

fizikai szemle



2008/2

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

Főszerkesztő (mb.):

Szatmáry Zoltán

Szerkesztőbizottság:

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

Szerkesztő:

Füstöss László

Műszaki szerkesztő:

Kármán Tamás

A folyóirat e-mailcíme:

szerkesztok@fizikaiszemle.hu

A lapba szánt írásokat erre a címre kérjük.

A folyóirat honlapja:

http://www.fizikaiszemle.hu

A címlapon:

Űrszonda- és robotautó-modellek

TARTALOM

<i>Bakonyi Imre, Simon Eszter, Péter László:</i> Az óriás mágneses ellenállás felfedezése (1988) – a spintronika nyitánya	41
<i>Paparo Margit:</i> Asztroszeizmológia és exobolygó-kutatás	46
<i>Laczik Bálint:</i> A cometary-mechanizmus	50

A FIZIKA TANÍTÁSA

<i>Bérczi Szaniszló, Hegyi Sándor, Hudoba György:</i> A Hunveyor gyakorló űrszondamodell sokoldalú felhasználása a fizika tanításában és a tantárgyi kapcsolatokban	55
<i>Horváth Gábor:</i> Hogyan fogódkodik az oposzum a farkával a faágba?	62
<i>Vannay László, Fülöp Ferenc, Máthé József, Nagy Tamás:</i> A Fizika Országos Középiskolai Tanulmányi Verseny harmadik fordulója a harmadik kategória részére – 2007	65
<i>Csiszár Imre, H. Fazekas Erika, Keszöcze László:</i> Az ötvenedik középiskolai ankét Szegeden	70
Látogatások az egri Varázstoronyban	73

HÍREK – ESEMÉNYEK

<i>I. Bakonyi, E. Simon, L. Péter:</i> The discovery (1988) of giant magnetic resistivity and the origins of spintronics	
<i>M. Paparo:</i> Astro-seismology and exoplanet research	
<i>B. Laczik:</i> The cometary mechanism	
TEACHING PHYSICS	
<i>S. Bérczi, S. Hegyi, G. Hudoba:</i> The Hunveyor training spacecraft model and its manifold uses in the education of physics	
<i>G. Horváth:</i> How does an opossum cling to a tree branch by its tail?	
<i>L. Vannay, F. Fülöp, J. Máthé, T. Nagy:</i> Hungarian secondary schools' Physics Contest 2007	
<i>I. Csiszár, E.H. Fazekas, L. Keszöcze:</i> Hungarian Secondary Schools' fiftieth Round Table at Szeged	
Visiting the Magic Tower at Eger, North Hungary	

EVENTS

<i>I. Bakonyi, E. Simon, L. Péter:</i> Die Entdeckung des magnetischen Riesenwiderstands (1988) und die Anfänge der Spintronik	
<i>M. Paparo:</i> Astro-Seismologie und die Suche nach Exo-Planeten	
<i>B. Laczik:</i> Der Kometarium-Mechanismus	
PHYSIKUNTERRICHT	
<i>S. Bérczi, S. Hegyi, G. Hudoba:</i> Hunveyor – ein Trainingsmodell von Raumsonden und seine mannigfaltigen Anwendungen im Physikunterricht	
<i>G. Horváth:</i> Wie das Opossum sich mit seinem Schwanz an Baumästen festklammert	
<i>L. Vannay, F. Fülöp, J. Máthé, T. Nagy:</i> Physikwettbewerb 2007 der Ungarischen Mittelschulen	
<i>I. Csiszár, E.H. Fazekas, L. Keszöcze:</i> Das fünfzigste ungarische Mittelschul-Treffen in Szeged	
Besuche am Zauberturm von Eger, Nordungarn	

EREIGNISSE

<i>И. Бако́ни, Э. Ши́лон, Л. Пете́р:</i> Открытие (1988) гигантского магнитного сопротивления – начало спинтроники	
<i>М. Папа́ро:</i> Астро́сейсмология и исследования по экзо-планетам	
<i>Б. Ла́цик:</i> Механизм комета́риум	

ОБУЧЕНИЕ ФИЗИКЕ

<i>С. Берци, Ш. Хеди, Д. Худоба:</i> Hunveyor – тренировочная модель космических зонд и её разнообразные применения в обучении физике	
<i>Г. Хорват:</i> Как опоссум своим хвостом прикрепится к ветвам	
<i>Л. Ваннай, Ф. Фюлеп, И. Матэ, Т. Надь:</i> Конкурс по физике средних школ страны, 2007. г.	
<i>И. Чисар, Э.Х. Фазекаи, Л. Кесече:</i> 50-е Совещание средних школ в г. Сегед	
Визиты в Волшебную Башню, г. Эгер	

ПРОИСХОДЯЩИЕ СОБЫТИЯ

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

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

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

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

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

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

Megjelenik havonta, egyes szám ára: 750.- Ft + postaköltség.

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

Fizikai Szemle

MAGYAR FIZIKAI FOLYÓIRAT

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

LVIII. évfolyam

2. szám

2008. február

AZ ÓRIÁS MÁGNESES ELLENÁLLÁS FELFEDEZÉSE (1988)

– A SPINTRONIKA NYITÁNYA

– a 2007. évi fizikai Nobel-díj és háttere

Bakonyi Imre, Simon Eszter, Péter László
MTA Szilárdtestfizikai és Optikai Kutatóintézet

Régóta közismert tény, hogy az elektromos töltés mellett az elektron spinnel is rendelkezik. A napjaink technikáját meghatározó *elektronika* iparág olyan eszközökön alapul, amelyekben csak az elektron töltését használják ki. Az utóbbi években azonban megjelentek újfajta, nanotechnológiával készített eszközök is, amelyek működési elvét az elektron kétféle spinbeállási lehetősége biztosítja, megteremtve ezáltal egy új, perspektivikus iparág, a *spinelektronika* (vagy röviden *spintronika*) alapjait. A 2007. évi fizikai Nobel-díjat [1] egy ilyen elven működő jelenség, nevezetesen az *óriás mágneses ellenállás* (angolul: giant magnetoresistance = GMR) felfedezéséért ítélték oda (1. *ábra*).

Az alábbiakban áttekintést adunk az óriás mágneses ellenállás felfedezéséhez vezető útról, valamint kitérünk a GMR felfedezésének gyakorlati jelentőségére és a spintronika kibontakozásában játszott szerepére. A *mágneses ellenállásról* (MR) itt csak annyit jegyzünk meg, hogy az a vizsgált anyag elektromos ellenállásának külső alkalmazott H mágneses tér hatására bekövetkező megváltozása. Ilyen ellenállásváltozást különböző fizikai mechanizmusok idézhetnek elő. A mostani Nobel-díj szempontjából fontos mechanizmusokról bővebben egy későbbi dolgozatban írunk, amelyikben bemutatjuk majd az ezen a területen Magyarországon végzett tevékenységet is. A két dolgozat egybeszerkesztett változata részletes szakirodalmi hivatkozásokkal elérhető a következő honlapon: <http://www.szfi.hu/~bakonyi/GMR-Nobel-dij.pdf>.

Jelen munkát az OTKA a K 60821 pályázat keretében támogatta.

GMR-effektus: a nanotechnológiától a spintronikáig

Az elmúlt évtizedekben a vékonyréteg-technológiák gyors ütemű fejlődésével olyan nanométeres skálájú fémes rétegszerkezetek előállítása is lehetővé vált, amelyekben az elektrontranszport-tulajdonságok jelentősen megváltozhatnak a tömbi anyagokhoz képest. Ez akkor következik be, ha meg tudjuk valósítani, hogy az egyes alkotó rétegek vastagsága kisebb legyen a tömbi anyagokban az elektrontranszportra jellemző karakterisztikus távolságoknál (pl. elektron szabad úthossz). Amennyiben az egyik alkotó réteg ferromágneses (FM) és a mágnesezettség iránya ezen távolságoknál kisebb skálán változik, akkor a két

1. *ábra*. A 2007. évi fizikai Nobel-díj kitüntetettjei: Albert Fert és Peter Grünberg.



szomszédos FM-réteg közötti nemmágneses (NM) rétegen keresztül úgynevezett spinfüggő elektrontranszport-jelenségek is felléphetnek a vezetési elektronok spinpolarizációja miatt, és ez a tömbi anyagoknál nem ismert effektusokhoz vezethet. A Nobel-díjas *Feynman* egy 1959-es előadásában [2], melynek címe *Rengeteg lehetőség van odalent* (mármint az atomok világában), látványos módon megjósolta, hogy „ha majd az anyagok előállítását atomi szinten leszünk képesek manipulálni, akkor az anyagtulajdonságoknak az addig ismertnél jóval szélesebb skálája fog feltárulni előttünk és előre nem várt fizikai jelenségeket fedezhetünk fel”.

Egy ilyen esemény következett be, amikor 1988-ban a német *Peter Grünberg* jülichi és a francia *Albert Fert* orsai kutatócsoportja – egymástól függetlenül – felfedezte az óriás mágneses ellenállás jelenségét nanoskálájú FM/NM típusú Fe/Cr rétegszerkezetekben. A mágneses nanoszerkezetekben megfigyelhető GMR-jelenség fizikai mechanizmusa jelentősen eltér a homogén FM-fémek és -ötvözetek mágneses ellenállásától (ez az anizotróp mágneses ellenállás = AMR), és bizonyos esetekben több mint egy nagyságrenddel felülmúlhatja az utóbbit (innen ered az „óriás” elnevezés). Ezen eredmény fontosságát elismerendő, Grünbergnek és Fertnek ítelték oda megosztva a 2007. évi fizikai Nobel-díjat. Az indoklás tömören csak annyi volt, hogy „az óriás mágneses ellenállás felfedezéséért”. Ez a megfogalmazás kihangsúlyozza és egyértelművé teszi, hogy egy kiemelkedő fontosságú alapvető eredményt ismernek el a döntéssel. Az odaítélés esedékességében nyilvánvalóan az a tény is közrejátszott, hogy a GMR-elven alapuló eszközök mára igen széles körben elterjedtek a gyakorlatban, például a számítógépek mágneses merevlemezeinek kiolvasófejében most már kizárólag ilyen eszközöket alkalmaznak.

Történeti visszapillantás: vékonyréteg-technológia → antiferromágneses csatolás → GMR

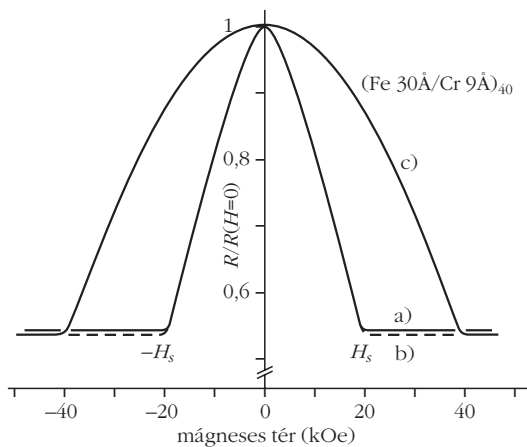
A vékonyréteg-technológiák közül különösen az epitaxiális rétegnövesztés terén elért haladás volt döntő jelentőségű, mert ezáltal valóban a Feynman által megjósolt, atomi rétegenkénti anyagkészítést lehetett megvalósítani. A kezdetben a félvezető-technológia számára kidolgozott *molekulasugaras epitaxia* (angolul: molecular beam epitaxy = MBE) segítségével az 1970-es évek végétől alkalmasan megválasztott egykristály-hordozóra már nagyon kevés hibahelyet tartalmazó fém vékonyrétegeket lehetett növeszteni nanométeres vastagságban. Itt vegyük figyelembe, hogy fémeknél az 1 nm-es rétegvastagság körülbelül 5 atomi rétegnek felel meg, ahol már valóban várható, hogy a fizikai tulajdonságok lényegesen megváltozhatnak a tömbi anyagokhoz képest. Ezen finom rétegnövesztési eljárások révén hamarosan lehetővé vált nanométeres rétegek felhasználásával *multirétegek*

is készíteni, amelyek például néhány atom vastagságú FM- és NM-rétegekből épülnek fel.

A nanoskálájú fémes rétegszerkezetek mágneses tulajdonságainak tanulmányozása meglepő eredményre vezetett 1986-ban. *Majkrzak* és munkatársai Gd/Y multirétegekben, Grünberg és munkatársai pedig Fe/Cr/Fe hármarrétegek (szendvicsszerkezetek) esetén tapasztalták, hogy bizonyos Y-, illetve Cr-rétegvastagság esetén antiferromágneses (AF) csatolás jön létre a szomszédos mágneses rétegek között. Ilyen csatolás, amit a vezetési elektronok spinpolarizálhatósága révén kialakuló *közvetett kicserélődési kölcsönhatás* hoz létre, régóta ismert volt a nemmágneses fémes mátrixba helyezett mágneses szennyezők lokalizált momentumai között. A meglepő az volt, hogy hasonló csatolást képesek létesíteni a rétegmágneszettség között az elválasztó fém NM-réteg vezetési elektronjai is.

Grünberg csoportja elkezdte tanulmányozni a Fe/Cr/Fe szendvicsek mágneses ellenállását is és 1988-ban szobahőmérsékleten azt tapasztalták, hogy 12 nm vastag Fe-rétegek és 1 nm vastag Cr-réteg esetén a mért ellenállás-változás ($\approx 1,5\%$) egy nagyságrenddel felülmúlta egy különálló 25 nm-es Fe-réteg mágneses ellenállását. További különlegesség volt, hogy a külső mágneses tér növelésével ellenállás-csökkenés következett be akár párhuzamos, akár egymásra merőleges volt a mérőáram és a külső mágneses tér iránya (ezt a két esetet longitudinális, illetve transzverzális konfigurációnak nevezzük). Ennek azért van jelentősége, mert homogén FM-fémeknél ebben a két konfigurációban az ellenállás-változás eltérő előjelű. Az ezen a mintán magnetooptikai Kerr-effektussal, valamint fényszórással végzett kísérletekből ugyanakkor tudták, hogy $H = 0$ esetén a szendvics két Fe-rétegének a mágneszettsége egymáshoz képest antiparallel (AP) áll. Így nyilvánvaló volt számukra, hogy a szendvics mágneses telítése során megfigyelt nagy ellenállás-változás (csökkenés) oka a külső tér nélküli AP-állapothoz tartozó nagy elektromos ellenállás. Ezt a Fermi-nívó körüli elektronok erős spinpolarizációjának tulajdonították, egyezésben a ma elfogadott magyarázattal. Olyan Fe/Cr/Fe/Cr/Fe szendvicsekben, amikor a Fe-rétegek vastagsága 8 nm volt, a szobahőmérsékleten mért mágneses ellenállás értéke az előző háromréteges szendvicshöz képest megduplázódott, míg az ötréteges szendvicset 5 K-re lehűtve, 10%-os mágneses ellenállást mértek. Bár a költséges MBE-technikával készült Fe/Cr/Fe típusú szendvicseken csak a cseppfolyós He hőmérséklete közelében tudtak a gyakorlatban már bevált hagyományos, homogén FM-ötvözetekénél nagyobb mágneses ellenállást elérni, azonnal felismerték az újonnan felfedezett jelenség által előidézett nagy MR-változás szenzoralkalmazási lehetőségét, és Grünberg szabadalmaztatta is az ezen az elven működő mágneses térmérési módszert.

