

# fizikai szemle



2012/6

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

Főszerkesztő:

Szatmáry Zoltán

Szerkesztőbizottság:

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

Szerkesztő:

Füstöss László

Műszaki szerkesztő:

Kármán Tamás

A folyóirat e-mail címe:

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

A lapba szánt írásokat erre a címre kérjük.

A folyóirat honlapja:

<http://www.fizikaiszemle.hu>

A címlapon:

3D-s mozi polárszűrős szemüvegén  
egy szemmel átnézve csupán a csukott  
szemünket látjuk. Részletek Härtlein  
Károly írásában. Fotó Kármán Tamás.

## TARTALOM

<i>Ludmány András</i> : Naptevékenység és úridőjárás	181
<i>Tegze György, Tóth Gyula, Gránásy László</i> : Kristályos önszerveződés határfelületeken: kétdimenziós kristályok	185
<i>Hargittai Magdolna</i> : A híres paritásvértés-kísérletről	187
<i>Hargittai István</i> : Fizikusok a Novogyevicsi temetőben	192
<i>Szabó Tímea, Szabó Árpád</i> : 150 éve született Lénárd Fülöp	196

### VÉLEMÉNYEK

Szükségünk van atomenergiára!	198
Elképesztő kísérletek és elméletek a fizikában ( <i>Horváth Dezső</i> )	201

### A FIZIKA TANÍTÁSA

<i>Láng Róbert</i> : Masat az Ankéton	202
<i>Woynarovich Ferenc</i> : Milyen tantárgy a fizika?	205
<i>Härtlein Károly</i> : Kísérletezzünk otthon!	208

### KÖNYVESPOLC

HÍREK – ESEMÉNYEK	209
-------------------	-----

<i>A. Ludmány</i> : Solar activity and space meteorology	
<i>G. Tegze, G. Tóth, L. Gránásy</i> : Self-organization along a bordersurface resulting in two-dimensional crystals	
<i>M. Hargittai</i> : The famous experiment on parity violation	
<i>I. Hargittai</i> : Physicists in the Novodevichy cemetery	
<i>T. Szabó, Á. Szabó</i> : Philippe Lenard born 150 years ago	

### OPINIONS

We do need atomic power!	
Astonishing experiments and theories in physics ( <i>D. Horváth</i> )	

### TEACHING PHYSICS

<i>R. Láng</i> : MASAT – the Hungarian CubeSat shown at Teachers' Conference	
<i>F. Woynarovich</i> : What kind of taught topic is physics?	
<i>K. Härtlein</i> : Physical experiments to be performed at home	

### BOOKS, EVENTS

<i>A. Ludmány</i> : Sonnenaktivität und Weltraummeteorologie	
<i>G. Tegze, G. Tóth, L. Gránásy</i> : Selbstorganisation auf einer Grenzfläche mit zweidimensionalen Kristallen als Ergebnis	
<i>M. Hargittai</i> : Das berühmte Experiment über Paritätsverletzung	
<i>I. Hargittai</i> : Physiker auf dem Friedhof Nowodewitschi	
<i>T. Szabó, Á. Szabó</i> : Philipp Lenard vor 150 Jahren geboren	

### MEINUNGSÄUSSERUNGEN

Wir benötigen Atomenergie!	
Erstaunliche Experimente und Theorien in der Physik ( <i>D. Horváth</i> )	

### PHYSIKUNTERRICHT

<i>R. Láng</i> : MASAT – das ungarische CubeSat auf der Lehrerkonferenz	
<i>F. Woynarovich</i> : Was für ein Lehrfach ist die Physik?	
<i>K. Härtlein</i> : Zu Hause ausgeführte Experimente	

### BÜCHER, EREIGNISSE

<i>A. Людмань</i> : Активность солнца и метеорология окружающего пространства	
<i>Д. Тегзе, Д. Тот, Л. Гранашь</i> : Самоорганизация вдоль пограничной поверхности и её результат: двухмерный кристалл	
<i>М. Харгиттай</i> : Знаменитый эксперимент о нарушении паритета	
<i>И. Харгиттай</i> : Физики в кладбище Новодевичи	
<i>Т. Сабо, А. Сабо</i> : 150 лет со дня рождения Ф. Ленарда	

### ЛИЧНЫЕ МНЕНИЯ

Нам нужна атомная энергия!	
Поразительные опыты и теории в физике ( <i>Д. Хорват</i> )	

### ОБУЧЕНИЕ ФИЗИКЕ

<i>Р. Ланг</i> : MASAT – показ венгерской CubeSat на собрании учителей	
<i>Ф. Войнарлович</i> : Физика – предмет обучения какого рода?	
<i>К. Гэртлейн</i> : Эксперименты для выполнения дома	

### КНИГИ, ПРОИСХОДЯЩИЕ СОБЫТИЯ

**Fizikai Szemle**  
MAGYAR FIZIKAI FOLYÓIRAT

megjelenését anyagilag támogatják:



Nemzeti  
Kulturális  
Alap



Nemzeti Civil Alaprogram



A FIZIKA BARÁTAI

# Fizikai Szemle

## MAGYAR FIZIKAI FOLYÓIRAT

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

LXII. évfolyam

6. szám

2012. június

## NAPTEVÉKENYSÉG ÉS ŰRIDŐJÁRÁS

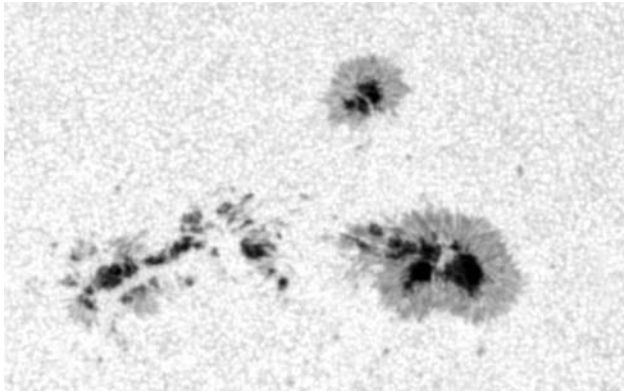
Ludmány András  
MTA CsFK Napfizikai Observatóriuma

### Szoláris mágneses folyamatok

*Naptevékenység* alatt a Nap mágneses terének változási folyamatait és eseményeit értjük. A Nap anyaga, a plazma mozgásai mágneses tereket hoznak létre, ezek folyamatosan változnak. A jelenségkör legrégebben ismert tagjai a *napfoltok* (1. ábra), ezek műszeres megfigyelése *Galilei* észleléseivel kezdődött 1613-ban, ennek jövőre ünnepeljük 400 éves évfordulóját. Az is régóta ismeretes, hogy a napfoltok megjelenésének gyakorisága körülbelül 11 éves ciklikussággal változik (2. ábra), továbbá, hogy a napfolttevékenység közepes szélessége a ciklus folyamán a Nap egyenlítőjéhez közelít.

A napciklus elméleti leírásával a dinamóelmélet foglalkozik. Asztrofizikai dinamó alatt olyan mechanizmust értünk, amelyben mechanikai energia mágneses energiává alakul. Ez a probléma komoly kihívást jelent, azt kellene megérteni, hogyan alakul odavissza a globális mágneses tér két lehetséges geometriájú állapota, a poloidális és toroidális alakzat. A cik-

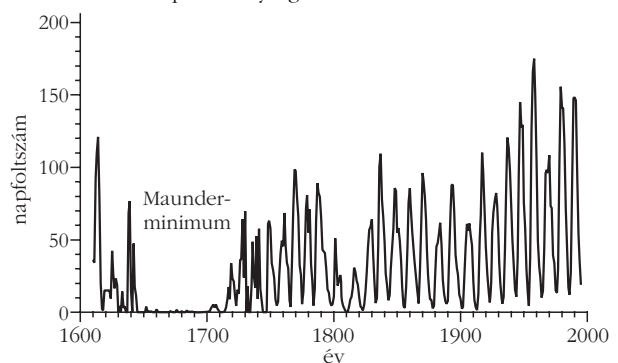
1. ábra. Egy napfoltcsoport képe (Solar Dynamics Observatory).



lus kezdetekor poloidális állapot van, vagyis az erővonalak a Nap északi és déli pólusát kötik össze, majd a plazmafizika befagyási tétele értelmében az erővonalak fokozatosan feltekerednek, mivel a Nap rotációjában az alacsonyabb szélességű sávok szögsebessége nagyobb a magasabb szélességeken fellépőkénel. Ez idővel két hatalmas gyűrűt – tóruszt – alakít a két félgömb belsejében, és az aktív vidékeket (a napfoltcsoportokat) azok a mágneses fluxuskötegek hozzák létre a felszínen, amelyek ezekből a tóruszokból felbukkannak. E két geometria léte és váltakozása észlelési tény, de elméleti magyarázata, elsősorban a következő ciklus kezdetére megjelenő poloidális tér felépülésének leírása egyelőre nem megoldott.

Rövidebb időskálán az *aktív vidékek* eseményei a legfontosabbak. A mélyből (körülbelül a nap sugarának 70-75 százalékáról) felbukkanó fluxuskötegek felszín által alkotott metszeteit észleljük a napfoltként, amelyek 6000 K hőmérsékletű környezetüknél kevésbé forró és ezért sötétebb területek. Egy napfoltcsoportban a kifelé és befelé mutató terek metszeteinél ellentétes polaritású mágneses tér van, a terek felszín

2. ábra. A naptevékenység 11 éves ciklikus váltakozása.



feletti koronába nyúló íves struktúráját a 3. *ábra* mutatja. Ebben a struktúrában alakulhatnak ki olyan instabil konfigurációk, amelyek csak a tér robbanásszerű átrendeződése által mehetnek át stabilabb alakzatba. Ezen átrendeződés révén mágneses energia alakul át mechanikaivá (a dinamófolyamat fordítottja). A felgyorsított részecskék felszín felé repített hányada felfűti a napatmoszféra *kromoszférának* nevezett rétegét, itt észleljük a hidrogén Balmer-sorozata alfa-vonalának hullámhosszán ( $\lambda = 656,2$  nm) az úgynevezett H-alfa flert.

Az átrendeződés során azonban a felszín feletti mágnesestér-struktúrák egy része el is szakadhat a felszínen záródó résztől, és hatalmas mágneses plazmafelhő formájában elhagyja a Napot. A felhő óriási méretűre fúvódik fel, mivel az elszakadás után már semmi nem ellensúlyozza a  $\mathbf{j} \times \mathbf{B}$  Lorentz-erő hatását, az elszállított tömeg milliárd tonnányi. E felhők neve angol betűszóval CME (Coronal Mass Ejection, *koronakitörés* – a napkorona a Nap atmoszférájának legkülső, kiterjedt rétege). A naptevékenységnek ez a jelenségcsoportja a legjelentősebb a földi hatások szempontjából (4. *ábra*).

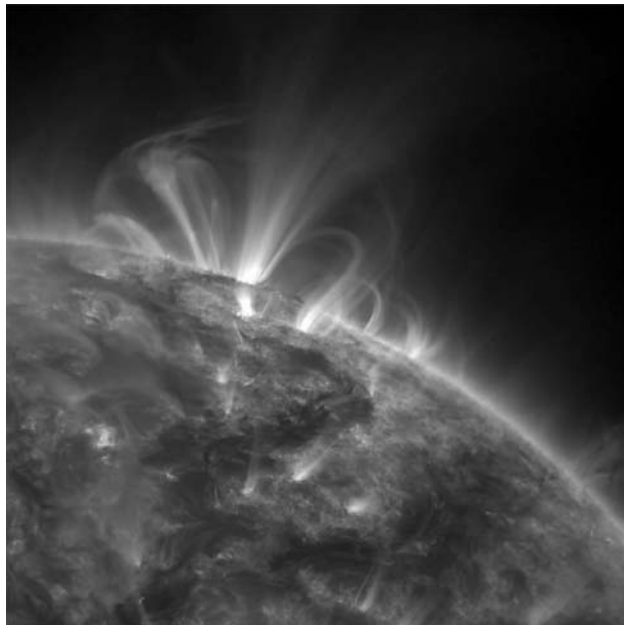
A Naptól folyamatosan plazma áramlik kifelé átlagosan 400 km/s sebességgel. Ez a *napszélnek* nevezett áramlás annak következménye, hogy a napatmoszféra külső tartománya, a *korona* hőmérséklete millió foknál magasabb, ezért a koronaanyag egy részének sebessége magasabb lehet a szökési sebességnél. Itt az a probléma vár hosszú ideje tisztázásra, hogy milyen mechanizmus okozza a korona ennyire magas hőmérsékletét. Nyilvánvaló, hogy nem termikus fűtés, hanem a mágneses tér által valamilyen módon a koronába szállított energia lehet a magyarázat, de a részletek még nem világosak.

A Naptól kiáramló plazma két fő formája a kvázistacionárius napszél és az eruptív eseményekhez kötődő CME játssza a fő szerepet az *úridőjárás* nevű jelenségkörben, amely egy gyorsan fejlődő, új kutatási terület tárgya.

## Észlelési stratégiák

Az úridőjárás kutatásának egyik súlypontja a naptevékenység jelenségeinek olyan szintű megismerése, ami már bizonyos előrejelzési képességet is lehetővé tesz. A jelenségek rendkívül széles skálája a legkülönbözőbb módszertani és technikai eszközöket igényli.

Az Univerzum jelenségeinek lehetséges észlelési stratégiáit az úgynevezett „észlelési fázistér” fogalommal lehet áttekinteni. Képzeljünk el egy ötdimenziós paraméterteret, amelynek „tengelyei” a következő fizikai mennyiségeket képviselik: hullámhossz, térbeli, időbeli és spektrális felbontás, valamint a polarizációra vonatkozó információ. Ebben a paraméterterben bármely asztrofizikai objektum elektromágneses sugárzásának jellemző sajátosságai csak bizonyos értékhatárok között nyilvánulnak meg. Ez azt jelenti, hogy bármely objektum csak olyan eszközzel észlelhető,

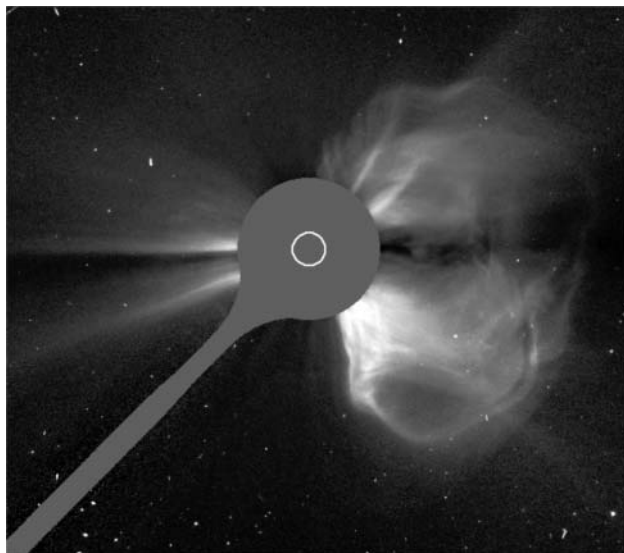


3. *ábra*. Egy napfoltcsoport mágneses terének ívei az SDO/AIA észlelésén (17,1 nm).

amely az adott értéktartományban regisztrálni képes. A teljesen új jelenségeket mindig olyan új eszközzel lehet felfedezni, amely e fázistér addig nem vizsgált értéktartományaiban képes észlelni. A séma tanulságos a napfizikában is a vizsgálati lehetőségek áttekintéséhez.

*Hullámhossz*. Mára az egész hullámhossztartományra és a diagnosztikailag legfontosabb spektrumvonalakra léteznek észlelőműszerek. A legújabb fejlesztések a nagyenergiájú (ultraibolya-, röntgen-, gamma-) tartományban történtek. Látványos felvételek készíthetők azokon a távoli ultraibolya hullámhosszakon, amelyek magas (10–14-szeres) ionizáltságú vasatomok átmeneteihez tartoznak. Ezeket nyilván olyan magas hőmérsékletű tartományok vizsgálhatók, amelyekben az ütközések miatt ennyi elekt-

4. *ábra*. Koronakitörés a SOHO/LASCO észlelésén (a napkorong helyzetét a kis karika jelzi).



ronjukat elveszítik az atomok, ez millió fokok hőmérsékleteket jelent. Így tehetők láthatóvá a koronába nyúló mágneses terek ívei (3. ábra). Az ennél is magasabb hőmérsékletű térrészek a lágyröntgen-tartományban működő műszerekkel figyelhetők meg. A gamma-tartományban csak nagyobb flerek idején fénylenek fel a legmagasabb hőmérsékletű térrészek. Itt már egyáltalán nem működnek a klasszikus képalakítási eljárások, a RHESSI űrszonda műszere egy rendkívül szellemes módszerrel hozza létre a legforróbb plazmák képét.

**Térbeli felbontás.** Itt jelenleg is komoly fejlesztés zajlik. A létező eszközök által felbontható napfelszíni alakzatok mérete néhány száz km, a kitűzött cél az, hogy akár 20 km-es részletek is láthatóvá váljanak a Napon. Ezt a tervezési szakaszban lévő nagy, európai naptávcsőtől reméljük, amelynek 4,2 méter átmérőjű főtükre ezt lehetővé teszi. Ebben a mérettartományban várható olyan alakzatok felbukkanása, amelyek a mély fotoszféra és a kromoszféra-korona átmeneti réteg mágneses kapcsolódásának természetét megvilágítják. Itt lehetnek még felfedezetlen jelenségek. A felbontás növelése földi távcsövek esetén nagy technikai kihívást jelent, a légkör gyorsan változó hatásait gyorsan kell tudni korrigálni.

**Időbeli felbontás.** Ennek növelése a térbelivel párhuzamosan halad. A szoláris alakzatok időbeli változásának sebessége a hangsebességgel kapcsolatos, a kisméretű alakzatok pedig gyorsabban fejlődnek, mint a nagyobbak. Az időbeli felbontásnak néhány másodpercesnek kell lennie.

**Spektrális felbontás.** Észleléstechnikai korlátok miatt a térbeli, időbeli és spektrális felbontás egyszerre nem lehet nagy, közülük csak kettő, a harmadik rovására. A legtöbb napfizikai észlelésnél azonban a spektrális információ csak arra vonatkozik, hogy milyen keskeny a műszer által észlelt hullámhossztartomány. Ha keskeny, akkor valamely színképvonal profiljának egy részét célozza, ha pedig széles, akkor a folytonos spektrumot. A fázistér különleges tartományába esik a globális oszcillációk észleléstechnikája, amelynél nagy tér- és időbeli felbontással regisztrálják az egész napkorong felületdarabjait egy spektrumvonal két szárnyában. Az ebből származtatható Doppler-eltolódások mérési adataira épül a Nap belsejében terjedő nyomáshullámok vizsgálata, ami néhány évtizede teljesen új fejezetet nyitott a napkutatásban, szinte láthatóvá tette a Nap belsejét (helioszeizmológia).

**Polarizáció.** A Zeeman-effektusnak nevezett jelenség során mágneses térben bizonyos spektrumvonalak felhasadnak, a komponensek pedig polarizáltak. A mágneses tér vektora felszíni eloszlásának pontos meghatározása nagy technikai kihívás, a polarizált fény hányada igen kicsiny lehet, ezért a nagy polarimetriai pontosság is nagy fotongyűjtő-képességet, nagy objektívátmérőt igényel. A mágneses tér vektorának felszíni eloszlásából lehet például megállapítani a tér csavarodottságának, úgynevezett „helicitásának” mértékét, amely szerepet játszik a fler-produktivitásban.

## Egy hazai hozzájárulás

A fentiekből azt gondolhatnánk, hogy a napfizika fejlődése egyértelműen az egyre nagyobb felbontások irányába halad, ezt célozzák a legújabb fejlesztések, a high-tech eszközök, nagy berendezések. Ebből következne, hogy csak nagy nemzetközi összefogással lehet létrehozni korszerű műszeregyütteseket, ahol az észlelési időkre is nagy kutatócsoportoknak kell pályáznuk. Ez azonban csak részben igaz, a teljes kép összetettebb.

Azt, hogy mi számít nagy felbontásnak, nem abszolút skálán lehet mérni, hanem az adott jelenség természete szerint lehet megítélni. Az összetett struktúrák és gyors lefolyású események nyilván a tervezett nagyműszer képességeit igénylik, ha azonban a bevezetésben említett dinamómechanizmust tekintjük, azt nem ilyen műszerekkel lehet vizsgálni, egészen más stratégia szükséges. Mivel a jelenségek lehetséges időbeli léptéke a néhány hetestől a több évszázadosig terjed, ezért itt a naponkénti mintavétel elegendően nagy időbeli felbontást jelent.

A jelenségkör vizsgálatára leginkább napfoltadatok használatosak. A legismertebb adatsor a *nemzetközi napfoltszám* (International Sunspot Number, ISN), korábbi nevén zürichi napfolt-relatívszám, vagy Wolfszám. Ez minden napra a napkorongon aznap észlelt foltok és foltcsoportok számából képzett egyetlen adatot jelent. Brüsszelben állapítják meg több mint hetven obszervatórium beküldött adatai alapján. Ennek térbeli és spektrális felbontása nincs (folytonos fényben észlelik), időbeli felbontását pedig sokszor még havi, sőt több havi átlagolással, simítással le is rontják. Hosszú távú vizsgálatokhoz azonban az ISN nélkülözhetetlen, ez az egyetlen adatsor, amely átöleli a napfoltészlelések négy évszázadát. Hosszú távú trendeket, a 11 éves ciklus változásait, sőt átmeneti megszűnését és újraindulását, a 2. ábrán látható *Maunder-minimum* jelenségét jelenleg leginkább ezzel lehet vizsgálni.

Ennél nagyobb felbontású adatsorokat jelentenek a *napfoltkatalógusok*. Ezek klasszikus példája a Greenwich Photoheliographic Results (GPR) 1874 és 1976 között. Ez is napi rendszerességű, de van térbeli felbontása is, tartalmazza a napfoltcsoportok adatait, az egyes foltokét azonban egy kezdeti időszak után nem, hasonlóan a későbbi adatbázisokhoz (Róma, Catania, Kiszlovodszk, Boulder stb.). Ezt a bővítést a debreceni napfoltkatalógus (Debrecen Photoheliographic Data, DPD) valósítja meg, amely minden napra, minden észlelhető foltcsoportra és foltra megadja a pozíció- és területadatokat.

Az időbeli felbontás további növelése újabb jelenségkörbe enged betekintést. A Napfizikai Obszervatórium kezdeményezésére létrejött SOTERIA (Solar-TERrestrial Investigations and Archives) nevű európai FP7-es projekt 16 uniós kutatóintézet űrfizikai kutatási együttműködése volt 2008–2011 között. Ennek keretében készítettük el az SDD (SOHO/MDI-Debrecen sunspot Data) nevű katalógust az 1996–2011 évekre, amely ebben a műfajban a legrészletesebb. A SOHO űrlaboratórium

MDI műszerének térbeli felbontása valamivel kisebb, mint a földi távcsövéké, azonban a folyamatos észlelés lehetővé teszi az 1–1,5 órás mintavételt. Mivel az MDI polarizációs információt is feldolgozott, a foltok mágneses adatai is bekerülhettek az adattáblákba, amelyek így minden releváns adatot tartalmaznak.

Hogy e hatalmas vállalkozás hozadékát érzékeltesük, érdemes összehasonlítani a jelenleg létező nem-debreceni napfoltkatalógusokkal egy 2003 októberi bonyolult foltcsoport példáján, amely a nevezetes Halloween-flereket produkálta. Ez utóbbiak azokban a napokban arra a foltcsoportra 3–4 független adatot adtak meg, miközben az SDD közel tízezret! Ez a részletesség először teszi lehetővé, hogy az aktív vidékek dinamikáját, belső történéseit, fejlődését részletesen és nagy statisztikai anyagon vizsgáljuk.

## Úridőjárás – egy új szemlélet

A SOTERIA projekt rendkívül sikeres volt. A partnerek tevékenységének tematikája felölelte a Nap–Föld-fizika legfontosabb területeit, a napfelszíni és koronabeli mágneses alakzatokat, a Nap össz sugárzásának változását, flerek keletkezésének és lefolyásának mechanizmusait, koronakitörés keletkezését, struktúráját és terjedését, plazmaáramokat, geomágneses választ, atmoszféra-választ, új típusú adatbázisokat. Az úridőjárás kutatása több új eszközzel gazdagodott.

A kérdéskör iránt magánszemélyek is érdeklődnek, többnyire egészségügyi aggodalmakkal. Ezek teljesen alaptalanok, a földfelszíni élő szervezetek semmilyen mértékben nem érzékelik az űrfizikai folyamatokat, csak a troposzféra jelenségeire reagálnak. Ami mégis egyre fontosabbá teszi a területet, az az egyes technikai eszközök sérülékenysége, valamint az űrhajósok és a repülőgépek személyzetének sugárterhelése. Az érintett technikai berendezések lehetnek űreszközök, amelyek egy nagy napkitörés által keltett nagyenergiájú sugárzástól károsodhatnak. Kutatási eszközök károsodása nem kelt nagy visszhangot, de a szolgáltatóké (telefonía, GPS) már tömegeket érinthet. A másik sérülékeny eszköztípus a földfelszíni távvezetékek. Ezek antennaként viselkednek a geomágneses zavarokkal szemben, a földmágneses tér változásai eseténként nagy áramokat indukálnak bennük, amiktől áramellátó berendezések sérülhetnek. Ilyesmi többször előfordult az elmúlt évtizedekben.

Az előrejelzésnek a következő területeken lehet esélye. A flerek a bevezetőben említett instabil mágneses konfigurációkból származnak, ezek olyan tértartományokat jelentenek, ahol erős, ellentétes irányú mágneses terek kerülnek viszonylag kis távolságon belülre. Ezeknél gyors lefolyású átkötődés (rekonnekció) mehet végbe, amelynek során a térrész részecskéi nagy energiára tesznek szert, és a mágnesestérstruktúra bizonyos része elszakadhat (CME). E gyors átalakulásnak jelenleg csak az esélyét lehet megbecsülni, hogy az esemény mikor következik be, azt nem lehet. A fler-esélyes konfigurációk elemzésére a

Napfizikai Observatóriumnak is új lehetőséget nyit a most elkészült SDD adatbázis, amelynek adataival az aktív vidékek (foltcsoportok) belső viszonyai és fejlődési dinamikája vizsgálható.

