményét egységes skálán mérni képes, tudományosan megalapozott érettségi vizsgálatra van szükség. Az átmeneti időszakban az egyetemi felvételt a matematikaigényes szakokon az emelt szintű érettségi vizsgához kell kötni. A tömegképzés viszonyai között a felsőoktatásnak a középiskolai matematikatanárokkal szoros együttműködésben újra meg kell határozni a matematikai felkészültség elvárható szintjét. Ehhez kell szabni az emelt szintű (majd az egységes) érettségi átlagos szintjét (anyagának szélességét és erősségét).

5. Az első BSc diplomák kiadása után tekintsék át a BSc képzések tartalmát, a diplomák értékét, megvizsgálva, hogyan oldható meg, hogy a tanulás iránt elkötelezett tehetséges hallgatókat az érdektelenek ne húzzák vissza. Korlátot kell állítani a kreditszerzési kísérletek korlátlanra váló száma elé.

6. Megoldásokat kell keresni a matematika-természettudományi tanári szakok vonzerejének növelésére, megfontolandó a tanárképzésnek osztatlan ötéves képzésbe történő áthelyezése is. Ösztönözni kell a tanárképzés iránt érdeklődő matematika alapszakos hallgatók körében a természettudományi minorszakok választását.

7. Részletes szakmai vitát kell folytatni az életkori sajátosságoknak megfelelő módszertani-pedagógiai felkészítésű matematika tanári képzettség megszerzését biztosító mesterszintű tanulmányok bevezetéséről.

## PÁLYÁZATOK

# PÁLYÁZAT KÍSÉRLETI FIZIKÁBÓL

A Szegedi Tudományegyetem Kísérleti Fizikai Tanszéke pályázatot hirdet középiskolás diákok (9–12. évfolyam) számára.

A 2009/2010-es tanévben az alábbi témában lehet pályázatot benyújtani:

KÍSÉRLETEK ÉS MODELLEK

A CSILLAGÁSZATBAN

A pályázat kétfordulós, az első fordulóban a kísérlet lényegét leíró dolgozattal lehet részt venni. A beadott munkában (amely tartalmazhat fotókat, rajzokat, táb-

lázatokat, grafikonokat stb. is) vázolni kell a nem, vagy kevéssé ismert kísérletek elvégzésének menetét, az alkalmazott módszereket. A pályamunkában fel kell tüntetni a felhasznált forrásmunkákat is. A pályázatok értékelését szakmai zsűri végzi. A legjobb dolgozatot készítőket jutnak a második fordulóba, ahol a kísérleteket „élőben” is be kell mutatni a zsűri előtt. A pályázatok végső sorrendjét a bemutatás után állapítja meg a zsűri.

*Pályázni lehet: egyénileg, vagy 2 fős „csapattal”.*

### A pályázat díjai:

I. díj: 35.000 Ft

II. díj: 20.000 Ft

III. díj: 15.000 Ft

értékben könyvutalvány, illetve könyvjutalom.

A helyezettek munkáját oklevéllel is elismerjük.

A konzultáló, illetve felkészítő tanár a díjazott diák(ok)éval megegyező értékű jutalomban részesül.

A dolgozatot két példányban kell benyújtani, a *maximális terjedelem 10 oldal* lehet. A pályázat jelíges, ezért a *dolgozaton csak a jelíget szabad feltüntetni. A pályázó(k) adatait (lásd alább) zárt, a dolgozat jelígjével ellátott borítékban mellékelni kell:*

1. pályázó(k) neve, lakcíme, telefonszáma, e-mailje;
2. pályázó(k) iskolájának neve, címe, telefonszáma, e-mailje;

3. felkészítő tanár neve.

A pályázatot a *tartalmi és a formai követelmények betartásával* az alábbi címre kérjük küldeni „Pályázat kísérleti fizikából” megjelöléssel:

*Dr. Szatmári Sándor* tanszékvezető egyetemi tanár, SZTE Kísérleti Fizikai Tanszék, 6720 Szeged, Dóm tér 9.