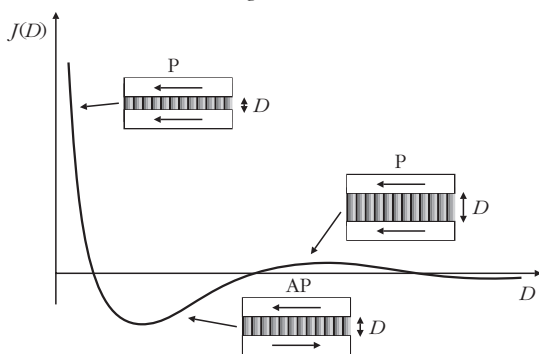
Még ugyanabban az évben Fert és csoportja arról számolt be, hogy MBE-vel növesztett egyes Fe/Cr multirétegekben 4,2 K hőmérsékleten csaknem 50%-os ellenállás-csökkenést tapasztaltak 20 kOe körüli



2. ábra. Egy MBE-módszerrel növesztett Fe/Cr multiréteg elektromos ellenállásának változása a mágneses térrel 4,2 K hőmérsékleten Fert és munkatársai nyomán. A mérőáram és a külső mágneses tér (H) a minta síkjában volt, kivéve a c) görbét, ahol H iránya merőleges volt a minta síkjára és itt a nagy lemágnesező tér miatt a H_s telítési tér kétszer akkora, mint a síkban alkalmazott térnél. Az a) görbe a mágneses ellenállás longitudinális (mérőáram és H iránya párhuzamos), a b) görbe pedig a transzverzális (mérőáram és H iránya egymásra merőleges) komponensét mutatja. Az ábrán az egyes rétegek vastagságának megadása angstrom (Å) egységben szerepel, ahol $10 \text{ \AA} = 1 \text{ nm}$. A H mágneses térerősség itt használt mértékegysége kOe, melynek átszámítása: $1 \text{ kOe} = (10^3/4\pi) \text{ kA/m} \approx 80 \text{ kA/m}$.

telítési térrel (2. ábra). A mágneses tér hatására bekövetkező szokatlanul nagy ellenállás-csökkenést óriás mágneses ellenállásnak nevezték el, és szintén a spinfüggő elektrontranszporttal magyarázták. Grünbergék eredményéhez hasonlóan ők is azt kapták (ld. 2. ábra), hogy a longitudinális – a) görbe – és transzverzális – b) görbe – ellenállás-változás azonos előjelű (azaz csökkenés következik be). Az is látható, hogy adott külső térnél a kétféle ellenállás-változás értéke gyakorlatilag megegyezik, csupán a H_s telítő tér felett van közöttük kis különbség a Fe-rétegek tömbi FM-fémekre jellemző mágneses ellenállás-jároléka miatt. Itt hívjuk fel a figyelmet arra, hogy a GMR-effektust valójában nem a nagyon nagy mágneses ellenállással azonosítjuk, hanem az előidéző fizikai mechanizmussal, mégpedig a mágneses nanoszerkezetben végbemenő spinfüggő elektronszórással. A homogén ferromágnesek mágneses ellenállásával szemben ez a lon-

3. ábra. Az egymástól D vastagságú NM-fémréteggel elválasztott FM-rétegpár mágnesezettségei közötti kicserélődési csatolás $J(D)$ állandója D függvényében. Amennyiben $J(D) > 0$ (FM-csatolás), akkor P beállítás valósul meg, ha pedig $J(D) < 0$ (AF-csatolás), akkor AP beállítás lesz $H = 0$ külső mágneses térben.

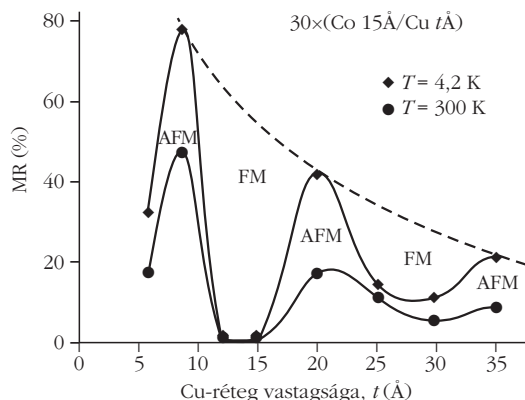


gitudinális és transzverzális komponensek azonos előjelében is megnyilvánul. Ebből következik, hogy ilyen esetben még akkor is GMR-effektussal van dolgunk, ha a mért ellenállás-változás csak 1% nagyságú, mint volt például Grünberg eredeti felfedezésénél a Fe/Cr/Fe szendvicstre. Természetesen a Fert és munkatársai által tapasztalt 50% körüli ellenállás-változás már valóban felcsillantotta a GMR lehetséges szenzoralkalmazásait, mint ahogy arra ők maguk is rámutattak, de a szükséges alacsony hőmérsékletek és nagy mágneses terek miatt még további kutatásokra volt szükség ahhoz, hogy erre sor kerülhessen.

Történeti visszpillantás: a GMR felfedezését követő további fontos eredmények

Az első komoly lépést ebben az irányban az jelentette, amikor 1990-ben *Parkin* és munkatársai (IBM, USA) arról számoltak be, hogy az MBE-módszernél jóval egyszerűbb és kevésbé költségigényes katódporlasztással készített Fe/Cr, Co/Cr és Co/Ru multirétegekben is megfigyelték a GMR-jelenséget. Ráadásul mind a GMR nagysága, mind a telítéshez szükséges mágneses tér szabályosan oszcilláló viselkedést mutatott a nemmágneses réteg (Cr és Ru) vastagságának függvényében. Nevezetesen, ahol a GMR nagysága maximális volt, ott maximuma volt a telítő térnek is, jelezve, hogy az elválasztó réteg ezen vastagságainál erős AF-csatolás dominál, míg ezen AF-maximumhelyek között a kis telítő térrel rendelkező FM-csatolás van, ami utóbbi tény miatt a GMR is gyakorlatilag eltűnik ezen NM-rétegvastagságoknál (a mért mágneses ellenállás ilyenkor az FM-rétegek anyagára jellemző tömbi elektronszórási folyamatoktól származik). Az NM-réteg vastagságának függvényében oszcilláló GMR tehát egy oszcilláló, váltakozva AF- és FM-jellegű csatolás eredménye, ami a mágneses rétegek közötti csatolásnak az elválasztó NM-réteg vastagságától való függését tükrözi. Ez látható sématicusan a 3. ábrán, ahol az egyes rétegek mágnesezettségének

4. ábra. A GMR telítési értékének (GMR_s) oszcillációja porlasztással előállított Co/Cu multirétegekben az elválasztó NM-rétegvastagságának függvényében 4,2 K-en és szobahőmérsékleten Fert és munkatársai nyomán. Az AFM-jelölés az antiferromágneses, az FM-jelölés pedig a ferromágneses csatolású állapotot jelöli.



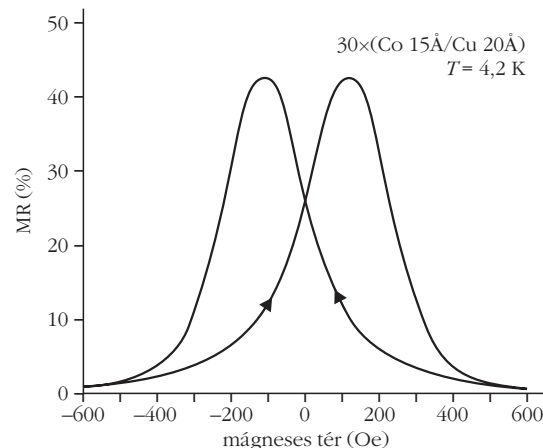
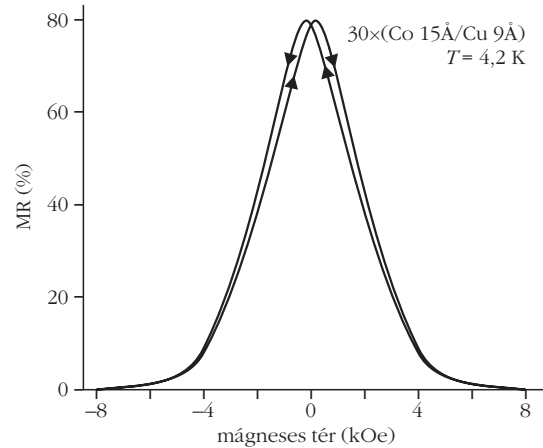
beállítását is feltüntettük. Mint már említettük, ez a csatolás rokon a nemmágneses fémes mátrixban elhelyezkedő lokalizált mágneses momentumok kölcsönhatásával, bár a csatolás rétegvastagságtól, illetve távolságtól való konkrét függvényalakja a két esetben egymástól eltérő [3].

A GMR felfedezése után az igazi áttörést az jelentette, amikor 1991-ben mind Fert, mind Parkin csoportja arról számolt be, hogy porlasztott Co/Cu multirétegekben még szobahőmérsékleten is közel 50% nagyságú GMR figyelhető meg. Ezt szemléltetjük a 4. ábrán a Fert-csoport mérésének bemutatásával, ahol a GMR oszcilláló jellege is jól látszik. Ezen utóbbi eredmények már valóban megnyitották az utat a GMR-jelenség gyakorlati felhasználása felé.

Magnetorezisztív érzékelők: az AMR és GMR gyakorlati felhasználása

Az a jelenség, hogy mágneses anyagok elektromos ellenállása jelentősen megváltozhat külső mágneses térben, felhasználható mágneses tér mérésére, illetve mágneses tér jelenlétének vagy hiányának megállapítására. Lágymágneses ötvözetekből (pl. $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ körüli összetételű permalloy ötvözetből) készített ilyen eszközök a *magnetorezisztív* (MR) szenzorok, amelyeket már régóta alkalmaznak a gyakorlatban. Ezeket a permalloy MR-érzékelőket használták például az 1970-es évek elején a buborékmemóriákban az információ kiolvasására, majd 1991-től a merevlemez tárolók kiolvasófejeiben jelentek meg az addigi indukciós kiolvasás helyett. Ezzel az információtárolási kapacitás (bitsűrűség) évenkénti növekedési ütemét erőteljesen meg lehetett növelni az indukciós kiolvasás által biztosított ütemhez képest [4]. Az egyre növekvő igény a még nagyobb merevlemez-tárolási sűrűség iránt egy idő után már nem volt kielégíthető az AMR kiolvasófejekkel sem, és ezért is volt nagy jelentősége a még nagyobb ellenállás-változást adó GMR-effektus felfedezésének.

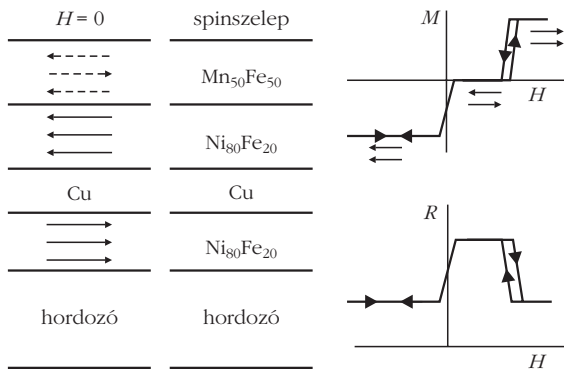
A GMR gyakorlati felhasználhatóságának bemutatásához érdemes visszatérni a 4. ábrához és tekintetbe venni a 5. ábrát is, ahonnan a GMR telítési terek (H_s) is leolvashatók. Megállapítható, hogy míg 300 K-en az első AF-maximumnál a GMR telítési értéke (GMR_s) körülbelül 50%, amihez mintegy 5 kOe telítő tér tartozik, addig a második AF-maximumnál ugyan a GMR csak 20%, de a telítési tér egy nagyságrenddel kisebb, mint az első AF-maximumnál (megjegyezzük, hogy H_s hőmérsékletfüggése nem jelentős 4,2 K és 300 K között). Mindez azt jelenti, hogy a második AF-maximumnál a térérzékenység (GMR_s/H_s) mintegy négyszeresére nő az első AF-maximumhoz képest. A második AF-maximum azzal a technológiai előnnyel is jár, hogy a körülbelül 2 nm-es Cu-réteg vastagságának állandóságát sokkal pontosabban lehet tartani az előállítás során, mint az első AF-maximumhoz tartozó 1 nm körüli Cu rétegvastagságot. Ezen paraméterek alapján a multirétegek GMR-effektusa a magnetorezisztív szenzorokban



5. ábra. A mágneses ellenállás térfüggése porlasztással előállított Co/Cu multirétegekben 4,2 K-en Fert és munkatársai nyomán. Felső görbe: multiréteg az első AF-maximumnál (9 Å = 0,9 nm rétegvastagságnál); alsó görbe: multiréteg a második AF-maximumnál (20 Å = 2,0 nm rétegvastagságnál). Szobahőmérsékleten a GMR nagysága kisebb (ld. 4. ábra), de a telítéshez szükséges tér gyakorlatilag változatlan.

való alkalmazások szempontjából felülmúlja mind az érzékenység, mind a viszonylag kis mágneses terek detektálhatósága tekintetében a korábban használt homogén FM-fémekben és ötvözetekben megfigyelhető mágneses ellenállás-változást.

A GMR-jelenség szenzorokban való sikeres alkalmazásához vezető úton az úgynevezett *spinszelep* szerkezet bevezetésével Parkin és munkatársai 1991-ben további lényeges javulást értek el az $\text{MR}(H)$ karakterisztikában. A 6. ábrán láthatunk egy spinszelep szerkezetet, valamint a mágnesezettség és a mágneses ellenállás változását vázlatosan a külső mágneses tér két telítő értéke között. A spinszelep úgy épül fel, hogy egy megfelelő NM-réteggel (rendszerint Cu) AF-módon csatolt FM-rétegpárból az egyik rétegre egy tömbi AF-viselkedést mutató vékonyréteget visznek fel (pl. Ni-Mn vagy Fe-Mn ötvözetből). Az FM- és AF-rétegek határfelületén kialakuló erős közvetlen kicserélődési kölcsönhatás miatt kicserélődési csatolás jön létre a két felső réteg között. Ezen kölcsönhatás következtében, melynek jellemzőit még ma is kiterjedten kutatják, az AF-réteggel csatolt FM-réteg mágnesezettsége a szobajöhethető mágneses terekben



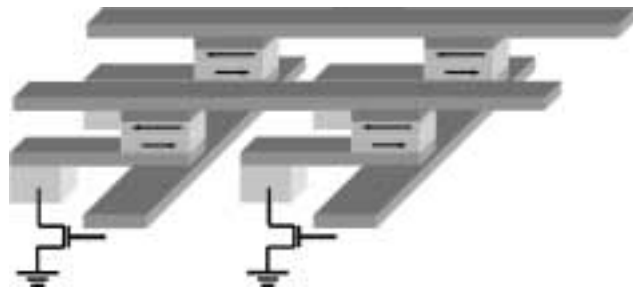
6. ábra. GMR spinszelepszervelet réteggkomponensei (középen) és az egyes rétegek mágneseztségeinek beállása külső tér nélkül (balra). A jobboldali rész mutatja vázlatosan az egész szerkezet M mágneseztségeinek (fent) és R elektromos ellenállásának (lent) változását a H külső mágneses tér függvényében, ahol a kis nyíl párok az alsó és a felső réteg mágneseztségeinek irányát adják meg az egyes rétegtartományokban. A két $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ (permalloy) réteg mágneselesen lágy FM-ötvezet. A felső permalloyréteg mágneseztségségét az AF-ötvezetből ($\text{Mn}_{50}\text{Fe}_{50}$) készült legfelső réteg a határfelületükön kialakuló közvetlen kicserélődés révén balra vízszintesen mutató irányban tartja (előfeszíti) nem túl nagy külső terekig. A felső („rögzített”) és az alsó („szabad”) permalloyréteget külső tér hiányában a nem-mágneses Cu-réteg által közvetített AF-csatolás antiparallel állítja be egymáshoz képest.

mindig az AF-réteg által megszabott irányba mutat (ez az ún. „rögzített réteg”), míg a másik FM-réteget (ez az ún. „szabad réteg”) a detektálandó mágneses tér szabadon átmágnesezheti a rögzített réteggel való nem túl erős AF-csatolása ellenében. Az 6. ábráról látható, hogy ezzel az elrendezéssel egy $H = 0$ tér környékén közel lineáris és elég meredek (vagyis elegendően érzékeny) karakterisztikájú MR-eszközt kaptunk.