Ha a fler megtörtént, a felfénylés észlelését követően egy órán belül megérkezhetnek a leggyorsabb részecskék, amelyek űreszközök elektronikáját veszélyeztethetik. Ez elvileg jelezhető, gyakorlatilag magas szintű készultsége van szükség, amely leginkább az űrhajósok védelmét szolgálhatja. A flerrel kapcsolatban általában fellépő koronakitörések során a Föld irányába kibombolt anyag átlagosan körülbelül egy nap alatt ér földközelbe. Erre már komolyabban fel lehet készülni. A magnetoszférával való kölcsönhatás azonban nemcsak attól függ, hogy mekkora sebességű és tömegű anyag érkezik, hanem attól is, hogy az általa szállított mágneses tér milyen struktúrájú, konkrétan, hogy a Föld keringési síkjára (ekliptika) merőleges komponense milyen irányú. Ha az déli irányú, akkor mágneses átkötődés révén sokkal komplexebb kölcsönhatás zajlik, a szoláris plazma bejut a pólus környéki térségbe és aurórajelenséget kelt. További fler-hatás az ionoszféra elektronsűrűségének megnövekedése a fler ultraibolya-sugárzásának ionizáló hatása következtében, illetve a galaktikus kozmikus sugárzás csökkenése a Naprendszerben kiáramló plazma árnyékoló hatása révén (Forbush-csökkenés). Az egész jelenségcsoport előrejelzésének kulcsa tehát a flerek előrejelzése.

Újabbban ezen a téren is megjelenik a hosszú távú szemlélet. A flerek a napciklus maximumánál és leszálló ágában a legintenzívebbek. A jelen (24. számú) napciklus azonban legalább kétéves késésben van attól, amit a szokásos ritmus alapján vártunk, ráadásul az aktivitás jóval lassabban növekszik. Egyéb jelei is vannak a naptevékenység gyengülésének, amerikai kutatók szerint a foltokban mért mágneses tér is gyengülést mutat egy körülbelül évtizedes időskálán, függetlenül a tevékenység szintjétől. A debreceni adatok pedig azt mutatják, hogy a jelenlegi ciklusban a foltcsoportok átlagosan kevesebb foltot tartalmaznak, mint az előző kettőben. Egy ideje felvetődik a kérdés: lehetséges-e a nem túl távoli jövőben egy Maunder-minimum típusú, hosszabb aktivitási szünet.

A választ jelenleg senki nem tudja, de a lehetséges következményeket sokan latolgatják. A mágneses aktivitás eltűnése, vagy igen alacsony szintje a kifelé irányuló plazmaáramot is alacsony szintre csökkentené, a kozmikus sugárzás szintje megnőhetne, ez megnövelné a légköri cseppképződést és felhősödést, ez kifelé megnövelné az atmoszféra albedóját, tehát a napsugárzás visszavert hányadát, továbbá megnövelné a csapadékot. Ez volt a helyzet a Maunder-minimum idején, amikor a kis jégkorszakon belül is különösen hideg korszak kezdődött 1650 táján.

A Napfizikai Observatórium egyik távlati célja, hogy az egyáltalán fellelhető észlelések kiértékelésével minél hosszabb időszakon vizsgálhatók legyenek a naptevékenység részletei és talán e hosszú minimumok természete is. A földi és úridőjárás kapcsolata ez utóbbit egyre fontosabbá teszi.

# KRISTÁLYOS ÖNSZERVEZŐDÉS HATÁRFELÜLETEKEN: KÉTDIMENZIÓS KRISTÁLYOK

Tegze György, Tóth Gyula, Gránásy László  
MTA Wigner F. K. Sz. F. I.

Határfelületeken adszorbeálódó részecskék gyakran mutatnak kristályos rendeződést. Ez az elsőrendű fázisátalakulás több méretskálán is megfigyelhető, kezdve a folyadékfelületen lebegő néhány mikrométeres kolloid részecskéktől a nanorészecskéken át az egykristály-felületen megkötött atomokig és molekuláig. A tömbi anyagoktól eltérően a határfelületeken a részecskék kollektív, hidrodinamikai jellegű mozgása gátolt (a rendszer túlcillapított), a részecskék túlnyomó részben véletlenszerű bolyongással, diffúziósan közlekednek. A diffúziós dinamika egyik következménye, hogy a határfelületen kialakuló kétdimenziós kristályok változatos – gyakran ujjas, elágazó vagy fraktálszerű – mintázatokat mutatnak. Az önszerveződés és a mintázatképződés jobb megértése utat nyithat különleges tulajdonságú – például szuper hidrofób, kémiaiilag aktív katalitikus, biokompatibilis, különleges elektromos vagy nemlineáris optikai tulajdonságú – felületek előállításához.

A létrejövő mintázatokat megjelenési formájuk alapján két csoportba sorolhatjuk: egyedi kristálysíkokkal határolt, úgynevezett fazettált kristályok (1. ábra), illetve nem fazettált kristályok, amelyek pereme minden kristálytani orientációjú határfelületet tartalmaz. Az eltérő megjelenési formákat az egyensúlyi kristály-folyadék felületi feszültség (statikus hatás), illetve a perem kiépülésének, azaz az új részecskék csatlakozásának (dinamikus hatás) irányfüggése magyarázhatja. Az irányfüggés (más néven anizotropia) elméleti modellezését megnehezíti, hogy növekedés közben a fenti két hatás nem választható el egyértelműen, illetve az, hogy az anizotropia erősen függ mind az anyagi paramétereiktől, mind a fizikai körülményektől, mint például a hőmérséklet és a túltelítés (sűrűség).

## Az Atomi Felbontású Fázismező-elmélet

A mintázatképződést leíró fenomenologikus kontinuum-modellek a kristály-folyadék határfelület irányfüggő tulajdonságait jellemzően explicit módon tartalmazzák (azaz a kísérletek eredményeit beépítjük a modellbe), emellett általában nem veszik figyelembe az anizotropia hőmérséklet-, illetve túltelítésfüggését. Ez alól kivételt képeznek azok a klasszikus sűrűségfüggő-elméletek, amelyek a kristályos fázis leírásánál megtartják a kristályrács szimmetriáját, így automatikusan irányfüggő módon tartalmazzák a kristály egyes tulajdonságait, mint például a rugalmas állandókat vagy a kristály-folyadék határreteg felületi feszültségét. E sűrűségfüggő-elméletek diffúziós dinamikával kombinálva alkalmasak lehetnek mind a fazettált, mind a

nem fazettált kristályos mintázatok leírására. A továbbiakban egy egyszerű időfüggő sűrűségfüggő-elméletet, az Atomi Felbontású Fázismező-elméletet (angolul Phase-Field Crystal) használunk a mintázatok kialakulásának tanulmányozására. Az inhomogén rendszer szabadenergiáját – a sűrűségfüggő-elméletekben megszokott módon – az egyrészecskés-sűrűség-függvény funkcionáljaként adjuk meg [2]:

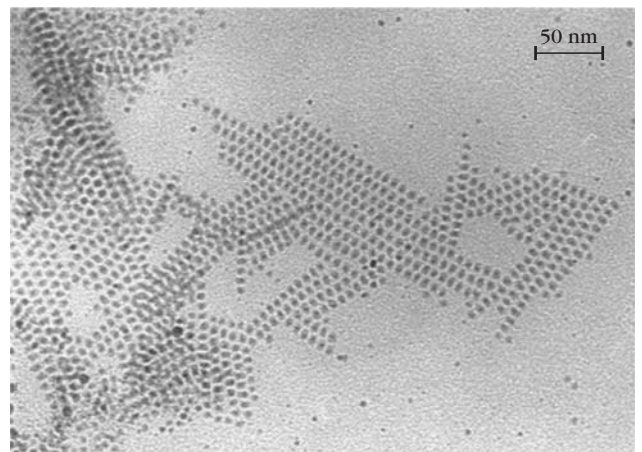
$$F = \int d\mathbf{r} \left\{ \frac{\Psi}{2} \left[ \varepsilon + (1 + \nabla^2)^2 \right] \Psi + \frac{\Psi^4}{4} \right\}, \quad (1)$$

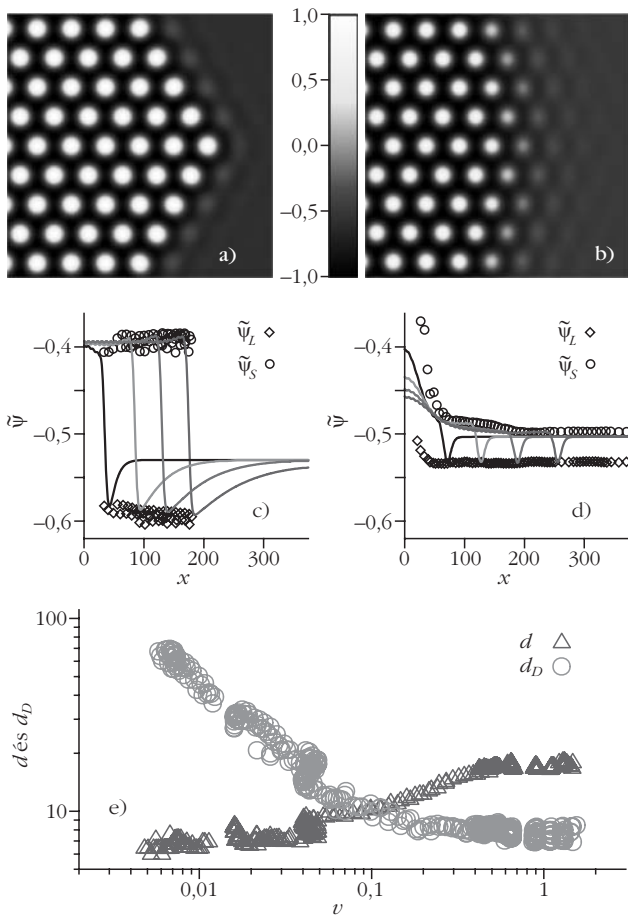
ahol  $\Psi(\mathbf{r}, t)$  a skálázott, referenciához normált egyrészecskés-sűrűség, míg az  $\varepsilon$  modellparaméter az egyensúlyi kristály-folyadék határfelület vastagságát szabályozza. Látható, hogy a fenti funkcionál magasabb rendű téroperátort ( $\Psi \nabla^4 \Psi$ ) és nemlinearitást ( $\Psi^4$ ) tartalmaz, s e két tag már elegendő ahhoz, hogy a modell stabil (rács)periodikus sűrűségfüggvényeket is képes legyen leírni. Az Atomi Felbontású Fázismező-elméletben a rendszer időfejlődését diffúziós dinamikával írjuk le:

$$\frac{\partial \Psi}{\partial t} = \nabla^2 \frac{\delta F}{\delta \Psi} + \zeta, \quad (2)$$

ahol  $\delta F / \delta \Psi$  a szabadenergia első funkcionális deriváltját jelöli, míg  $\zeta$  egy konzervatív Langevin-zaj, amely a rendszerben jelenlévő termikus fluktuációkat reprezentálja. A rácsperiodikus megoldások létezése lehetővé teszi a különböző orientációjú kristály-folyadék határfelületek tanulmányozását is, azaz a modell természetes módon tartalmazza a kristály-folyadék egyensúlyi felületi feszültségének anizotropiáját, illetve a kinetikus anizotrópiát is [3].

1. ábra. Fazettált kristállyá szerveződő molekuláris ezüst monoreteg [1].





2. ábra. A kristály-folyadék határfelület közeli pillanatképen a) diffúzióvezérelten növekvő fazettált kristály, b) kinetikavezérelten növekvő izotróp kristály; Az átlagsűrűség  $\psi$  időfejlődése a határfelületen keresztül c) diffúzióvezérelt növekedés esetén, d) kinetikavezérelt növekedés esetén.  $\psi_s$ , illetve  $\psi_L$  a kristályos és a folyadék fázis átlagsűrűségét jelöli a határfelület két oldalán. e) A kristály-folyadék határréteg  $d$  vastagsága és a  $d_p$  diffúziós úthossza a kristály  $v$  növekedési sebességének függvényében.

## A túltelítés hatása a kristály-folyadék határfelületre

Vizsgálatunk során olyan  $\epsilon$  paramétert választottunk, ahol egyensúlyban a kristály-folyadék határfelület keskeny és az egyensúlyi kristályalak fazettált. A rendszerben a túltelítést (átlagsűrűség) változtatva hangoltuk a kristályos fázis növekedési sebességét, és ennek függvényében vizsgáltuk a kristály-folyadék határfelület tulajdonságait és a növekedési mintázatokat [4].

A határfelületet megvizsgálva elmondható, hogy kis túltelítések (egyensúlyhoz közel) esetén a kristály-növekedés lassú és diffúzióvezérelt, míg a határfelület keskeny és fazettált (2.a ábra). Nagy túltelítésen végzett szimulációk esetében a növekedés gyors, a határfelület széles és nem fazettált (2.b ábra). A növekedést ebben az esetben felületkinetika-vezéreltnek (a továbbiakban röviden kinetikavezéreltnek) nevezzük, mivel a kiépülő perem alakját az új részecskék beépülésének irányfűgése határozza meg.

Mindkét esetben jól megfigyelhető a kristályban kialakuló periodikus rend, a sűrűségcsúcsok a kristályrácsbeli atomi pozícióknak feleltethetők meg, míg az átlagsűrűség az egyes pozíciók átlagos betöltöttségét adja meg.

A kristályosodás dinamikájának eme megváltozását a hibaszerkezet módosulása indokolhatja, ugyanis nagy növekedési sebesség esetén üres rácshelyek, vakanciák fagynak a kristályba. Habár a modell a vakanciákat expliciten nem tartalmazza, a fenti jelenségre utal, hogy a megszilárduló kristály átlagos sűrűsége megegyezhet a folyadék sűrűségével, azaz az egyes rácshelyek átlagos betöltöttsége a diffúzióvezérelt módushoz képest jelentősen csökkenhet.

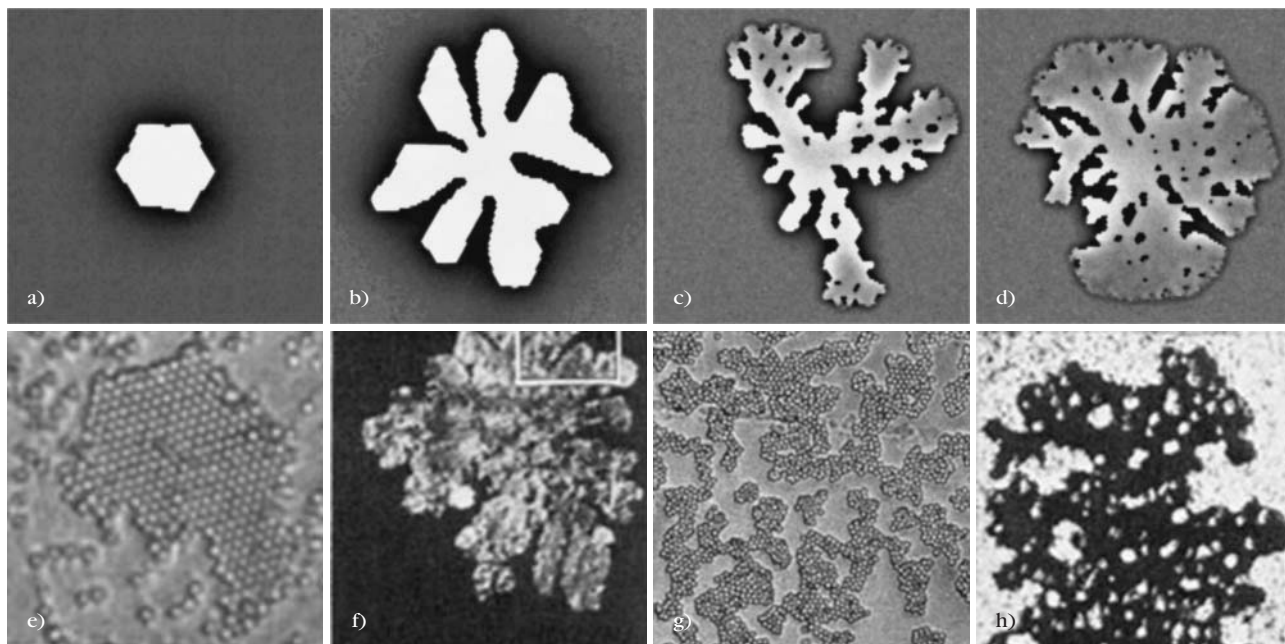
Az átlagsűrűség változását a határfelületen keresztül a 2.c–d ábrák mutatják. Jól megfigyelhető, hogy a diffúzióvezérelt esetben a kristály jelentősen sűrűbb a folyadéknál (2.c ábra) és időben előrehaladva a kristály előtt egy alacsony sűrűségű kiürült réteg fejlődik ki. A kinetikavezérelt megszilárdulás esetén a határfelületen ugyan kialakul egy kisebb sűrűségű réteg, de annak szélessége időben nem fejlődik, és a tömbi kristály, illetve a folyadék átlagsűrűsége közel azonos.

Az előzőekben megmutattuk, hogy a diffúziós réteg szélessége összefügg a kristály-folyadék határréteg dinamikus viselkedésével, valamint azt is, hogy a határréteg szélessége jelentősen eltér a diffúzióvezérelt és a kinetikavezérelt esetben. Arra a kérdésre, hogy adott körülmények között milyen kristályosodási dinamikát várhatunk, választ ad e két eredmény összevetése. A 2.e ábrán a kristály növekedési sebességének függvényében ábrázoljuk a két karakterisztikus hosszt, amelyek adott növekedési sebességnél átmetszenek. A dinamika módusváltása éppen ott történik meg, ahol a két hossz összemérhetővé válik.

## Növekedési dinamika és mintázatképződés

A továbbiakban megvizsgáljuk, hogy a határfelület dinamikája hogyan befolyásolja a két dimenzióban kialakuló kristályos mintázatokat. Kis túltelítés esetén a teljes kristály növekedését a fő kristálysíkok irányában tapasztalt növekedés uralja, így a jellemző alak kompakt hatszöges (3.a ábra). Ebben az esetben a kristály növekedése az egész határfelületen diffúzióvezérelt, amit jól mutat a kristály körül kialakult széles, kis sűrűségű diffúziós réteg, illetve az, hogy a folyadék és a kristály átlagsűrűsége jelentősen eltér. A túltelítést növelve, de még a diffúzióvezérelt tartományban először a kristály „ujjasodása” figyelhető meg (3.b ábra), ez a jelenség Mullins–Sekerka-féle diffúziós instabilitásként ismert a szakirodalomban. Továbbhaladva a nagyobb túltelítések felé kinetikavezérelt dinamikával növekvő felületek jelennek meg, amelyek érdekes módon egyszerre létezhetnek a diffúzióvezérelt határfelületekkel. Az eltérő dinamikával képződő határfelületek fraktálszerű mintázatokat hozhatnak létre (3.c ábra), míg a túltelítést még tovább növelve porózus mintázatokat is kaphatunk.





3. ábra. Kétdimenziós kristálymintázatok termikus fluktuációk jelenlétében. Az Atomi Felbontású Fázismező-elmélet eredményei (átlagsűrűség-térkép) (felső sor) és A. T. Skjeltorp kétdimenziós kolloid kristályokról készített mikroszkópos felvételei (alsó sor). A túltelítés balról jobbra nő: a) és e) kis túltelítés esetén kompakt hatszöges fazettált növekedés; b) és f) nagyobb túltelítés esetén ujjas mintázat; még tovább növelve a túltelítést c) és g) fraktálszerűen elágazó majd d) és h) porózus a mintázat.

Eredményeinket a kétdimenziós kolloid kristályosodásra végzett kísérletek megfigyeléseivel (3.e–h ábra) összevetve jó egyezést tapasztalunk, ami arra enged következtetni, hogy az egyidejű kinetika- és diffúzióvezérelt kristály-folyadék frontnövekedési módusok versengése magyarázatot ad a kísérletekben tapasztalt mintázatok keletkezésére.

Összességében elmondható, hogy az Atomi Felbontású Fázismező-elmélet jellegében helyesen írja le a határfelületeken végbemenő kristályosodási folyamatok során keletkező mintázatokat. Ez az egyszerű modell – mivel a kristályos állapot rácspériodikus függvényekkel írja le – természetes módon tartalmazza az egyensúlyi kristály-folyadék határreteg irányfüggő tulajdonságait (a felületi feszültség anizotrópiája), valamint a diffúziós dinamika számot ad a kinetikus anizotrópiáról is. A mozgásegyenlet numerikus megoldásának segítségével sikerrel modelleztük a kétdi-

menziós kolloidokban megfigyelt kristályos mintázatok kialakulását. Azt találtuk, hogy a kísérleti megfigyelésekkel összhangban a kristály-folyadék határreteg időbeli fejlődése alapvetően kétféle módon mehet végbe: a szokásos diffúzióvezérelt frontterjedés mellett egy felületi kinetika által vezérelt módus is található, s ezek versengése a kristályos mintázatok széles választékának megjelenéséhez vezet.

#### Irodalom

1. S. A. Harfenist et al.: Highly oriented molecular Ag nanocrystal arrays. *J. Phys. Chem.* **100** (1996) 13904.
2. K. R. Elder, M. Grant: Modeling elastic and plastic deformations in nonequilibrium processing using phase field crystals. *Phys. Rev. E* **70** (2004) 051605.
3. G. Tegze et al.: Diffusion-controlled anisotropic growth of stable and metastable crystal polymorphs in the Phase-Field Crystal Model. *Phys. Rev. Lett.* **103** (2009) 035702.
4. G. Tegze, G. I. Tóth, L. Gránásy: Faceting and branching in 2D crystal growth. *Phys. Rev. Lett.* **106** (2011) 195502.

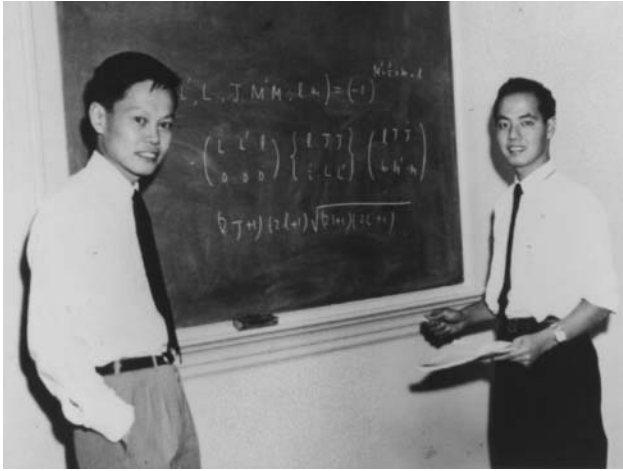
## A HÍRES PARITÁSSÉRTÉS-KÍSÉRLETRŐL

Hargittai Magdolna

BME Szervetlen és Analitikai Kémia Tanszék és MTA

Ki is volt *Chien-Shiung Wu*? Amerikai kísérleti fizikus (1912–1997), aki elsősorban a paritássértést bizonyító kísérlettel írta be magát a fizika történetébe. Kínában született 1912-ben. Egyetemi tanulmányai után az Egyesült Államokba ment, ahol 1940-ben Kaliforniában, a Berkeleyi Egyetemen szerezte meg doktorátusát. Hivatalosan *Ernest O. Lawrence* No-

bel-díjas (1939) fizikus volt a témavezetője, de munkáját egy másik későbbi Nobel-díjassal (1959), *Emilio Segrè*vel végezte. Már ekkor felhívta magára a figyelmet; amennyiben megállapította, hogy az urán radioaktív bomlásakor kétféle láncreakció során radioaktív xenon keletkezik – ez a megfigyelés később fontos volt az úgynevezett reaktor-mérgezés



1. ábra. Chen Ning Yang és Tsung-Dao Lee (fotó: Alan W. Richards).

megértéséhez. A PhD-fokozat megszerzését követően, két rövidebb állás után – közülük az egyik tanári állás volt a Princeton Egyetemen egy olyan időben, amikor az egyetem még tanulónak sem vett fel lányokat – 1944-ben a Columbia Egyetemre került, hogy a Manhattan-tervben dolgozzon. Élete végéig a Columbián maradt.

Gyakran tartok előadást híres tudós nőkről, és amikor nem említem Wut, az előadás után mindig megkérdezi valaki, hogy miért nem tettem. Ez is mutatja, hogy – legalábbis természettudományos körökben – igen nagyra tartják. Nemcsak nagyra tartják, de általánosan elterjedt az a nézet is, hogy igazságtalanság érte a Nobel-díj bizottság részéről, amiért nem osztozhatott *Tsung-Dao Lee*-vel és *Chen Ning Yang*-gal az 1957-es fizikai Nobel-díjban (1. ábra). Lee és Yang, két – szintén kínai származású – elméleti fizikus, azért kapták a díjat, mert fel merték vetni azt a gondolatot, hogy a legáltalánosabb szimmetriaelvek között számon tartott (tér)tükrözési szimmetria a gyenge kölcsönhatási folyamatokban (ilyenek például a radioaktív béta-bomlások) nem érvényes. Amikor Lee és Yang cikküket megírták, a paritásértés jelenségének a lehetősége valóban csak felvetés volt, kísérleti bizonyíték nem támasztotta alá. A gondolat jelentőségét felismerő kísérleti fizikusok néhány hónapon belül elvégzett mérései bizonyították a felvetés helyességét, és a két elméleti fizikus a következő évben, 1957-ben megkapta a Nobel-díjat. Abban a kísérletben, amellyel a paritásértést elsőként megfigyelték, Chien-Shiung Wunak meghatározó szerepe volt (2. ábra). Ezért tartják sokan úgy, hogy ő is osztozhatott volna a díjban.

Sokan gondolják azt, hogy Chien-Shiung Wu az élt mellőzték a Nobel-díj odaítélésénél, mert nő volt, és az esetet a diszkrimináció jellemző példájaként tartják számon. Ez különösen érdekessé tette számomra a történetet, és elhatároztam, hogy utánajárok. Írásom erről szól.