*Beküldési határidő:* 2009. szeptember 25.

(A 2. forduló megtartására ezt követően, 2009. november 7-én kerül sor.)

A pályázattal kapcsolatos további kérdésekre válasz kérhető

*Nánai László* egyetemi tanártól (tel.: 62/544-359, 544-731, e-mail: nanai@physx.u-szeged.hu), illetve

*Szatmáry Károly* egyetemi docenstől (tel.: 62/544-666; e-mail: k.szatmary@physx.u-szeged.hu)

## KUTATÓK ÉJSZAKÁJA KISFILM-PÁLYÁZAT

A Tempus közalapítvány kisfilm-pályázatot hirdet az immár hagyományosan szeptember végén megrendezendő *Kutatók éjszakája* alkalmából. A 14–25 év közötti amatőrfilmek 2009. szeptember 11-ig tölthetik föl pályaművüket a Kutatók éjszakája honlapjára. A díjátadásra szeptember 25-én, a Kutatók éjszakája központi eseményén kerül sor.

»NEM VAGYOK KÜLÖNÖSSEBEN TEHETSÉGES,  
CSAK SZENVEDÉLYESEN KÍVÁNCSI«

(*Albert Einstein*)

Illik rád ez a mondat? Érdeklődsz a világ dolgai iránt? Szeretsz utánajárni, mi van a jelenségek hátterében? Esetleg az is megfordult már a fejedben, hogy kutatói pályára lépj? Mutasd meg ezt másoknak is egy kisfilmben!

*Ki vehet részt a pályázaton?*

Minden 14–25 év közötti fiatal, aki úgy érzi, róla szól ez az Einstein-idézet.

*A kisfilmmel kapcsolatos elvárások*

• A kisfilm témája a 2009-es Kutatók Éjszakájának mottója: „Nem vagyok különösebben tehetséges, csak szenvedélyesen kíváncsi”.

• A Kutatók Éjszakájának célja, hogy bemutassa a kutatók hétköznapi arcát, és a kutatási eredményeiket is közérthető, kipróbálható formában, ezáltal népsze-

rűsítve a kutatói életpályát és a tudományt, elsősorban a fiatalok körében. A kisfilm témájának kapcsolódnia kell ezen célkitűzésekhez. További tartalmi és műfaji megkötés nincs.

• A kisfilm időtartama legalább 1 perc, legfeljebb 3 perc lehet.

• A felvétel bármilyen technikával készülhet (videókamera, mobiltelefon stb.)

*Pályázati feltételek*

• A pályázónak – regisztrációt követően – a [www.kutatokejszakaja.hu](http://www.kutatokejszakaja.hu) honlapon keresztül kell feltöltenie a kisfilmet. A feltöltés 2009. augusztus 1. és szeptember 11. között lehetséges.

• Egy pályázó csak egy kisfilmmel pályázhat.