Mindezen fejlesztések eredményeképpen a merevlemezek kiolvasófejeiben 1997-ben megjelentek az első GMR spinszelepszerveletűk, és 2007-ben már minden újonnan piacra kerülő merevlemezben ezt használták kiolvasásra. Ennek a megfelelő érzékenysége még jó ideig ki fogja elégíteni a merevlemez-tárolókapacitás jelenlegi erőteljes növekedési ütemét [4].

A spintronika jelene és jövője

Visszatekintve a GMR felfedezése óta eltelt közel húsz évre, megállapítható, hogy ez az eredmény jóval nagyobb hatással volt a mágneses nanoszerkezetek elektromos és mágneses tulajdonságainak kutatására, mint csupán a merevlemez-kiolvasófej érzékenységeinek jelentős megjavítása, ami persze azután a tárolási sűrűség korábban elképzelhetetlen mértékű megnövelését vonta maga után. Nyilvánvaló, hogy a GMR felfedezése katalizált sok egyéb, addig mintegy bűvópatakként folydogáló, ma már spintronikainak nevezett egyéb kutatást is, illetve teljesen új spintronikai kutatási területek is megjelentek. Az előbbiekre példa az *alagutazó mágneses ellenállás* (angolul: tunnelling magnetoresistance = TMR) vizsgálata FM-fém/szigetelő/FM-fém heterostrukturákban, a *spintranzisztor* kidolgozása, a *mágneses félvezetők* kutatása, utóbbiakra példa a GMR-szer-



7. ábra. Az MRAM elvi felépítése

kezetek és félvezetők kombinálásából álló *hibrid eszközök* létrehozása vagy az *áramindukálta átmágnesezési folyamatok* vizsgálata. Mindezek tulajdonképpen egy spintronikai iparág megalapozását jelentik, az alagutazó mágneses ellenállásra alapozott *mágneses* (vagy igazából inkább magnetorezisztív) *RAM-memóriák* (MRAM) fejlesztése például már nagy intenzitással folyik világszerte. Ez komoly kihívást jelent a hagyományos félvezető RAM-memóriák számára az MRAM-ok (7. ábra) jobbnak ígérkező paraméterei és kisebb energiaigénye miatt, ami egyúttal a miniatürizálhatóság irányában is komoly előrelépést biztosíthat.

Befejezés

Végezetül idézzünk egy mondatot a Nobel Alapítvány honlapjáról [1]: „A GMR-effektus története nagyon jó példája annak, amikor egy teljesen váratlan tudományos felfedezés vadonatúj technológiákhoz és ipari termékekhez vezet.” A GMR felfedezéséért most Nobel-díjjal jutalmazott kutatók annak idején kifejezetten alapkutatási célokra kaptak támogatást, bármiféle konkrét alkalmazási célkitűzés nélkül. Ez ráadásul igen költséges alapkutatás volt: drága minta-előállító berendezésre (MBE) volt szükség a hozzá tartozó különleges in-situ mintaminősítő eszközökkel és extrém körülmények között (alacsony hőmérsékleteken és nagy mágneses terekben) végzendő kísérletekkel. A jó felszereltség, párosulva a korábbi tapasztalatokra épülő gondos kísérleti munkával és megfelelő intellektuális teljesítménnyel végül nagy hatású eredményre vezetett ebben a konkrét esetben, de világos, hogy sok korábbi, szintén csak alapkutatási céllal végzett kutatómunka eredménye is hozzájárult ehhez a felfedezéshez. Ebből nyilvánvalóan azt a következtetést kell levonni, hogy a tiszta alapkutatás támogatása nem köthető közvetlenül alkalmazási elvárásokhoz, mert csak színvonalas alapkutatási eredmények alapján születhetnek a későbbiekben gyakorlati felhasználást eredményező felismerések.

Irodalom

1. http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2007/index.html
2. <http://www.zyex.com/nanotech/feynman.html>
3. Simon Eszter: Óriás mágneses ellenállás és csatolások vizsgálata. Diplomamunka, ELTE TTK, Budapest, 2007, ld.: <http://www.szfi.hu/~bakonyi/SimonE-Diplmunka07.pdf>
4. http://colossalstorage.net/hdd_technology2003.pdf

ASZTROSZEIZMOLÓGIA ÉS EXOBOLYGÓ-KUTATÁS

– egy Nature-cikk háttere

Paparó Margit

MTA Konkoly Thege Miklós Csillagászati Kutatóintézete

A cím a csillagászat egymástól meglehetősen távol álló két kutatási területét kapcsolja össze. Az asztroszeizmológia az asztrofizika egyik legsikeresebb területének bizonyult az elmúlt néhány évtizedben. Az exobolygó-kutatás pedig az elmúlt néhány év legdinamikusabban fejlődő ágává vált. Más az érdeklődési területük, más a feladatuk és más-más személyek tevékenykednek az egyik, illetve a másik ágazatban. Ami az utóbbi hónapokban összekapcsolta a két tudományterületet, mégpedig nem is alacsony szinten, az a *Nature* 2007. szeptemberi számában bejelentett exobolygó felfedezése, amelyet egy öreg, ritka fejlődési állapotú csillag körül talált *Roberto Silvotti* (INAF – Osservatorio Astronomico di Capodimonte, Nápoly, Olaszország) vezetésével egy 22 fős nemzetközi kutatócsoport, melynek én is tagja vagyok.

A Pegazus csillagkép V391 jelű csillaga körül keringő exobolygó a paramétereit tekintve semmiben sem különleges. A 3,2 Jupiter-tömegű exobolygó 3,2 éves pályaperiódussal 1,7 Nap–Föld távolságra kering a centrális csillaga körül. Kora mintegy 10 milliárd év, felszíni hőmérséklete 200 °C körül van. Tőlünk mért távolsága közel 5000 fényév. Ezekkel a paraméterekkel a V391 Peg b exobolygó csupán egyike (amiből 12 egy tucat) lenne az eddig felfedezett 250 exobolygónak.

A felfedezés különlegessége magának a bolygónak a létezése egy olyan ritkán előforduló, késői fejlődési fázisú csillag körül, amelynek fejlődési útja hasonló volt ahhoz, amely a Napunk előtt áll. Ezzel egyrészt új terület nyílt a szisztematikus bolygókeresésre, másrészt a felfedezés jelentős inspirációt ad a bolygórendszerek fejlődésével foglalkozó elméleti kutatásoknak. Ezért kapott helyet a *Nature* lapjain, sőt külön méltatást *Jonathan Fortney*-től (NASA Ames Research Center) az exobolygók elméleti kutatásának jeles képviselőjétől is. Az asztroszeizmológia a centrális csillag ritkán előforduló fejlődési állapota és az exobolygó felfedezésének újszerű módja révén kapcsolódik az exobolygó-kutatáshoz.

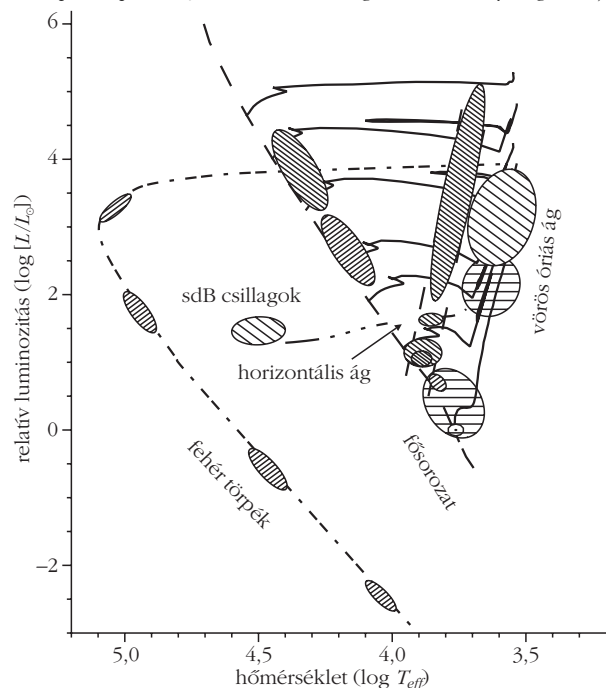
Csillagfejlődés

A csillagok fejlődése évmilliárdokig tartó folyamat a születésüktől a halálukig. Az egyedi csillagok fejlődése nem követhető emberi időskálán, de különböző korú csillagok egyidejű létezése lehetővé teszi, hogy a csillagok fejlődését is vizsgálhassuk.

A csillagok különböző fejlettségi állapota szorosan kötődik a csillag energiatermelési folyamatához. A gravitációs összehúzódás során kialakult anyagsomósodást akkor nevezzük csillagnak, amikor a belsejében beindul a magfúzió. A nukleáris folyamat hatalmas energiámmennyiséget szabadít fel, amely a csillag önálló

fényét szolgáltatja. A csillagok életük legnagyobb részében magjukban a hidrogént égetik héliummá. Ezek a csillagok a hőmérsékletüket és az energia-kibocsátásukat tekintve egy egyenes vonal mentén helyezkednek el a Hertzsprung–Russell-diagramon. Ezt nevezzük fősorozatnak (*1. ábra*). A fősorozaton elfoglalt helyük attól függ, hogy milyen tömeggel „születtek”. Amikor a hidrogén kezd elfogyni a csillag magjában, a folyamat felgyorsul, és a csillag elhagyja a fősorozatot. Hőmérséklete csökken, míg a luminozitása és térbeli mérete óriásira nő. Ez a csillagok vörös óriás fejlődési állapota. A csillag erős anyagkiáramlás, csillagszél formájában elveszíti tömege nagy részét. A vörös óriás fázis végső szakaszában a hidrogén már teljesen elfogy a csillag magjában, ahol ezután beindul a hélium égése. A hidrogén a mag körülli tartományban továbbra is héliummá alakul, de a csillag fő energiatermelését a későbbiekben a hélium szénre és oxigénre alakulása szolgáltatja. Ezt a fejlődési állapotot nevezzük horizontális ági fejlődésnek. A csillagok itt már kisebb tömegek, mint korábban. Hőmérsékletük magasabb, mint a vörös óriás ágon, luminozitásuk viszont alacsonyabb. A vörös óriás ági fejlődés részleteit olyan kevésbé ismerjük, hogy nem tudjuk, mi határozza meg a

1. ábra. A csillagok hőmérséklet és energiakibocsátás szerinti elrendeződését mutatja a Hertzsprung–Russell-diagram. A fejlődési útvonal a fősorozatról halad a vörös óriás ágon át a horizontális ágig, melynek a magas hőmérsékletű vége az extrém horizontális ág. A tömegvesztés után kevés hidrogént tartalmazó csillagok innen fejlődnek a fehér törpe állapot felé. A több hidrogént tartalmazók az aszimptotikus óriáságon át, termális pulzusokat átélve jutnak el a fehér törpe állapotba. (J. Christensen-Dalsgaard és Csubry Z. grafikája)



csillagok pontos helyét a horizontális ágon. Azt tudjuk, hogy nagyon lényeges a későbbi fejlődés szempontjából, hogy mekkora tömegű hidrogénhéj marad a héliummag körül a vörös óriás ági tömegvesztés után. Innen a fejlődési utak szétválnak. Ha kellő mennyiségű hidrogén marad, akkor a hidrogén átalakulása héliummá a héjban tovább folytatódik. Amikor a hélium is elfogyott a magban, az égése szintén egy héjban folytatódik tovább. A csillag visszakerül az úgynevezett aszimptotikus óriáságra. Az energiatermelésben irregularitások jelentkeznek, a nukleáris energiát termelő folyamat „megszalad”, a csillag termális pulzusokat él át. A vörös óriás ághoz hasonlóan itt is megnő a térfogat. Végző állapot a fehér törpe állapot, amelyben a csillag folyamatosan szétsugározza a meglévő energiáját, és fokozatosan eltűnik a szemünk elől.

A végző fejlődés másik útja következik be, ha a vörös óriás ági tömegvesztés után csak nagyon vékony hidrogénréteg marad a csillag héliumot égető magja körül. Ezek a csillagok kerülnek az úgynevezett extrém horizontális ágra. Ezek a szubtörpe B (sdB) csillagok. Hőmérsékletük magas, luminozitásuk alacsonyabb, mint a hasonló hőmérsékletű főszorozati csillagoké. Az extrém horizontális ági csillagok nem jutnak el az aszimptotikus óriáságra, nem élik át a termális pulzusokat, hanem közvetlenül fehér törpéké fejlődnek.

Az újonnan felfedezett bolygó centrális csillaga, a V391 Peg a vörös óriás fázis után az extrém horizontális ági fejlettségi állapotban van, szubtörpe B (sdB) csillag. Felszíni hőmérséklete közel 30000 fok, luminozitása a Nap luminozitásának 35-szöröse. Számos sdB csillag létezik az Univerzumban, de csak egy kis csoportot, mintegy 40 csillagot ismerünk, amelyek a szerkezetük vizsgálatára nagyon alkalmas tulajdonságot mutatnak: elképesztő pontossággal periodikusan változik a fényességük. Ezek a pulzáló sdB csillagok.

Csillagpulzáció

Ha a csillagfejlődés nagyléptékű időskálájának egy-egy pillanatára ráközelítünk, akkor a csillagok életének rövidebb időskálán lejátszódó folyamatai válnak láthatóvá. A csillagok életük jelentős részét viszonylagos nyugalomban élik le, amelyben az egyensúlyi állapotnak megfelelő fényt bocsátják ki. Vannak azonban olyan időszakok a csillagok életében, amikor az egyensúlyi állapot körül kicsiny rezgések alakulnak ki, a csillagok oszcillálnak. A csillag magjából a felszínre tartó energiát az ionizációs zóna (anyaga lehet hidrogén, hélium vagy vas) periodikusan elnyeli, majd újra kisugározza. Az energia periodikusan az ionizációra fordítódik, majd rekombináció útján felszabadul. Ezt a folyamatot a csillag felszínén periodikus fényváltozásként figyelhetjük meg. A megfigyelőberendezések technikai fejlődése egyre kisebb méretű változások észlelésére vezet. Egyre több, különböző fejlődési állapotban lévő csillagnál tudunk megfigyelni fényváltozással járó oszcillációt. Egyre nepe-

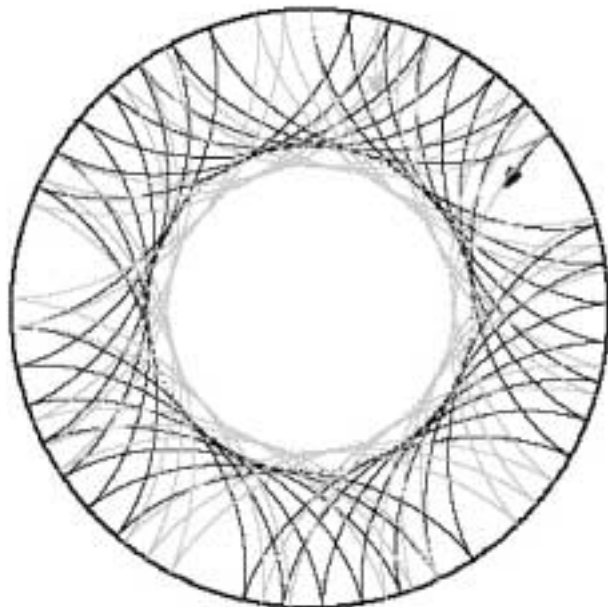
sebb a pulzáló változócsillagok tábora. Ugyanakkor minden változócsillag-típusnál megtaláljuk azokat a teljesen azonos fizikai paraméterekkel jellemezhető csillagokat, amelyek nem mutatnak pulzációt. A pulzáló változócsillagok az analógia révén a nem változó csillagokra is érvényes ismereteket adnak.