Először röviden összefoglalom azokat az eseményeket, amelyek a paritásértés vizsgálatához vezettek, majd az erre irányuló kísérletek egyes részleteit. A paritásértés gondolata az úgynevezett  $\tau$ - $\theta$  (tau-

théta) rejtéllyel kapcsolatban merült fel. A részecskefizikusok az 1950-es évek első felében felfedeztek két, tau és théta névvel illetett, szubatomi részecskét. Viselkedésük rejtélye abban állt, hogy a két részecske szinte minden tulajdonsága azt sugallta, hogy valójában azonosak (például a tömegük, elektromos töltésük azonos), de egy igen fontos dologban különböztek: ezeknek a gyorsan bomló instabil részecskéknek a – gyenge kölcsönhatásnak tulajdonítható – bomlási végállapotai arra utaltak, hogy a tau és théta tükrözéskor különböző módon viselkednek – a tau páros, a théta páratlan paritású. Tehát, ha a paritásmegmaradás törvénye igaz, mégsem azonosak. Két olyan részecske létezése, amelyeket egyedül a tükrözéskor mutatott viselkedésük különböztet meg egymástól lehet rendkívüli véletlen, de semmilyen fizikai elv sem tiltaná, így a paritásmegmaradás elvének sem mond ellent. Ha viszont az alapvető kölcsönhatások kötelezően érvényes tükrözési szimmetriájának elvéről lemondunk, a „maradék” tulajdonságok a tau és théta részecskéket már nem különböztetik meg, egyugyanazon részecskéről van szó.<sup>1</sup> Amit cserébe kapunk, az a két különböző részecske létezése által megvalósuló „rendkívüli véletlen” kiküszöbölése. Lee és Yang inkább lemondtak egy megkérdőjelezhetetlennek tartott szimmetriáról,<sup>2</sup> mintsem együtt éljenek egy véletlennel.

Lee és Yang, természetesen, átnézték a paritásmegmaradás alátámasztására addig végzett kísérletekről beszámoló közleményeket. Arra a meglepő eredményre jutottak, hogy egyetlen olyan esetet sem írtak le, amely a gyenge kölcsönhatásra vonatkozóan igazolta volna a paritásmegmaradás törvényét. Valamennyi kísérletben az erős, illetve leginkább az elektromágneses kölcsönhatás játszott szerepet. Ennek hatására született meg híres cikkük [1], amelyben felvetik annak lehetőségét, hogy talán a gyenge kölcsönhatásokra nem érvényes a paritásmegmaradás törvénye. A cikkben konkrét kísérleteket is javasoltak, amelyekről feltevésük helyességének eldöntését remélték.

Még jóval az előtt, hogy ez a cikk megjelent, Lee, aki Chien-Shiung Wu kollégája volt a Columbia Egyetem Fizika Tanszékén, konzultált Wuval arról, milyen kísérletek lennének a legesélyesebbek arra, hogy ezt a kérdést eldöntsék. Wu, aki addigra már a béta-bomlás elismert szakértője volt, azt javasolta, hogy a  $\text{Co}^{60}$  béta-forrást használják, a mágneses dipólusként viselkedő atommagokat mágneses tér segítségével polarizálják, majd mérjék meg, hogy a béta-sugarak tükrösszimmetrikusan jelennek-e meg a mágneses tér megfordításakor. Ahogy Wu írja: „... Lee látogatása után újra végiggondoltam ezt a kérdést. Valóban fantasztikus lehetőség volt ez egy béta-bomlás specia-

<sup>1</sup> A jelenlegi nomenklatúra szerint ez a pozitív elektromos töltésű K-mezon, a tau és théta elnevezéseket ma egészen más részecskékre használják.

<sup>2</sup> A tau-théta probléma megoldása ezt a gyenge kölcsönhatásra vonatkozóan teszi szükségessé, az erős és az elektromágneses kölcsönhatás tükrözési szimmetriája továbbra is érvényes.

lista számára, hogy egy alapvető kérdést eldönthesen. Hogyan is hagyhattam volna ki ezt a lehetőséget?” [2]

Természetesen nem hagyta ki. Még azon a nyáron nekilátott annak, hogy megtervezze a kísérletet. Technikailag meglehetősen bonyolult feladat volt, mert két olyan ismert módszert kellett összekapcsolni, amelyeket együtt addig még nem alkalmaztak. A problémát az okozta, hogy a kísérletet a lehető legalacsonyabb hőmérsékleten (legfeljebb néhány tized fokkal az abszolút zéruspont fölött) kellett elvégezni, és erre a Columbia Egyetemen nem volt megfelelő berendezés. Az Egyesült Államokban a legjobb alacsony-hőmérsékletű kísérleteket a Szabványügyi Hivatal (National Bureau of Standards, NBS) laboratóriumaiban végezték Washingtonban, egy Angliából nemrég az USA-ba költözött kutató, *Ernest Ambler* vezetésével. Wu megkereste Amblert, aki örömmel vállalkozott a közös munkára. Mindketten nekiálltak a készülék megtervezésének és előkísérletekbe fogtak. Wu először 1956 szeptemberében ment Washingtonba, és akkor meggyeztek abban, hogy további hárman csatlakozzanak a munkához: még egy alacsony-hőmérséklet specialista fizikus, *Ralph Hudson*, valamint a radioaktív bomlások vizsgálatával foglalkozó *Raymond Hayward* és *Dale Hoppes*. A következő hónapokban folyamatosan próbálták a nehézségeket leküzdeni, miközben Wu nem volt mindig jelen a kísérleteknél, hiszen állása a Columbiához kötötte. Így történt, hogy 1956. december 27-én, amikor végre az aszimmetria első jelét észlelték, Wu nem volt ott. Ahogy Hoppes mondta nekem, Wut valószínűleg halála napjáig bánta,

2. ábra. Chien-Shiung Wu 1963-ban (forrás: Wikimedia).



totta, hogy nem volt jelen ebben a történelmi pillanatban. Természetesen egyetlen mérésre nem lehet alapozni egy tudományos megállapítást, és a csoportnak sok gondja akadt a további kísérleteknél. Azt is be kellett bizonyítaniuk, hogy a kapott eredményt csak a paritássértés okozhatta. Ezekhez a kísérletekhez idő kellett.

Közben Wu tájékoztatta Lee-t, hogy úgy néz ki, sikerült kimutatni az aszimmetriát a béta-sugárzásban. Lee január elején ezt elmondta egy columbiai ebéd közben az ott levő fizikusoknak. Közöttük volt *Leon Lederman*, akinek hirtelen támadt egy ötlete, amely szerint a Columbián is megvan a lehetőség a paritássértés kimutatására (a Lee és Yang javasolta módszerek egyikével). Lederman késedelem nélkül felhívta egy korábbi kollegáját, *Richard Garwint*, aki azonnal megértette, hogy komoly esélyük van a sikerre, és még aznap este találkoztak a Columbia ciklotronjánál. Lederman arra jött rá, hogy a ciklotronban végzett kísérletek során keletkező müonok valószínűleg már polarizáltak. Garwin pedig felismerte, ha ez így van, akkor nem kell a számlálókat mozgatni (ahogy ezt eredetileg Lederman gondolta, és ami nehézkes lett volna és bizonytalan). Elég, ha a müonok mágneses momentuma és a mágneses tér kölcsönhatására hagyatkoznak a müonok mozgatásához. A kísérletet négy nap leforgása alatt elvégezték és a paritássértést meggyőző biztonsággal mutatták ki. Január 8-ára már a benyújtandó kéziratukkal is elkészültek.

A Wuhoz lojális Lee azonban lebeszélte őket arról, hogy cikküket azonnal beküldjék a *Physical Review*-nak, mert úgy érezte, ez nem lenne sportszerű a béta-bomlást már hónapok óta vizsgáló kollégáikkal szemben. Elképzelhetjük, hogyan fogadta Wu és a washingtoni csoport a sikeres müonkísérlet hírért. Azonban továbbra sem akarták a saját cikküket beküldeni addig, amíg az összes ellenőrző kísérletet el nem végezték. Wu így emlékezett ezekre a napokra: „Miután a müon-bomlással bebizonyították a paritássértést, mi továbbra sem pihentünk meg. Biztosnak kellett lennünk a kísérletünkben. ... Végül január 9-én hajnali kettőkor úgy éreztük, hogy készen vagyunk. Dr. Hudson mosolyogva kivett egy üveg bort a fiókjából néhány papírpohárral. Végre koccintottunk a paritás-megmaradás törvényének megdöntésére” [3]. Január 15-én a két csoport egy időben küldte be kéziratát a *Physical Review*-nak, ahol egymás mellett jelent meg a két cikk a februári számban [4, 5]. Ugyanezen a napon a Columbia Egyetemen tartottak egy sajtókonferenciát, amelyen bejelentették egy addig elfogadott természettörvény érvénytelenítését.

Nem sokkal a két kézirat után, egy harmadik is beérkezett a *Physical Review*-hoz. Szerzői (Valentine) *Telegdi Bálint* és *Jerome Friedman* voltak, akik a Chicagói Egyetemen végeztek sikeres kísérletet, bizonyítva, hogy a paritás-megmaradás törvénye nem érvényes radioaktív béta-bomlás során. Ez a kísérlet, hasonlóan a Garwin és Lederman által végzetthez, müon-bomlást írt le, azzal a különbséggel, hogy emulziós detek-

## Nuclear Emulsion Evidence for Parity Nonconservation in the Decay Chain

$$\pi^+ \rightarrow \mu^+ + e^+ + \nu^+$$

JEROME I. FRIEDMAN AND V. L. TELEGDI

*Enrico Fermi Institute for Nuclear Studies, University of Chicago, Chicago, Illinois*

(Received January 17, 1957)

LEE and Yang<sup>1</sup> recently re-examined the problem as to whether parity is conserved in nature and emphasized the fact that one actually lacks experimental evidence in support of this most natural hypothesis in the case of weak interactions (such as  $\beta$  decay). Violation of parity conservation can be inferred essentially only by measuring the probability distribution of some *pseudoscalar* quantity, e.g., of the projection of a polar vector along an axial vector, and measurements of this kind had not been reported. Lee and Yang suggested several experiments in which a spin direction is available as a suitable axial vector; in particular, they pointed out that the initial direction of motion of the muon in the process  $\pi \rightarrow \mu + \nu$  can serve for this purpose, as the muon will be produced with its spin axis along its initial line of motion if the Hamiltonian responsible for this process does not have the customary invariance properties. If parity is further not conserved in the process  $\mu \rightarrow e + 2\nu$ , then a forward-backward asymmetry in the distribution of angles  $W(\theta)$  between this initial direction of motion and the momentum,  $\mathbf{p}_e$ , of the decay electron is predicted.

It is easy to observe the pertinent correlation by bringing  $\pi^+$  mesons to rest in a nuclear emulsion in which the  $\mu^+$  meson also stops. One has only to bear in mind two facts: (1) even weak magnetic fields, such as the fringing field of a cyclotron, can obliterate a real effect, as the precession frequency of a Dirac  $\mu$  meson is  $(2.8/207) \times 10^6 \text{ sec}^{-1}/\text{gauss}$ ; (2)  $\mu^+$  can form "muonium," i.e.,  $(\mu^+e^-)$ , and the formation of this atom can be an additional source of depolarization, both through its internal hyperfine splitting and the precession of its total magnetic moment around the external field. In the absence of specific experiments on muonium formation, one can perhaps be guided by analogous data on positronium in solids.<sup>2,3</sup>

With these facts in mind, we exposed (in early October, 1956) nuclear emulsion pellicles (1 mm thick) to a  $\pi^+$  beam of the University of Chicago synchrocyclotron. The pellicles were contained inside three concentric tubular magnetic shields and subject to  $\leq 4 \times 10^{-3}$  gauss. Over 1300 complete  $\pi - \mu - e$  decays have been recorded to date, and the space angle  $\theta$  defined above has been calculated for each. From these preliminary data we find<sup>4</sup>

$$\left\{ \int_{90^\circ}^{180^\circ} |W(\theta)| d\Omega - \int_0^{90^\circ} |W(\theta)| d\Omega \right\} / \int_0^{180^\circ} W(\theta) d\Omega = 0.062 \pm 0.027,$$

3. *ábra.* Részlet Friedman és Telegdi *Physical Review*-beli írásából.

tálást alkalmaztak. Ez a cikk a folyóirat márciusi számában jelent meg [6] (3. *ábra*).

Lee és Yang Nobel-díja az egyik „leggyorsabb” díj volt a Nobel-díjak történetében, már a cikkük megjelenése utáni évben megkapták. Felmerül a kérdés, vajon a kísérleti bizonyítékról szóló Columbia Egyetem-i sajtókonferenciának volt-e ebben szerepe, hiszen azt január 15-én tartották és a Nobel-díj ajánlások határideje január 31. Megkérdeztem *Anders Bárányt*, a fizikai Nobel-díj Bizottság egykori titkárát erről, aki a következőket mondta [7]: „Noha a díjkiosztás után 50 évvel az archívumokat már lehet tanulmányozni, a kémiai és fizikai díjak esetében ez csak akkor lehetséges, ha a díjazottak már nem élnek. Mivel mind Lee, mind Yang él még, az ő díjuk részletei még titkosak.” Viszont Bárány elmondta saját véleményét. E szerint az előző évben a fizikai Nobel-díj Bizottság nem tudott igazán erős javaslatot tenni a díjra, ezért 1957-ben biztosan akartak lenni abban, hogy megalapozott ajánlást adnak a végleges választáshoz. Miután januárban – az elvégzett kísérleteknek köszönhetően – bebizonyosodott, hogy Lee és Yang felvetése helyes volt, úgy érezték, javaslatuk kellően megalapozott. Az 1957-es Nobel-díj indoklása: „a paritásértés lehetőségének felvetéséért, ami az elemi részecskékkel kapcsolatban fontos felfedezésekhez vezetett” összhangban van azzal, amit Bárány mondott.

Itt jutottunk el a gyakran felvetett kérdéshez: Vajon részesülnie kellett volna Wunak is az 1957-es fizika Nobel-díjból? Végére is, volt még egy „üres hely”, hiszen a Nobel-díj szabályok szerint egy díjat meg lehet osztani (legfeljebb) három díjazott között. Gondoljuk végig a fent leírt eseményeket! Wu volt az, aki elsőként javasolta a  $\text{Co}^{60}$ -kísérletet, ő volt az, aki felvetette az NBS munkatársainak a közös munkát, és ez a kísérlet volt az, amellyel elsőként regisztrálták a paritásértést. Ugyanakkor van egy kevés esélye annak is, hogy Telegdi és Friedman előbb látták a jelenséget, hiszen ők már a nyár végén elkezdték a kísérleteket, míg az NBS-csoport csak ősszel. Azonban nem a kísérletek története, hanem a publikációk számítanak. Ezen a téren a Wu–NBS-csoport és a Garwin–Lederman-csoport egymás mellett haladt, sőt, a Garwin–Lederman-kísérletről a kézirat valamivel hamarabb elkészült, mint a másik. Ráadásul a Garwin–Lederman-kísérlet óriási bizonyossággal mutatta ki a jelenséget. Mindez azt jelenti, hogy szinte lehetetlen lett volna egyetlen kutatót kiemelni a kísérletező fizikusok közül.

A valóságban ez a dilemma fel sem merülhetett az 1957-es Nobel-díj odaítélése szempontjából. Anders Bárány emlékeztetett a Nobel-díjra vonatkozó egyik kevésbé ismert szabályra, amely szerint: „Csak olyan munka vehető figyelembe a Nobel-díj odaítélésénél, amelyet a díjat megelőző években publikáltak. Mivel a kísérleti munkákat 1957 elején publikálták, azokat az 1957-es Nobel-díjnál nem lehetett figyelembe venni, a legkorábban csak az 1958-as díjnál lehetett volna.” Természetesen a Nobel-díj Bizottság várhatott

volna egy évet az elméleti fizikusoknak adott díjjal is, de figyelembe véve a sok, nagyjából egy időben végzett kísérletet és az azokban résztvevő kutatók számát, ez inkább csak nehézségeket okozott volna.

Érdeemes itt megemlíteni azt, amit a kísérletekben résztvevő két kutató mondott a kísérleti fizikusok esetleges Nobel-díjáról. Leon Lederman [8]: „Lee és Yang munkája határozottan megérdemelte a díjat. Ők tették fel a kérdést. Hogyan lehetséges az, hogy a paritás sérül? A paritás egy olyan kényelmes, hasznos dolog volt; fizikusok, kémikusok használták. Mindig működött. A kulcs Lee és Yang munkájához az, hogy képesek voltak felvetni, hogy a természetben létező különböző erők esetleg különböző szimmetriatulajdonságokkal rendelkezhetnek. Ez óriási éleslátás volt.” Valentine Telegdi [9]: „Nem hiszem, hogy bármelyik kísérleti fizikus érdemelt volna Nobel-díjat ebben az esetben. Ha egy kísérletező elvégez egy kísérletet ismert technikákkal, és ráadásul egy olyan kísérletet, amit az elméleti fizikusok javasoltak, mi ebben az érdem? Ez rám és a kollégámra ugyanígy érvényes.”

Van még egy érdekes kérdés, ami az NBS kutatóival való beszélgetéseimben merült fel. Az NBS-ben végzett kísérletre úgy szoktak hivatkozni, hogy „a Wu-kísérlet”. Pedig a kísérlet maga Washingtonban folyt, a National Bureau of Standards laboratóriumában (ma ez a NIST, National Institute of Standards and Technology) és az NBS négy munkatársának döntő része volt abban, hogy a nehéz kísérlet sikerült. A Telegdivel való beszélgetésemben is felmerült ez [10], mint ahogy *Kürti Miklós* és munkatársa tollából a *Nature*-ben megjelent egyik cikkben is [11]. Mindkét esetben hangsúlyozták az alacsony-hőmérsékleti körülmények döntő fontosságát és azt, hogy az NBS-kutatók ebbéli jártassága nélkül nem jutottak volna semmire. Egyébként a két NBS-beli kutató, Ambler és Hudson, Kürti tanítványai voltak az Oxfordi Egyetemen.

Több dolog is közrejátszhatott abban, hogy a kísérlet „a Wu-kísérletként” vált ismertté. Az a tény, hogy a Columbia Egyetem tartott egy sajtótájékoztatót, az, hogy Wu a Columbiához tartozott, és az, hogy ő volt, aki eredetileg javasolta a kísérletet, mindez – még ha a sajtótájékoztatón jelen is voltak az NBS kutatói – a köztudatban a Columbiához és Wuhoz kötötte az eseményt. Ráadásul nem csak a köztudatban. Az egyik NBS-beli résztvevő mesélte, hogy amikor a Yale Egyetemen tartott előadást a kísérletükről, valaki egy ponton közbeszólt: „De hát ez a Columbia-kísérlet!” Mire ő azt válaszolta: „Igen, csak éppen nálunk, az NBS-nél végeztük.”

Ugyancsak fontos lehet a kísérletek ismertsége szempontjából, hogy a Wu–NBS-cikkben Wu szerepel első szerzőként. Ambler azt írta nekem: „Azért javasoltam Wut első szerzőnek, mert megmutatta Lee és Yang cikkét még annak publikálása előtt.” A többiek szerint egyszerűen azért javasolták, hogy Wu legyen az első szerző, mert udvariasak akartak lenni egy hölgygel – annak ellenére, hogy az NBS-nél az volt a szokás, hogy a szerzőket ábécé rendben tüntetik fel.

Wu viszont láthatóan szívesen fogadta, hogy első szerző legyen. Mai szemmel olvasva a cikket különösen feltűnő, hogy sehol nem említik meg, hogy a kísérletre az NBS laboratóriumában került sor! A helyzetet részleteiben nem ismerők, különös tekintettel arra, hogy Wu volt az első szerző, magától értetődőnek tekinthették, hogy a kísérlet a Columbia Egyetemen történt.

Ugyanakkor érdemes tisztázni egy félreértést. Általánosan elfogadott, hogy a béta-bomlásos kísérletet eredetileg Lee és Yang javasolta, hiszen erről valóban írtak cikkükben. Azonban, ahogy fentebb már említettem, még a cikk megírása előtt Lee kikérte Wu véleményét, és e módszer alkalmazására vonatkozó ötlet Wutól származott [12].

*Összefoglalva:* Shien-Chiung Wu rendkívül tehetséges és sikeres fizikus volt. Döntő érdeme van a béta-bomlásos kísérlet felvetésében és megszervezésében, de a többi résztvevőnek is jelentős érdemei vannak. Ami a Nobel-díjat illeti, az 1957-es díj odaítélésénél a kísérletezőket nem lehetett figyelembe venni.

Wu nem szenvedett diszkriminációtól, sem azért, mert nő volt, sem másért. Mi sem bizonyítja ezt jobban, mint az elismerései: ő volt az első nő, aki a Princeton Egyetemen taníthatott; ő volt az első nő, aki a Columbia Egyetemen fizikaprofesszor lett; ő volt az első nő, aki a Princeton Egyetemen díszdoktorságot kapott, ő volt az Amerikai Fizikai Társaság első női elnöke, ő kapta az első fizikai Wolf-díjat Izraelben. Ford elnöktől megkapta a National Medal of Science kitüntetést (a mi Széchenyi-díjunkhoz lehetne hasonlítani). Mindez nem annak a jele, hogy háttérbe szorították volna női mivolta miatt. Sok olyan eset van a tudomány történetében, amelyben tehetséges tudós nők valóban komoly nehézségekkel és sokszor igazságtalansággal találkoztak. Wu története nem ezek közé tartozik.

## Irodalom

1. T. D. Lee, C. N. Yang: Question of Parity Conservation in Weak Interaction. *Phys. Rev.* 104 (1956) 254–258.
2. C. S. Wu: Discovery Story I: One Researcher's Account. in *Adventures in Experimental Physics*. Gamma Volume, Ed. B. Maglich, World Science Education, Princeton, NJ (1973) 101–123.
3. Wu: Discovery Story. p. 117.
4. C. S. Wu, E. Ambler, R. W. Hayward, D. D. Hoppes, R. P. Hudson: Experimental Test of Parity Violation in Beta Decay. *Phys. Rev.* 105 (1957) 1413–1415.
5. R. L. Garwin, L. M. Lederman, M. Weinrich: Observation of the Failure of Conservation of Parity and Charge Conjugation in Meson Decays. *Phys. Rev.* 105 (1957) 1415–1417.
6. J. I. Friedman, V. L. Telegdi: Nuclear Emulsion Evidence for Parity Nonconservation in the Decay Chain  $\pi^+ \rightarrow \mu^+ \rightarrow e^+$ . *Phys. Rev.* 105 (1957) 1681–1682.
7. Anders Bärány, magánközlés, 2012. március 20.
8. M. Hargittai, I. Hargittai: Leon M. Lederman. in *Candid Science IV: Conversations with Famous Physicists*. Imperial College Press (2004) pp. 142–159.
9. M. Hargittai, I. Hargittai: Valentine Telegdi. in *Candid Science IV: Conversations with Famous Physicists*. Imperial College Press (2004) pp. 160–191.
10. Hargittai: Valentine Telegdi. pp. 168–169.
11. N. Kürti, C. Sutton: Parity and Chivalry in Nuclear Physics. *Nature* 385 (1997) 575.
12. Wu: Discovery Story. p. 102.

„Az orosz tudomány nagyon megszenvedte a Szovjetunió összeomlását.”

G. A. Meszjac, a Lebegyev Fizikai Intézet igazgatója, az Orosz Tudományos Akadémia alelnöke, 2009 [1]

A kommunista ideológia osztálymentes társadalmat hirdetett, de jól tudjuk, hogy a Szovjetunióban jelentős társadalmi különbségek voltak. A társadalmi rétegződés ma is szembeütő megnyilvánulása a szovjet temetkezési helyek differenciáltsága. A rangsor gondosan kialakított piramishoz hasonlított. A piramis csúcsát a moszkvai Vörös Téren a Lenin Mauzóleum jelentette, amely 1953 és 1961 között Lenin–Sztálin Mauzóleum volt. A szovjet vezetők következő csoportjának sírjai a mauzóleum és a Kreml fala közötti sávban található, ahol a tizenkét sír mindegyike felett egy-egy mellszobor jelzi az ott nyugvó személyiség fontosságát. Ma *Sztálin* ezek egyike. Sztálin holttestét 1961-ben távolították el a Mauzóleumból és helyezték át ebbe a sírba, de mellszobrának felállítására csak 1970-ben került sor, ami jól érzékelteti azt a dilemmát, amellyel a poszt-sztálini szovjet vezetés küszködött hol inkább elítélve, hol pedig inkább magasztalva a világtörténelem egyik legkegyetlenebb diktátorának tetteit.

2011 júniusában jártam utoljára a Vörös téren és feltűnő volt, hogy a tizenkét szovjet vezető közül csak Sztálinét borították el frissen vágott virágok. A Mauzóleum és a tizenkét sír mögött, a Kreml falában temették el a további legfontosabb szovjet politikusokat és katonai vezetőket, valamint a szovjet és nemzetközi kommunista forradalmárokat. Ide temették *Szergej Koroljov* vezető szovjet rakétakonstruktor és *Igor Kurcsatov* „atomcár”-t is.

A Novogyevicsi temető Moszkva és Oroszország legelőkelőbb temetője. Közvetlen szomszédja a Novogyevicsi kolostor, közel van a Moszkva folyóhoz és Moszkva belvárosához. A szovjet élet kiválóságait temették ide és ezzel folytatták a korábbi orosz hagyományokat. A temetőnek ez a szerepe ma is megvan. A Novogyevicsi temetőben található például *Raisza Gorbacsova* és *Borisz Jecsin* sírja is. A politikai és katonai vezetőkön kívül a Novogyevicsi a nyugvóhelye a szovjet és az orosz kultúra és tudomány színéjének is, íróknak, művészeknek, mérnököknek és tudósoknak. Egy-egy temetői séta alkalmával a látogatót megéri érinteni a tudomány óriásainak szelleme és a temető azt is érzékelteti, hogy milyen fontos szerepet kaptak a tudósok a szovjet társadalom életében.

Sokféle gondolat kergeti egymást egy ilyen séta alkalmával. Való igaz, hogy a tudós-sírokban hatalmas nemzetközi tekintélyek nyugszanak. Ugyanakkor arra is emlékezni kell, hogy a sztálini terror idején, és elsősorban 1937–1938-ban, sok kiváló tudományos kutatót pusztítottak el, akiknek ismeretlen a nyugvóhelyük. Mindez természetesen csökkent a meghatottságot.

Azoknak a tudósoknak a jelentőségét azonban nem kisebbíti, akiknek a sírja a Novogyevicsiben található.

Valamikor a Novogyevicsi temetőt is gondosan elzárták az „illetéktelen” látogatók elől. Amikor az 1964–1965-ös tanévben diplomamunkámon dolgoztam a Moszkvai Állami Egyetemen, meg akartam látogatni a temetőt, mert sokat hallottam róla orosz barátaimtól. A temetőt azonban zárva találtam. Hevenyészett táblácska adta az érdeklődők tudtára, hogy a temető átalakítás miatt ideiglenesen zárva van. Egy későbbi látogatás alkalmával, az 1970-es években, ugyanígy zárva találtam a temetőt, de ekkor már márványtábla közölte ugyanezt az információt. Nem adtam fel, és az 1980-as években bejutottam a temetőbe, de a kapunál a rendőrök elvették a fényképezőgépet és csak távozáskor adták vissza.