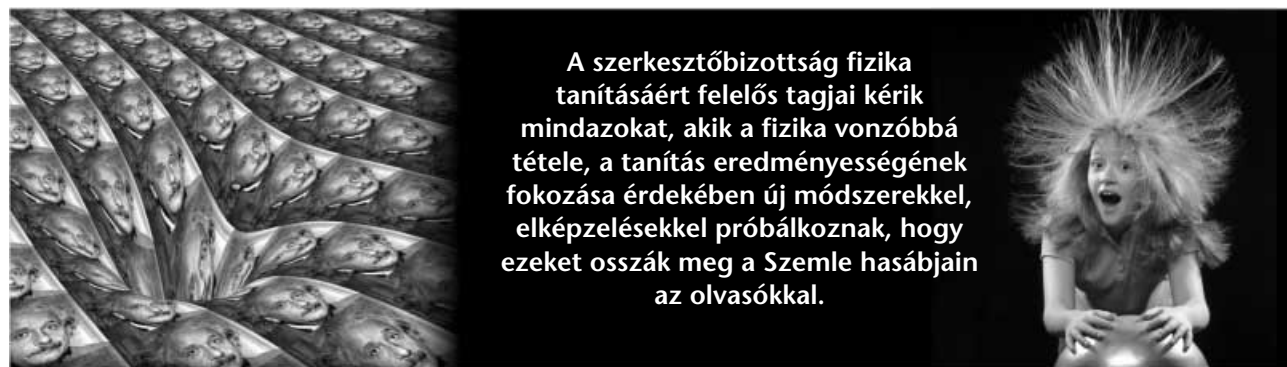
*Pályázatok elbírálása*

A kisfilmeket szakmai zsűri bírálja el. A győztesek között egy-egy szakmai és közönségdíj kerül kiosztásra.

*Díjátadás*

2009. szeptember 25-én, a Kutatók Éjszakája központi eseményén kerül sor a díjak átadására.

A pályázattal kapcsolatos további részletek és a pontos technikai feltételek július végére várhatóak a [www.kutatokejszakaja.hu](http://www.kutatokejszakaja.hu) honlapon.



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

## AZ AKADÉMIAI ÉLET HÍREI

### Ünnepi tudományos ülés Kiss Árpád Zoltán 70. születésnapja alkalmából

Ünnepi alkalomból gyűltünk össze 2009. május 21-én Debrecenben az MTA Atommagkutató Intézetében; munkatársak, tanítványok, családtagok és barátok: *Kiss Árpád Zoltán* a fizikai tudomány doktora, az ATOMKI tudományos tanácsadója, a Debreceni Egyetem nyugalmazott egyetemi tanára, ebben az évben tölti be 70. életévét.

1963-ban szerzett diplomát a Kossuth Lajos Tudományegyetemen. Pályáját a KLTE Kísérleti Fizikai Intézetében kezdte, majd 1967-ben az Atommagkutató Intézetbe került. 1979-ben szerezte meg a fizikai tudomány kandidátusi fokozatát, majd 1994-ben a fizikai tudomány doktora címet. Eközben az ATOMKI tudományos igazgatóhelyettese lett. Kapcsolata az egyetemmel nem szakadt meg. Részt vett mind a graduális, mind a posztgraduális fizikusképzésben, később pedig a környezettudományi szak fizika szakirányának indításában, és ott a fizikával kapcsolatos tárgyak gondozásában. Oktatómunkájának elismeréseképpen 1995-ben egyetemi magántanári címet kapott, 2001-ben pedig kinevezték a Debreceni Egyetem egyetemi tanárává. Közben átvette a KLTE–ATOMKI (jelenleg a DE – TTK ATOMKI) Környezetfizikai Tanszék vezetését. Irányításával valósult meg az egyetem és az ATOMKI közös beruházása, amelynek során az ATOMKI területén az egyetemi oktatás számára modern létesítményeket hoztak létre: hallgatói laboratóriumok, alacsony háttérű radioaktív laboratórium, C szintű izotóplaboratórium.

A tudományos ülést *Koltay Ede*, az ATOMKI emeritus tanácsadója nyitotta meg, akinek Árpád egykor diplomamunkása volt. Előadásában Árpád tudományos tevékenységének áttekintését adta, különös tekintettel a korai szakaszra, az ATOMKI Van de Graaff gyorsítójának építésével kapcsolatban elért gyorsítófizikai eredményeire.

A megnyitót három tanítvány előadása követte. Elsőként *Fülöp Zsolt*, az ATOMKI jelenlegi igazgatója beszélt. Egy régi, Árpád által 1979-ben készített, *Atommagfizikai vizsgálatok a Doppler-effektus felhasználásával* című poszterből kiindulva megmutatta, hogy az ott a szisztematikus hibák kiküszöbölésére alkalmazott eljárás mennyire fontossá válhat a nukleáris asztrofizikában is. Így 2009-ben ugyanezt a módszert kell alkalmazni az asztrofizikai szempontból érdekes magreakcióknál a küszöb alatti nívó-élettartamok meghatározásában. Tehát a régi poszter új címe *Asztrofizikai vizsgálatok a Doppler-effektus felhasználásával* lehetne.