A csillagok bármely paraméterének, így a fényességének időbeli változása is feltűnő és rendkívül pontosan mérhető jelenség. A változó-csillagászat ezért tekinthet vissza több évtizedes, sőt klasszikus típusoknál évszázados múltra. Az utóbbi évtizedekben a fejlődés mind a megfigyelés, mind az elmélet terén oda vezetett, hogy ezekkel a fényváltozásokkal a csillagok belső szerkezetét térképezhetjük fel.

Asztroszeizmológia

A megfigyelésben történt fejlődés vezetett az utóbbi évtizedekben a klasszikus radiális pulzáció mellett a nem-radiális pulzáció vizsgálatának kiteljesedéséhez. A radiális pulzációnál a csillag csak sugárirányban változtatja méretét az egyensúlyi állapot körül. Felfújódik, illetve összezsugorodik, mint egy léggömb, ha levegőt fújunk bele, illetve kiengedjük belőle. A nem-radiális pulzáció esetén a csillag szférikus szimmetriája eltorzul, a csillag (természetesen a hasonlat felnagyít) vonaglik, mint egy amőba. A radiális pulzációnál a csillag teljes fényváltozását egy vagy két független összetevő határozza meg. A nem-radiálisan pulzáló csillagoknál, különösen a kicsi amplitúdójú változásoknál a csillag felszínén mérhető fényváltozást számos (bizonyos jól vizsgált eseteknél akár közel száz) független összetevőre lehet bontani Fourier-analízissel. Minden független összetevő a csillag paraméterei által meghatározott sajátrezgés. A sajátrezgések megfigyelési úton történő vizsgálata tehát elvezet a csillag paramétereire. Mivel az egyes összetevők, rezgések, a csillag különböző mélységű rétegéig hatolnak és ott visszaverődnek, a frekvenciakülönbségek az arra a rétegre jellemző paramétereket adják meg, amelyiken csak az egyik hullám haladt át (2. ábra). Mivel a módszer a földi szeizmológiához hasonlít, a csillagok esetében az asztroszeizmológia, illetve a Nap esetében a helioszeizmológia nevet kapta. Napunk közel van, és két dimenzióban tudjuk vizsgálni, így milliós nagyságrendű oszcillációs frekvenciát és azok nagyon szisztematikus elrendeződését figyelhetjük meg. A Napnál ez vezetett a sűrűség, nyomás, hőmérséklet, hangsebesség és kémiai összetétel sugárirányú lefutásának meghatározásához. Tekintve, hogy sem a Nap, sem egyetlen csillag belsejéből nem jut el fény hozzánk közvetlenül (kb. 400 km mélyen látunk a Napba, csak a neutrínók jönnek közvetlenül a Nap magjából), az asztroszeizmológia mint diagnosztikai módszer rendkívül fontos a csillagok belső szerkezetének vizsgálatánál.

Elméleti interpretáció szempontjából a helioszeizmológia, továbbá a fehér törpék és az sdB csillagok szeizmológiai eredményei a legsikeresebbek. Mindkét esetben a pulzációs egyenletek Cowling-közelítése hasz-



2. ábra. Két különböző rezgés (fekete és szürke vonal) csillagon belüli útja. Mindkét rezgés visszaverődik a csillag felszínén és a csillag egy, a rezgésre jellemző rétegében. A két frekvencia különbsége azon réteg fizikai állapotáról szolgáltat információt, ahol csak az egyik, a szürke vonallal jelzett rezgés halad át. (J. Christensen-Dalsgaard és Csabry Z. grafikája)

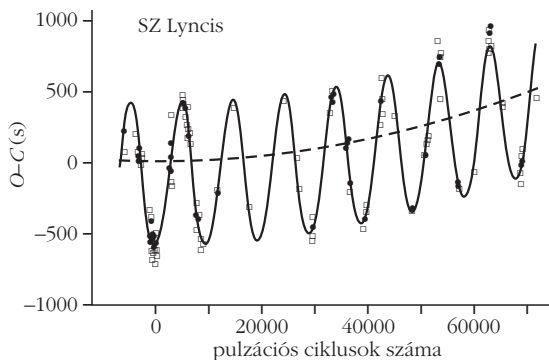
nálható (a gravitációs potenciál perturbációja elhanyagolható). A Nap esetében a rezgések frekvenciáinak, míg a fehér törpék esetében a pulzációs periódusoknak egyenkénti elrendeződése alakul ki. A szisztematikusság segít azonosítani, hogy a csillag melyik rétegét tudjuk tesztelni az adott rezgéssel.

A V391 Peg sdB csillagban 4–5 pulzációs módus van gerjesztve a 342–354 s tartományban. A több pulzációs periódus létezése nagyon meggyőző igazolást adott arra, hogy valóban bolygó kering a csillag körül.

Whole Earth Telescope

A nem-radiális módusban pulzáló változócsillagok általános vizsgálati módja a nemzetközi összefogásban végzett munka. Ennek szükségességét az adja, hogy a megszakítások (éjszaka és nappal váltakozása) nélküli, folyamatos adatsor tisztábban tartalmazza a csillag rezgéseit mindenféle hamis jelek nélkül. A folyamatosságot a Földről csak kontinenseket átívelő nemzetközi összefogással lehet elérni.

A Whole Earth Telescope (röviden WET) gondolata a hetvenes évek végén vetődött fel a Texasi Egyetemen (*Ed Nather*). Ekkor 10 azonos fotoelektromos fotométert helyeztek el a világ különböző pontjain lévő obszervatóriumokban. Elvben 3 megfigyelőhely elegendő a nap teljes 24 órájának lefedésére. A gyakorlatban több megfigyelőhely vesz részt a nemzetközi kampányban, biztosítva, hogy borult ég esetén is minél nagyobb lefedettséget lehessen elérni az idősor-fotometriában. 1986-ban a WET vezetését átvette az Iowa State University (*Steve Kawaler*), majd 2005-ben a Delaware University (*Judi Provencal*).



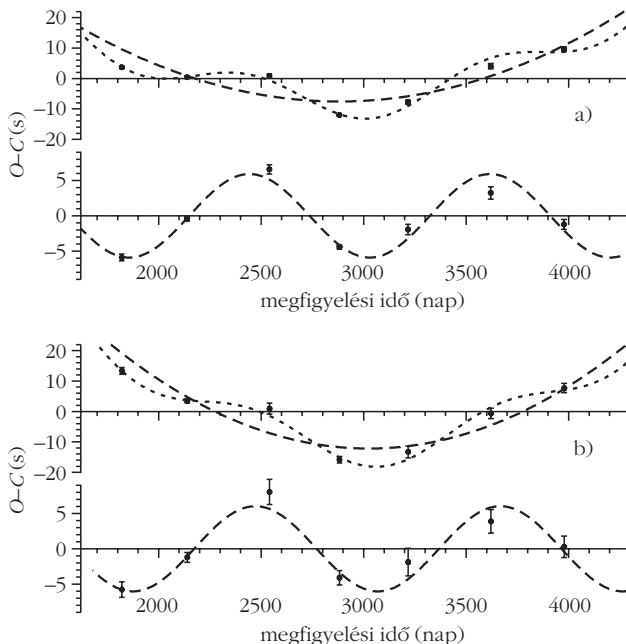
3. ábra. Az SZ Lyncis $O-C$ -diagramja. Az egyetlen pulzációs rezgést mutató, Delta Scuti típusú csillag kettős rendszerben van. A parabola a számításnál használt periódus értékéhez képest a periódusnövekedést adja. Az erre rakódó szinuszhullám a társcsillag gravitációs hatását jelzi. Kettőscsillag esetén, a nagyobb tömeg miatt, a hatás számottevő. (Paparó et al.)

A 2000-es évek elején csatlakoztam a WET nemzetközi kutatócsoporthoz. A CCD (digitális) kamerák hazai megjelenése a halványabb határmagnitúdó és a rövidebb expozíciós idő lehetőségét nyújtotta, ideálisá téve a fehér törpe és szubtörpe B csillagok megfigyelését Magyarországon is. Manapság már a hallgatóim (*Sódorné Bognár Zsófia* PhD-, illetve egyetemi hallgatók, *Molnár László* és *Plachy Emese*, a PISTA – PIszkéztető STudent's Astronomy – csoport tagjai) is bekapcsolódtak a WET munkájába. A csoport többi tagja (*Pápics Péter*, *Már András*, *Kerekes Gyöngyi*, *Sztankó Nándor* és *Bokor Eszter*) a hazai szezonális észlelésekben, a későbbi WET-kampányok előkészítésében vettek részt.

A V391 Peg WET-megfigyelésére hazánkban 2003 szeptemberében került sor. A WET-megfigyelések jelentősen hozzájárultak a pulzációs frekvenciák értékének pontos meghatározásához. Ezek az értékek adják az alapját, hogy a pulzációs periódusokban fellelhető növekedést, illetve csökkenést vizsgálni lehessen.

Periódusváltozás

Ha a csillag fényváltozásának periódusát pontosan ismerjük, akkor előre meghatározhatjuk, hogy a maximális fényesség bármelyik időpontjának mikor kell bekövetkezni (számított időpont, C). A mérésekből viszont pontosan meghatározhatjuk, hogy ténylegesen melyik időpillanatban figyeljük meg a csillag fényének maximumát (megfigyelt, O). Az $O-C$ -értékek időbeli ábrázolása az $O-C$ -diagram. Megadja, hogy a feltételezett periódushoz képest mennyivel különbözik a tényleges periódus. A periódus növekedését fölfelé, míg a periódus csökkenését lefelé nyitott parabola reprezentálja az $O-C$ -diagramon. A több módusban pulzáló csillagoknál minden módusra külön-külön megszerkeszthető az $O-C$ -diagram. A módszer széles körben használt nemcsak a pulzációs periódusok változásának vizsgálatára, hanem kettős rendszerekben a gravitációs hatások kimutatására is. *Szeidl Bélával* 1988-ban az SZ Lyncis pul-



4. ábra. A V391 Peg sdB csillag $O-C$ -görbéi a domináns és a második legnagyobb amplitúdójú módusra. A periódusnövekedés és a parabolák különbözőek. A külön bemutatott szinuszhullám mindkét esetben azonos. Egyetlen lehetséges magyarázat, hogy egy bolygó kering a csillag körül. (Silvotti et al.)

záló Delta Scuti csillag $O-C$ -diagramjából (3. ábra) határoztuk meg a kettős rendszer pályaparamétereit (korábban radiálissebesség-méréseket használtak erre a célra (Paparó, Szeidl, Mahdy, 1988, *Astrophysics and Space Science*).

A nemzetközi kutatócsoport a V391 Peg sdB csillag periódusváltozását tanulmányozta, remélve, hogy az a csillagfejlődés időskáláját adja meg. A V391 Peg esetében a domináns módus periódusváltozása

$$\frac{dP_1}{dt} = (1,46 \pm 0,07) \cdot 10^{-12},$$

ami 1 másodperc 22 ezer év alatt. A második legnagyobb amplitúdójú periódus növekedése eltérő értékű:

$$\frac{dP_2}{dt} = (2,05 \pm 0,26) \cdot 10^{-12}.$$

A periódusváltozások aránya az adott periódushoz,

$$\frac{P_1}{\dot{P}_1} = 7,6 \cdot 10^6 \text{ s, illetve } \frac{P_2}{\dot{P}_2} = 5,5 \cdot 10^6 \text{ s.}$$

A kapott értékek nagyon jól megfelelnek a fejlett extrém horizontális ági csillagokra vonatkozó elméleti várakozásoknak. A megfigyelésekből és az elméleti modellekből kapott értékek összehasonlítása volt az asztroszeizmológiai érdeklődésű nemzetközi kutatócsoport elsődleges célja.

Az $O-C$ -diagram további vizsgálata vezetett el az elmúlt évek legdinamikusabban fejlődő területére, az exobolygókhoz.

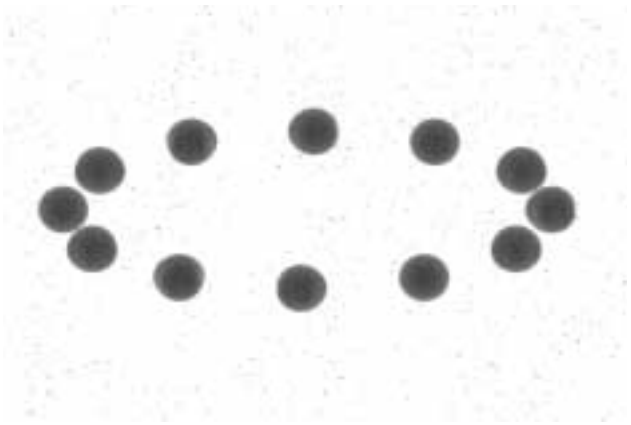
Az új exobolygó (V391 Peg b) felfedezése

A V391 Peg csillag két domináns módusára elkészített $O-C$ -diagramok a periódusok növekedését reprezentáló parabolákhoz képest nem elhanyagolható, szisztematikus eltéréseket mutattak (4.a és 4.b ábrák). A periódusok növekedésétől elválasztott eltéréseket mindkét $O-C$ -diagram esetében egy-egy szinuszhullámmal lehet illeszteni. Ráadásul a szinuszhullámok azonosak. Az azonosság kizárja azt a lehetőséget, hogy a szinuszos változás a csillag pulzációjához kapcsolódjon. Ekkor ugyanis a csillagnak 3,2 éves periódussal kellene kifejeződnie, illetve elhalványodnia. Ez az időskála nem egyeztethető össze a pulzációelmélettel.

Az egyetlen lehetséges magyarázat, hogy egy csillag körül keringő test gravitációs hatását látjuk. A közös tömegközéppont körül a csillag szintén egy pályamozgást végez. A csillag hol távolabb, hol közelebb van hozzánk. Ennek megfelelően a csillag fénye egyszer később, máskor korábban ér hozzánk, mint azt a pontos periódus és a periódusnövekedés alapján várnánk. A két kiértékelhető periódusban mutatkozó azonos hatás nagyon meggyőző érv a bolygóval történő interpretáció mellett. A bolygó hatása nem több, mint 5,6 másodperc eltérést okoz (5. ábra). Összehasonlításként, a Naprendszer esetében ez a hatás csak 3 másodperc, míg az SZ Lyncis kettős rendszerénél 8 perc eltérést okoz a társ csillag.