Különösen sajnáltam, hogy nem tudtam lefényképezni *Nyikita Hruscsov* síremlékét (1. kép), *Erneszt Nyeizvesztnij* alkotását. A modern síremlék váltakozó fehér és fekete elemei az antiszimmetriára emlékeztettek, ami jól illett Hruscsov életművéhez, amennyiben Sztálin egyik legközvetlenebb munkatársa és bűntársa volt, de ugyanakkor Sztálin halála után fel is tárta a diktátor bűneit. A síremlék külön érdekessége, hogy Hruscsov hatalmának csúcsán volt, amikor ellátogatott egy nagy moszkvai képzőművészeti kiállításra és ott magából kikelve, útszéli módon támadta a modern művészi alkotásokat és alkotóikat. Nyeizvesztnij kiállított művének is megsemmisítő bírálat jutott. A fáma szerint Nyeizvesztnij csak azért vészelt

1. kép. Nyikita Hruscsov sírja (fotó © Hargittai István).





2. kép. Lev Landau sírja (fotó © Larissza Zaszurszkaja).

át a támadást következmények nélkül, mert amikor Hruscsov a kiállított absztrakt szobor alkotójának nevét tudakolta, a válasz az volt, Nyeizvesztnij, ami ismeretlent jelent, noha a művész neve valóban ez volt. Hruscsov halála után családja kifejezetten ragaszkoz-

3. kép. Igor Tamm sírja (fotó © Hargittai István).



dott ahhoz, hogy a síremléket Nyeizvesztnijtől rendeljék meg és a művész örömmel vállalta el a megbízást. Ma is elismert alkotó, New Yorkban él.

Temetői látogatásom estéjén baráti társaságban voltam és elpanaszoltam, hogy nem fényképezhettem le Hruscsov síremlékét. Másnap két borítékban is találtam szállodai szobám ajtaja alatt becsúsztatva kiváló minőségű színes diapozitívokat Hruscsov síremlékéről, máig sem tudom kitől. A síremlék képét szerepeltettem egy következő, szimmetriával foglalkozó dolgozatomban [2].

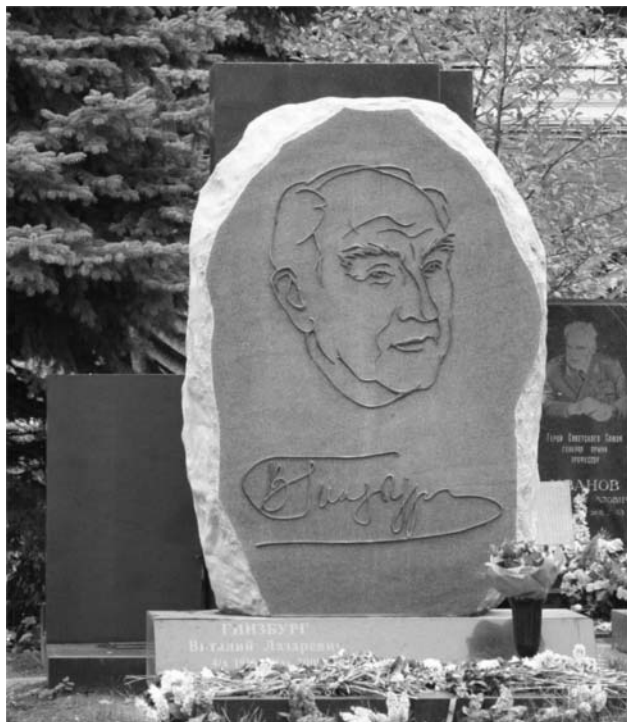
Ebben az írásban a novogyevicsi tudós-síroknak csak egy töredéke szerepel, fizikusok, de közülük is csak példákat mutatok be, amelyekben nagyon különböző egyéniségek és nagyon különböző síremlékek fordulnak elő.

Lev Landau (1908–1968) síremléke (2. kép) a Novogyevicsiben szintén Nyeizvesztnij alkotása. Landau 1962-ben kapott Nobel-díjat a kondenzált fázisra és elsősorban a cseppfolyós hélium viselkedésére vonatkozó úttörő elméletiért. Landau és *Jevgenyij Lifsic* (1915–1985) közös, sok-kötetes elméleti fizikája méltán híres. Lifsic nyugvóhelye az ugyancsak moszkvai Kuncevszkoje temetőben van, amely a Novogyevicsi temető tartozékaként működik. Landau síremléke hagyományosnak tekinthető, pedig személyiségéhez absztraktabb emlékmű is illett volna.

Kicsit fordított a helyzet Igor Tamm (1895–1971) esetében (3. kép). Tamm *Ilja Frankkal* és *Pável Cserenkovval* együtt kapott Nobel-díjat a Cserenkov-effektus elméleti értelmezéséért. Az orosz szakirodalomban egyébként ezt Vavilov–Cserenkov-hatásként ismerik. Tamm szokatlan síremléke *V. Szidur* szobrász alkotása. Tamm egyik híres tanítványa, *Vitalij Ginzburg* vitte el egyszer mesterét Szidur műtermébe. Tammban vegyes érzelmeket keltettek Szidur alkotásai, volt ami tetszett neki, volt ami nem, és volt ami előtt értetlenül állt. Tamm halála után családja Szidurral szeretett volna emlékművet csináltatni, de a hivatalos szervek inkább

4. kép. Pável Cserenkov sírja (fotó © Hargittai István).





5. kép. Vitálj Ginzburg sírja (fotó © Larissza Zaszurszkaja).



6. kép. Nyikoláj Baszov sírja (fotó © Larissza Zaszurszkaja).

hagyományos alkotást akartak állítani. Amikor az elkészült, a merevség hangulatát sugalló szobor annyira távol állt Tamm örökmozgó egyéniségétől, hogy lemondtak róla és hagyták, hogy a család kívánsága teljesüljön. Szidur alkotása lehet, hogy nem felelt volna meg Tamm ízlésének, de nagyszerűen kifejezi a fizikus egyéniségét. Pável Cserenkov (1904–1990) síremléke (4. kép) a kísérleti felfedezést idézi. Vitalij Ginzburgé

(1916–2009) nemesen egyszerű – a néhány vonással kialakított vázlat hűen idézi fel arcát (5. kép). Ginzburg 2003-ban kapott Nobel-díjat a szupravezetés elméletének kidolgozásában elért eredményeiért.

*Nyikolaj Baszov* (1922–2001) és *Alekszandr Prohorov* (1916–2002) az 1964-es fizika Nobel-díj felén osztottak, elsősorban a mézer-lézer elv kidolgozásában elért eredményeikért. A két síremlék (6. és 7. kép)

7. kép. Alekszandr Prohorov sírja (fotó © Larissza Zaszurszkaja).

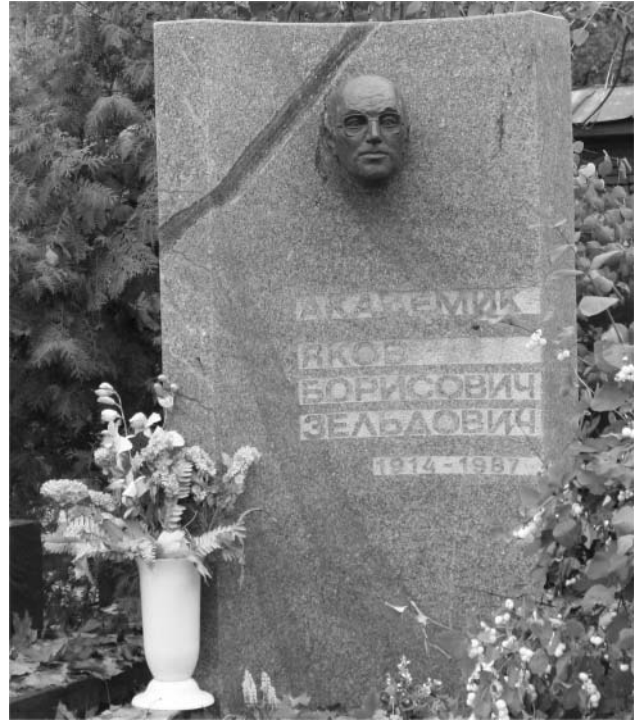
8. kép. Petr Kapica sírja (fotó © Hargittai István).







9. kép. Nyikoláj Szemjonov sírja (fotó © Hargittai István).



10. kép. Jakov Zeldovics sírja (fotó © Larissza Zaszurszkaja).

egymás közelében van, de stílusuk nagyon különböző, mint ahogy a két tudós egyénisége is nagyon különbözött egymástól.

Egyszerűségben valószínűleg *Pjotr Kapica* (1894–1984) síremléke vezet (8. kép). Kapica az alacsony hőmérsékletek fizikájában jeleskedett, de a Nobel-díjat csak 1978-ban, évtizedekkel felfedezései után kapta meg. Arisztokratikus volt és autokratikus; a

bátrak bátraként még Sztálinnal is szembeszállt, amikor arról volt szó, hogy kiváló kutatókat – *Nyikoláj Luzint*, *Vladimir Fokot* és *Lev Landaut* – mentsen meg attól, hogy a terror áldozatai legyenek.

Kapica és *Nyikoláj Szemjonov* (1896–1986, 9. kép) fiatal koruk óta jó barátok voltak. Mindketten *Abram Joffe* tanítványaként lettek fizikusok. Szemjonov ere-

11. kép. Julij Hariton sírja (fotó © Hargittai István).



12. kép. Aleksandr Kitajgorodszkij sírja, a képen a baloldalon alul levő emléktábla vonatkozik rá (fotó © Larissza Zaszurszkaja).



detileg a kémia iránt érdeklődött, és fizikusként a kémiai változásokat szerette volna jobban megérteni. Nobel-díját az *elágazó* láncreakciók felfedezéséért kapta. Ő volt az első, aki szovjet állampolgárként Nobel-díjat kapott. Az általa alapított Kémiai Fizika Intézetben kezdte meg kutatásait a szovjet nukleáris fegyverkezési program két kiváló fizikusa, *Jakov Zeldovics* (1914–1987, 10. kép) és *Julij Hariton* (1904–1996, 11. kép). Idővel Zeldovics visszatért az alapkutatásokhoz és elsősorban a kozmológiában szerzett nagy tekintélyt. Hariton foszfor lumineszcenciájára vonatkozó kísérletei vezették el Szemjonovot az *elágazó* láncreakciók elméletéhez. Hariton később magfizikával foglalkozott, életének befejező negyvenhat évében pedig az első szovjet nukleárisfegyver-laboratóriumot, az Arzamasz-16-ot, vezette.

A rövid bemutatót *Alekszander Kitajgorodszkij* (1914–1985, 12. kép) megemlékezésével zárom. Világ-

szerte elismert kristallográfus volt, fizikusként ő is elsősorban a kémiai ismereteket gyarapította a kristályszerkezetek kialakulásának megértésével. Külföldön jobban értékelték, mint otthon. Akármilyen nagy tudós is volt, novogyevicsi sírhelyét nem saját jogán szerezte, hanem édesapja, a neves üvegmérnök és szilikátkutató, *Iszaak Kitajgorodszkij* révén. Esete azt példázza, hogy ha valaki jogot nyer novogyevicsi temetésre, akkor lehetőség van arra, hogy szűkebb családtagjai is az ő sírhelyébe kerüljenek. Majdnem olyan ez, mint valamikor az örökletes nemesség volt.

#### Irodalom

1. G. A. Mesjats: P. N. Lebedev Physical Institute RAS: past, present, and future. *Physics–Uspekhi* 52 (2009) 1084–1097; az idézet a 1091. oldalról való
2. I. Hargittai: Limits of Perfection. In I. Hargittai, editor, *Symmetry: Unifying Human Understanding*. Pergamon Press, Oxford, UK, (1986) pp. 1–17.

## 150 ÉVE SZÜLETETT LÉNÁRD FÜLÖP

Szabó Tímea, Ungvári Nemzeti Egyetem, Elméleti Fizika Tanszék  
Szabó Árpád, Nyíregyházi Főiskola, Fizika Tanszék

*Lénárd Fülöp* 1862. június 7-én született Pozsonyban, ott is járt iskolába, a magyar nyelvű főreáliskolában tanult. „A pozsonyi főreáliskolában – írta önéletrajzában Lénárd Fülöp – alaposan megtanították a fizikát és a matematikát. Ezek számomra oázisok voltak a többi tantárgy pusztaságában, melyből csak az iskolaigazgató, Samarjay által tanított magyar irodalom volt kivétel, ami a legfontosabbnak tűnt a számomra.” Az iskola mély benyomást hagyott Lénárdban. Többször elmondta, hogy iskolája nemcsak szilárd erkölcsi tartást adott tanítványainak, köztük neki is, hanem jelen-tős örökséget is köszönhet az iskolának, éspedig természetszeretettel, tudományról alkotott felfogást, érdeklődési körét, valamint az irodalom és a történelem hősi mítoszainak ismeretét.

A fizikára *Klatt Virgil*, a kiváló kísérletező fizikatanár tanította, aki a szorgalmas és tehetséges diákra csakhamar felfigyelt. Klatt Virgiltől kapott kedvet Lénárd Fülöp a kísérletezéshez, és az lett a benyomása, hogy a természettel közvetlenül kapcsolatba lehet lépni. A tanár úr többféle módon is segítette. Ő győzte meg Lénárd édesapját is arról, aki borkereskedő volt, és mindig abban reménykedett, hogy üzletét majd fiának adhatja át, hogy az ifjú Lénárd nagyon tehetséges és tudósként is jól megélhet. Ezután az apa már nem ellenezte, hanem megengedte, hogy fia tovább tanulhasson, egyetemi hallgató legyen.

Egyetemi tanulmányait 1880-ban a bécsi Technische Hochschulén kezdte el, és azt remélte, hogy ott csodálatos kísérleteket fog látni. Csalódott, és átíratkozott a budapesti egyetemre, ahol fizikát és kémiát tanult. Budapesten sem érték mélyreható élmények,

kivéve *Than Károly* professzor kémiai előadásait, bár azokról is úgy nyilatkozott, hogy anyagukat tekintve nem kínáltak lényegesen újat. Ezután úgy gondolta, abbahagyja a tanulást és munkába áll. Végül hosszas családi alkudozások után 1883-ban Heidelbergben folytatta a tanulást. Ott matematikát is hallgatott. Hamarosan ledoktorált, bölcsészdoktori oklevelét is Heidelbergben szerezte meg. Ezt követően, 1887-ben fél évet a budapesti Tudományegyetem Fizikai Intézetében, *Eötvös Loránd* környezetében kutatott, de kinevezést nem kapott. Így került Németországba, ahol haláláig oktatott és kutatott.

Az 1887–1889-es években a Heidelbergi Egyetem tanársegédje. Ott kezdte tanulmányozni a folyadékcspek rezgéseit, a bizmut elektromos tulajdonságait és az ultraibolya sugarak elektromos hatásait. Katódsugaras kísérleteit 1890-ben Bonnban, *Heinrich Hertz* laboratóriumában kezdte meg. 1892–1893-ban Hertz asszisztense volt. (Lénárdot leginkább Hertz-tanítványnak tartják.) 1894-ben a Breslauer Egyetem, 1895-ben az aacheni Műszaki Egyetem magántanára. 1896-ban visszatért Heidelbergbe és 1898-ig volt az Elméleti Fizika Tanszék tanszékvezető professzora. 1898-tól 1907-ig a Kieli Egyetem Kísérleti Fizikai Tanszékének tanszékvezető professzora és a Fizika Intézet igazgatója. 1907-től 1931-ig ismét a Heidelbergi Egyetem professzora és 1909-től egyidejűleg a Radiológiai Intézet igazgatója. Ezeket a megbízásokat nyugdíjba vonulásáig ellátta.

Lénárd Fülöp nemcsak egyetemi éve alatt, de később is gyakran visszajárt Pozsonyba és nagyra becsült tanárával, Klatt Virgillel kísérletezett. Tanulmányozták például a „tisza foszfor” készítését. Közös

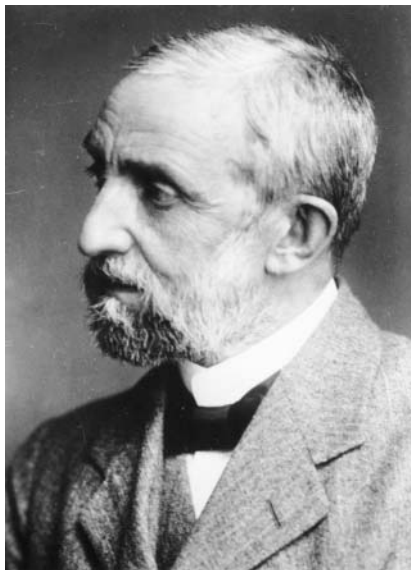
munkájuk eredményeit 1889-ben az *Annalen der Physik* folyóiratban és 1904-ben a *Magyar Tudományos Akadémia Értesítőjében* közölték. Minden bizonnyal tanárának, Klatt Virgilnek módszeres kísérletei keltették fel Lénárd Fülöp érdeklődését a katódsugarak iránt is.

A katódsugarakat *Julius Plücker* német fizikus már 1858-ban felfedezte, és bár több tudós, köztük a neves angol *William Crookes* is részletesen tanulmányozta, azonban természetüket mindaddig nem sikerült megnyugtatóan tisztázni. Az angolok például úgy vélték, hogy a katódsugár korpuszkuláris felépítésű, míg a német tudósok többsége folytonosnak, hullámszerűnek képzelte. Hertz kérésére Lénárd Fülöp az 1890-es évek második felében a katódsugárzás természetének kiderítésére intenzív kutatásba kezdett, főként a katódsugarak abszorpcióját és ionizáló hatását vizsgálta. Lénárd vérbeli kísérleti fizikusnak bizonyult. A katódsugarak vizsgálatához a kiváló minőségű segédelektrodos katódsugárcsőveit maga tervezte és elkészítésükben is részt vett. Ő a vákuumcsövet azon a részén, ahol a katódsugár a csőnek ütközött átfúrta, és a lyukra (ablakra) egy aranyműveléssel lehetőleg kalapáltatott alumíniumfóliát helyezett. Az az elképzelése, hogy az „ablakon” keresztül a katódsugár kihozható a levegőre, beigazolódott.

Ugyanis az ablakon (a Lénárd-ablakon, ahogy később elnevezték) a katódsugarakat képező nagy sebességű részecskék akadály nélkül kiléptek a levegőre. Kísérlete során az is kiderült, hogy a fólia egyes atomjai között szabad térnek kell lennie. Ugyanakkor, ha a katódsugárzás részecskékből áll, azoknak sokkal kisebbeknek kell lenniük minden egyes addig ismert atomnál. 1892-ben már azt is feltételezte, hogy az atom nagyobb része „üres”. A részecskék anyagon való áthaladásának magyarázatára pedig megalkotta az úgynevezett dinamida-elméletet, amely szerint az atom belsejének csak egy kis része átjárhatatlan. (*Rutherford* szórás kísérleteinél is fontos szerepet játszott ez a felfogás.) Ezzel viszont merőben új lehetőséget nyitott a katódsugarak további tanulmányozásához. Ezen elmélet ismerete segítette hozzá *J. J. Thomson*t az elektron felfedezéséhez. Egyértelmű az is, hogy Lénárd Fülöp a katódsugarak tanulmányozása során feltárt eredményeivel sokban hozzájárult a kvantumelmélet bizonyításához, bár ő a kvantum- és a relativitáselméletet nem ismerte el.

A katódsugarakkal kapcsolatos munkásságáért és a katódsugaras vizsgálatokra alapozott atommodelljéért 1905-ben neki ítéltek a fizikai Nobel-díjat. 1901 és 1905 között minden évben javasolták a díjra. Lénárd Fülöp Nobel-előadásában sértődöttségének is hangot adott. Talán érthető, pszichológiailag ugyanis nehéz volt feldolgoznia, hogy hiába ismerték el ragyogó kísérleteit,

kísérleteinek mondanivalóit, az X-sugárzás felfedezését Röntgennek, az elektron felfedezését pedig *J. J. Thomson*nak tulajdonították, neki pedig szerinte csak „egyszerű” Nobel-díjat adtak. Lénárd Fülöp Nobel-előadásában így fejezte ki magát: „Ő nem azok közé tartozik, akik a gyümölcsöt leszedik, hanem azok közé, akik a fát elültetik és gondozzák.” Lénárd Fülöpöt talán vigasztalhatta volna, hogy azok az évek a nagy felfedezések éveit tartja számon a fizika aranyéveiként. Ugyanis 1895-ben Röntgen felfedezte a róla elnevezett sugárzást, 1896-ban *Becquerel* a természetes radioaktivitást, 1897-ben *J. J. Thomson* az elektront és 1898-ban a *Curie*-házaspár a rádiumot és a polóniumot. És ő ebben a módfelett tekintélyes mezőnyben kapott fizikai Nobel-díjat. Ő az első magyar Nobel-díjas, még ha két évvel később állampolgárságát németre cserélte is. Magyaroként ő kapta elsőnek azt a díjat, amely kimagaslik az összes cím, kitüntetés, tudományos fokozat és titulus közül.



Lénárd Fülöp 1942 táján.

Talán nem is jogtalanul volt sértődött. Mivel egyik kísérlete során maga Lénárd Fülöp kísérletképpen a cső ablakára ráhelyezett egy darabka földalkáli-foszfort, és ez a kilépő sugarak hatására világítani kezdett. 1894-ben Röntgen is kért Lénárdtól Lénárd-ablakos csövet. Lénárd Fülöp *Wilhelm Röntgen* kérését teljesítette. Így lett a Lénárd-ablakos katódsugárcsőnek fontos szerepe a röntgensugár felfedezésében. Azután ez okozta a röntgensugár felfedezése körüli prioritási vitájukat. Lénárd Fülöp észlelte ugyanis először a lumineszkáló hatást, és szerinte az, hogy a láthatatlan sugárzás nemcsak a fémfólián, hanem az emberi testen is áthatol, nem tekinthető új felfedezésnek. A tudományos közvélemény, de egyes tudományos intézetek is hasonlóképpen vélekedtek, ugyanis 1896-ban a bécsi, a párizsi, a londoni Akadémiák Lénárd és Röntgen között megosztva ítélték oda díjakat. Az 1901-ben kiosztott fizikai Nobel-díjra a Nobel-bizottság is egyhangúan a Lénárd-Röntgen-kettőt jelölte, de a Svéd Tudományos Akadémia másképp döntött, és a díjat egyedül *Wilhelm Conrad Röntgen* kapta meg.

Lénárd Fülöp kutatásainak másik fontos területe a fényelektromos jelenség kísérleti vizsgálatával van kapcsolatban. A fotoeffektust tanára, *Heinrich Hertz* fedezte fel. Hertz ösztönzésére Lénárd 1899-ben figyelt meg először fényelektromos hatást, és hamarosan azt is megállapította, hogy a jelenség összefügg a katódsugarakkal. 1902-ben a fényelektromos jelenségek vizsgálatakor Lénárd arra a meglepő következtetésre jutott, hogy ha valamilyen alkáli fémet fénnel világítunk meg, akkor elektronok lépnek ki belőle, s a keletkező elektronok energiája nem a fény intenzitásától függ, mint ahogyan azt a klasszikus fizika, a

gyan azt a klasszikus fizika, a klasszikus hullámelmélet alapján várható lett volna, hanem a fény rezgésszámától (frekvenciájától), a kilépő elektronok száma viszont csakis a fény erősségétől függ. A fényelektromos hatásra adott magyarázatát ma is elfogadják.

Tudományos munkássága során, amely több mint fél évszázados, közel száz dolgozatot és több könyvet írt. Életében az elismerések sem maradtak el. Tudományos érdemeit egyetemek és akadémiák ismerték el. A Magyar Tudományos Akadémia 1897-ben megválasztotta levelező tagjának, 1907-ben pedig tagjának. 1907-től 1945-ig volt az Akadémia tiszteletbeli tagja. 1909-ben lett a Porosz Tudományos Akadémia tagja. Több díj nyertese, köztük: 1896-ban a bécsi Akadémia Baumgarten-díjjal jutalmazta, elnyerte a londoni Royal Society Rumford-díját és a párizsi Akadémia La Caze-díjban részesítette. 1897-ben, a Magyar Tudományos Akadémia taggá választásakor, még minden bizonnyal magyar állampolgár volt, ugyanis ez a tagság csakis a magyar tudósokat illeti meg. Azt, hogy élt benne a magyar kulturális kötődés, bizonyítja egyike, 1911-ben írt levele, amelyben ez olvasható: „Feleségem születésnapom alkalmával Mikszáth – Egy választás Magyarországon – című könyvével eredetiben örvendeztetett meg.” Nem véletlenül kapott feleségétől is magyar vonatkozású születésnap ajándékot, ugyanis önvallomásában, önéletrajzában olvashatjuk: „Sokkal később is szívesen olvasom újra a magyar költőket saját nyelvükön: Kölcsy, Vörösmarty, Petőfi mellett főleg Jókait.”

Magyar vonatkozású és részben magyar nyelvű levelezései 1884-től 1911-ig jól nyomon követhetők. E levelekből egyértelműen kiderül a magyar tudósokkal fenntartott jó kapcsolata. Személyes kapcsolatban állt

Eötvös Loránddal, *Zemplén Győző*vel, *Fröhlich Izidor*ral és másokkal, Eötvös Lorándot 1914-ben Nobel-díjra is javasolta. Magyarországon nemcsak az Akadémia, hanem az egyetemek is számon tartották, számoltak vele. Például, a kolozsvári Ferenc József Tudományegyetem 1902-ben, *Farkas Gyula* tanszékvezető professzor javaslatára, tanszékvezetői egyetemi tanári állást ajánlott fel neki. Még 1914-ben is kapott magyarországi javaslatot: az oktatási miniszter maga kérte fel, hogy az új Pozsonyi Egyetem katedráját, fizikaprofesszori állását fogadja el. Ő azonban nem élt a lehetőséggel. Az is egyértelmű, hogy nagy örökséget vitt magával szülőföldjéről, de elvitathatatlan az is, hogy magyarságának, a magyarországi, a hazai tudományos szemléletnek meghatározó, nagy jelentősége volt németországi tudományos tevékenységére is.