A második előadó e cikk szerzője. Az előadás pillanatképeket mutatott be a pástázó ionmikroszkop



Az ünnepelt

életéből. A kezdetek 1992-re nyúlnak vissza. Ekkor nyerte el Koltay Ede műszerközponti pályázatával az OTKA támogatását a mikroszkop főbb egységeinek beszerzésére. Anyagi okokból akkor nem gondolhattak a teljes rendszer megvásárlására. Így az Árpád által 1993-ban meghirdetett PhD ösztöndíjra felvett fiatalnak lett a témája, hogy jelentős fejlesztő munka eredményeképpen a berendezést „kulcsra kész” állapotba hozza. 1995 januárjára sikerült az első mikronyalábot előállítanunk a mérőkamrában, majd 1996-ban meg is jelent publikációnk az első alkalmazásokról. Azóta számos PhD-, diplomamunka, TDK-dolgozat és tudományos cikk készült a mikroszkopnál.

A tudományos ülés harmadik előadója *Szíki Gusztáv*, Árpád legfiatalabb végzett doktorandusza volt, aki a doktori témájáról beszélt. Kitért többek között a standard nélküli abszolút koncentráció-meghatározás kérdésére, amely a magreakció-analitikánál pontos kísérleti hatáskeresztmetszet-adatok felhasználását igényli. Ezek az adatok a protonok által keltett gamma-emissziós (PIGE) módszer esetében jórészt már rendelkezésre állnak. A deuteronnalábbal végzett hasonló módszernél (DIGE) az adatok még hiányosak. Előadásában bemutatta a legkönnyebb elemekre kapott gamma-keltési hatáskeresztmetszeteket, végezetül pedig a DIGE módszer alkalmazását a magyarországi őskori inkrusztált kerámiák<sup>1</sup> vizsgálatára.

A Debrecenből, Budapestről és a határon túlról, Kolozsvárról érkezett méltatásokat és jókívánságokat

<sup>1</sup> Az Olvasó e témáról részletesen tájékozódhat Szíki Gusztáv korábban megjelent írásában, *Fizikai Szemle* 56/1 (2006) 10–13.

az ünnepelt köszönte meg. Az állófogadást *Beke Dezső* a DE Fizikai Tudományok Doktori Iskolájának vezetője nyitotta meg pohárköszöntőjével, amelyben méltatta Kiss Árpádnak a doktori iskolában kifejtett tevékenységét.

E rövid összefoglaló végén még egyszer jó egészséget, boldog nyugdíjas éveket kívánok Árpádnak, és azt, hogy még sok éven át dolgozhassunk együtt.

*Rajta István*  
MTA ATOMKI, Debrecen

*Sarkadi Lászlót*, az MTA Atommagkutató Intézete tudományos tanácsadóját tagjává választotta az Academia Europaea (London).

Academia Europaea tagságáról az oklevelet az Akadémia legutóbbi közgyűlésén 2008. szeptember 18-án vette át Liverpoolban.

## A TÁRSULATI ÉLET HÍREI

### Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat Közhasznúsági jelentése a 2008. évről

A Fővárosi Bíróság 1999 április hó 26-án kelt 13. Pk. 60451/1989/13. sz. végzésével a 396. sorszám alatt nyilvántartásba vett Eötvös Loránd Fizikai Társulatot közhasznú szervezetnek minősítette. Ennek megfelelően a Társulatnak beszámolási kötelezettsége teljesítése során a közhasznú szervezetekről szóló (módosított) 1997. évi CLVI. törvény, a számvitelről szóló 2000. évi C. törvény, valamint a számviteli beszámolóval kapcsolatban a számviteli törvény szerinti egyéb szervezetek éves beszámoló készítésének és könyvvezetési kötelezettségének sajátosságairól szóló 224/2000 (XII.19) Korm. sz. rendeletben foglaltak szerint kell eljárnia. A jelen közhasznúsági jelentés az említett jogszabályok előírásainak figyelembevételével készült.