A bolygó pályaparamétereit az $O-C$ -diagram szinuszkomponense adja. A csillag tömegére a pulzációs modellek adnak becslést szűk határok között. Az sdB csillag tömege most 0,5 naptömeg, sugara a Nap sugarának csak közel 20 százaléka, 163000 kilométer. Amit nem lehetett meghatározni, az a bolygó pályasíkjának inklinációja. Ahhoz, hogy a centrális csillag körül keringő test kis tömegű csillag, vagy barna törpe legyen, nagyon kicsi szöget kell feltételezni az inklinációra. Valószínűségi megfontolások alapján 98%-os biztonsággal állíthatjuk, hogy a V391 Peg b óriás gázbolygó.

5. ábra. A V391 Peg sdB csillag pályamozgását arányosan mutatja a rendszer közös tömegközéppontja körül. A fényváltozás maximumának idejében mindössze 5,6 másodperces sietést, illetve késést okoz a csillag pályamozgása. A csillag felszínén látszó árnyalati egyenetlenségek, illetve helyenként a gömbszimmetriától eltérő torzulások a csillag különböző pulzációs állapotának pillanatképek rögzítik. (Kolláth Z. grafikája)



A felfedezés jelentősége az exobolygó-kutatásban

A csillagászat és az asztrófizika nem kísérleti tudomány. Nem lehet Naprendszereket készíteni és tesztelni a feltételezéseinket. Csak egyetlen lehetőség marad: keresni, keresni és keresni addig, amíg elegendően nagy számú hasonló objektumot nem találunk a különböző fejlődési állapotokból ahhoz, hogy konzisztens képet alkothassunk a lezajló folyamatokról. A V391 Peg b exobolygó felfedezése bizonyította, hogy ki lehet terjeszteni az exobolygó-„vadászatot” a késői fejlődési állapotú csillagokra is. A bolygórendszerek fejlődésének kutatása, számos bizonytalanul ismert folyamat (a centrális csillag tömegvesztése a vörös óriás ági fejlődési állapot alatt, a bolygó viselkedése a csillagszélben, fékeződése a csillag lég-

körében, ha bekerül) fontossága miatt egyenesen igényli, hogy minél több késői fejlődési állapotú csillag körül találjunk bolygót.

A V391 Peg csillag–bolygó rendszer most még egyedi lehetőséget nyújt. Ismerjük a fejlődési állapotát és tudjuk, hogy 5 milliárd évvel korábban hasonló volt a Nap–Föld rendszerhez. A csillag 0,9 naptömegű volt és a bolygó Nap–Föld távolságra keringett körülötte. A Naprendszerünk jelenét kiválóan ismerjük, és most találtunk egy rendszert, amely megmutatja a Nap jövőjét 5 milliárd év múlva, a vörös óriás fejlődési fázis után. Kiváló, de egyedi lehetőség, hogy az elméleti kutatások bizonytalan kérdéseire a vörös óriás fázist illetően pontosabb választ kapjunk. Valószínű, hogy az asztroszeizmológia és az exobolygó-kutatás a jövőben is szorosan kapcsolódik, hogy minél nagyobb mintával rendelkezünk a Naprendszer jövőjének tisztázásához.

A COMETARIUM-MECHANIZMUS

Laczik Bálint

BME Gyártástudomány és -technológia Tanszék

„Be van fejezve a nagy mű, igen.
A gép forog, az alkotó pihen.
Év-millióig eljár tengelyén,
Míg egy kerékfogát újítani kell.
Fel hát, világim véd-nemtői, fel,
Kezdjétek végtelen pályátokat.
Gyönyörködjem még egyszer bennetek,
Amint elzúgtok lábaim alatt.”

(Madách I.: *Az ember tragédiája*)

Az égi jelenségek szemléltető eszközei

A kutató ember érdeklődésének múlhatatlan tárgya az égbolt. A Nap, a Hold, a bolygók, az üstökösök, a csillagok csodálatos mozgásrendjének fürkészése valamennyi korai civilizáció kezdetét jellemezte.

Az éggömb titokzatos képeinek sajátosan szabályos ismétlődéseiben a körmozgás elemei sejlének fel. A kerék, a kör és a körmozgás geometriai absztrakciója már hamar beépült a csillagászat eszköz- és fogalom-rendszerébe.

A másfél évezreden át meghatározó ptolemaioszi¹ kozmoszmodell a harmónia eszméjében gyökerezett. Az ég objektumai az elérhetetlen tökéletességet hordozván, mozgáspályáik is csak tökéletes geometriai alakzatok, körök lehettek; az éggömb körpályáin a bolygók állandó sebességgel keringtek.

A mozdulatlan Földön álló megfigyelő szempontjából a bolygók járása azonban a legkevésbé sem követi e feltevést.

Az évszázadokon át mindinkább finomodó ptolemaioszi rendszerben a Föld körül, állandó sugáron és

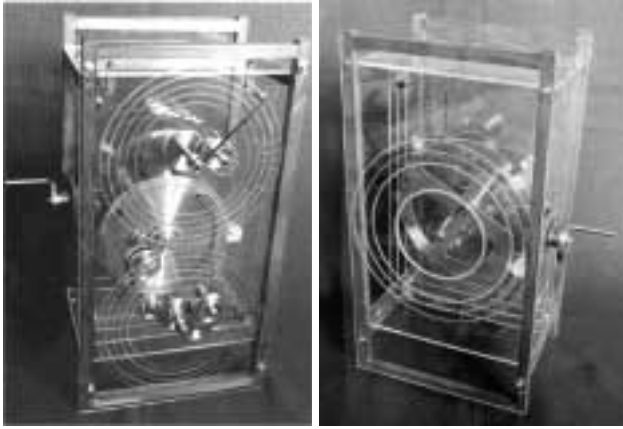
szögsebességgel mozgó equans pontok körül állandó sugarú és szögsebességű pályákon (az úgynevezett epiciklusokon) keringtek a bolygók.

A kiegészítő elemek bevezetésével az állandó sebességű körmozgásokból összetett geocentrikus rendszer azonban már meglehetősen pontossággal írta le a Naprendszer sajátosságait.

Az évezredek során a csillagászati elméletek illusztrálására az égitestek mozgását, azok pályá- és időjellemzőit szemléltető mechanikus szerkezetek mennyi változata született.

Cicero (i.e. 106–43) egyik írása szerint *Arkhimédész* már épített egy, a Nap, a Hold és az akkoriban ismert öt bolygó mozgását utánozó készüléket, erről azonban nem tudunk pontosabb részleteket. A jelenleg legkorábbinak számító csillagászati eszköz az úgynevezett Antikythera-mechanizmus. Az i.e. 87-ben készített, 32 bronz fogaskerékből álló műszer a Nap és a Hold viszonylagos mozgását jelenítette meg. Egy, az Égei-tengeren elsüllyedt ókori gálya maradványai között fellelt készülék töredékeit *Derek de Solla Price* professzor éveken keresztül vizsgálta, majd *John Gleave* rekonstruálta a műszert. A mai mérnök számára is bámulatos szerkezet képe az *1.*, kinematikai vázlat a *2. ábrán* látható.

¹ *Ptolemaiosz Klaudiosz* (kb. 100–170), 13 kötetes csillagászati összefoglalója a 16. századig a kozmológiai világkép alapjául szolgált.



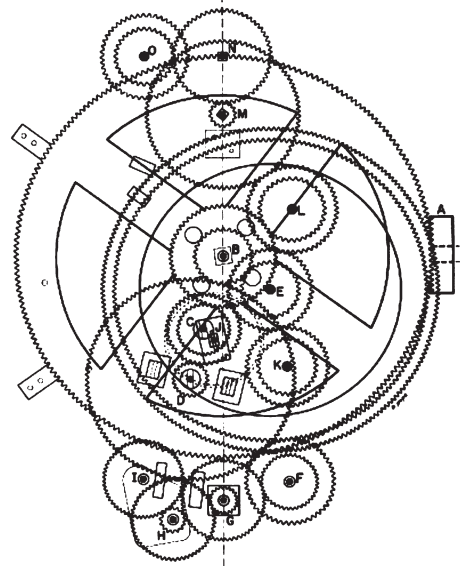
1. ábra. Az Antikythera-mechanizmus rekonstrukciója

A középkorban elterjedt asztrolábiumok kézzel működtetett mutatói az égitestek egyidejű pozícióit jelezték (3. ábra). A köztéri csillagászati órák művészi számlapjai mellett gyakran mozgó figurák is segítettek az égi jelenségek szemléltetését, értelmezését. A közismert prágai Orloj a technikátörténet kimagasló remeke (4. ábra).

A bolygórendszer mechanikai modelljeit angol nyelvterületen az orrery, illetve planetarium kifejezés jelöli. A „planéta” szóból származtatott elnevezés nyelvileg és fogalmilag hűen tükrözi a készülékek lényegét. Charles Boyle, Orrery IV. earlje részére George Graham és John Rowley órásmesterek 1712-ben készítettek el egy, a maga korában igen nevezetes műszert. Sir Richard Steele 1761-ben kiadott *A New and General Biographical Dictionary* című összeállításában – tévesen – a megrendelő főúrnak tulajdonította a készülék megalkotását. A korabeli *British Encyclopaedia* által átvett szócikk nyomán az orrery kifejezés mindmáig elterjedt. (A Holdra utaló lunárium, az éggömböt idéző sztellárium ritka magyar elnevezések a hazai szakkörökben használatosak.)

A modern planetárium őst Christian Huygens 1682-ben készítette el. Az éggömb belső felületére óraművel mozgatott rendszer vetítette az égitestek képeit. A Huygens féle készülék matematikátörténeti szempontból is sajátos érdekességű. A Föld és a Szaturnusz közepes keringési szögsebességeinek aránya $77\,708\,431 : 2\,640\,858$. Huygens – elsőként alkalmazva

3. ábra. Giovanni Domenico Feciole asztrolábiuma (Bologna, 1558)



2. ábra. Az Antikythera-mechanizmus fogaskerékrendszere

a láncörtes közelítést – ezt az áttételt egyetlen, 206:7 fogságú arányú fogaskerékpárral valósította meg. (Tessék utánaszámolni a közelítés pontosságának!)

A napjainkban leginkább elterjedt Zeiss-féle projekciós planetáriumban a tervező, Walter Bauersfeld (1879–1959) Huygens konstrukciós alapelvét alkalmazta. (A budapesti nagyműszer ugyancsak Zeiss-rendszerű.)

A 18. század remekművű csillagászati óráin bonyolult, többmutatós számlapokról lehetett leolvasni a

4. ábra. A prágai Orloj csillagászati órája





5. ábra. Mechanikus asztali planetarium a 18. századból

bolygók pályadatait. A legigényesebb készülékek a Naprendszer objektumait kisebb-nagyobb, a rugómotor által folyamatosan hajtott, keringő gömbökkel jelenítették meg (5. ábra). A bonyolult, finom szerkezetek azonban többnyire nem, vagy csak kisebb pontossággal reprodukálták az égi mozgások valóságos sebességviszonyait.

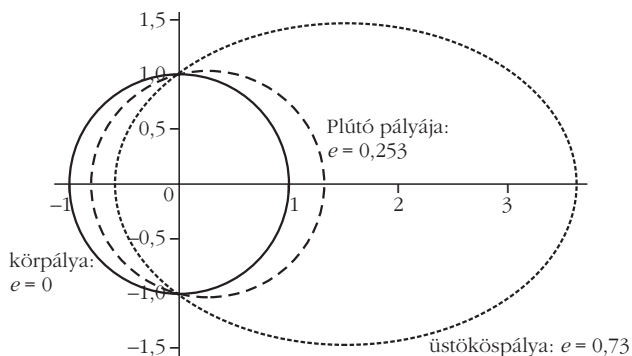
Az angol nyelvterületen ugyancsak ismert cometaryum-készülékek a Kepler-törvényeket leglátványosabban megvalósító kométák (comet = üstökös) mozgását szemléltetik.

Változó szögsebességű mozgások az égi mechanikában

A középiskolai fizikából ismert Kepler-törvények egy központi égitest gravitációs erőterében keringő bolygó mozgását írják le. Az első törvény szerint a pálya olyan ellipszis, amelynek egyik fókuszpontjában a központi objektum áll. A második törvény szerint a központból a bolygóhoz húzott vezérsugarak azonos időtartamok alatt azonos területű szektortartományokat söpörnek. A harmadik törvény kimondja, hogy két bolygó keringési időinek négyzetei úgy aránylanak egymáshoz, mint a centrális égitesttől mért középtávolságaik harmadik hatványai.

A Kepler-törvények nem veszik figyelembe a bolygók között fellépő, a valóságos mozgásviszonyokat többé-kevésbé befolyásoló kölcsönhatásokat. Ha a központi égitest körül tetszőleges, egymásra is vonzó hatást kifejtő bolygót vizsgálunk, az égi mechanika általános n -test problémájához jutunk. A klasszikus feladat zárt alakú, általános megoldása nem létezik; a pályák meghatározása csak igen bonyolult, numerikus közelítő módszerekkel lehetséges.

A pályasebesség változása döntően a bolygópálya körtől való eltérésétől (az ellipszis excentricitásától – lapultságától) függ.



6. ábra. Az égi mozgáspályák lapultságai aránya

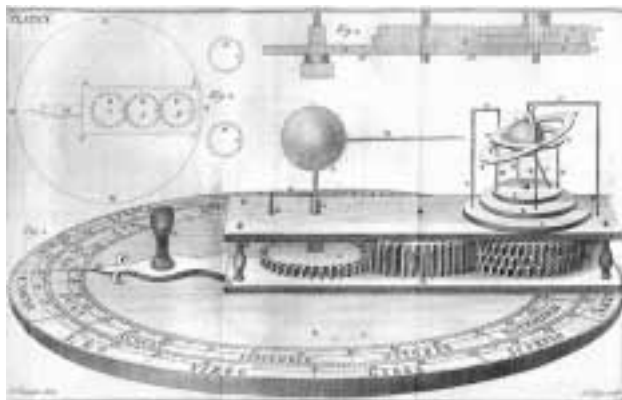
Naprendszerünkben a (bolygó címétől a közel-múltban megfosztott) Plútó pályája a leglapultabb. Az 6. ábrán folytonos vékony vonallal szerkesztett kört és a szaggatott vonalú, a Plútó $e = 0,253$ excentricitású pályájának megfelelő ellipszist egybevetve látszik, hogy a Naprendszer bolygóinak pályái nagyon is „körszerűek”. Szembeszökően nagy – például az ábrán vastag vonallal rajzolt, $e = 0,73$ – excentricitású ellipszispályák csak az üstökösöknél fordulnak elő.

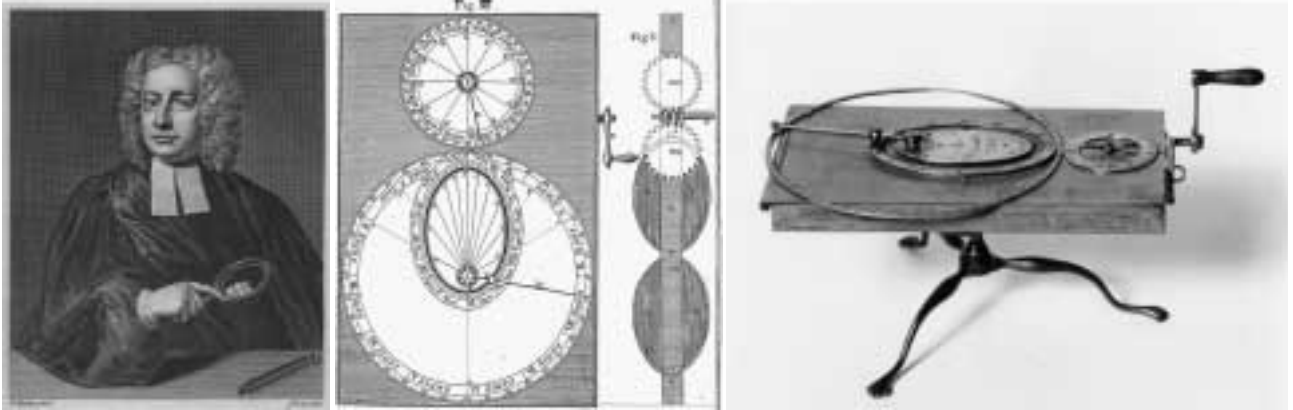
A Desaguliérs-féle cometarium

Az erősen lapult ellipszis pályákon keringő, jelentősen gyorsuló-lassuló üstökösök mozgásának szemléltetésére a cometarium-készülékeket használták. Jellemző felépítésüket *James Ferguson* (1710–1776) *Astronomy Explained upon Sir Isaac Newton's Principles* című könyvéből átvett szép metszet illusztrálja (7. ábra).