A húszas évektől sajnálatos, de egyre inkább torzultak politikai nézetei, és másik német Nobel-díjas fizikussal, *Johannes Stark*kal, a náci ideológia, a *Deutsche Physik* mozgalom elszánt támogatói, vezéralakjai lettek. Közismert tény, hogy Lénárd Fülöp nyilvánosan is becsmérelte a „zsidó” tudományt, *Einstein* relativitáselméletével egyetemben. Ebben valószínűleg az is közrejátszott, hogy Einstein a Nobel-díjat a fényelektromos hatás magyarázatáért kapta meg, holott magát a jelenséget Lénárd fedezte fel. Lénárd Fülöp úgy képzelte el, mivel a jelenséget ő fedezte fel, megosztott Nobel-díjban neki is részesülnie kellett volna. Lénárd Fülöp politikai nézeteinek megítélése a történelem feladata, azonban kétségtelen, hogy a tudomány területén, a tudomány számára jelentőset és maradandót alkotott.

1947. május 20-án, 85 éves korában, egy Berlin melletti faluban, Messelhausenben halt meg.

## VÉLEMÉNYEK

# SZÜKSÉGÜNK VAN ATOMENERGIÁRA!

Magyarország 2010. évi bruttó villamosenergia-termelése közel 37 400 GWh volt, amelynek mintegy 42%-át termelte meg a paksi atomerőmű (PAE) [1]. Mint az ismeretes, 2012-től a blokkok üzemidejét várhatóan 20 évvel meghosszabbítják, így a 2030-as évek derekáig a jelenleg 2000 MW teljesítményű, stabil alaperőműnek számító atomerőmű várhatóan továbbra is a villamosenergia-termelés 35–40%-át fogja adni.

Tekintsünk azonban az ennél távolabbi időszakra! Magyarország jelenlegi energiaparkjának átlagéletkora 22 év. Ez annyit tesz, hogy az elkövetkező másfél évtizedben folyamatosan törekedni kell a meglévő erőművek korszerűsítésére/lecserélésére, új erőművek építésére. Ennek folyamán számos környezet- és klímavédelmi, gazdasági, ellátásbiztonsági szempon-

toknak, valamint európai uniós elvárásnak kell (nagyon helyesen) megfelelni. Ilyen többek között a széndioxid-kibocsátás csökkentése, az energiahatékonyság és a megújuló energiaforrások (víz-, szél-, napenergia és biomassa) 20%-os részarányának elérése Európában (ez utóbbi Magyarországra nézve 13%-os részarányt jelent) [2].

A fent említett célkitűzések mellett országunk számára létérdek olyan alaperőművek üzemeltetése, amelyek kiegyensúlyozott, stabil módon biztosítanak villamos energiát elérhető áron, továbbá mérséklék az ország energiainport-kitettségét. Az atomenergia megfelel ezeknek a követelményeknek: jól bevált villamosenergia-előállítási módszer, amely nagy mennyiségű energia felszabadítását teszi lehetővé kis he-

lyen, hiszen a folyamat motorját adó atommaghasadás során milliószor akkora energia keletkezik, mint a kémiai reakciók esetén!

A 2011 márciusában történt japán természeti katasztrófában a fukusimai atomerőmű is megsérült, és ennek hatására a társadalom atomenergiába vetett bizalma több országban megingott. Európa néhány országában politikai döntés született a reaktorflotta leállításáról (Németország, Svájc) vagy az építeni kívánt blokkok elvetéséről (Olaszország). Ezeket a döntéseket nehéz lenne műszaki okokkal magyarázni. Ugyanakkor több gazdasági nagyhatalom jelentette ki, hogy továbbra is „számol az atommal” (Oroszország, Kína, India, USA). Lengyelország és Törökország is fenntartja korábbi terveit az atomenergia bevezetésére vonatkozóan, a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség pedig több mint 40 új jelentkező országot tart számon a fejlődő világból, amelyek szintén atomenergiával próbálják enyhíteni gyorsan növekvő gazdaságuk energiaéhségét. A németországi politikai döntés kilenc hónap alatt 360 millió eurós bevételt eredményezett Franciaországnak [6] az elektromos áram exportjából, ráadásul a februári nagy hidegben a németek atomerőmű(vek) újraindítását is fontolgatták [7].

Országunkban is napirenden van a paksi atomerőmű bővítése, ami tulajdonképpen a meglévő beépített teljesítmény lecserélését jelenti még korszerűbb, harmadik generációs blokk(ok)ra, a jelenleg üzemelő blokkok (meghosszabbított) üzemidejének vége felé. Ez a lépés társadalmi egyeztetést, a lehetséges típusok felmérését, előzetes hatás- és környezeti tanulmányokat igényel, hogy azután az egy vagy két új blokk a 21. századi Magyarország villamosenergia-ellátásának jelentős részét biztosítsa biztonságosan, kiszámíthatóan, fenntartható, gazdaságos módon az első kapa-vágástól az utolsó konténer radioaktív hulladék biztonságos elhelyezéséig. Annak érdekében, hogy az ország a 2030-as évek elején zökkenőmentesen, jelentős energiahiány fellépése nélkül tudja a jelenlegi blokkokat újjakkal pótolni, a bővítés előkészítésének folyamatát minél előbb, minél hatékonyabban és gazdaságosabban be kell indítani.

Mivel számos szervezet Fukusima és annak európai visszhangja nyomán kétségbe vonja az előző bekezdésben leírtakat, kiöregedőnek titulálja a nukleáris technikát, gazdaságilag megalapozatlannak látja annak jövőjét, és szentül hiszi, hogy pusztán megújuló forrásokkal meg lehet oldani az ország energiaellátását, néhány elgondolkodtató adatra és tényre szeretnénk felhívni a figyelmet.

Már említettük, az atomreaktorban keletkezik az energia a legnagyobb sűrűségben a jelenleg alkalmazható energiatermelési módok közül. Emiatt kis mennyiségű üzemanyagból nagyon sok energia állítható elő. Ennek több következménye is van. Az egyik következmény az, hogy az atomenergia árában az üzemanyag ára csak kis hányadot képvisel. A fűtőelem árának növekedése csak a növekedés ötödével növeli meg az atomenergiával előállított villamos energia árát. Így például az urán árának megkétszereződése –

azaz 100%-os árnövekedés – esetén a termelt áram ára mindössze 20%-kal emelkedne [2]. Az üzemanyag mennyiségének kicsiny volta további előnnyel is jár: könnyen halmozható fel és tárolható készlet belőle hosszú időre, akár sok évre előre. Ez nemcsak az üzemanyagár változásának hatását tudja csillapítani, de az üzemanyaggal való ellátás biztonságát is jelenti. Nincs más energiatermelési mód, amelynek forrását több évre előre tárolni és biztosítani lehetne.

2011-ben a paksi atomerőmű több mint 15 685 GWh áramot termelt [1], 2009 óta mind a négy blokkjának villamos teljesítménye 500 MW. Alaperőműként a jelenlegi paksi blokkok egyik vitathatatlan előnye a magas rendelkezésre állásuk. Teljesítmény-kihasználásuk azzal ér fel, mintha az év 327 napján (az idő körülbelül 90%-ban) maximális teljesítménnyel termelnének áramot. Vajon képes lenne erre egy avuló erőmű úgy, hogy közben a villamos teljesítményét 440 MW-ról fokozatosan 500 MW-ra növelik? Biztosan nem! A jelenlegi paksi atomerőmű esetében tehát még mindig modern, megbízható technikáról beszélünk, ami a folyamatos korszerűsítéseknek, a biztonságjavító intézkedéseknek és átalakításoknak köszönhető.

Azt az atomenergia ellenzői sem vitatják, hogy az atomerőművekben termelt villamos energia ára a legtöbb esetben versenyképes a fosszilis és megújuló energiaforrásokkal. E tény érvényes Magyarországra is: jelenleg a paksi atomerőmű állítja elő legolcsóbban a villamosenergiát. Az új paksi blokkok ellenzőinek egyik fő érve, hogy atomerőművi blokkok létesítése nagyon nagy beruházási igényű. Ezért a következőkben összehasonlítjuk, hogy mennyibe kerülne egy éves szinten ugyanannyi villamos energia megtermelésére képes nap- vagy szélenergiapark létesítése.

## A nap- és szélenergia kapacitások létesítésének ára

A napenergia a napsütéses órák számától, pontosabban a beérkező napsugárzás teljesítményétől függ, amely egyrészt a napszakok, másrészt az évszakok változását követi. Hazánkban az első naperőmű-parkot Újszilváson építették (1. ábra), amely 2011-ben lépett üzembe, és éves villamosenergia-termelése 0,63 GWh [4]. Ilyen naperőműből 24 900 darabra lenne szükség a paksi blokkok által évente termelt villamos

1. ábra. Az újszilvási naperőmű-park (fotó: Kovács Tamás).



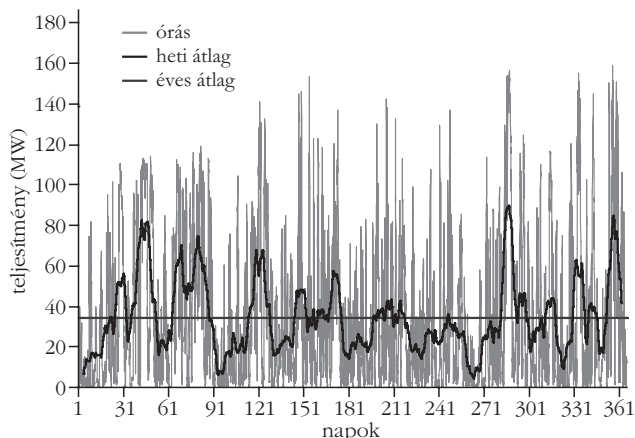
energia kiváltására. Az újszilvási projekt bruttó 618 millió Ft-ba került [4, 8]. Ugyanilyen árak mellett Paks kiváltása horribilis összeg lenne: 15 388 milliárd Ft. A mosonszolnoki szélerőmű-park évenként átlagosan 52 GWh villamos energiát termel. A park létesítése 9 milliárd forintba került 2007 és 2011 között [5]. Paks kiváltásához közel 300 ilyen parkot kellene üzembe helyezni, amelynek ára 2700–3000 milliárd Ft-ra rúgna. Ez körülbelül ugyanabban az ártartományban mozog, mint a két új paksi blokk.

## A nap- és szélenergia időjárásfüggő

Egy atomerőmű *alaperőműként* szinte folyamatosan termel villamos energiát, a nap- és szélerőművek jelentősen ki vannak téve az időjárás és a napszakok változásának. Az újszilvási naperőmű maximális teljesítménye 400 kW, azaz az éves 0,63 GWh energiát 66 nap folyamatos üzem mellett tudná megtermelni. Másképpen megfogalmazva ez olyan, mintha az idő 18%-ban maximális teljesítményen működne, az idő 82%-ban pedig állna. A mosonszolnoki szélerőmű-park beépített összes teljesítménye 24 MW. Az évente megtermelt 52 GWh energiát tehát kevesebb, mint 91 napos maximális teljesítményen való üzemidő során tudná megtermelni, azaz az éves kihasználtsága alig 25%. A 2. ábra a szélerőművek villamosenergia-termelési adatait mutatja a 2009-es évben órás, heti és éves átlagkihasználtság alapján. Az ábra tanulsága nem a teljesítmény nagyságában, hanem annak szélsőséges alakulásában érhető tetten. A szélviszonyok óránkénti változása egyszer jelentős többletet termel, máskor hiány lép fel. Ha ez az ingadozás a hazai termelés viszonylag kis százalékát érinti csak, akkor azt a villamosenergia-rendszer el tudja viselni. Azonban, ha ilyen ingadozások a termelési kapacitás 40%-ban lépnének fel, ez súlyos gondokat – akár a rendszer időnkénti összeomlását is – okozná.

Abban az esetben, ha a nap- és szélerőművek nagy arányban lennének jelen a hazai villamosenergia-termelésben, az erősen ingadozó teljesítmény kiegyenlí-

3. ábra. Atomerőmű-építés Indiában.



2. ábra. Szélerőművek villamosenergia-termelése 2009-ben [3].

tésére további beruházások, például okos hálózat (smart grid) kialakítása, és/vagy energiatároló kapacitások – például szivattyús-vízározós erőművek – létesítésére lenne szükség. Nyilvánvaló, hogy ilyen járulékos kapacitások létesítése a korábbiakban említett beruházási költségeket további komoly összegekkel növelné, és a tározós erőművek környezetterhelő hatását is figyelembe kellene még venni.

Végeredményben hazánk villamosenergia-termelése 40%-nak kiváltásához sokkal drágább lenne nap- és/vagy szélerőműveket (és járulékos létesítményeket) építeni, mint két új paksi blokkot.

A Magyar Nukleáris Társaság fontosnak tartja az atomenergiához hasonló, üzem közben üvegházhatású gázok kibocsátásával nem járó energiaforrások, így a szél- és naperőmű-parkok telepítését és a jelenlegi kapacitások ésszerű mértékig történő bővítését is, ám nem tartja megalapozottnak azt az állítást, miszerint ezekkel az atomenergia alkalmazása kiváltható lenne. Véleményünk szerint a világon (zömében Ázsiában) jelenleg épülő 63 nukleáris reaktor (3. ábra) és számos európai és észak-amerikai reaktorpark bővítése igazolja a nukleáris technikába világszerte vetett hitet. Az igazi kérdés tehát nem a nukleáris reneszánsz vagy német romantika közötti választás, hanem az, hogy elvetve az érzelmi megközelítést, reálisan, érvekre alapozva el tudjuk-e fogadni azt, hogy szükségünk van atomenergiára.

A Magyar Nukleáris Társaság elnöksége

## Irodalom

1. [http://www.npp.hu/sajtokozlomeny\\_20120130](http://www.npp.hu/sajtokozlomeny_20120130)
2. Bacskó Mihály: Az MVM csoport stratégiája az európai és magyar energiapolitikai elvárásokra tekintettel [http://www.kezunkbena.govonk.hu/images/userimages/userfiles/Energia/eloadasok/7\\_Bacsko\\_Mihaly\\_MVM.pdf](http://www.kezunkbena.govonk.hu/images/userimages/userfiles/Energia/eloadasok/7_Bacsko_Mihaly_MVM.pdf)
3. Szélerőművek kihasználtsága Magyarországon [http://www.mavir.hu/c/document\\_library/get\\_file?uuid=153d2d78-1c6f-4d54-858e-5bc46f56c352&groupId=10258](http://www.mavir.hu/c/document_library/get_file?uuid=153d2d78-1c6f-4d54-858e-5bc46f56c352&groupId=10258)
4. Újszilvási naperőmű: <http://www.pestmegye.hu/hirek/elkeszult-ujszilvas>
5. Mosonszolnoki szélerőmű-park: [http://zoldtech.hu/cikkek/2007\\_0125mosonszolnok](http://zoldtech.hu/cikkek/2007_0125mosonszolnok)
6. MTI, [http://www.mfor.hu/cikkek/Jol\\_jartak\\_a\\_franciak\\_a\\_nemet\\_atomstoppal.html](http://www.mfor.hu/cikkek/Jol_jartak_a_franciak_a_nemet_atomstoppal.html)
7. [http://hvg.hu/vilag/20120209\\_nemetorszag\\_atomeromu\\_ujra\\_inditas](http://hvg.hu/vilag/20120209_nemetorszag_atomeromu_ujra_inditas)
8. <http://www.alternativenergia.hu/ime-az-orszag-legnagyobb-naperomuve/41042>

# ELKÉPESZTŐ KÍSÉRLETEK ÉS ELMÉLETEK A FIZIKÁBAN

## Válasz Patkós András *Neutrínó-áltudomány* című véleményére

A *Fizikai Szemle* 2012. májusi számában hosszabb cikket közöltünk [1] az OPERA-kísérlet hibásnak bizonyult felfedezése kapcsán, amelyben – túl a kísérlet történetén és értelmezési próbálkozásain – arról igyekeztünk meggyőzni az olvasót, hogy egy ilyen hibás kísérlet is hasznos lehet a fizika fejlődésére. *Patkós András* elvállalta a cikk bírálatát, és elismerve a leírás pontos voltát, vitába szállt [2] következtetésünkkel. Fő érve az, hogy az OPERA-kísérlet látszólagos megfigyelése, hogy a CERN-ből a Rómától délre fekvő Gran Sasso föld alatti laboratóriumba küldött müon-neutrínók a vákuumbeli fénysebességnél gyorsabban érkeztek meg, annyira ellentmondott mindenféle addigi megfigyelésnek és elméletnek, hogy a szerzőknek eleve hibásnak kellett volna tekinteniük és nem szabadott volna nyilvánosságra hozniuk. Úgy érzem, ez remek alkalom arra, hogy új életet leheljünk a *Fizikai Szemle* VÉLEMÉNYEK rovatába, mert messzemenően nem értek egyet Patkós András álláspontjával. A fizika történetében rengeteg a példa elképesztő, az addigi világképek ellentmondó kísérleti és elméleti eredményre, amelyek később igaznak bizonyultak.

### *Michelson és Morley kísérlete*

Az egyik legismertebb ilyen kísérlet a Michelson–Morley-kísérlet, amely szerint a fény sebessége minden inerciarendszerben azonos, és amely utána alapot adott *Einstein* paradoxonokkal telítettnek látszó speciális relativitáselméletének. Michelson és Morley eredetileg az éterszelet próbálták megmérni, azaz a Föld mozgásának hatását a fény terjedésére az elektromágnesség hordozójának tekintett éterhez, mint abszolút vonatkoztatási rendszerhez képest. Michelson első, 1881-es mérése, amint azt akkor többen is kimutatták, hibás volt. 1887-ben sikerült azután a két fizikusnak az igazi kísérletet elvégezniük, amely még pozitív eredményt adott az éterszélre, de jóval kisebbet, mint a számított. Ebből később vonták le azt a konklúziót, hogy az eredmény hibahatáron belül zérus, és a fény sebessége minden rendszerben azonos. Ez az eredmény akkor szögesen ellentmondott az általánosan elfogadott elméleteknek, és csak akkor fogadták el, amikor más kísérletek is megerősítették. A mérések értelmezésére megszületett a ma Lorentz-kontrakciónak nevezett elmélet, amely szerint az éterhez képesti mozgás megrövidíti a távolságot és az időt, az étert ezért nem lehet kimutatni. A Lorentz-kontrakció megmagyarázta ugyan az akkori kísérleteket, de hibás elmélet volt. *Einstein* nem a kísérlettől indítva, hanem az elektromágnesség Maxwell-elmélete alapján fejlesztette ki elméletét, immár elvetve az étert.

### Paritássértés

Az összes kísérlet és elmélet messzemenően alátámasztotta a paritásmegmaradás általános érvényét. A *Lee* és *Yang* szerzőpárosnak azonban szöveget ütött a fejébe a tau-théta paradoxon: két részecske azonos tulajdonságokkal, csak a bomlásuk ad ellentétes paritású termékeket. Erre felállítottak egy vad hipotézist és azt kísérletileg többen is ellenőrizték. Az eredmény megrázta a világot: kiderült, hogy az atommagok bomlását vezérlő gyenge kölcsönhatás annyira sérti a paritásmegmaradást, amennyire csak lehetséges: a balra (mozgásiránnyal ellenkező irányban) polarizált részecskéket és jobbra polarizált antirészecskéket kedveli. A Nobel-díjas *Wolfgang Pauli* erre azt mondta: „Nem tudom elhinni, hogy Isten balkezes!” A gyenge kölcsönhatás egyébként a töltés és paritás egyidejű tükrözésével szembeni szimmetriát is sérti, annak a felfedezéséért azonnal, a magyarázatáért évtizedekkel később is adtak Nobel-díjat.

### Higgs-bozon

*Peter Higgs* 1964-ben publikálta híres cikkét a spontán szimmetriasértésről és a Higgs-bozonról. Évtizedekkel később, egy konferencián mesélte el: évekig csak azért hívták előadni, hogy kinevessék az elméletét, hiszen bevezetett egy olyan, valamilyen értelemben tulajdonságok nélküli részecskét, amely nem illett bele sem az elméleti, sem a kísérleti eredményekbe. Azt írja: „igazából csak 1972-ben kezdődött az életem, mint bozon”. Mivel a részecskefizika Standard modelljében feltétlenül szükség van rá, nagyon reméljük, hogy idén sikerül megfigyelnünk a CERN Nagy Hadronütköztetőjénél.

### Neutrínók

A neutrínók története tele van paradoxonokkal. Létezésüket eleve azért vetette fel *Pauli*, hogy megőrizze az energiamegmaradást a béta-bomlásokban, kimutatni csak évtizedekkel később sikerült. Utána egymás után jöttek a neutrínóhiányok. A Napból – fényerejéből számítottnál – sokkal kevesebb neutrínó jött és ezt minden kísérlet megerősítette. Még arra is gondoltak, hogy belül esetleg már kihűlt a Nap, a neutrínók ugyanis fénysebességgel kirepülnek a magreakciók után, de a hőnek évezredek kellene, amíg kiverekszi magát a Nap felszínére. A légkörbe ütköző kozmikus protonok kétszer annyi müon-neutrínót keltenek, mint elektron-neutrínót, de valahogy a Föld felszínére hasonló számban érkeznek. Természetesen ezeket a

furcsa megfigyeléseket kísérletileg sokszorosan ellenőrizték, de csaknem 50 évbe telt, amíg a látszólag ellentmondásos megfigyeléseket a neutrínóoszilláció segítségével megnyugtatóan sikerült értelmezni. Mág rejtélyes a Los Alamos-i LSND-kísérlet eredménye: egy negyedik, leptonpárba nem tartozó neutrínó kell megmagyarázásához, nem is hiszi el a tudományos közvélemény, amíg más kísérlet meg nem erősíti, de az már évtizedek óta várta magára.

## Ősrobbanás

A Világegyetem tágulása kijön Einstein általános relativitáselméletéből, de azt Einstein nem fogadta el. Amikor *George Lemaître* szembesítette vele, Einstein azt mondta: „Az Ön matematikája precíz, de a fizikája förtelmes!” Három évvel később, 1931-ben Lemaître publikálta az Ősrobbanás elméletét, amely szerint a Világegyetem egy pontban, a semmiből keletkezett, létrehozva magának az energiát, a teret és az időt. Einstein állítólag Lemaître előadása után felállt és tapsolva azt mondta, hogy ez a legszebb teremtmésem, amelyet életében hallott. Ebben persze nyilván segített, hogy Lemaître katolikus pap volt, aki mindig reverenciában járt. Az Ősrobbanást csak 1964-ben, a kozmikus háttérsugárzás felfedezése után fogadták el. 1949-ben *Fred Hoyle*, a neves csillagász és sci-fi-író egy rádió-előadásban gúnyosan Big Bang (Nagy Bumm) elméletnek nevezte és rajtaragadt az angol név.

## A FIZIKA TANÍTÁSA

## MASAT AZ ANKÉTON

Ki ne szeretett volna gyermekkorában űrhajós lenni – eljutni a Holdra, esetleg másik bolygóra –, meghódítani a világűr? Felnőtt fejjel tudva a hosszú és fárasztó kiképzésekről, valamint a szervezetet érő megterhelésekről – legyen az a gyorsulás vagy éppen a súlytalanság hatása – mindez meggondolandó.

A súlytalanságot már régóta kutatják a tudósok: csontritkulást, izomsorvadást okozhat, meggyorsíthatja a szív- és érrendszeri betegségek kialakulását azoknál, akik hosszabb időt töltenek a világűrben. Védkezni pedig csak több órás, rendszeres testmozgással lehet ellene. Emellett bizonyítottan csökkenti a koncentrációképességet és növeli a reakcióidőt is. A súlytalansággal azonban más probléma is van, ami az egyensúlyért felelős érzékszerv és a látószerv által közvetített információk ellentmondásaiból adódhat. Súlytalanságban csak látjuk, de nem érzékeljük a mozgást. Itt válik nagyon fontossá a tájékozódás

## Konklúzió

A fenti példákkal csak azt akartam illusztrálni, hogy voltak a fizika történetében elképesztő, az addigi elméleteknek merőben ellentmondó kísérletek és elméletek, amelyek később igaznak bizonyultak. Nem vitatom, hogy sokkal, de sokkal több olyan volt, amely nem bizonyult igaznak, de szerintem nem szabad eleve hibásnak tekintenünk és elvetnünk egy új fizikai megfigyelést, csak azért, mert ellentmond az addigiaknak. Abban sem értek egyet, hogy nem szabadott volna a tudományos közösség elé tárni az OPERA-kollaboráció ellentmondásos megfigyelését. Először is a kutatók is emberek, ha 200 kutató ilyen elképesztő dolgot tapasztal, akkor biztosan akad, aki másoknak elmondja. Állítólag *Benjamin Franklin* mondta, hogy „hárman akkor tudnak titkot tartani, ha kettő közülük halott”. A OPERA eredménye is jócskán kiszivárgott a CERN-előadás előtt. Ráadásul a Gran Sasso laboratórium többi kísérlete az OPERA-eredmény nyilvánosságra hozatala után látott neki az ellenőrzésnek, és ketten is azt találták, hogy az OPERA időmérése hibás.

*Horváth Dezső*

## Irodalom

1. Horváth Dezső, Nagy Sándor, Nándori István, Trócsányi Zoltán: A fénynél gyorsabb neutrínók tündöklése és bukása. *Fizikai Szemle* 62/5 (2012) 145–152.
2. Patkós András: Neutrínó-áltudomány – vélemény. *Fizikai Szemle* 62/5 (2012) 152–153.

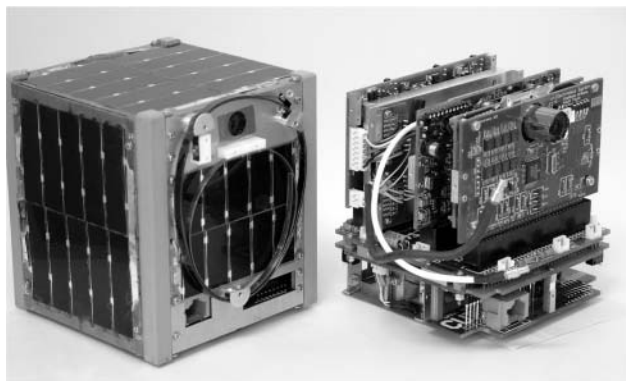
Láng Róbert

Lóczy Lajos Középiskola, Balatonfüred

problémája. Gyakran a Földön sem könnyű tájékozódunk, hát még a világűrben, esetleg hatalmas távolságok leküzdése közben és után. Itt a minimális eltérések is végzetessé válhatnak.