#### I. rész – Gazdálkodási és számviteli beszámoló Mérleg és eredménykimutatás

A Társulat 2008. évi gazdálkodásáról számot adó mérleget a jelen közhasznúsági jelentés 1. sz. melléklete tartalmazza. A 2. sz. mellékletként csatolt eredménykimutatás szerint jelentkezett –13 eFt tárgyévi eredmény a mérlegben tőkeváltozásként kerül átvezetésre.

#### Költségvetési támogatás és felhasználása

Az állami költségvetésből származó, közvetlen támogatást a Társulat 2008-ban nem kapott, a pályázati úton elnyert támogatásokat a 2. sz. mellékletben foglalt eredménykimutatás tartalmazza. A 2007. évi SZJA 1%-ának a Társulat céljaira történt felajánlásából a tárgyévben 1029 eFt bevétele származott. Ezt az összeget a Társulat teljes egészében a *Fizikai Szemle* nyomdai költségeinek részleges fedezeteként használta fel.

#### Kimutatás a vagyon felhasználásáról

E kimutatás elkészítéséhez tartalmi előírások nem állnak rendelkezésre, így a Társulat vagyonának felhasználását illetően csak a mérleg forrásoldalának

elemzésére szorítkozhatunk. A Társulat vagyonát tőkéje testesíti meg, amely a tárgyév eredményének figyelembevételével 13 eFt értékben csökkent. Így az 1989. évi állapotot tükröző induló tőkéhez (7 581 eFt) képest a tárgyév mérlegében mutatkozó, halmozott induló tőkeváltozás (–2 328 eFt) ezzel az értékkel növekedett, értéke tehát jelenleg –2 341 eFt. Így a Társulat saját tőkéjének jelenlegi, a mérleg szerint és a tárgyév eredményének figyelembevételével számított értéke 5 240 eFt, szemben a tárgyévet megelőző, 2007. évre vonatkozó, hasonlóképpen számított 5 253 eFt tőkeértékkel.

#### Cél szerinti juttatások

A Társulat valamennyi tagja – a fennálló tagsági viszony alapján – a tagok számára természetben nyújtott, cél szerinti juttatásként kapta meg a Társulat hivatalos folyóirata, a *Fizikai Szemle* 2008-ban megjelentetett évfolyamának számait.

#### Kiemelt támogatások

A Társulat 2008-ban cél szerinti, a Khtv. 26. §. c.) pontjának hatálya alá eső feladatainak megoldásához az alábbi támogatásokban részesült (a vonatkozó rendeletben megadott forrásokra szorítkozva, ezer Ft-ban):

- Központi költségvetési szervtől 0 eFt
- Elkülönített állami pénzalapoktól 0 eFt
- Helyi önkormányzatoktól 160 eFt
- Kisebbségi területi önkormányzatoktól 0 eFt
- Települési önkormányzatok társulásától 0 eFt
- Egészségbiztosítási önkormányzattól 0 eFt
- Egyéb közcélú felajánlásból 0 eFt

A fenti összesítés magában foglalja a megadott források helyek alsóbb szervei által nyújtott támogatásokat is.

#### Vezető tisztségviselőknek nyújtott juttatások

A Társulat vezető tisztségviselői ezen a címen 2008-ban semmilyen külön juttatásban nem részesültek. A

tisztviselők a Társulat tagjaiként, a Társulat valamennyi tagjának a tagsági viszony alapján járó cél szerinti juttatásként kapták meg a *Fizikai Szemle* 2008. évi évfolyamának számait.