Az első cometariumot megépítő *John Teophilus Desaguliérs* (1683–1744) a tudománytörténet különös személyisége (8.a ábra). A napjainkra jócskán elfelejtett Desaguliérs-t 4 éves korában, a XIV. Lajos által visszavont II. nantes-i ediktum nyomán meginduló hugenottaüldözések előtt szülei egy ruháskosár mélyére rejtve menekítették Angliába. A sokoldalúan tehetséges ifjú teológia-, majd természettudományokat tanult, később Newton jó barátjaként tevékenyen közreműködött a nagy fizikus kísérleteiben és munkássá-

7. ábra. Cometarium-mechanizmus a 18. századból





8. ábra. John Teophilus Desaguliers (1683–1744) balra, a), Desaguliers-féle cometarium szerkezete közepén, b) és cometarium-mechanizmus a 18. századból jobbra, c)

gának ismertetésében. Számos kisebb-nagyobb fizikai tétel mellett az elektromos vezető és szigetelő anyagi tulajdonság felfedezése is a nevéhez fűződik. George Graham segítségével elsőként alkotott az emberi izomerő mérésére szolgáló dinamométert, és végzett az emberi test mechanikájának megismerését segítő kísérleteket.

Tudományos eredményei mellett a mindmáig hírhedt Orffyreus-féle örökmozgó „titkának” leleplezése is életművét gazdagította. Desaguliers sokirányú aktivitását tükrözi, hogy az angol Nagypáholy tekintélyes mestereként tevékeny részt vállalt a szabadkőműves-mozgalom szervezésében, eszméinek terjesztésében.

A Desaguliers-féle cometarium részletes ismertetése a [3–4] forrásokban lelhető fel, a készüléket a 8.b ábra szemlélteti. A 8.c ábrán egy későbbi, hasonló rendszerű szerkezet látható.

Az Angol Királyi Társaság előtt 1732-ben bemutatott Desaguliers-cometariumban két, fókuszpontjaikban rögzített, egybevágó elliptikus tárcsa és azokat összekapcsoló, rugalmas szalag állítja elő az ellipszispályán mozgó bolygóelem periodikusan gyorsuló-lassuló mozgását. (A két szalag félbevágott 8-as alakokban simul a tárcsákra, és biztosítja azok csúszásmentes gördülését, lásd 9. ábra.)

A kortárs tudomány által zajosan ünnevelt szerkezet azonban *elvileg hibás*, az elliptikus hajtás mozgásviszonya nem felel meg Kepler II. törvényének.

9. ábra. Változó szögsebességű mozgást megvalósító elliptikus tárcsák és szalagok



A cometarium változó áttételű fogaskerekei²

Az állandó A tengelytávolságon együttműködő általános görbéjű fogaskerekek alapegyenletei a t időpillanatban:

$$r_1(\phi_1(t)) + r_2(\phi_2(t)) = A,$$

$$\eta(t) = \frac{\frac{d}{dt}\phi_2(t)}{\frac{d}{dt}\phi_1(t)} = \frac{r_1(\phi_1(t))}{r_2(\phi_2(t))}, \quad (1)$$

ahol $\eta(t)$ a rendszer t időparaméter szerint változó, áttételi függvénye, a hajtott és a hajtó szögsebességek hányadosa.

Legyen az 1 indexű hajtó fogaskerék szögsebessége

$$\frac{d}{dt}\phi_1(t) = 1.$$

A gördülő görbék csúszásmentes gördülése esetén, tetszőleges $t = \tau$ időpillanatban az 1 kerék szögelfordulása $\phi_1(\tau) = \tau$, a 2 keréké pedig

$$\phi_2(\tau) = \int_0^\tau \eta(t) dt. \quad (2)$$

Az (1) egyenletekből a gördülő görbék egyenletei:

$$r_1(t) = \frac{A\eta(t)}{1 + \eta(t)}, \quad (3)$$

$$r_2(t) = \frac{A}{1 + \eta(t)}.$$

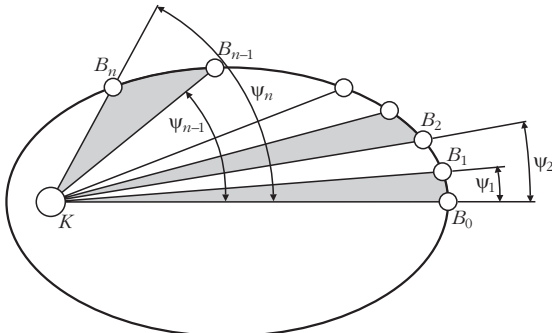
Az egybevágó ellipszis alakú fogaskerekekből felépülő, változó áttételű mechanizmust a 11. ábra szemlélteti. (Ez a szerkezet éppen a 10. ábra mechanizmusának mozgásviszonyait állítja elő.)

A Nap vonzásterében keringő bolygóra felírt impulzustételből levezethető II. Kepler törvényét – az állandó

² A változó áttételű fogaskerekekre – tervezésük, gyártásuk mégoly érdekes volta mellett, vagy éppen miatt – a műszaki gyakorlat meglehetősen ritkán tart igényt. A tárgykörben évek óta kutató szerző az interneten fellelt Desaguliers-féle szerkezet nyomán fellelkesülve készítette el a készülék II. Kepler törvényének megfelelő mechanikai modelljét.



10. ábra. Változó szögsebességű mozgást megvalósító elliptikus fogaskerékpár



11. ábra. A $KB_0B_1, KB_1B_2, \dots, KB_{n-1}B_n$ állandó területű ellipszisszektorok $\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_{n-1}, \psi_n$ polárszög-paraméterei

területsebesség elvét – megvalósító fogaskerék rendszer áttételi függvénye a 11. ábra alapján adódik. Az

$$r = \frac{p}{1 - e \cdot \cos \varphi}$$

egyenletű ellipszis $\psi_{k-1} \leq \varphi \leq \psi_k$ szektortartományának területe

$$\Delta A = \frac{1}{2} \int_{\psi_{k-1}}^{\psi_k} r^2 d\varphi.$$

A teljes ellipszis területének A értékét n egyenlő részre osztva, $\Delta A = A/n$. Az alábbi

$$\begin{aligned} \Delta A &= \frac{1}{2} \int_0^{\psi_1} r^2 d\varphi, \\ 2 \cdot \Delta A &= \frac{1}{2} \int_0^{\psi_2} r^2 d\varphi, \\ &\dots \\ k \cdot \Delta A &= \frac{1}{2} \int_0^{\psi_k} r^2 d\varphi, \dots \end{aligned}$$

egyenletssorozatot numerikusan megoldva adódnak a $\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_k, \dots, \psi_n = 2\pi$ szögparaméterek.

A hajtó fogaskerék $2\pi/n, 2 \cdot 2\pi/n, \dots, k \cdot 2\pi/n, \dots, 2\pi$ mértékű elfordulásaihoz a hajtott kerék éppen a $\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_k, \dots, \psi_n = 2\pi$ szögértékekkel fordul el.

Az áttételi függvényt az

$$\begin{aligned} \eta_1 &= \frac{\psi_1}{2\pi/n}, & \eta_2 &= \frac{\psi_2 - \psi_1}{2\pi/n}, & \dots, \\ \eta_k &= \frac{\psi_k - \psi_{k-1}}{2\pi/n}, & \dots, & & \eta_n &= \frac{2\pi - \psi_{n-1}}{2\pi/n} \end{aligned}$$

véges differenciák sorozata a tetszőleges $t = \psi_k$ pontban elvileg helyesen állítja elő.

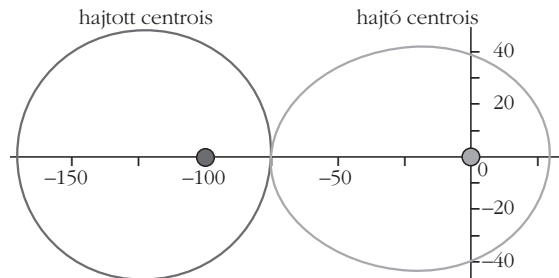
Az egymáson tiszta gördüléssel mozgó tárcsák szabatos formái az (1–3) egyenletek segítségével tehát meghatározhatók. A $p = 50, e = 0,46$ paraméteres ellipszishez tartozó tárcsák a 12. ábrán láthatók. (A látszattal ellentétben a bal oldali alakzat csupán emlékeztet a körre és a jobb oldali görbe sem ellipszis.)

A cometarium működése a II. Kepler törvénynek megfelelő alakú fogaskerekekkel folyamatossá tehető. A fogaskerék- és mutatórendszert, valamint az összeállított készüléket a 13. ábra illusztrálja. A felső fogaskereket állandó szögsebességgel forgatva, a kapcsolódó alsó kerék, valamint az ellipszis alakú horonyban keringő, és a fogaskerék átfúrt tengelyéhez kapcsolt bolygóelem elvileg pontosan biztosítja a II. Kepler-törvény szerinti mozgást.

Irodalom:

1. <http://www.adlerplanetarium.org>
2. <http://www.planisphere.com>
3. <http://hyperion.cc.uregina.ca>
4. M. Beech: The Mechanics and Origin of Cometaria. *Journal of Astronomical History and Heritage* 5(2) (2002) 155–163.

12. ábra. Az állandó területsebességű elliptikus mozgást megvalósító centroispár



13. ábra. Az elvileg egzakt cometarium-mechanizmus CAD-modellje



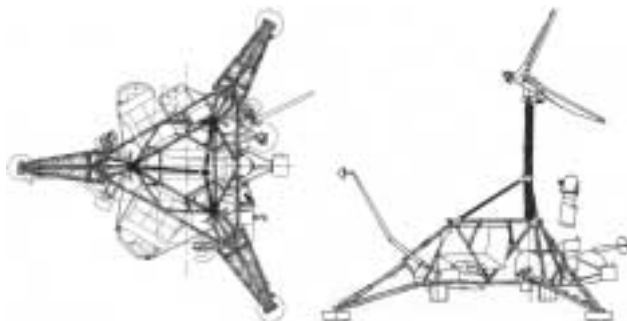
A HUNVEYOR GYAKORLÓ ŰRSZONDAMODELL SOKOLDALÚ FÖLHASZNÁLÁSA A FIZIKA TANÍTÁSÁBAN ÉS A TANTÁRGYI KAPCSOLATOKBAN

Bérczi Szaniszló, ELTE TTK, Anyagfizika Tanszék
 Hegyi Sándor, PTE TTK, Informatika és Általános Technika Tanszék
 Hudoba György, BMF Regionális Oktatási és Innovációs Központ

A Hunveyor-modell megépítése

Bő tíz évvel ezelőtt, 1997 őszén, egy új oktatási formát kezdtünk el az ELTE TTK Kozmikus Anyagokat Vizsgáló Űrkutató Csoportjánál. Egy kísérleti és gyakorló jellegű űrszondamodell építéséhez fogtunk. A robot építéséhez a NASA egy 1960-as években használt űrszondája, a Surveyor szerkezetét és fölépítését vettük mintául (1. ábra). A Surveyor-7 1968 februárjában szállt le simán a Holdra a Tycho-kráter északi lejtőjén, és ott mechanikai, mágneses, optikai és sugárzásos anyagvizsgáló méréseket végzett.

1. ábra. A Surveyor-3 1967. áprilisi Holdat érése után 31 hónapot várt Alan L. Beanre, közelében leszálló Apollo-12 űrhajósára. Alatta a Surveyor fölül- és oldalnézetben. A világos és egyszerű elrendezés – lásd a besatírozással kiemelt vázszerkezetet – sugallta a Hunveyor-modell megépítését.



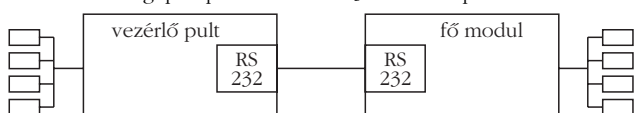
Az űrszondamodell építésével az volt a célunk, hogy megtanuljunk egy olyan összetett kísérleti berendezés építését, amely széleskörűen használható a természettudományos tantárgyak oktatásában. Űrszondamodelként Hunveyor-nak (Hungarian university Surveyor) neveztük el. A Surveyorok méréseit bemutató szakirodalomból megérezhettük, hogy mi az űrszondacsalád holdfelszíni munkasikerének a titka: az egyszerű vázszerkezet és a jól kigondolt energetika, elektronika és műszerpark. Űrkutatói intézményekben (Space Camp, Huntsville, Space Center, Houston) tett látogatások alkalmával azt is megtapasztalhattuk, hogy az elektronikus rendszer – szimulációs céllal – szintén egy egyszerű alapelrendezésre építhető föl: két számítógép „beszélgetésére” (2. ábra).

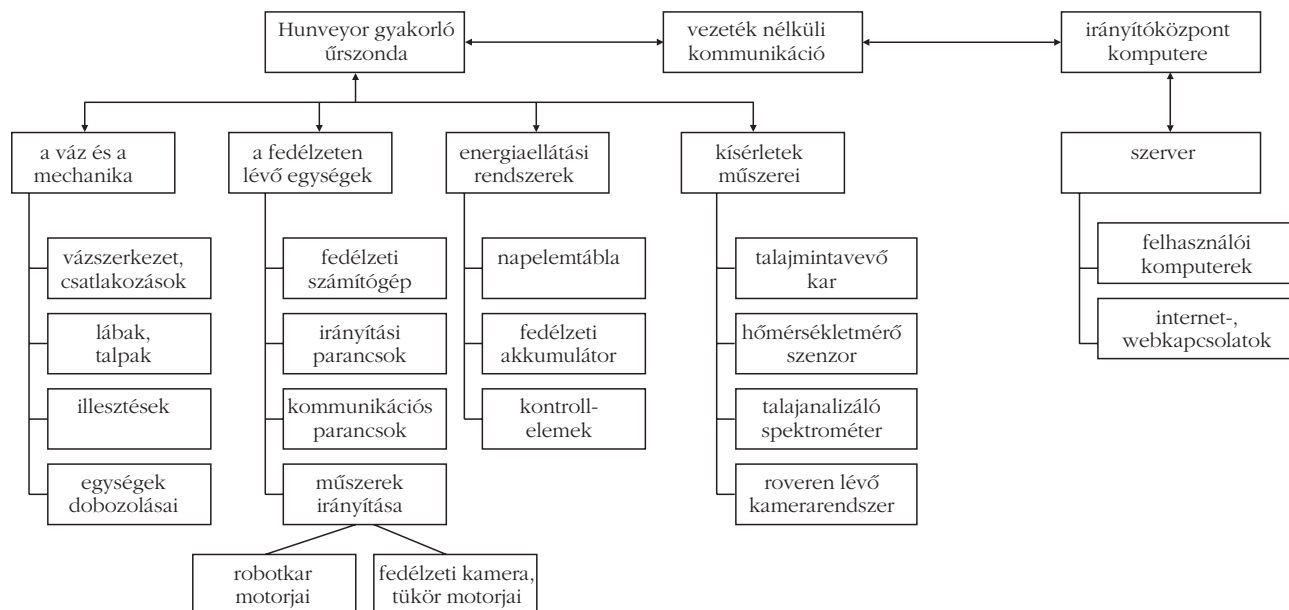
A Surveyor űrkísérletek elemzése után a robotépítés először az ELTE TTK Általános Technika Tanszékén kezdődött meg (később az Általános Fizika Tanszéken folytatódott), majd a munkába bekapcsolódott a Pécsi Tudományegyetem Informatika és Általános Technika Tanszéke és a Budapesti Műszaki Főiskola székesfehérvári Kandó Kálmán Karának munkacsoportja is (és néhány további intézmény vett még részt a munkában, melyekről az 1. táblázatban számolunk be).