Az 55. Országos Fizikatanári Ankét nyitóelőadása rögtön az űrbe repítette a hallgatóságot. *Farkas Bertalan* űrhajós 1980-as, *Charles Simonyi* űrturista kétszeri útja, valamint a Pille dózismérő után újra sikerült a világűrbe juttatni valami magyart. Az első meglepetés akkor érte a nézőket, amikor megpillantották az első magyar műhold, a kis „maszat” méretarányos makettjét. (Itt is látható a tapasztalás fontossága, mert nem elég olvasni a témákról, látni is kell a tárgyakat!) Egy 1 dm<sup>3</sup>-es, azaz mindössze 10 cm-es oldalhosszúságú kockáról van szó, aminek antennája egy damillal leszorított fém mérőszalag darabja. Maga az egész szerkezet még 1 kg sincs, de ez előírás is volt a készítőknél. A feljuttatás költsége így is körülbelül 20-30 millió Ft.





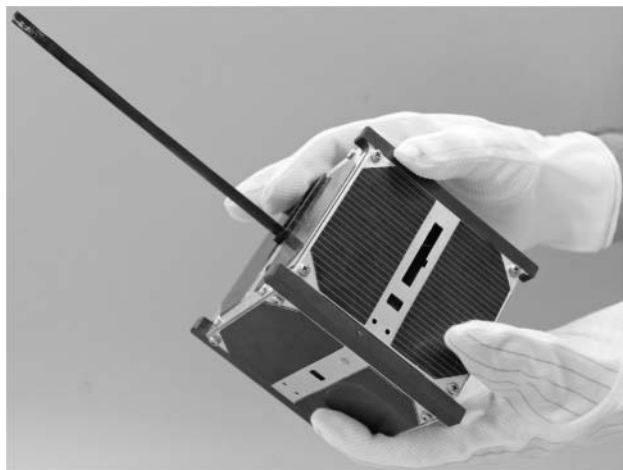
Egy cubesat és belseje.

A CubeSat-programot a California Polytechnic State University és a San Luis Obispo and Stanford University's Space Systems Development Lab hirdette meg. A cél, hogy a bekapcsolódó egyetemek  $10 \times 10 \times 10$  cm méretű, legfeljebb 1 kg tömegű, működő műholdat készítsenek. A program sikerét jelzi, hogy már 60-nál több helyen folyik műholdak építése.

De mi haszna van ennek – merülhet fel bennünk a kérdés. A program legfontosabb célja az, hogy a tervezés teljes mértékben (saját tervezésű eszközök + saját szoftver), a gyártás pedig majdnem teljesen az adott egyetemen, kutató intézetben történjen. Ez bizonyítja, hogy mind a tervezők, mind a gyártók alkalmasak nagyobb léptékű, nemzetközi programokban való részvételre. Magyarország csatlakozott az Európai Űrügynökséghez (ESA), aminek keretei között már tapasztalattal rendelkező, képzett mérnökök vehetnek részt a programokban. 2007 szeptemberében a BME egy hallgatókból és doktoranduszokból álló csoportja elhatározta, hogy megtervez és megépít egy CubeSat műholdat. Ehhez a csoporthoz tartozik *Czifra Dávid* és *Dudás Levente*, akiknek előadásából értesülhettek az érdeklődők az Országos Fizikatanári Anketon a Masattal kapcsolatos tudnivalókról.

A műhold elkészítése nem volt egyszerű. Az 1 kg-os tömegkorlátozás szem előtt tartásával,  $1 \text{ dm}^3$ -es térfogatba kellett belezsúfolni az energiaellátó, a kommunikációs és stabilizáló rendszereket, valamint

A Masat-1 fejlesztői



A Masat-1

a fedélzeti számítógépet. Mindezt úgy, hogy a működés szempontjából kritikus részeket a nagyobb megbízhatóság érdekében megduplázták. Arra is figyelni kellett, hogy a műhold tömegközéppontja a kocka geometriai középpontjától nem lehet 2 cm-nél távolabb, és az oldallemezeken túl 6,5 mm-nél messzebb nem nyúlhat semmi.

A műhold energiaforrását a kocka hat oldalán elhelyezett napelemek alkotják. Itt meg kellett oldani azt a problémát, hogy a nem megvilágított, vagy az esetlegesen meghibásodott ág felé az áram vissza ne folyhasson. Az is gond volt, hogy a műholdpálya árnyékos szakaszán napenergia hiányában más energiaforrásra is szükség van. Ezt egy egycellás Li-ion akkumulátorral oldották meg. A teljes fogyasztás nem haladja meg az 1 W-ot.

A kommunikációs rendszerben található a rádiófrekvenciás adó, ami a rádióamatőr frekvenciasávban (435–438 MHz) sugározza a Masat-1 HA5MASAT hívójelet minden adás elején megismételve. A hívójelet és a főbb fedélzeti paramétereket Morze-kódban is sugározza a műhold.

A pályastabilizációban a damillal leszorított antena, a fém mérőszalag is szerepet kapott. Pályára állás után a damil megolvastásával pattant ki (égetni oxigén hiányában nem lehetett), majd a Föld mágneses terét követve szabályozta a műhold mozgását. Ennek megoldására két elektromágnezt és egy állandó mágnezt használtak a készítők, valamint a kilengések csökkentésére különleges hiszterézisű anyagok is helyet kaptak a műholdon.

Az utolsó pillanatban a műholdon még elhelyeztek egy VGA-kamerát is, aminek feladata meteorológiai minőségű fotók készítése a Földről.

Ezeket a mintegy 2-3000 alkatrészt tartalmazó elemeket fogja egybe és védi a repülőgép-ipari alumíniumból készí-

tett váz. Az űrben is elégséges és megfelelő védelem biztosításához különböző tesztekre volt szükség. Ennek megfelelően a kockát rázás-, termelés és vákuumtesztnak vetették alá, majd röntgen- és felületi érdesség-vizsgálattal hajszálrepedések után kutattak. A rázástesztre azért volt szükség, mert a kockának ki kellett bírnia a feljutás okozta „megrázkódást”.

A Masat-1 a tervezés fázisában még egy töréstesztet is túlélt, amikor egy hidrogénnel töltött meteorológiai léggömbhöz erősítve 35 km magasságig jutott. Itt a léggömb kidurrant, a kocka pedig a léggömb darabjait fékezőernyőként használva jutott vissza a földre.

Az űrbe való feljutást az ESA új fejlesztése, a 30 m magas, 3 m átmérőjű Vega hordozórakéta végezte, elnevezését az északi félteke második legfényesebb csillagáról kapta. A rakéta három szilárd és egy folyékony hajtóanyagú fokozattal rendelkezik. A negyedik fokozat többször indítható – ötször lehet be- és kapcsolni –, ez teszi lehetővé, hogy a rakomány egyes darabjait más-más pályákra juttassa. A kilövés magyar idő szerint 2012. február 13-án 11 órakor történt az európai űrközpontból, a Francia Guyanán található Kourouból. Az űrkikötő 5 fokkal helyezkedik el az Egyenlítőtől északra, így a Föld kerületi sebessége jól kihasználható a kilövés során. A Masat-1 több társával együtt került a rakétára, felette a franciák, alatta a lengyelek műholdja kapott helyet. Egy másik rekeszbe a spanyolok, az olaszok és a románok műholdja került.

A fellövés után 71 perccel 1450 km magasságban az első magyar műhold pályára állt. A sikeres pályára állás után körülbelül 5 órával a Masat-1 Magyarország fölé ért és sikerült vele kommunikálni. Magyarországról erre csupán napi 20-25 percnyi idő van.

A Masat-1 rádióadója a 437,345 MHz-es (70 cm-es) amatőr sávon működik, így a pálya ismeretében a rádióamatőrök is vehetik a telemetriai adatokat a cubesat.bme.hu oldalról letölthető dekódoló szoftver segítségével, és vissza is küldhetik a vett adatokat a készítőknél. Így lehetőség nyílik arra, hogy arról az időszakról is legyenek adatok, amikor a műhold nem látszik a Műegyetem földi állomásáról. A pályára állás után nem sokkal már be is jelentkeztek az első észlelők.

A készítők nem hagyják abba a munkát. A tervek szerint 2012 végén megkezdődik a Masat-2 tervezése. Ennek mérete már 10×10×30 cm lesz.

Az űrtechnológiában nagy lehetőségek vannak. Gondoljunk a GPS-re, a meteorológiára, távérzékelés segíti a térképészeket, lehetőség nyílik erőforrás-kutásra az űrből. És persze ott a távközlés lehetősége



A Vega hordozórakéta és a kilövés fázisai.

(Internet, tv stb.). Ebbe az irányba tettünk most egy kis lépést mi magyarok is.

A cubesat.bme.hu oldalon naprakész hírek és további érdekességek várják az érdeklődőket.

Ezen előadás élményéért is köszönet illeti a 2012. április 27. és 30. között Győrben megrendezett 55. Országos Fizikatanári Ankét szervezőit és támogatóit. Hangsúlyos ez a köszönet ma, amikor már csak az adókat nem adóztatták meg (és remélem ezzel nem adtam új ötletet), naponta hallani oktatástól elvont pénzekekről, több évtizedes hagyományokkal rendelkező és sikerrel lebonyolított versenyek megszüntetéséről (figyelmen kívül hagyva az évek óta erre készülő diákokat). Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat immár 55. alkalommal volt képes megszervezni és zökkenőmentesen lebonyolítani színvonalas rendezvényét. Igaz, az utóbbi években már összevonva a korábban külön megtartott általános iskolai és középiskolai ankétot, de ez talán nem baj.

A Nemzeti Bank által kibocsátott emlékérem.



Nincs teljes közmegegyezés arról, hogy a Nemzeti alaptantervnek mit is kell tartalmaznia – egyfajta műveltségi minimumot, vagy inkább az ideális esetben átadandó tudást kell felvázolnia –, de abban mindenki egyetért, hogy rögzítenie kell azokat az értékeket, amelyeket egy adott tantárgy, tantárgycsoport, műveltségi terület tanításakor szem előtt kell tartani. A február elején vitára bocsátott NAT-tervezet természettudományos oktatást taglaló része tulajdonképpen azért okozott meglepetést és váltott ki annyi vitát, mert az általa közvetített természettudománykép lényegesen eltér a tanárok és kutatók körében általánosan elfogadottól, és a természettudományos tárgyak egy eddig még soha meg nem vitatott, el nem fogadott keretben jelennek meg benne. Ez komoly ellenvetéseket és kritikákat váltott ki (többek között [1–3]).

Én ugyan nem vagyok tanár és a tanárképzésben sem veszek részt, de megkértek, hogy fizikus szemmel nézzem át, fizikus fejjel gondoljam végig az ott leírtakat. Ehhez kapcsolódóan sok beszélgetésben és vitában vettem részt, amelyek során számos olyan gondolatot kellett megfogalmazni, amelyeket eddig a szakmában mindenki által elfogadottnak hittem, pedig – amint a NAT példája is mutatja – nem azok. A vita lezárult anélkül, hogy a legfontosabb kérdésekben egyetértés alakult volna ki. Ennek ellenére vagy éppen ezért úgy érzem, nem felesleges ezeket a gondolatokat rögzíteni. Alapvetően nem a NAT újabb kritikája a célom, de mivel az alábbiak a NAT-tal kapcsolatban fogalmazódtak meg, az érthetőség kedvéért elkerülhetetlenek bizonyos utalások és kritikai megjegyzések.

## Az oktatás célja: műveltség és egyetemi felkészülés

Nemrégiben *Bognár Gergely Fizikatanítás, de mi végre* című cikkében [4] számos nagyszerű érvet sorakoztatott fel a fizikatanítás szükségességére és hasznos volta mellett. Teljes mértékben egyetértek az ott összefoglaltakkal, ugyanakkor nagyon szomorúnak tartom, hogy emellett ma érvelni kell. A 21. században, abban a tudományos-technikai robbanásban, amiben élünk, nem lehetne kérdés, hogy a természettudományok világában való eligazodás képessége érték, aminek bizonyos szinten az általános műveltségben is meg kell jelennie. Az én felfogásomban a műveltség olyan készségek, képességek és ismeretek együttese, amelyeket az ember nem közvetlenül használ, mégis kellenek ahhoz, hogy otthonosan érezzük magunkat abban a világban, amelyben élünk, hogy nagyobb esélyünk legyen a tartalmas és az emberhez valóban méltó életre (mert amit ma a fogyasztói társadalom kínál, azt nem nevezném an-

nak). Én úgy látom, a gimnázium alapvetően erről szól. Különbözik miért tanítjuk a gyerekeknek az ókori birodalmak történetét, ha úgysem lesznek történészek, vagy miért kellett (volna) *Zalatnai Cininek* is megtanulni a másodfokú egyenlet megoldó képletét? (Emlékeztetőül: ő énekelte, hogy „Jaj, a matek miért oly nehéz nekem...”) A fizika esetében sem kis tudósok képzése a cél, de az elvárható, hogy mindenkinek – ha nem is válik vérévé az  $F = m \cdot a$  – legyen valami fogalma arról, hogy a fizika hogyan működik, hogy az nem mese – posztmodern szóhasználatnál élve nem egy a lehetséges narratívák közül –, hanem a tapasztalatok sűrűmánya, építeni lehet rá. Erre mindenkinek szüksége van, a médiamunkásnak ugyanúgy, mint a humán értelmiséginek vagy akár a politikusnak. Ugyanakkor a gimnáziumokban a felsőoktatásban való részvétel feltételét képező alaptudásnak is megszerezhetőnek kell lenni, hiszen nonszensz egy olyan oktatási rendszer, amelyben a közép- és a felsőfokú oktatás között olyan rés van, amelyet csak külön kiegészítő eszközök segítségével lehet áthidalni. (Ez körülbelül kijelöli, mit tekintünk műveltségnek.) A gyakorlatban ez azt jelenti, hogy a reál tantervű oktatásnak elégséges alapot kell nyújtania a természettudományos, illetve a műszaki felsőoktatáshoz, ugyanakkor a humán tanterv sem lehet teljesen egyoldalú, hiszen valamilyen szintű átjárhatóságnak lennie kell, és a későn ébredő természettudományos érdeklődést sem szabad figyelmen kívül hagyni.

## Diszciplináris szerkezet és integrált szemlélet

2008-ban az Országos Köznevelési Tanács (OKNT) több mint ezer tanár részvételével felmérést készített a természettudományos tárgyak oktatásának helyzetéről, és javaslatokat dolgoztatott ki ennek javítására. Az erről készült beszámoló határozottan kiállt a természettudományos tárgyak diszciplináris szerkezetben történő oktatása mellett [5]. Ezzel azonban az integrált természetismeret tantárgy kérdése nem került le a napirendről. Bár az elutasító állásfoglalás után *expressis verbis* senki nem vállalja, mégis komoly erők működnek és hatnak ebbe az irányba. A NAT a szavak szintjén támogatja a diszciplináris oktatást, de a három tárgy teljesen azonos, tulajdonképpen egyik tárgy logikájához sem igazodó mesterséges szerkezetben való bemutatásával valójában az integrált természetismeret tárgyat rázolja fel.

Annak idején, amikor ez a kérdés először(?) felmerült, *Marx György* azzal érvelt, hogy a természet egységes, a fizika, kémia és biológia felosztás csak a mi fejünkben létezik. Ez igaz is, de az sem véletlen, hogy éppen ilyen tudományterületek alakultak ki. Az anyag szerveződésének különböző szintjein meg-

jelenő újabb és újabb tulajdonságok, jelenségek és jelenségcsoportok leírása és megértése szükségszerűen más-más típusú szemléletvilágot, gondolkodásmódot és kísérleti megközelítést igényel. Ebből következően nem egyszerűen az ismeretanyag, hanem annak a belső logikája, egymásra épülő fogalom- és összefüggésrendszere tesz különbséget az egyes tárgyak között. Tulajdonképpen ezek megértése után lehet érdemben rámutatni az egyes tárgyak csatlakozásaira és egymásrautaltságára, az ilyen tudásra építve lehet megtárgyalni a mindennapokban megjelenő, gyakran több tudományterülethez kapcsolódó, ma fontosnak gondolt problémákat. A fordított út nem járható, a hasonlóságokból, átfedésekből, kölcsönös összefüggésekből kiindulva nem lehet megalapozott tudást felépíteni. Meggyőződésem, hogy a 2008-as jelentés sem erre a fordított útra, hanem a „természetes” összefüggésekre utalt, amikor a diszciplináris szerkezet mellett hangsúlyozta az integrált szemlélet fontosságát is.

## A fizika üzenete

Szerintem minden tárgynak megvan a maga sajátos „üzenete”, aminek nem szabad elvesznie. A fizikáé a szemléletében van, abban a megközelítésben, ahogy a konkrét jelenségeket kezeli. Ennek alapja az, hogy a természet legalapvetőbb összefüggései kvantitatív módon tárgyalhatók: a jelenségekben érvényesülő törvények megfigyelések és kísérletek útján felismerhetők és a matematika nyelvén megfogalmazhatók. A fizika törvényei közvetlenül mérhető, vagy mérések alapján kiszámítható mennyiségek között matematikai összefüggéseket adnak meg [6]. Itt mind a két momentum, a megfigyelés és a matematika szerepe is nagyon fontos: a fizikában nem azért igaz valami, mert egy törvényből le tudom vezetni (ahogy a matematikában az axiómák következményei igazak), hanem a törvény azért tekinthető igaznak, mert a belőle levezethető állítások egybevágóan a tapasztalattal. Tehát fizikát tanítani akár demonstrációs kísérletek, akár számolási gyakorlatok nélkül elképzelhetetlen: mind a (tervezett, célirányos) megfigyelés és mérés, mind a tapasztalatok kvantitatív megjelenítése és kezelése a fizika lényegi vonása. (Sajnálatos, hogy a NAT-ban egyik vonás sem kap kellő hangsúlyt, az utóbbi szinte teljesen elsikkad.) Mint minden tantárgy üzenete, a fizikáé is túlmutat önmagán, mert nagyon fontos tudni azt is, hogy nem minden tárgyalható a fizika módján: például a láz vagy a vérnyomás mérhető, de az egészség nem, vagy a gazdaságtan is számszerűsíthető fogalmakkal operál, törvényszerűségei mégsem adhatók meg zárt matematikai alakban.

Itt kell megjegyezni, hogy az egész technikai civilizációnk azért lehetséges, mert a fizika és a kémia olyan amilyen: a tapasztalatok sűrűmánya a matematika nyelvén megfogalmazva. Ez adja prediktív erejét, ami a tervezés és a technikai fejlődés alapja.

## Törvények, modellek, elméletek

Ma igen elterjedt a fizika modellszemléletét, a fizikusi gondolkodásban a modellalkotás képességét kiemelni, pedig ennek túlhangsúlyozása, ahogy az a NAT-ban is történik, hamis tudományképhez vezet. A „modell” szó – a hétköznapi jelentésén kívül – „a jelenség lényegét nem torzító közelítő leírás”-tól az „átmenetileg hasznos, de bizonyosan nem igaz magyarázó elv”-ig sok mindent jelenthet. A természettudományos megismerés folyamatában a modelleknek és az elméleteknek megvan a maguk helye, de a megismerés célja mégiscsak a természetben érvényesülő törvények felismerése. Ez gyakran hosszú, soklépcsős folyamat, de idővel az elképzelések letisztulnak, és már nem kell módosítani őket. Különösen jól látszik ez a fizikában: a klasszikus területeket leíró törvényeket több száz év tapasztalata igazolja, az újabb felfedezések pedig nem érvénytelenítik ezeket, hanem a hatósugarukat tisztázzák (ahogy például sem a relativitáselmélet, sem a kvantummechanika nem lépnek a newtoni klasszikus mechanika helyére, de tudjuk, hogy nagy sebességek esetén, illetve az atomi méretek skáláján ezeket kell alkalmazni). Ehelyett a természettudományok egészét, mint egymást váltó modellek és elméletek együttesét bemutatni egyértelműen torzítás, olyan kép erőltetése, ami igaz lehet a kutatás frontjain, de nem igaz a már letisztult tudásterületeken.

A törvény, elmélet és modell fogalmak használatára nincs egyértelmű szabály, a kialakult szóhasználat pedig nem teljesen következetes, az azonban világos, hogy ezek a fogalmak nem helyettesíthetik egymást. Más megítélés alá esik valami, ami törvény, és más gondolunk arról, ami csak elmélet vagy modell. Éppen ezért modelleket emlegetni ott is, ahol törvényekről vagy törvények rendszeréről van szó, indokolatlanul ronthatja a tudomány megítélését, alááshatja a helyes és kipróbált eredményekkel szembeni bizalmat is. (Érthetetlen, de a NAT fizika része tudatosan kerül a törvény szót, ilyen szóösszetételek, mint például Newton-törvény, gravitációs törvény, indukciós törvény stb. nem is fordulnak elő benne.)

## A helyes tudománykép fontossága

A helyes tudománykép nem öncél, hanem több tekintetben maga is hasznos tudás. Számos dolog megítélésében csak erre számíthatunk. Ide tartoznak azok a kérdések, hogy mit (milyen jellegű eredményeket) várhatunk el egy tudománytól, tudományos-e valami, ami annak igyekszik látszani, vajon nem áltudomány-e, amit el akarnak adni nekünk. A tudományfilozófusok általában megegyeznek abban, hogy nincs olyan szabályrendszer, amivel az „igazi” és áltudományokat tévedhetetlenül meg lehetne különböztetni, ugyanakkor egy adott tudományban jártasabbak elég jól felismerik az áltudományos próbálkozásokat. Ennek az alapja a helyes tudománykép, amit csak fokról fokra, az alapoktól kezdve lehet kialakítani.

A fizikusokon nagy a nyomás, hogy akár a legmodernebb kutatások célját és eredményeit, vagy a legújabb kütyük működését is közérthetően el kell tudni magyarázni. Miért kellene? Az ilyen elvárások sokszor teljesíthetetlenek, illetve csak hamis egyszerűsítések árán teljesíthetők, ezért nem szabadna őket jogos elvárásként elfogadni. Tudomásul kell venni, hogy a modern fizika nem szemléletes, komoly erőfeszítéseket igényel, és ennek megfelelően kell hozzáállni [7]. Ezzel összefüggésben megjegyzendő, hogy az a korábban felmerült, és a NAT-tal is kompatibilis javaslat, miszerint egyfajta elbeszélő, a modern dolgokra összpontosító, profin rendezett oktató filmekkel illusztrált anyagot kell tanítani, roppant veszélyes. Munka és igazi megértés nélkül adja a megértés illúzióját. Hogy csak egy veszélyt említsek: a mindenféle áltudományos kóklerkedések is éppen így működnek. Ugyanakkor egyáltalán nem biztos, hogy egy ilyen, a kvantitatív megértés helyett elbeszélő „pszeudo” fizika tantárgy hasznosabb vagy szerethetőbb lenne, mint a hagyományos.

## Posztmodern veszélyek

A NAT-ban megjelenő, az egységesítést erőltető természettudomány-kép nem a véletlen műve, tudatos ideológia tükröződik benne. Erről jó képet ad az Oktatáskutató és Fejlesztő Intézet által 2011-ben kiadott *Átmenet a tantárgyak között (A természettudományos oktatás megújításának lehetőségei)* című tanulmánykötet [8], amely a NAT ideológiai háttérének tekinthető, s amelynek szerzői közül többen részt vettek a NAT szerkesztésében is. Itt csak egy mondatot idézek a bevezetőből: „A »humán« és »reál« tudományok megkülönböztetése lassan értelmét veszti, mert a vizsgálódás alanyát (az embert) és tárgyát (például a »természetet«) elválasztó descartes-i szemlélet helyébe (vagy a mellé) a kettő kölcsönös egymást értelmező egysége lépett.” Ebben az amúgy szépnek tűnő, de nehezen értelmezhető mondatban több probléma is van. Például nehezen vehető komolyan, hogy a természet objektív törvényeit fürkésző fizika vagy kémia, és mondjuk az irodalom közötti különbség eltűnik. Pedig a posztmodern felfogás szerint ez így van, sőt, radikális képviselői szerint „nincs világosan megfogalmazható különbség mítoszok és tudományos elméletek között. A tudomány egyike az emberek kialakította számtalan életformának, és nem is föltétlenül a legjobb. Hangos, pimasz, drága és föltűnősködő” [9]. Ez a posztmodern szemlélet, ha nem is ilyen élesen, de egyértelműen megjelenik [8] előszavában, és implicit formái

a NAT-ban is tetten érhetők. Ilyenek például az egyes tárgyak sajátosságainak elfedése, a hamis tudományképben tükröződő leértékelés, vagy éppen az, ahogy a természettudományok középpontjába is – a természet helyett – az embert csempészi. Ezek finom formában ugyan, de a természettudományok alapvető értékeit kérdőjelezik meg, ezért talán nem szorul bővebb magyarázatra, miért veszélyes a posztmodern ilyenét beszívargása a természettudományos oktatásba.

## Összefoglalás helyett

A felsorolt gondolatok egyértelműen a hagyományos tudománykép és oktatásszerkezet mellett szólnak, de ez nem véletlen, hiszen a NAT erősen avantgárd felfogásával szemben fogalmazódtak meg. Ugyanakkor az is világos, hogy a természettudományok, ezen belül a fizika oktatása a katasztrofális elutasítottság elkerülése végett megújításra szorul. Az új NAT-ot mintha ettől a katasztrófától való félelem szülte volna, de ahelyett, hogy a hagyományos értékeket megőrizve talált volna új megoldásokat, teljesen új, ki nem próbált, nem ellenőrzött elképzelésével másféle veszélyek, nevezetesen az alapértékek elvesztése előtt nyitja meg az utat.

Reményeim szerint a fenti összeállítás segíthet annak átgondolásában, hogy a fizikaoktatásban mi az, ami minden megújítási kísérlet mellett is fontos, azaz melyek azok az értékek, amelyeknek a szabályozás alsóbb szintjein (kerettantervek, helyi tantervek) mindenképpen meg kell jelenniük.