## II. rész – Tartalmi beszámoló a közhasznú tevékenységről

A közhasznú szervezetként való elismerésről szóló, a jelentés bevezetésében idézett bírósági végzés indokolásában foglaltak szerint a Társulat cél szerinti tevékenysége keretében a Khtv. 26.§. c) pontjában felsoroltak közül az alábbi közhasznú tevékenységeket végzi:

- (3) tudományos tevékenység, kutatás
- (4) nevelés és oktatás, képességfejlesztés, ismeretterjesztés;
- (5) kulturális tevékenység;
- (6) kulturális örökség megővése;
- (9) környezetvédelem;
- (19) az euroatlanti integráció elősegítése.

A tudományos tevékenység és kutatás területén a tudományos eredmények közzétételének, azok megvitatásának színteret adó tudományos konferenciák, iskolák, előadókülések, valamint más tudományos rendezvények szervezését és lebonyolítását emeljük ki.

A hazai és nemzetközi részvétellel megtartott, és a Társulat, illetve szakcsoportjai által rendezett tudományos, szakmai továbbképzési célú és egyéb rendezvények közül meg kívánjuk említeni az alábbiakat:

- a Statisztikus Fizikai Szakcsoport *Statisztikus fizikai nap* című rendezvénye, Budapest, 2008. március 19-én;
- a Sugárvédelmi Szakcsoport *33. Sugárvédelmi továbbképző tanfolyama*, Hajdúszoboszló, 2008. május 6–8;
- a Diffrakciós és az Anyagtudományi Szakcsoport *őszi iskolája*, Gyöngyöstarján, 2008. október 1–3;
- a Részecskefizikai Szakcsoport *elméleti fizikai iskolája*, Budapest, 2008. augusztus 25–30;
- az Ortway Kollégium keretében rendezett *Marx György Emlékülés* 2008. május 24-én;
- *Öveges József Verseny* döntője, Győr, 2008. május 23–25;
- *Eötvös Fizikaverseny* (több helyszínen) 2008. október 17-én;
- *Nemzetközi Csillagász Nyári Iskola*, Keszthely, 2008. június 2–13;
- *CERN Kutatói utánpótlás és tebetségnevelés, tanártovábbképzés*, 2008. augusztus 16–24;
- *JVC-12/EVC-10 Nemzetközi Vákuumfizikai Konferencia*, Balatonalmádi, 2008. szeptember 21–26;
- *IUVSTA Workshop*, Siófok, 2008. szeptember 14–17;
- *IUVSTA Végrehajtó Bizottsági ülés*, Budapest, 2008. szeptember 26–28.

A Társulat elnöksége – a rendszeresen megtartott elnökségi ülésekhez csatlakozóan – nyilvános klubdelutánt szervezett.

A Társulat szakcsoportjainak egyéb tevékenységét érintve ki kell emelnünk a Részecskefizikai, a Termodynamikai, valamint a Vákuumfizikai Szakcsoport szemináriumszervező munkáját. E rendszeresen tartott szemináriumok, előadókülések a szakmai közélet értékes fórumai.

A Társulat szakcsoportjai és területi csoportjai a külön említettekén kívül – önállóan, vagy a fizika területén működő kutatóhelyekkel közösen, egyedi jelleggel vagy rendszeres időközönként – számos alkalommal rendeztek szakmai jellegű összejöveteleket, előadóküléseket, tudományos és ismeretterjesztő előadásokat, szervezték tagjaik részvételét külföldi szakmai konferenciákon.

*A nevelés és oktatás, képességfejlesztés, ismeretterjesztés és a kulturális tevékenység* területein végzett szerteágazó munka zöme a Társulat oktatási szakcsoportjai, valamint területi csoportjai szervezésében folyt. A fizikatanári közösség számára módszertani segítséget, a tapasztalatcsere és szakmai továbbképzés lehetőségét kínálták a két oktatási szakcsoport által 2008-ban is megrendezett, elismert továbbképzésként akkreditált fizikatanári anketok, így

- az *51. Középiszkolai Fizikatanári Anket és Eszközkiállítás*, Békéscsaba, 2008. március 26–30;
- a *32. Általános Iskolai Fizikatanári Anket és Eszközkiállítás*, Gyula, 2008. június 25–28.