A Hunveyor gyakorló űrszondamodellel a Surveyor 1/3 méretarányú változatának vázával épült. Az alapelgondolás egy olyan minimálűrszonda-modellel építése volt, amely már megérkezett az égitest felszínére és méri a környezetét. E mérések tervezése során csaknem minden természettudományos tantárgy felségvizére eljutottunk. Egy űrszonda: megszőtt irányítási és mérési technológiarendszer (3. ábra).

A mozgatók mechatronikai szerkezeteket kívánunk bekapcsolni. A kísérleti gyakorló űrszonda építése során először egy olyan egyszerű minimálűrszonda készült el (4. ábra), melyen robotkar és fedélzeti kamera működött. Később termikus, mágneses, elektrosztatikus (porgyűjtő), talajkeménység-, illetve talaj-

2. ábra. A Hunveyor-szimulátorrendszer elektronikus alapszerkezete: két számítógép kapcsolata az RS 232-es soros porton.





3. ábra. A Hunveyor építésének blokkdiagramja

1. táblázat	
A jelenlegi Hunveyor–Husar-csoportok	
Hunveyor-1	Eötvös Loránd Tudományegyetem, TTK, Fizikai Intézet, Anyagfizikai Tanszék, Koszmosz Anyagokat Vizsgáló Űrkutató Csoport, Budapest. Hunveyor-1b és -1c. A minimálűrszonda 1997 őszén készült el, a Husar-1 1998 őszén. Programszervező: <i>Bérczi Szaniszló</i> . http://planetologia.elte.hu/
Hunveyor-2	Pécsi Tudományegyetem, TTK, Informatika és Általános Technika Tanszék, Pécs. Hunveyor-2 minimálűrszonda 1998 tavaszán, Husar-2a, Husar-2b és Husar-2c. Lego Husar változat. Programszervező: <i>Hegyí Sándor</i> . http://www.ttk.pte.hu/ami/urkutato/index2.htm
Hunveyor-3	Berzsenyi Dániel Főiskola, Technika Tanszék és Természetföldrajzi Tanszék, Szombathely. Hunveyor-3 minimálűrszonda 2001 tavaszán. Programszervező: <i>Károly Csaba</i> .
Hunveyor-4	Budapesti Műszaki Főiskola, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar, Számítógéptudományi Intézet, Székesfehérvár. A Hunveyor-4 minimálűrszonda 2003 tavaszán, a Husar-4 2004-ben készült el. Programszervező: <i>Hudoba György</i> . http://hunveyor.szgti.bmf.hu/
Hunveyor-5	Nyugat-Magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Termőhelyismereti Tanszék, Sopron. Hunveyor-5 minimálűrszonda fejlesztés alatt. Programszervező: <i>Gucsik Arnold</i> .
Hunveyor-6	Dorogi Gimnázium. A Husar-6 2004-ben készült el. Programszervező: <i>Nyerges Gyula</i> .
Hunveyor-7	Pannonhalmi Főapátsági Gimnázium. A Hunveyor-7 előkészületben. Programszervező: <i>Pintér Ambrus</i> .
Hunveyor-8	Simonyi Károly Szakközépiskola, Pécs. A Hunveyor-8 előkészületben. Programszervező: <i>Bíró Tamás</i> .
Hunveyor-9	Tatai Gimnázium, Tata. Programszervező: <i>Maknics András és Magyar Csabáné</i> .

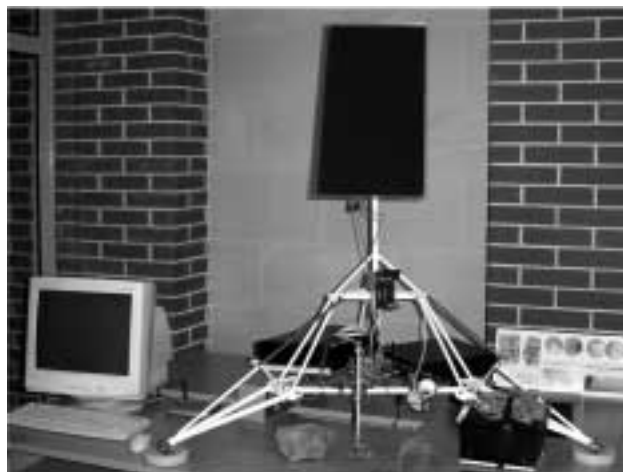
nedvesség-mérő egységek tervezésére is sor került (5. ábra). Mielőtt rátérünk arra, hogyan kapcsolható össze a gyakorló űrszonda építése a természettudományos és technológiai tárgyakkal az egyetemi oktatásban, röviden szólunk az építés folyamatáról.

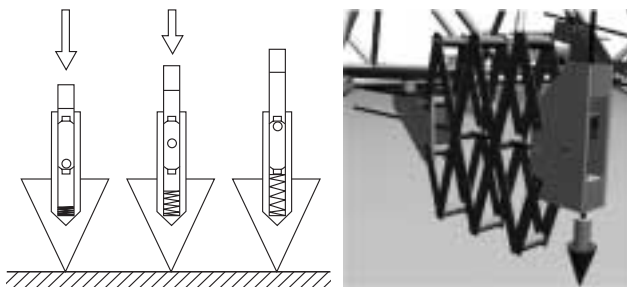
Főbb lépések a Hunveyor-modellek fejlesztésében

A Hunveyor-űrszonda építése során a következő főbb kutatási-oktatási-szervezési stratégiát követtük:

1. A fejlesztési és építési munkát több, egymásra épülő lépcsőben szerveztük meg: először a minimálűrszonda készült el, majd ezt folyamatosan fejlesztettük, úgy, hogy mindvégig működő egészésként szerepelhessen a már elkészült egység.
2. Modul elven építettük az űrszondát: önállóan is fejleszthető és önmagában is megálló és működő egységeket építettünk, s ezeket az önálló részeket mindig

4. ábra. A Hunveyor-1 modell a laborasztalon





5. ábra. Talajkeménység-mérő alrendszerek terve és számítógépes grafikai megvalósítása

összehangoltuk. Ehhez az összehangoláshoz követelmény az, hogy mindvégig kompatibilisek legyenek a részrendszerek.

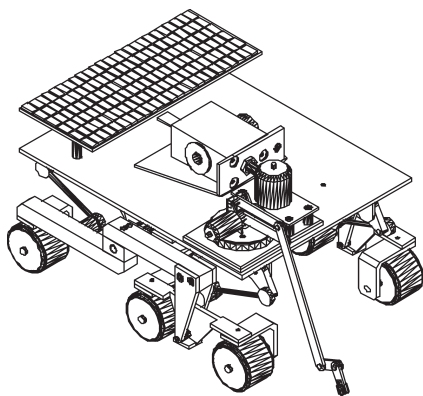
3. Fejlesztési szinteket tűztünk ki célul. E szintek beiktatásával fokozatosan valósítottuk meg először az elektromos hálózatról működő, azután a hálózathűgetlen, autonóm változatot.

4. A hazai beszerezhetőséget és alacsony költség-szintet szem előtt tartva először PC-alapú elektronikát fejlesztettünk.

5. Csoportmunkát szerveztünk. Hallgatói csoportok és társtárszéli együttműködés egyformán részei voltak a programnak.

Egyfajta oktatási fölhasználási lehetőség volt az is, ha a Hunveyor-modellen folytatott építési munka elkészítési és megvalósítási folyamatát elemeztük. A Hunveyor építése összetett technológiai folyamat, ezért összefoglalható gyártási folyamatábrán. Ez a fo-

6. ábra. A Husar-rover egy terve (fölül) és egy megvalósított modell, a mikroroverek (alul)



lyamatábra a műveletsorok térképe, melyen az idő függvényében láthatjuk a munka fázisait. Az oktatásban megjelenő szintézismódszerhez és a technológiák összehasonlító módszeréhez is közel áll a Hunveyor gyakorló űrszondán végzett építő és fejlesztő munka. A művelettérkép nemcsak sorba, hanem összképbe is rendezi a szakaszonként és külön-külön végzett építő műveleteket. A munka elemzésének végeredménye az is, hogy a diákok jobban átlátják és megjegyzik az egyes munkafolyamatokat, a részfolyamatok egymáshoz való viszonyát, átlátják és memorizálják az egyes műveleti lépéseket. Képet alkothatnak a nagy munka egészéről és részeiről is, de a reájuk halmozott részletismeretek nélkül. Megismerhetik tehát a munkafolyamat ábrázolási hierarchiáját is. Ez pedig előnyösen formálja nézeteiket abban az irányban, hogy minden rendszert egy jól megragadható szinten érdemes először áttekinteni, fölösleges részletek elhagyásával. A szerkezeti hierarchia tehát a diákokban formálódó rendszerszemlélet része lesz. Ez a hierarchia ugyanúgy vonatkozik az anyagokra is, melyek tulajdonságait fölhasználják az építés során és a technológiákra, melyek segítségével az építést végzik.

A Hunveyor-modellek használatának egyik újabb célja az, hogy a diákok idejekorán ismerkedjenek meg egy sokoldalúan fejleszhető, érdekes és komplex rendszerrel, amely összeépíthető részrendszerekből áll és működő egységet alkot. Példaértékű az is, hogy számos technológia lekicsinyítve és más technológiák társaságában fordul elő a Hunveyoron. Az építés során a Hunveyor gyakorló űrszonda a modulszerkezetű építést is érzékelteti. De a Hunveyor használatával azok számára is megismerhetővé válnak az űrkutatásban kifejlesztett konstrukciós eredmények, akik ilyenek közelébe sohasem juthatnak el.

A Hunveyor építési program része volt a Kozmikus Anyagokat Vizsgáló Űrkutató Csoport (KAVÜCS) munkáinak. Munkacsoportjaink lehetővé tették, hogy az űrkutatói munkák rendszerében is elhelyezzük a Hunveyor-modell építését, amely a fejlesztések során a Husar (Hungarian University Surface Analyser Rover) robotautóval bővült (6. és 7. ábra). A Husar-modellek belépésével még inkább szétágaztak a megva-

7. ábra. A Husar-2a rover a terepasztalon



lósítási lehetőségek. A Hunveyor–Husar-rendszer a Pathfinder–Sojourner-együttest modellezi. A műszerpark megoszlik a helyben maradó és a mozgó egység között. A méretek is kísérletezés tárgyai. Egy harmadik lehetőség is van a rendszer bővítésére: egy Hunballon egység magasba emelkedhet egy légkörrel burkolt bolygótest felszínén. Ma ez a Titánra tervezett kutatás számára képzelhető el.

A Hunveyor–Husar-modellek a KAVÜCS tevékenységi rendszerében

A KAVÜCS munkacsoportjai a kozmikus anyagok vizsgálatának négyféle területén tevékenykednek. A NASA holdközeteinek vizsgálatával indult a munka, és a kőzettani anyagkutatás rövidesen kiterjedt a meteoritok vizsgálatára is. Planetológiai vizsgálatokat az égitestfelszíni alakzatok morfológiájának területén végzünk, és közreműködött űrkutató csoportunk a Naprendszer bolygóit bemutató térképsorozat elkészítésében és kiadásában is (*Hargitai Henrik* térképeinél).

A Hunveyor–Husar-fejlesztések képezték az égitestfelszíni mérések modellezését. Kozmikus szerkezetek tervezésénél pedig az űrkutatás és geometria kapcsolatát vizsgáló csoportunk munkáit is hasznosítottuk (*Kabai Sándor*). Visszapillantásunknál most összekapcsoljuk mindezen planetáris anyagvizsgálati munkáinkat és a Hunveyor–Husar-modell építését és fejlesztését. Mindegyik témánkban fontos szerepet játszik az űrkutatás oktatása is, de egy új formában, az oktatva kutatási formában.

A KAVÜCS nagy tématerületeinek összekapcsolása egy magasabb rendszerbe szervezés keretében történhet. Egy távoli bolygótest anyagainak megismerésére irányuló műszaki-tudományos tervezési és építési rendszert tekinthetjük ilyen magasabb rendszernek. Nevezzük végcélnak a bolygótestről begyűjtött anyagok vizsgálatát. (Valójában ezt végezzük a NASA holdközeteinek esetében.) De hosszú műszaki-tudományos tervezési és építési tevékenységsor juttat el bennünket a kőzetmintákhoz, vagy az égitestfelszíni anyagvizsgálatokhoz. E lépéseket, a külön-külön üzemeket kívánó munkákat 10 lépésre bontottuk. Ezeknek a nagy tevékenységi köröknek a nagy részét mi a KAVÜCS keretei között elsősorban megismerni, tanulni és modellezni tudjuk. Mégis, egy áttekinthető munka során, ha megismerkedünk az egész folyamattal, az jó fölkészülési stratégia. A nagy tevékenységi köröket, a tudomány- és iparági lépéseket a mellékelt diagram tartalmazza (*2. táblázat*). Ebből a munkasorból tehát többet tevékenyen művelnek is a KAVÜCS űrkutató csoport tagjai.

A munkasort az égitest felszínének megismerésével indítjuk. Ennek ma ismert módja egy égitest körüli pályára helyezett mesterséges hold, amely lefényképezi a bolygó felszínét. Második lépésként az égitest felszínének rétegtani (sztratigráfiai) föltérképezése történik meg. Harmadik lépésnek azt a műveletet vetjük, amikor az orbitális mérések során kőzetek anya-

2. táblázat

A planetáris anyagvizsgálatok

a megismerő munkafolyamat főbb állomásai	a KAVÜCS-nél végzett modellező munkarészek
Az égitest felszínének megismerése orbitális űrszondákkal.	Geomorfológia, fotogeológia, MGS, Lunar Orbiter, Galileo, Cassini, Voyager felvételei
A bolygótestek föltérképezése geográfiai és földtani (sztratigráfiai) módszerekkel.	Tematikus bolygótérkép-sorozat készítése, egyes kis atlasz kötetek geomorfológiai munkái.
Kőzetminták, planetáris felszíni anyagok forráshelyének azonosítása.	Planetáris analóg közelítőhelyek tervezése, látogatása.
Űrszonda tervezése bolygófelszíni vizsgálatokra (lander és rover együttes munkájára).	Űrszonda modellezése a Hunveyor- és a Husar-építésekkel. (Következő szint: holdbázis)
Űreszköz mérőrendszerének építése, tesztelése.	A Hunveyor- és a Husar-modellek építése, tesztelése.
Az űreszköz planetáris felszínre juttatása.	
Mérések, terepi munkák űreszközzel az égitest felszínén.	Terepasztali mérések, szimulációk és analóg terepeken végzett szimulációk, mérések a Hunveyor–Husar-modellekkel.
Mérési adatok, terepi kőzetminták Földre juttatása (Apollo, Luna).	A kapott mérési eredmények földolgozása. Végrehajtott munkák jelentéseinek tanulmányozása (pl. Surveyor-munkák).
Planetáris anyagminták vizsgálata (nemzetközi együttműködésben).	NASA holdközeteinek vizsgálata.
Összehasonlító planetológiai és kozmopetrográfiai szintézis építése.	Az egész munkarendszert elemző, bemutató oktatási anyagok készítése a kis atlaszokban.

gát azonosítjuk, és ezek alapján megtervezük a min-tavevő űrszonda leszállási helyét.