## Irodalom

1. Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat Elnökségének véleménye a készülő NAT 2012 dokumentumról. *Fizikai Szemle* 62/4 (2012) 129–130; [http://www.kfki.hu/elft/NAT\\_velemenye\\_ELFT\\_korr.doc](http://www.kfki.hu/elft/NAT_velemenye_ELFT_korr.doc)
2. NAT petíció <http://www.ipetitions.com/petition/nat>
3. Az ELTE TTK Oktatásmódszertani Centrumának véleménye a Nemzeti alaptanterv (NAT) tervezetről.
4. Bognár Gergely: Fizikatanítás, de mi végre. *Fizikai Szemle* 62/2 (2012) 55–57.
5. Javaslatok a természettudományos közoktatás magyarországi helyzetének javítására, Az OKNT-bizottság jelentése II. [http://www.phy.lme.hu/~termtud/OKNT\\_javaslatok\\_egysegesszoveg.pdf](http://www.phy.lme.hu/~termtud/OKNT_javaslatok_egysegesszoveg.pdf)
6. Richard P. Feynman: *A fizikai törvények jellege*. Akkord Kiadó, Budapest, 2005.
7. Károlyházi Frigyes: Az öcskös felesége. *Fizikai Szemle* 57/11 (2007) 367–373; <http://www.kfki.hu/fszemle/archivum/fsz0711/karolyhazi0711.html>
8. Bánkuti Zsuzsa, Csorba F. László (szerk.): *Átmenet a tantárgyak között (A természettudományos oktatás megújításának lehetőségei)*. Oktatáskutató és Fejlesztő Intézet, Budapest, 2011. <http://tamop311.ofi.hu/kiadvanyok/konyvek/atmenet-tantargyak>
9. Paul Feyerabend: *A módszer ellen*. Atlantisz, Budapest, 2002. (11. o.)

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

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

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

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

Nyomdai előkészítés: Kármán Stúdió, 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 egyszámlán.

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

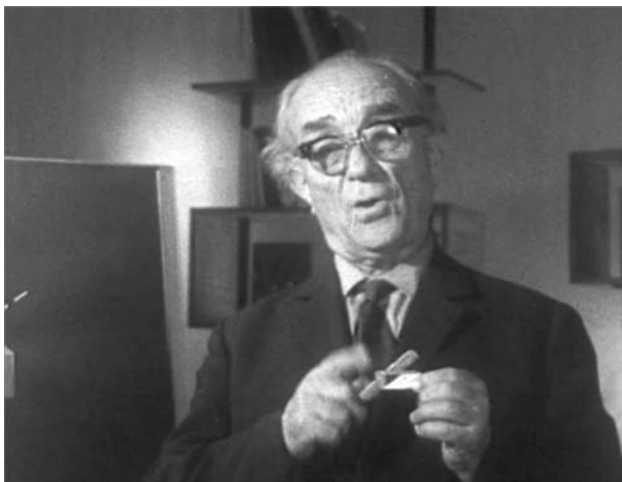
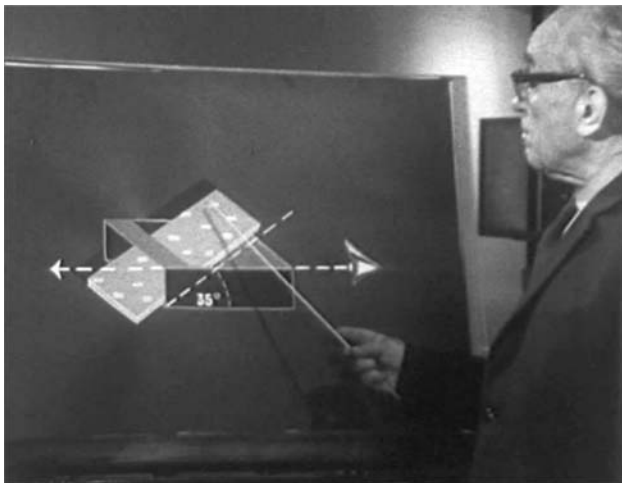
**HU ISSN 0015–3257** (nyomtatott) és **HU ISSN 1588–0540** (online)

## 10. Polarizációs jelenségek

A legendás fizikatanár, *Öveges József* idejében a fény polarizálhatóságát bemutató eszköz otthoni, házilagos megépítése és a vele való kísérletezés egy egész délutánt betöltő foglalatosság volt, a legkitartóbbak közül is csak a legügyesebb kezűeknek adatott meg a sarkított, poláros fényben való gyönyörködés. A polarizátor és az analizátor elkészítéséhez két gyufásdobozra és pár mikroszkóp-tárgylemezre volt szükség. Az elkészült eszköz polarizáló képessége, így az általa nyújtott élmény meg sem közelítette a „gyári” polarizáló szűrőké.

Azóta nagyot változott a világ, nemcsak színes lett a televízió, de a megjelenítők működési elve is megváltozott. LCD (folyadékkristályos) képernyőink síkban poláros fényt bocsátanak ki. Így az egyik eszközünk – a polarizátor – megépítését megúszhatjuk. Ám ha jól körülnézünk, akkor hamarosan rájöhethetünk, hogy a másik eszköz – az analizátor – megépítését is elkerülhetjük. Ugyanis ma már az olcsó, alsó kategóriás napszemüvegek között is találhatunk olyant, amelynek lencséje poláros fényt állít elő. A térhatású mozi egyik

Öveges professzor a tv-ben.

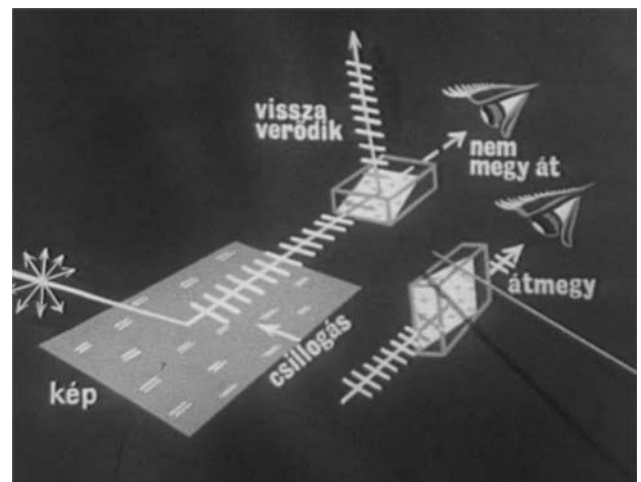


lehetséges megvalósítási módja, hogy polarizált fény segítségével vetítenek a két szem számára eltérő képet – ehhez speciális vetítőre és szemüvegre van szükség. A 3D mozik speciális szemüvegei ugyanis a legtöbb esetben hazavihetők (a szerző 200 Ft leszurkolása után legálisan szemüveg-tulajdonos lett). Ha körülnézünk a fotós táskában, ott is találhatunk polárszűrőt. Így jelen cikkünkben kimarad az elkészítés menete és a szükséges anyagok fejezet.

### A polarizáló szűrők

A napszemüvegekben két azonos helyzetű, síkban poláros szűrőt találhatunk. A polarizáció síkját úgy állítják be, hogy a vízszintes felületről visszaverődő sugarakat gyengítse. A régebbi 3D-s mozikban, ahol poláros fény segítségével állították elő a térbeli élményt, két egymásra merőleges, síkban poláros szűrőt építettek a vetítőbe és a szemüvegekbe is. E megoldás egyik fő hibája, kényelmetlensége az volt, hogy csak függőlegesen tartott fejjel adott jól élvezhető képet. Ha ferdén tartjuk a fejünket, a két szemünk eltérő intenzitású fényt kap. Ennek kiküszöbölésére cirkulárisan poláros fényt használnak – az egyik szem számára jobbra, míg a másik szem számára balra forgót. Ennél a megoldásnál összetett „lencse” alkalmazása szükséges. A lencse szemünktől távolabb eső oldalán lévő réteg a cirkulárisan poláros fényből síkban poláros fényt állít elő, a jobbra forgó és a balra forgó poláros fény egymásra merőleges síkú, síkban poláros fényé alakul. A lencse másik, a szemhez közelebbi oldalán lévő síkban poláros rétegtől függ, hogy látjuk vagy nem látjuk az érkező fényt. Így a két szem más képet lát, kialakulhat a térbeli hatás. A fotós táskában egyaránt találhatunk síkban polarizáló és cirkulárisan polarizáló szűrőt. Ez az oldalán található feliratból derül ki. Az itt talált szűrők metatesen csatlakoztathatók az optikához, és körbe forgathatóak, a fényképezés igényei szerint.

Polarizáltság magyarázó ábrája anno.



### Kísérletek

Van síkban polarizált fényforrásunk, egy LCD tv vagy monitor. Ha polaroid napszemüvegen keresztül nézzük és közben fejünket forgatjuk, megfigyelhetjük, hogy a monitor fénye gyengül, 45 foknál teljesen elcsúsztatva, míg a másik irányba forgatva erősödik és 45 foknál lesz a legfényesebb. A tv-k és monitorok a vízszintessel 45 fokos szöveget bezáró, síkban poláros fényt bocsátanak ki. Ha régebbi típusú 3D-s szemüvegünk van, akkor ugyanezt a kísérletet elvégezve az egyik szemünk számára erősödő, míg a másik szemünk számára gyengülő fényerőt fogunk tapasztalni. Fejünket ellenkező irányba fordítva felcserélődik az erősödés, gyengülés. Az újabb 3D-s szemüvegek igazi csemegét tartogatnak: poláros fényű fényforrás sem kell, elég egy tükör. Nézzünk a tükörbe a szemüvegen keresztül, és az egyik szemünket hunyjuk be! Ekkor a másik szemünkkel nézve azt látjuk, hogy a csukott szemünket jól látjuk, míg a nyitott szemünk előtt a szemüveg sötét (lásd a *címképet*)! Elvégezhetjük a kísérletet két szemüveggel úgy is, hogy a másik szemüveget vegye föl valaki, ha ekkor az egyik szemünket becsukjuk, akkor

a másik kísérletezőnek csak az egyik szemét tudjuk megfigyelni a szemüvegen keresztül, mégpedig keresztirányban, becsukott bal és nyitott jobb szemmel a szemben lévő jobb szeme látszik, míg a bal szeme előtt sötét a lencse.

Vizsgáljunk átlátszó tárgyakat kereszttezett polárszűrők között! Esetünkben a polarizáló szűrőket fordítsuk úgy, hogy oltsa ki teljesen a monitor képét (érdemes a monitort egyszínű fehérre állítani), akkor a monitor elé téve például egy plexi vonalzó, polárszűrőn keresztül színes csíkokat láthatunk, minthogy a plexi kis mechanikai feszültségre is nagy kettőtörést produkál (lásd a színes képeket a hátsó belső borítón).

A *Fizikai Szemle* következő számában a poláros fényvel végezhető további kísérletek mellett a szkarebeuszok és a poláros fény kapcsolatáról olvashatunk majd szenzációs leleplezést. Addig a következő két kapcsolódó oldal tanulmányozását ajánljuk.

<http://www.kfki.hu/fszemle/archivum/fsz0603/hartlein0603.html>  
<http://www.kfki.hu/physics/historia/TermVil/horvathg/horvathgabor1.html>

## KÖNYVESPOLC

# A TERMÉSZET VILÁGA MÁJUSI SZÁMÁRÓL

Számos körülmény együttese adja, hogy jókor és jó tartozékkal jelenhetett meg a *Természet Világa* májusi, teljes egészében az ATOMKI munkatársai által készített és róluk szóló száma. *Rutherford* jóvoltából 101 éve ismerjük az atommagot, 58 éve jött létre az ATOMKI, tehát semmi ok arra, hogy ünnepi megemlékezések kövessék egymást, mindenki szabadon írhat arról, amihez ért, amit szívesen elmagaráz másoknak. Ehhez jön egy ATOMKI-ban készített 25 perces fim, az *Elemi álom*, ami most DVD-mellékletként jár a májusi számhoz.

Az *Elemi álom* egy bájos szerelmi történet egy hélium atom és egy fullerén molekula között. Tekintettel a szereplők korlátozott erotikus lehetőségeire, nagyobb hangsúlyt kapnak a hélium atomok kalandjai a gyorsítóban, a hideglaborban és a plazmakamrában – a laborokban, ahol a fizikusok legalább számolnak velünk, jegyzi meg az egyik szókimondó atom.

A sok képi és verbális humorral megvalósított animációs dokumentumfilm, a lab story megtekintése után napokra ellát olvasnivalóval a 48 oldalas májusi szám, ami ezen kívül egy 16 oldalas mellékletet is tartalmaz a debreceni tehetséggondozásról. A *Fizikai Szemle*ben gyakran olvashatunk debreceni eredményekről, mégis meglepő az elénk táruló tematikai változatosság.

Ott van minden téma mögött a magfizika, aminek imponáló szerteágazásáról győződhetünk meg. A laboratóriumi plazmacsillagok és a Napon belüli magfolyamatok még éppúgy a közvetlen magfizikához tartoznak, mint a *Mágikus szigetek az atommagok térképén*, míg *A természet szimmetriái* című írás arról szól, ami magfizika számára is alapvető.

A kísérleti magfizika nem lehet meg vákuumtechnika nélkül és Debrecenben ez gyorsan és magas színvonalra fejlődött. Ahol erős a vákuumfizika és kevés a pénz, ott hamarosan mérőrendszereket fejlesztenek, amelyek önálló tudományos kutatás alapjául szolgálnak.

„A debreceni Atomkiban a hagyományos vizsgálati módszerek között az elektronmikroszkópok, optikai mikroszkópok, röntgen diffraktométerek, atomerő mikroszkópok, elektronspektrométerek alkalmasak a nanoanyagok tulajdonságainak vizsgálatára” – olvashatjuk *A természet nanomineralizációja* című írásban. Itt baktériumok révén előállított nanoanyagok tanulmányozásáról olvashatunk. Ugyanerről, a Debrecen közelében található gypvasércről szól a *Mire jó egy régi bobbi?*

Ha már nanorétegek felbukkantak, a vékonyrétegek általában is szóba kerülnek, hiszen *Vékonyrétegek között élünk* és meggyőző fényképen csodálhatjuk

meg az Anyagtudományi Laboratórium tömeg- és elektron-spektrométerének impozáns vákuumrendszere. Nem kételkedünk benne, hogy a háromdimenziós litográfiás eljárás, a protonnyalábos mikromegmunkálás is világszínvonalon működik, ahogy ez az *Írás, faragás protonnyalábbal* című írásból kiderül.

A sugárzások ártalmas és gyógyító hatása a kezdetektől foglalkoztatta az ATOMKI kutatóit. Most a csont mikroszerkezetéről és ásványi anyagainak spektrometriás elemzéséről olvashatunk, majd *Gyógyító veszélyes sugárzások* címen a vízmolekula különböző széttöredezési módjainak elemzését követhetjük nyomon. A *Hevesy György*től származtatott nukleáris medicina fontos módszeréről, a *PET- és SPECT-vizsgálat*ról és továbbfejlődésének irányairól olvashatunk magyarázó és jövőbemutató tanulmányt.

A régészeket, történészeket segítő módszerek is helyet kaptak a májusi számban. Van de Graaff gyorsító és ionmikroszkop bevetésével talán sikerül őseink kőbaltája anyagának, *A rejtélyes baktakő*nek lelőhelyét megtalálni. És természetesen van ATOMKI-s berendezés, gyorsító tömegspektrométer *A radiokarbon ezer arcának* vizsgálatához. Az utolsó lap vonzó antarktiszi képei azért kerülhettek az ATOMKI-t bemutató számba, mert a nemzetközi tekintélyű K/Ar kormeghatározási laboratóriumra vár a King George-sziget fejlődéstörténeti modelljének megalkotása.

A 16 oldalas fekete-fehér melléklet tartalmában színes. Az *Élő Fizika* tehetséggondozó program, amelynek előadássorozata, Hipertér szakköre, Nyári Tábor nagy siker és esély a természettudományokat lesajnáló közhangulat módosítására. Tanulságosak az ATOMKI-ösztöndíjas hallgatókkal folytatott beszélgetések beszámolóit. A legizgalmasabbak a kutató gimnazisták írásai, kutatási beszámolóit az utak sózásának hatásáról, a fűszerek antimikrobiális vizsgálatáról, a grafitceruzabél különlegességeiről és Csernobil Debrecen környéki nyomairól.

Miután átlapozta az újságot, a recenzens megteheti, hogy kiemljen egy írást, ami különösen felkeltette az érdeklődését. Minthogy az évek múlásával mind gyakrabban szembesülök rákkal küzdőkkel, a sokaso-

dó bajban sikerült találnom egy reménysugarat: az utóbbi években Európában csökken a rákos halálessetek száma. Ehhez a tendenciához illeszkedik *Kovács Sándor* és *Sulik Béla* írása a *Gyógyító veszélyes sugárzások*ról. Az alapelv régóta ismert: „A daganatos sejteket úgy kell elpusztítani, hogy közben az egészséges szövetek, sejtek sugárterhelését minimalizáljuk.” Forgatható sugárforrással, blendékkal, a besugárzás számítógépes vezérlésével ez a cél mind jobban teljesíthető. A terápiás célra használt ionizáló sugárzások egységnyi hosszú úton kifejtett teljesítménye, a dózis függ attól, hogy mekkora utat tett meg a sugár a besugárzott szövetben. A protonok, és különösen a nagyenergiájú szénionok relatív dózisa több centiméternyi mélységben éles maximummal rendelkezik. A szénionok „hosszú útjuk során alig adnak le energiát, és egy egészen éles csúcson hirtelen nagyon sokat. ...a megfelelő ionfajta, illetve energia megválasztásával elérhető, hogy a maximális energiaátadás – és így vélhetően a maximális roncsolás is – pontosan a célterefogatba, vagyis a daganat helyére essen...” A szükséges néhány GeV-es energiákhoz nagy és drága gyorsítók kellenek, ezért szénionterápia jelenleg kevés helyen folyik.

A sugárkárosodás mechanizmusának vizsgálata különböző szakemberek együttműködését kívánja, miközben a költségek elviselhetőek. A debreceni kutatások *Az ionnyalábos tumorterápia nano-skálájú folyamatai* című akció keretei között folynak. A Van de Graaff gyorsító 1 MeV-es nitrogénionjaival bombázott vízmolekulákból protonok, pozitív oxigén- és hidroxilionok jönnek létre, az energiától függően igen különböző mennyiségben. A szabad gyökök keletkezése egy lehetséges folyamatának kvantitatív vizsgálata van így mód, hasonlóan az elektrontöbblet által kiváltott átrendeződés miatti molekuláris széttöredezéshez. „Amit így tanulunk, azt vegyszerekkel, biológusokkal együttműködve építhetjük be azokba az elméleti modellekbe, amelyek már egy hiteles és a gyakorlatban is használható leírást adhatják az ionizáló sugárzás biológiai hatásainak.”

Füstöss László

## PHYSICS OF JAURINUM (GYŐRI FIZIKA) 1.

Tanulmánykötet, szerkesztette Barla Ferenc, kiadta az Eötvös Loránd Fizikai Társulat Győr-Moson-Sopron megyei területi csoportja, Győr, 2011.

2011. november 10-én Győrben is megünnepelték a magyar tudományt. Az ünnepi ülést az Eötvös Loránd Fizikai Társulat és a Nyugat-Magyarországi Egyetem együtt rendezte meg, és ami még soha sem fordult elő, az ülés után egy héttel már megtarthatták az ülésen elhangzott előadásokat tartalmazó 100 oldalas, számos színes ábrát tartalmazó kiadvány bemutatóját

a győri MTESZ Székház nagyelőadójában. A kötetet szerkesztő *Barla Ferenc* – a területi csoport elnöke – nyilván jókor megkezdte már az ünnepi ülés szervezését és azt is sikerült elérnie, hogy az előadók jó előre megírják előadásuk szövegét. Így jött létre ez a színvonalas tanulmánykötet, amelyet az alábbiakban ismertetünk.



*Cseb Sándor*, az egyetem Apáczai Csere János kárának dékánja *A Nap, mint égbajlati kényszer* címen tartotta az első előadást. Mindenek előtt a Napról sorolt fel érdekes – az oktatásban is jól felhasználható – adatokat, majd a naptevékenységgel kapcsolatban kitért a napfoltok számának és a Napról jövő mikrohullámú sugárzás intenzitásának korrelációjára, ezek 11,2 éves periodicitására. A napkitörések okozta földi mágneses viharok veszélyeinek taglalása után tért rá tulajdonképpen mondanivalójára, a naptevékenységnek az időjárásra gyakorolt, manapság egyre kiterjedtebben vizsgált hatására. A tanulmányt a könyv végén számos színes illusztráció kíséri.

*Farkas Gábor Farkas*, az Országos Széchényi Könyvtár főkönyvtárosa érdekes kultúrtörténeti előadásában (*Hamlet csillaga*) csillagásztörténeti kuriózumokat tárgyalt. Tanulmányát – amely párhuzamosan megjelent *Régi könyvek, új csillagok* című könyvében is – bőséges jegyzetanyaggal egészítette ki.

A harmadik előadást *Farkas Bertalan* úrhajós tartotta *Az emberes űrrepülés múltja, jelene, jövője – Gagarintól napjainkig és azon túl* címmel. Az űrrepülés történetének tömör összefoglalásában az előadó *Kármán Tódorról* és *Charles Simonyiról* is megemlékezett, mint ahogy megemlíttette *Wernher von Braun*t is, de sajnos nem jutott már idő a szovjet rakétatervezés eszének, *Szergej Koroljov*nak a megemlézésére.

A tanulmánykötet ezután olyan írásokat közöl, amelyek nem az ünnepi előadásokon elhangzottakra épülnek, hanem – híven a kötet címéhez – tényleg a győri fizikát mutatják be.

*Mészáros Péter*a „Mobilis” fantázianevű győri interaktív kiállítási központ koncepcióját és terveit elemzi. A budapesti Csodák Palotájának győri megfelelője a kötet megjelenése után fél évvel, 2012-ben nyitotta meg kapuit, és a Fizikatanári Ankét szerencsés résztvevői idén tavasszal már meg is látogathatták.

*Varga Imre*, a győri székhelyű Rondo Electronic ügyvezető igazgatója elektrosztatikus kísérleteket szimuláló modelleket, köztük az emberi test feltöltődésének és kisülésének folyamatát modellező gyári összeállítást mutat be a könyvben.

*Fülöp Viktorné* az általános iskolások számára kiírt megyei fizikaversenyekről számol be. A *Simonyi Károlyról* vagy *Winter Ernőről* elnevezett versenyek a hetedikeseknek csinálnak kedvet a fizikához, de van a megyében péri Ifjú Fizikusok/Fifikusok Találkozója, vagy éppen soproni Fizika Túra is, mindegyiknek egy-egy lelkes helyi pedagógus az éltetője. Csornán fizikatörténeti vetélkedő zajlik, Győrben, a Kazinczy Gimnáziumban pedig az utóbbi években az Öveges-fizikaverseny országos döntőjét tartják. (Idén sajnos éppen egyszerre a Hevesy kémiaaverseny döntőjével – az ütközések elkerülésére jobban oda kellene figyelni.)

A záró tanulmány *Jedlik Ányos* győri működését eleveníti fel *Barla Ferenc* tollából.

Kár, hogy ez a könyv mindössze 500 példányban jelent meg – helye lenne minden iskolai könyvtárban a megyében. Kiváló példa egy területi csoport hasznos működésére.

R. Gy.

## HÍREK – ESEMÉNYEK

# A TÁRSULATI ÉLET HÍREI

## Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat Közhasznúsági jelentése a 2011. 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 figyelembe vételével készült.

### I. rész – Gazdálkodási és számviteli beszámoló Mérleg és eredmény-kimutatás

A Társulat 2011. évi gazdálkodásáról számot adó mérleg a jelen közhasznúsági jelentés 1. sz. melléklete tartalmazza. A 2. sz. mellékletként csatolt eredmény-kimutatás szerint jelentkezett 513 eFt tárgyévi eredmény a mérlegben tőkeváltozásként kerül átvezetésre.

### Költségvetési támogatás és felhasználása

Az állami költségvetésből származó, közvetlen támogatást a Társulat 2011-ben nem kapott, a pályázati úton elnyert támogatásokat a 2. sz. mellékletben foglalt eredmény-kimutatás tartalmazza. A 2010. évi sze-

## A 2011. év mérlege

mélyi jövedelemadó 1%-ának a Társulat céljaira törént felajánlásából a tárgyévben 1067 eFt bevétele származott. Ezt az összeget a Társulat a *Fizikai Szemle* nyomdai költségeinek részleges fedezeteként, valamint a társulat által szervezett tehetséggondozó versenyek támogatására 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 testésíti meg, amely a tárgyév eredményének figyelembe vételével 513 eFt értékben növekedett. Így az 1989. évi állapotot tükröző induló tőkéhez (7581 eFt) képest a tárgyév mérlegében mutatkozó, halmozott induló tőkeváltozás (-4482 eFt) ezzel az értékkel növekedett, értéke tehát jelenleg -3969 eFt. Így a Társulat saját tőkéjének jelenlegi, a mérleg szerint és a tárgyév eredményének figyelembevételével számított értéke 3612 eFt, szemben a tárgyévét megelőző, 2010. évre vonatkozó, hasonlóképpen számított 3099 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* 2011-ben megjelentetett évfolyamának számain.

## Kiemelt támogatások

A Társulat 2011-ben cél szerinti, a Khtv. 26. §. c.) pontjának hatálya alá eső feladatainak megoldásához az alábbi támogatásokban részesült (a vonatkozó rendelkezések megadott forrásokra szorítkozva, ezer Ft-ban):

• Központi költségvetési szervtől	0 eFt
• Elkülönített állami pénzalapoktól	0 eFt
• Helyi önkormányzatoktól	0 eFt
• Kisebbségi területi önkormányzatoktól	0 eFt
• Települési önkormányzatok társulásától	0 eFt
• Egészségbiztosítási önkormányzattól	0 eFt
• Egyéb közcélú felajánlásból	6833 eFt
– abból adomány	3900 eFt

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

A Társulat részére adományt nyújtó szervezetek:

– MOL Magyar Olaj- és Gázipari Nyrt.	3500 eFt
– National Instruments Hungary Kft.	250 eFt
– Magnificat Kft.	150 eFt

A fenti adományokat tanárok továbbképzésére, tanulmányútra és tehetséggondozó versenyek szervezésére fordítottuk.

## Vezető tisztségviselőknél nyújtott juttatások

A Társulat vezető tisztségviselői ezen a címen 2011-ben semmilyen külön juttatásban nem részesültek. A

Megnevezés	Előző év (eFt)	Tárgyév (eFt)
<b>A. Befektetett eszközök</b>	548	311
<b>B. Forgóeszközök</b>	6568	10125
Követelések	1379	2704
Pénzeszközök	5189	7421
<b>C. Aktív időbeli elhatárolások</b>	607	0
<b>Eszközök (aktívák) összesen</b>	7723	10436
<b>D. Saját tőke</b>	3099	3612
Induló tőke	7581	7851
Tőkeváltozás	-4709	-4482
Tárgyévi eredmény	227	513
<b>F. Kötelezettségek</b>	3953	2148
<b>G. Passzív időbeli elhatárolások</b>	671	4676
<b>Források (passzívák) összesen</b>	7723	10436

tisztségviselők a Társulat tagjaiként, a Társulat valamennyi tagjának a tagsági viszony alapján járó cél szerinti juttatásként kapták meg a *Fizikai Szemle* 2011. évi évfolyamának számain.