A Társulat szervezésében fizikatanárok 45 fős csoportja vett részt 2008. augusztus 16–24 között a CERN-ben magyar nyelven megtartott szakmai továbbképzésen.

A Társulatnak a képességfejlesztés szolgálatában álló versenyszervező tevékenysége az általános iskolai korosztálytól kezdve az egyetemi oktatásban résztvevőkig terjedően kínál felmérési lehetőséget a fizika iránt fokozott érdeklődést mutató diákok, hallgatók számára. A területi szervezetek többsége szervez helyi, megyei, adott esetben több megyére is kiterjedő vagy akár országos részvételű fizikaversenyeket. Ezek részletes felsorolása helyett csak meg kívánjuk említeni, hogy a 2008-ban szervezett és lebonyolított, adott esetben több száz főt is megmozgató versenyek száma változatlanul meghaladja a húszat. Ezek között számos olyan is szerepel, amelyek hosszabb idő óta évente rendszeresen kerülnek megrendezésre.

A Társulat 2008-ban is megrendezte hagyományos, országos jellegű fizikaversenyeit (Eötvös-verseny, Ortway-verseny, Mikola-verseny, Öveges-verseny, Szilárd Leó Fizikaverseny). A korábbi évekhez hasonlóan 2008-ban is a Társulat szervezte meg a résztvevők kiválasztását és a magyar csapat felkészítését az évenkénti fizikai diákolimpiára.

A Társulat Elnöksége és oktatási szakcsoportjai a beszámolási időszakban kiemelt feladatuknak tekintették a fizikának – és általában a természettudományoknak – a közoktatásban betöltött szerepével való foglalkozást. Véleményezték az OKNT-nek e tárgyban készített javaslatait, és maguk is megfelelően kiérlelt javaslatokkal fordultak az Oktatási és Kulturális Minisztériumhoz.



## A 2008. év mérlege

Megnevezés	Előző év (eFt)	Tárgyév (eFt)
<i>A. Befektetett eszközök</i>	1 605	1 197
<i>B. Forgóeszközök</i>	3 454	6 326
Követelések	534	342
Pénzeszközök	2 920	5 984
<i>C. Aktív időbeli elhatárolások</i>	7 516	11 697
<b>Eszközök (aktívák) összesen</b>	12 575	19 220
<i>D. Saját tőke</i>	5 253	5 240
Induló tőke	7 581	7 581
Tőkeváltozás	-1 910	-2 328
Tárgyévi eredmény	-418	-13
<i>F. Kötelezettségek</i>	7 020	13 367
<i>G. Passzív időbeli elhatárolások</i>	302	613
<b>Források (passzívák) összesen</b>	12 575	19 220

A területi csoportok ismeretterjesztő rendezvényei közül kiemelendők tartjuk

- a Baranya megyei csoport *Kis esti fizika* című, hagyományos előadássorozatát;
- a Fejér megyei csoport ismeretterjesztő előadásait;
- a Hajdú megyei csoport által 29. alkalommal megrendezett debreceni *Fizikusnapokat*;
- a Békés megyei csoport *Játsszunk fizikát!* című interaktív kiállítását;
- A Csongrád megyei csoport ismeretterjesztő rendezvényeit.

A továbbképzésben, szakmai ismeretterjesztésben és az információs szolgáltatásban betöltött szerepe mellett a tehetséggondozás feladatait is szolgálja a Társulat folyóirat-kiadási tevékenysége. A Társulat 2008-ban kiadta a Társulat havonta megjelenő hivatalos folyóiratát, a *Fizikai Szemle* 58. évfolyamának számait. A Társulat tagjainak tagsági jogon járó Fizikai Szemle megtartotta elismert szakmai színvonalát, változatlanul a magyarul beszélő fizikustársadalom egyik igen jelentős összefogó erejének tekinthető. A Középiskolai Matematikai és Fizikai Lapok kiadását 2007. január 1-jétől a MATFUND Alapítvány vette át, de a lapulajdonosok egyikeként a Társulat továbbra is közreműködik a lap megjelentetésében.

Az *euroatlanti integráció elősegítése* szolgálatában állt a Társulat nemzetközi tevékenysége, amellyel a hazai fizika nemzetközi integrálódásának folyamatát kívántuk erősíteni. Az Európai Fizikai Társulat (EPS) alapító tageszerveletként a Társulat választott képviselői útján is tevékeny részt vett az EPS munkájában.

## Eredménykimutatás a 2008. évről

Megnevezés	Előző év (eFt)	Tárgyév (eFt)
<i>A. Összes közhasznú tevékenység bevétele</i>	50 643	61 957
Közh. célú műk.-re kapott támogatás	14 884	13 032
Központi költségvetéstől	0	0
Helyi önkormányzattól	140	160
Egyéb	14 744	12 872
ebből SzJA 1%	1 319	1 029
Pályázati úton elnyert támogatás	4 560	11 386
Közh. tevékenységből származó bevétel	22 291	28 440
Tagdíjból származó bevétel	8 498	8 766
Egyéb bevétel	410	333
<i>B. Vállalkozási tevékenység bevétele</i>	0	0
<i>C. Összes bevétel</i>	50 643	61 957
<i>D. Közhasznú tevékenység ráfordításai</i>	51 061	61 970
Anyagjellegű ráfordítások	35 568	47 264
Személyi jellegű ráfordítások	14 034	12 943
Értékcsökkenési leírás	576	791
Egyéb ráfordítások	883	973
<i>E. Vállalkozási tevékenység ráfordításai</i>	0	0
<i>F. Összes ráfordítás (D+E)</i>	51 061	61 970
<i>G. Adózás előtti eredménye (B-E)</i>	0	0
<i>I. Tárgyévi vállalkozási eredmény (G-H)</i>	0	0
<i>J. Tárgyévi közhasznú eredmény (A-D)</i>	-418	-13

*Kulturális örökség megóvása:* Eötvös Loránd emléktábla és síremlék koszorúzása.

A kutatás területén elért eredmények elismerésére a Társulat 2008-ban is odaítélte tudományos díjait, amelyek közül a Schmid Rezső-díj (*Gubicza Jenő*), a Jánossy Lajos-díj (*Kun Ferenc*), Bródy Imre-díj (*Rajta Ferenc*), Novobáczky Károly-díj (*Takács Gábor*), Szalay Sándor-díj (*Tőkési Károly*), a Felsőoktatási díj (*Dávid Gyula*) került kiadásra. A Társulat Küldöttközgyűlése a 2008. évi Prométeusz-éremet *Végh Lászlónak*, az Eötvös Társulat érmét *Gergely Györgynek*, valamint a Társulat Emlékplakettjét *Kármán Tamásnak*, *Molnár Lászlónak* és *Nagy Zsigmondnének* ítélte oda. Az általános és középiskolai tanároknak adományozható Mikola Sándor díjat 2008-ban *Zátonyi Sándor* középiskolai tanár és *Szelecz László* általános iskolai tanár kapta.

Ericsson díjat kaptak 2008-ban: *Csákány Antalné*, *Jármezei Tamás*, *Nagy Anett*, *Orbán Edit*, *Piláth Károly*, *Sebestyén Zoltánné*.

Az Alapítvány a Magyar Természettudományos Oktatásért Rátz Tanár Úr Életműdíjat *Kugler Sándorné* és *Vastagh György* kapta.