## II. rész – Tartalmi beszámoló a közhasznú tevékenységről

A közhasznú szervezetként való elismerésről szóló, a jelentés bevezetésében idézett bírósági végzés indoklásában 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 megóvása;
- (9) környezetvédelem;
- (19) az euroatlanti integráció elősegítése.

A *tudományos tevékenység és kutatás* területén a tudományos eredmények közzétételének, azok megvitatásának színteret adó tudományos konferenciák, iskolák, előadölések, 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, Debrecen, 2011. április 13.
- *Országos Fizikatanári Ankét*, Sárospatak, 2011. március 12–15.
- a Sugárvédelmi Szakcsoport *36. Sugárvédelmi továbbképző tanfolyama*, Hajdúszoboszló, 2011. május 2–4.

## Eredménykimutatás a 2011. évről

Megnevezés	Előző év (eFt)	Tárgyév (eFt)
<b>A. Összes közhasznú tevékenység bevétele</b>	46652	40782
Közh. célú műk.-re kapott támogatás	8141	6833
Központi költségvetéstől	0	0
Helyi önkormányzattól	150	0
Egyéb	7991	6833
ebből SzJA 1%	959	1067
Pályázati úton elnyert támogatás	6150	4250
Közh. tevékenységből származó bevétel	24275	20629
Tagdíjból származó bevétel	7895	8809
Egyéb bevétel	191	261
<b>B. Vállalkozási tevékenység bevétele</b>	0	3320
<b>C. Összes bevétel</b>	46652	44102
<b>D. Közhasznú tevékenység ráfordításai</b>	46425	40269
Anyagjellegű ráfordítások	27123	23829
Személyi jellegű ráfordítások	13856	13325
Értécsökkenési leírás	409	265
Egyéb ráfordítások	4956	2850
<b>E. Vállalkozási tevékenység ráfordításai</b>	0	3320
<b>F. Összes ráfordítás (D+E)</b>	46425	43589
<b>G. Adózás előtti eredménye (B-E)</b>	227	513
<b>I. Tárgyévi vállalkozási eredmény (G-H)</b>	0	0
<b>J. Tárgyévi közhasznú eredmény (A-D)</b>	227	513

- *Közgyűlés*, Budapest, 2011. május 21.
- az Ortway Kollokvium keretében rendezett *Marx György emlékülés*, Budapest, 2011. május 19.
- az *Öveges József Fizikaverseny* döntője, Győr, 2011. május 27–29.
- *Nanoelektronikai Nemzetközi Konferencia*, Keszthely, 2011. június 12–17.
- *CERN Kutatói utánpótlás és tehetségnevelés, Tanártovábbképzés*, 2011. augusztus 13–21.
- *Őszi Fizikus Napok*, Nyíregyháza, 2011. szeptember
- *Anyagtudományi Őszi Iskola*, Visegrád, 2011. október 5–7.
- *Eötvös Fizikaverseny* (több helyszínen), 2011. október 21.

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

A Társulat szakcsoportjainak egyéb tevékenységét érintve ki kell emelnünk a Részecskefizikai, a Termodinamikai, valamint a Vákuumfizikai Szakcsoport szemináriumszervező munkáját. E rendszeresen tartott szemináriumok, előadói ülések 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 összejeveleket, előadói üléseket, tudományos és ismeretterjesztő előadásokat, szervezték tagjaik részvételét külföldi szakmai konferenciákon.

*A nevelés és oktatás, képességfejlesztés, ismeretterjesztés és a kulturális tevékenység* területein végzett szerzői munka zöme a Társulat oktatási szakcsoportjai, valamint területi csoportjai szervezésében folyt. A fizikatanári közösség számára módszertani segítséget, a tapasztalatcsere és szakmai továbbképzés lehetőségét kínálta a két oktatási szakcsoport által 2011-ben is megrendezett, elismert továbbképzésként akkreditált fizikatanári ankét, így

- az *54. Fizikatanári Ankét és Eszközbemutató*, Sárospatak, 2011. március 12–15.

A Társulat szervezésében fizikatanárok 45 fős csoportja vett részt augusztus 13–21. között a CERN-ben magyar nyelven megtartott szakmai továbbképzésen. A korábbi alkalmakhoz hasonlóan 2011-ben is a Társulat szervezte a magyar tanárküldöttség részvételét a Koppenhágában megrendezett *Science on Stage* fesztiválon.

A Társulatnak a képességfejlesztés szolgálatában álló versenyszervező tevékenysége az általános iskolai korosztálytól kezdve az egyetemi oktatásban résztvevőig 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 2011-ben 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 2011-ben is megrendezte hagyományos, országos jellegű fizikaversenyeit (Eötvös-verseny, Ortway-verseny, Mikola-verseny, Öveges-verseny, Szilárd Leó Fizikaverseny). A korábbi évekhez hasonlóan 2011-ben 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 a NAT-ot, illetve a pedagógus életpálya modellt, és maguk is megfelelően kiértékelte javaslatokkal fordultak a Nemzeti Erőforrás Minisztériumhoz.

A területi csoportok ismeretterjesztő rendezvényei közül kiemelendők tartjuk

- a Baranya megyei csoport *Kis esti fizika* című, hagyományos előadásorozatát;
- a Fejér megyei csoport ismeretterjesztő előadásait;
- a Hajdú megyei csoport által 33. alkalommal megrendezett debreceni *Fizikusnapok*at;

- a Csongrád megyei csoport ismeretterjesztő rendezvényeit;
- a *Varázstorony vetélkedőt* a Heves megyei csoport szervezésében, Eger, 2011. március 2.
- a Győr-Moson-Sopron megyei csoport Nyugat-magyarországi Egyetemmel közös rendezvényét, tudományos ülését, Győr, 2011. november 10.

A Társulat újraválasztotta a Csodák Palotáját felügyelő Budapest Science Centre Alapítvány kuratóriumát. Az ELFT védnökségével tovább folyt a Fizibusz program is.

A továbbképzésben, szakmai ismeretterjesztésben és az információszolgáltatásban betöltött szerepe mellett a tehetséggondozás feladatait is szolgálja a Társulat folyóirat-kiadási tevékenysége. A Társulat 2011-ben kiadta a Társulat havonta megjelenő hivatalos folyóirata, a *Fizikai Szemle* LXI. 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 lap tulajdonosok 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 tagegyesületeként a Társulat választott képviselői útján is tevékeny részt vett az EPS munkájában.

*Kulturális örökség megővése:* Eötvös Loránd emléktábla és síremlék koszorúzása. Gábor Dénes szülőházán elhelyezett emléktábla koszorúzása. Bozóky László emlékülés és síremlékének megkoszorúzása.

A *kutatás területén* elért eredmények elismerésére a Társulat 2011-ben is odaítélte tudományos díjait, amelyek közül a Budó Ágoston-díj (*Gyürky György*), a Detre László-díj (*Kiss László*), a Jánossy Lajos-díj (*László András*), a Selényi Pál-díj (*Sobler Dorottya*), a Schmid Rezső-díj (*Czigány Zsolt*), a Szalay Sándor-díj (*Tárkányi Ferenc*) került kiadásra.

A Társulat Küldöttközgyűlése a 2011. évi Prométheusz-éremet *Zimányi Magdolnának*, a Társulat érmét *Horváth Zalánnak* (posztumusz) és *Kiss Árpádnak* ítélte oda. Az Eötvös-plakettet 2011-ben *Király Péterné, Kőrösi Magda* és *Szalay Istvánné* kapták. Az általános és középiskolai tanároknak adományozható Mikola Sándor-díjat 2011-ben *Krakó László* és *Theisz György* kapták.

Ericsson-díjat kaptak 2011-ben a fizika népszerűsítéséért: *Győri István, Jendrék Miklós* és *Zsigó Zsolt*, a fizika tehetségeinek gondozásáért: *Ábrám László* és *Kispál István*. Az Alapítvány a Magyar Természettudományos Oktatásért Rátz Tanár Úr Életműdíjában *Krassó Kornélia* és *Kotek László* részesültek.

## AZ AKADÉMIAI ÉLET HÍREK

### Átadták az MTA Fizikai Fődíját

Kiemelkedő jelentőségű kutatási eredményeiért *Radnóczi György*, az MTA Természettudományi Kutatóközpont Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Intézet (MTA TTK MFA) tudományos tanácsadója vehette át az MTA Fizikai

Tudományok Osztálya által adományozott Fizikai Fődíjat. Az elismerést az Akadémia 183. közgyűléséhez kapcsolódó tudományos ülésen adták át a fizikusnak.

<http://mta.hu>

### Izgalmas tudomány – véget ért az akadémiai vetélkedő

A CERN genfi központjába utazhatnak az MTA, valamint a népszerű tudományos híradó, a *Delta* közös vetélkedősorozatán győztes csapat tagjai. A nagy érdeklődéssel kísért programban a versenyzőket az MTA

Lendület programjának fiatal kiválóságai kalauzolták hétről hétre a tudomány világában, és adták fel a kutatási témáikhoz kapcsolódó feladványokat.

<http://mta.hu>

### Tudomány és oktatás a változó világban

A megértésen alapuló s így biztos tudás, valamint az ismeretek és készségek közötti helyes arány megtalálásának jelentőségét hangsúlyozták az MTA Közoktatási Elnöki Bizottsága által a Magyar Tudományos

Akadémián megrendezett, *A tudományosan megalapozott tanárképzés felé* című nemzetközi tudományos konferencia előadói.

<http://mta.hu>

# HÍREK A NAGYVILÁGBÓL

## A dineutron bomlásának első közvetlen megfigyelése

A MONA (Modular Neutron Array) kutatóinak a Michigan Állami Egyetem szupravezető ciklotron laboratóriumában (National Superconducting Cyclotron Laboratory, NSCL) elsőként sikerült megerősíteni a dineutron bomlását, amelyet már régen megjósoltak, de ezigdig közvetlenül nem sikerült megfigyelni (A. Spyrou et al., *Phys. Rev. Lett.* 108 (2012) 102501.). A Coupled Cyclotron Facility berendezésénél 53 MeV energiájú  $^{17}\text{B}$  nyalápból egy proton kilökésével  $^{16}\text{Be}$  magot hoztak létre, amely azonnal elbomlott  $^{14}\text{Be}$  fragmentumra és két neutronra. A  $^{14}\text{Be}$  magot dipól mágnessel eltérítették és helyzet-, valamint energiaérzékeny detektorral észlelték, a neutronokat pedig a MONA segítségével figyelték meg. A dineutron bomlásának három bomlási módusa lehetséges: két neutron sorozatos kibocsátása a  $^{15}\text{Be}$  közbenső állapoton keresztül, a két neutron egymás utáni kibocsátása háromtest breakup folyamattal, valamint dineutron bomlással, amelyben

a két neutron a mag belsejében a feltételezés szerint egy klasztert alkot. Csak a legutóbbi modell volt képes reprodukálni a kísérleti eredményeket, különös tekintettel a kétneutron korrelációs paraméterekre. A két neutron iránya közötti kis szög megfigyelésével a kutatócsoport demonstrálta, hogy azok együttesen kerültek kibocsátásra, mint egyetlen klaszter, azaz mint dineutron. A  $^{16}\text{Be}$  az egyetlen ritka eset, amikor a két neutron egyszerre kerül kibocsátásra, mivel a  $^{15}\text{Be}$  közbenső rendszeren keresztül történő bomlás energetikailag kedvezőtlen.

Ez a kísérlet első alkalommal demonstrálta, hogy dineutronbomlás lehetséges ilyen neutrongazdag rendszerekben. A megfigyelés lehetővé teszi az atommagok kötésének jobb megértését, különös tekintettel az atommagok stabilitásának korlátaira, és segít jobb modellek kidolgozására az asztrofizikai folyamatoknál.

<http://cerncourier.com>

## Egy újabb előrelépés a plutónium tulajdonságainak megismerésében

A plutónium a periódusos rendszer egyik legbonyolultabb eleme, de tulajdonságairól még igen keveset lehet tudni. A mágneses rezonancia (NMR) spektroszkópia azonban tökéletes eszköznek bizonyulhat a plutónium rejtélyes tulajdonságainak megértésében. Los Alamos Nemzeti Laboratórium (LANL) a Japán Atomenergia Ügynökség (JAEA) kutatóival együttműködve sikeresen detektálta a plutónium-239 jelét az NMR-spektrumban. Ez a jel lehet a kulcs e különös elem atomi elektronszerkezeti tulajdonságainak megértéséhez. A kutatók több mint 50 éve keresték a plutónium-239 NMR-jelét, míg végül sikerült megfigyelnie a *Hiroshi Yasuoka* professzor (JAEA) és *Georgios Koutroulakis* (LANL) vezette kutatócsoportnak nagytisztaságú plutónium-dioxid ( $\text{PuO}_2$ ) mintán 4 K hőmérsékleten, a mágneses térerősség függvényeként.

1946-ban történt felfedezése óta az NMR-spektroszkópia az egyik legfontosabb módszerré vált a fémek atomi és molekuláris szintű tulajdonságainak vizsgálatában. Az NMR-technika forradalmasította a fizikát, kémiát és az orvostudományt azzal, hogy roncsolásmentes módszert hozott létre az anyag atomi skálán történő vizsgálatához. Hasonlóképpen a plutónium-239 NMR-spektrumából sikerült meghatározni egy fontos fizikai állandót (giromágneses konstans), amely lényegében a plutónium „ujjlenyomata”, és lehetővé teszi a plutónium elektronjainak vizsgálatát. Ezek az elektronok döntő szerepet játszanak a plutónium-ötvezetek és -vegyületek kémiai reaktivitásának, valamint metallurgiájának szabályozásában – jelentette ki Koutroulakis.

<http://www.lanl.gov/news>

## A terrorizmusért elítélt fizikust kiengedték a börtönből

*Adlène Hicheur* részecskefizikust, akit terrorizmus vádjára alapján négy év börtönre ítélték, kiengedték a börtönből.

Korábbi főnöke, *Jean-Pierre Lees* francia részecskefizikus információja szerint május 15-én, kedden este engedték ki, egy nappal az ítélete elleni fellebbezés határideje lejártá után. Lees szerint Hicheur fellebbezést akart, de végül ellene döntött, mivel fellebbezés esetén további nyolc hónapig kellett volna a börtönben maradnia.

Hicheur 36 éves francia–algériai fizikust 2009. október 8-án tartóztatta le a francia rendőrség, mert a gyanú szerint kapcsolata volt az Al-Qaida au Maghreb Islamique (AQMI) terrorszervezettel. Letartóztatása előtt Hicheur posztdoktori munkatársként a svájci Lausanne-ban, a svájci Szövetségi Technológiai Intézetben (École Polytechnique Fédérale de Lausanne, EPFL) dolgozott és sok időt töltött a CERN Nagy Hadronütköztetőjénél (Large Hadron Collider). Hicheur vádemelés nélkül több mint két és fél évet

töltött őrizetben – a maximumot, amit a francia törvények megengednek.

2010 novemberében Lees levélben fordult a Francia Fizikai Társulathoz, amelyben aggodalmát fejezte ki, hogy konkrét vád nélkül fogva tartják Hicheurt, és amelyet 19 francia fizikus is aláírt, köztük a Nobel-díjas *Jack Steinberger*. Hicheurt támogatta továbbá egy „Nemzetközi Védelmi Bizottság” nevű civil szervezet, amelynek 100 fizikus tagja *Nicolas Sarkozy* francia köztársasági elnöknek is levelet írt.

Hicheur első tárgyalására ez év február 16-án került sor, amelyen azzal gyanúsították, hogy pénzügyi támogatást nyújtott az AQMI terrrorszervezetnek, és bűnösnek találták „részvétel terrorista cselekmény elkövetésére irányuló összeesküvésben”. Bizonyíték-ként Hicheur számítógépében talált e-mail üzenetekre hivatkoztak. Hicheur támogatói szerint a bűnösségre nincs bizonyíték, mivel a bankszámlájában nem találtak átutalásra utaló nyomokat.

<http://physicsworld.com>

## Hidrogéntárolás savakban

A hidrogén energiatermelésre való felhasználásának nagy kihívása a hidrogén alkalmas tárolása. A Brookhaven Nemzeti Laboratóriumban *Jonathan Hall* és társai (J. F. Hull, 2012 *Nature Chemistry*, doi: 10.1038/nchem.1295.) megmutatták, hogy a hidrogén alkalmas módon tárolható hangyasav vizes oldatában. Normál

hőmérsékleten és nyomáson – amely nagy előnye a módszernek – irídium-katalizátor segítségével a hidrogén reakcióba lép a széndioxiddal és hangyasavat hoz létre enyhén lúgos közegben. Ez oldat sav hatására nagy nyomáson tiszta hidrogéngázt bocsát ki.

<http://cerncourier.com>

## HÍREK AZ UNIVERZUMBÓL

### 2012-ben elkezdődik a világ legnagyobb teleszkópjának építése

Most, hogy a projekt anyagi forrásai rendelkezésre állnak, az European Southern Observatory (ESO) terve a világ legnagyobb teleszkópja – az European Extremely Large Telescope (E-ELT) – építésére nagy lépést tesz előre 2012-ben. Az ESO kormányzótanácsa jóváhagyta a 2012. évi költségvetést, amely lehetővé teszi a munkálatok megkezdését az E-ELT tervezett helyszínén, a chilei Atacama-sivatag közepén lévő Cerro Armazones hegységben.

Az építők az obszervatórium helyszínéül az optimális időjárási feltételek miatt választották Chilet, ahol évente nagyjából 320 nap van tiszta égbolt. Az E-ELT a világ legnagyobb földi teleszkópja lesz, első tükrének átmérője a döbbenetes 42 méter lesz. Összehasonlításképpen: Hawaiiiban a Keck Obszervatórium teleszkópjának tükre 10 méteres, a szintén Hawaiiiban létesített Subaru teleszkópé pedig csak 8,2 m.

<http://www.space.com>

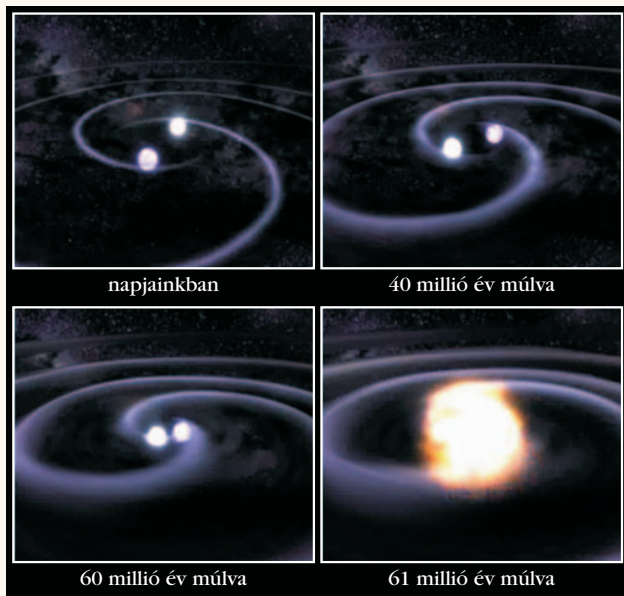
### Újabb bizonyíték összeolvadó fehér törpékre

Az utóbbi néhány évben egyre több jel utal arra, hogy az Ia típusú szupernóva-robbanások olyan kettős rendszerekben következnek be, amelyekben mindkét komponens fehér törpe, a kataklizmához pedig végül ezek összeolvadása vezet el. *Carlos Badenes* (University of Pittsburg) és munkatársai az SDSS (Sloan Digital Sky Survey) adatait felhasználva egy újabb érvelést tudják alátámasztani ezt az elképzelést.

Az már régóta ismert, hogy ez a robbanástípus fehér törpét tartalmazó rendszerekben történik. *Dan Maoz* (University of Tel Aviv) szerint csak az a kérdés, hogy a másik komponens milyen objektum. Az egyik lehetőség, hogy egy Napunkhoz hasonló normál csillag, a másik pedig az, hogy a másodkomponens is fehér törpe. Az új eredmény által is alátámasztott modellben a két degenerált objektum körülbelül 1 millió km/h se-

bességgel kering a tömegközéppont körül egyre szűkülő pályákon, egészen az Ia típusú robbanást eredményező összeolvadásig. Maoz szerint a modell sikerességének természetesen alapvető feltétele annak ismerete, hogy egyáltalában létezhet-e annyi fehér törpe kettős, ahány Ia típusú szupernóva-robbanást látunk.

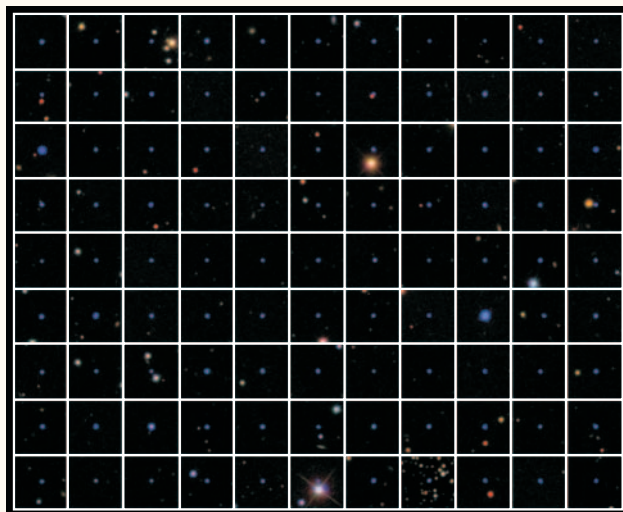
A fehér törpék nagyon kicsik és halványak, egyelőre nincs esély arra, hogy távoli extragalaxisokban detektáljuk őket. Így Badenes és Maoz az egyedüli lehetséges galaxist, a Tejútrendszer választotta, abban is a Nap mintegy ezer fényév sugarú környezetét. A fehér törpék kísérőjének detektálása a radiális sebességek mérésével történik. Az azonosításhoz azonban nem elegendő egy mérés, illetve az azt megalapozó egyetlen spektrum, az SDSS keretében azonban a legtöbb objektumról csak egy színképet tettek közzé. A probléma megoldásának



Fantáziarajz a két fehér törpét tartalmazó kettősök komponenseinek összeolvadásáról. A spirális pályákon egymáshoz egyre közelebb kerülő objektumok végül egy grandiózus robbanás kíséretében összeolvadnak. A folyamat karakterisztikus ideje néhány tízmillió év (NASA/GSFC/D. Berry).

kulcsa az SDSS spektrumok processzálsági módja: az adatbázisban szereplő színeképek mindegyike három vagy annál több, legalább 900 másodperc expozíciós idejű spektrum kombinációjaként (átlagként) állt elő. Badenes és csoportja egy év alatt több, mint 4 ezer, fehér törpét tartalmazó kettőst listázott, amelyekről jó minőségű, így a radiális sebességek időbeli változásának kimutatását lehetővé tévő „alszíneképek” állnak rendelkezésre az SDSS adatbázisában.

A munka eredményeként a lokális környezetünkben 15 fehér törpe kettőst sikerült azonosítaniuk. Azt, hogy a komponensek milyen ütemben olvadnak össze, számítógépes szimulációval határozták meg, az eredményt



A mozaik 99 darabot mutat a Badenes és kollégái által vizsgált közel négyezer, fehér törpét tartalmazó kettősből. A négyezres mintából 15 esetben a másodkomponens is fehér törpe (Carlos Badenes/SDSS-III team).

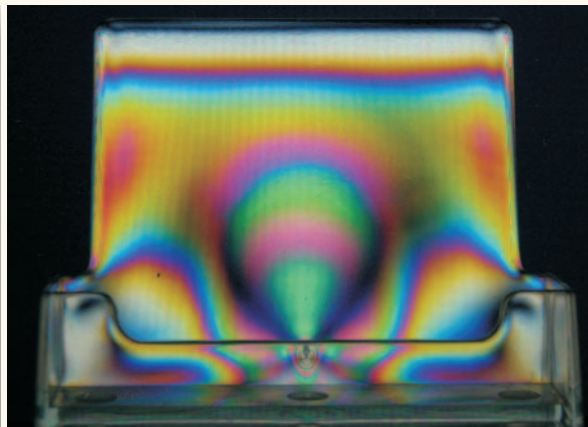
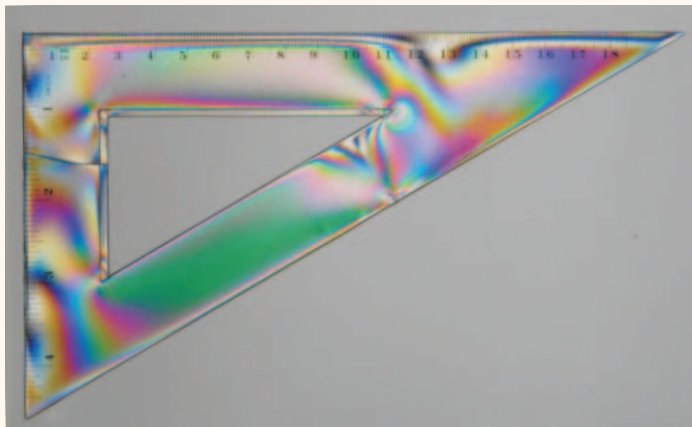
pedig összevetették a távoli, a Tejútrendszerre hasonló galaxisokban feltűnő Ia típusú szupernóvák számával. A szimuláció alapján arra a következtetésre jutottak, hogy a Galaxisban évszázadonként egy ilyen összeolvadási esemény következik be, ez pedig figyelemre méltóan jó egyezést mutat a Tejútrendszerhez hasonló csillagvárosok Ia típusú szupernóva-robbanásainak ütemével, azaz a fehér törpék összeolvadása egy plauzibilis modell erre a robbanástípusra.

Az eredmény azért is fontos, mert rámutat az SDSS-hez hasonló felmérésekben rejlő potenciálokra, hiszen húsz évvel ezelőtt pusztán gyakorlati okokból rögzítettek minden objektumról legalább három spektrumot, egyáltalán nem sejtve, hogy ezek később milyen fontos szereppel bírhatnak majd, például az Ia típusú szupernóva-robbanások természetének tisztázásában.

*Kovács József*

## KÍSÉRLETEZZÜNK OTTHON – színes ábrák

Plexi vonalzó és névjegy tartó LCD monitor polarizált fényében.



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

A Paks-i atomerőmű látogatóközpontja

A paksi atomerőmű működése



# Jövönk energiája



## paksi atomerőmű

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



Várjuk vendégségbe Magyarországot!