Negyedik lépésként illeken ebbe a tevékenységi sorozatba azok a munkafázisok, amelyek során a Hunveyor- és a Husar-modellek fejlesztése történik. A negyedik lépés űrszonda tervezése bolygófelszíni vizsgálatokra és anyagok begyűjtésére.

Ötödik fázis magának a mérőeszköznek, mérőrendszernek a megépítése és tesztelése. A hatodik fázisnak a leszálló eszköz égitestfelszínre juttatását tekintettük. Ezt a lépést csak szimulációs bemutatással tudjuk követni munkáink során.

Amikor a bolygófelszínre kutató szondák megérkeztek az égitest felszínére, ismét bekapcsolódhatunk a munkába. Méréseket, felszíni vizsgálatokat végezhetünk az égitest felszínén. Ezt a mi adottságaink mellett sokrétűen modellezhetjük. Egyrészt a terepasztalon végzett, másrészt az analóg földrajzi tájakon végzett terepi munkákkal. A nyolcadik munkafázis a terepi mérési adatok „Földre”, adatközpontokba juttatása.



8. ábra. A Hunveyor-4 Mars-analóg terepgyakorlaton, Gánton

Ezt a munkafázist a mérés során a Hunveyor–Husar-modellek és a földi irányítóközpont szerepét betöltő számítógép közötti kommunikációval tudjuk megvalósítani.

Kilencedik munkafázis lehet a Földre jutott (NASA) kőzetminták mikroszkópi (és spektroszkópi) összehasonlító anyagvizsgálata. Ez utóbbi során a résztvevő egyetemi hallgatók a NASA-holdkőzetek tanulmányozásán keresztül megismerkedhetnek számos planetáris kőzettani anyag típussal, bolygóközettani kutatási programmal is. A kutatva tanulás lehetőségét a kozmikus anyagokkal párhuzamosan földi anyagok technológiáinak megismerésére is fölhasználjuk.

A befejező munkafázis az egész munkaprogram összegzése, melynek során összehasonlító planetológiai és kozmo-petrográfiai (*petrográfia = kőzettan*) szintézis születik. A program elágazásai szinte kimeríthetetlen gazdagsággal követik mindazokat a lehetőségeket, amelyekbe diákjaink és egyetemi, főiskolai hallgatóink már ma is be tudnak kapcsolódni a nagy űrügynökségek folyamatban lévő űrprogramjaiban.

Ebben a planetáris anyagvizsgálati munkasorban lehet igazán értékelni azokat a munkafázisokat, amelyeket a Hunveyor építése és a Husar-rover fejlesztése képvisel. Fontos mindig tudatosítanunk, hogy mind ezt modellezési szinten végezzük, de a nagyobb iparági vertikumban elfoglalt helyét is láthatjuk.

A munkák kidolgozása és megszervezése: a munkákban részt vevő egyetemi hallgatók megismerkedhetnek számos műszaki és terepi geológiai megfigyelési és mérési programmal, melyek részét képezik a bolygó kutatási programoknak is. Másrészt a terepi munkát „át tudják majd fogalmazni” műszeres közvetett munkává és a Hunveyor–Husar-robotépítésen be-

tervezett mérésekké. A hallgatók számára ezzel lehetőség nyílik (már a közép-, majd a felsőfokú oktatási szakaszban) az űreszközökkel végzett komplex tevékenységek ipari szintű, igen összetett folyamatába való bekapcsolódásra.

Terepgyakorlatok a Hunveyor–Husar-modellekkel

A természettudományos kutatói oldal sokrétűségét nézzük meg például a geológiai oldalról. A célégitest felszínének anyagát, például a holdi vagy a marsi talajt sokféle műszerrel vizsgálták már a simán leszállt Surveyor, illetve Viking és Pathfinder robotok, valamint az Apollo-űrhajósok is. A terepi geológiai munkák bekapcsolására kiegészítettük a Hunveyort egy terepasztallal, amely különféle planetáris tájakat modellezhet. Berendeztük már holdi, marsi sivatagi, sőt folyóvölgyi terepként is. A Husar-roverrel társítva a Hunveyort e tájról internetre képet is közvetítettünk. Az internetcímről volt mozgatható a kisautó is és a kaparó kar is. A kar beáshatott és megemelhette a sivatag homokját, mely azután visszacsorgott a sivatagi tájra. Egyik sivatagunk a Naprendszer főbb kőzettípusait mutatta be. Egy másik marsi sivatagi tájat a Pathfinder által fényképezett olyan sziklával népesítettük be, amelyeket a bolygótestek sivatagos felszínét érő hatások, átalakítások mintázata borította (porlerakódás, becsapódás, áramlás utáni elrendezetség stb.)

2005-ben célul tűztük ki azt, hogy terepgyakorlatokon is kipróbáljuk a rendszert. Elhatároztuk, hogy olyan planetáris analóg helyszíneket látogatunk meg Magyarországon, amelyek mind a geológiai terepi munka szempontjából, mind pedig a Hunveyor-fejlesztések és a mérések fejlesztése és kipróbálása szempontjából sok haszonnal járhatnak a fejlesztők számára. Az első ilyen terepi látogatásra a Kecskemét melletti Fülöpházán került sor. Itt található hazánk egyetlen futóhomokos dűnesora. Második terepgyakorlatunkra Nógrádon, a Vár-hegy melletti mezőkön található éles kavicsok terepén került sor. Ezek a marsi jégkorszaki szelek által lapos oldalúakra csiszolt kőzetdarabok földi párjai. Később látogatást tettünk a béri andezitnél, majd Gánton a külszíni fejtés bányagödrenél (8. ábra). Itt a vörös sziklasivatagi táj vízmosásai, kőzetkibúvási és más felszíni formái tették a terepet szintén marsi analóg tájjá. Egy másik terepgyakorlat-csoportot a Mecsek-hegységben tartottunk: Hosszúhetényben a vénuszi kőzetekkel is rokon fonolitot bányásszák. Újabb nagy analóg szimulációs terepgyakorlatunk volt a szentbékállai (9. ábra) és a hegyestűi látogatás (10. ábra).

Mindkét helyen bazaltok vannak jelen és a bazaltok, mondhatni, interplanetáris kőzetek, csaknem minden égitesten előfordulnak. A szentbékállai kőzet jelentősége abban áll, hogy a tufában található zárványok egy sorozata rokonítható a marsi eredetű shergottitos meteoritek körében fölsimert magmás kőzetsorozathoz. A Hegyestű bazaltoszlopai pedig a



9. ábra. Hunveyor- és Husar-modellek szimulációs terepgyakorlaton Szentbékállán

kiömlés folyamatáról mutatnak be szemléletes metaszeképet, égitestléptéken. Ma még csak elkezdhattük ennek a gazdag kapcsolatrendszernek a művelését, amit a robotok terepi használata jelent. A Husar-rover újabb kipróbálási lehetőségét jelentette egy amerikai terepgyakorlat, melyet *Hargítai Henrik* hajtott végre a Sziklás-hegységben, a Marsi Sivatagi Bázison a Husar-2b robotautóval (11. ábra).

A Hunveyor–Husar-modellek pedagógiai értéke

A gyakorló űrszondamodellek építése a modern oktatási formák felé mutat: tehát pedagógiai értékű is ez az építési program. Tantárgyintegráló szerepe is elvitathatatlan. Az a hallgató, aki egy működő űrszondát a maga sokszínű fedélzeti technológiáival, elektronikaival, informatikai feladataival végiggyakorolt, meg fogja állni a helyét a polgári életben is, ahol a technológiák ismerete és a szervező-építő tudás is nélkülözhetetlen.

A Hunveyor-rendszer a jövőbeli érdekesítő oktatás egyik ígérete. A Hunveyor gyakorló űrszonda vázának, elektronikájának, s a kezdetben felszerelésre kerülő

10. ábra. A Hunveyor-4 Hegyestűn



egyszerűbb mérőrendszereinek megépítésével a hallgatók informatikai, környezettudományi, fizikai, kémiai és planetáris geológiai ismeretei is gyarapodnak. Fontos, hogy mindvégig egységes eszkésként kezelik a műszer-együttest mint technológiai rendszert, amely befogadja, méri és továbbítja a környezet folyamatairól érkező adatokat. Az űrszonda mérő és informatikai folyamatait kapcsoltan, szintézisben kell, hogy lássák a diákok a környezetben zajló áramlásokkal (szél, víz, talaj, hő stb.), melyekbe a mérőműszerek „csápjaikat” belemerítik. A Hunveyor kísérleti gyakorló űrszonda építési munkái így rendszerszemléletet is kialakítanak bennük.

A 21. századi oktatásban célunk az is, hogy tantárgyaink legyenek érdekesek és aktuálisak. A végzett feladatok tegyék a diákokat képzeletgazdaggá is. Ezért ne csak kész feladatokat adjunk nekik, hanem mozgassuk meg fantáziájukat a tennivalók sokrétűségével. Mi, tanárok, már előre kigondoltuk számos részletét a komplex Hunveyor-építési feladatnak. De hagyjuk a diákokat szabadon alkotni, csak bizonyos célokat (talajt kaparjon a robotkar, nézzen körül a kamera stb.) adjunk meg, s a megvalósítást bízzuk rájuk. Ez az életre nevelő, konstruáló természetudományi és technológiai oktatás ismét vonzó lesz a diákok számára. Ebben a munkában várjuk az érdeklődő kollégák együttműködését.

11. ábra. A Husar-2b részt vett a utahi Mars Desert Station programon, a Mars-analóg tájon, ahova Hargítai Henrik kollégánk vitte el.



A Hunveyor kísérleti gyakorló űrszonda szerkezete és a planetáris felszíni áramlások közötti kölcsönhatási mátrix

		Hunveyor				
		váz + felületek	érzékelők + elektronika	energiaellátás	mozgató egységek	kommunikáció, rádióantennák
égitest szerkezeti, felszíni részeti, áramlások	szél, gázok áramlása	A nagy szélnyomás elsodorhatja, kibilentheti a szerkezetet.	„Érzékelő fűlek” a szél, tömegspektrométer a kémiai összetétel mérésére.			
	talaj, a felszíni por	A felszíni poranyag lerakódhat a Hunveyor szabad felületein.	Kiszűrés, vizsgálatba és műszerbe „beemelés”, kémiai összetétel vizsgálata.	A lerakódó por idővel gyengíti az energiatermelés hatékonyságát.	A mozgó alkatrészeket a felszínen szálló portól védeni kell.	
	fény, színek	A Napról jövő fény szóródhat, és tükröződhet a Hunveyor felületein.	Visszavert fény színképelemzése spektroszkóppal, közetek színe, fényképek.	Napelem termeli az űrszonda energiáját, kísérlethez fókuszálható.		
	hő, termikus viszonyok	Bizonyos irányokban hőszigetelés/hőelvezetés kell. Hőtágulás!	Hőmérők, hőtágulásmérők, hőtágulásbélyegek.	Tükörrel vagy lencsével fókuszálható a napfény egyes kísérletekhez.		
	elektromos töltések	Feltölthetik a vázat, ha nincsen elektromos földelés.	Elektrosztatikus effektusok mérése.			
	mágneses szemcsék	Bizonyos anyagok esetén a vázra rakódhat a talaj mágnesesen aktív pora.	Mágneses szemcsék szelektálása alakzatra rendeződéssel (dán kísérlet).			

A Hunveyor–Husar-modellrendszer távlati

A Hunballon említésével már érintettük a távlati terveket is. A Hunveyor–Husar-modellrendszer a földi környezettudomány oktatásának is fontos kísérleti objektuma. A robotokon helyet foglaló technológiák olyan műveletsorokat alkotnak, amelyek mátrixba rendezhetők. Ezzel a Hunveyor-mátrixszal a meglátogatott bolygótest felszínén zajló áramlásokat és a Hunveyor–Husar-modelleken lévő mérő- és információs technológiákat kapcsolhatjuk össze. Amikor a mátrixot egy űrszonda elvi bemutatására használjuk, akkor az összekapcsolt mérő és információs technológiák térképét láthatjuk magunk előtt, mert az űrszonda: megszűnt mérő, információs és adatfeldolgozó technológiák együttese. A Hunveyor-mátrixban (3. táblázat) a vízszintes irányban haladó méréstechnológiák és az oszlopokat képező környezeti áramok keresztezik egymást. Egy bolygófelszíni áramlást különböző mérési műveletekkel érzékelhetünk. Ezek a mérések képezik a mátrix oszlopait. Például a szél és a por áramlásába, anyagáramába különféle méréstechnológiai érzékelők nyúlnak bele. A Hunveyor-mátrix tehát egyszerre látatja velünk a méréshez használt műszereket és a környezet áramlásait. Mindezek a földi környezetben is hasznosítható ismeretek. Egy másik távlatos fejlesztési irány a számítástechnika terén végzett fejlesztések sokasága, a műszerek kicsinyítése, valamint a hordozhatóság elérése.

A Hunveyor-építési munkát segíti az, hogy az elmúlt tíz évben öt alkalommal fejlesztési támogatást

kaptunk témapályázat keretében a Magyar Űrkutatási Irodától. Ezekért a támogatásokért a Hunveyor–Husar-modellrendszert fejlesztő közösség nevében is köszönetet mondunk.

Irodalom

- Bérczi Sz., Cech V., Hegyi S., Borbola T., Diósy T., Köllő Z., Tóth Sz. (1998): *Lunar and Planetary Science XXIX*, #1267, Houston
- Bérczi Sz., Drommer B., Cech V., Hegyi S., Herbert J., Tóth Sz., Diósy T., Roskó F., Borbola T. (1999): *Lunar and Planetary Science XXX*, #1332, Houston
- Hegyi S., B. Kovács, M. Keresztesi, I. Béres, Gimesi, Gy. Imrek, Lengyel, J. Herbert (2000): *Lunar and Planetary Science XXXI*, #1103, Houston,
- Roskó F., T. Diósy, Sz. Bérczi, A. Fabriczy, V. Cech, S. Hegyi (2000): *Lunar and Planetary Science XXXI*, #1572, Houston,
- Bérczi Sz., T. Diósy, Sz. Tóth, S. Hegyi, Gy. Imrek, Zs. Kovács, V. Cech, E. Müller-Bodó, F. Roskó, L. Szentpétery, Gy. Hudoba (2002): *Lunar and Planetary Science XXXIII*, Abstract #1496, LPI, Houston (CD-ROM).
- Hudoba Gy., Balogh Z., Sáfár A., Bérczi Sz. (2006): *Constructing Hunveyor-4 Educational Space Probe*. (SAMI-2006), Herlany, Slovakia
- Hudoba Gy., S. Hegyi, H. Hargitai, A. Gucsik, S. Józsa, A. Kereszturi, A. Sik, Gy. Szakmány, T. Földi, P. Gadányi, Sz. Bérczi. (2006): *Lunar and Planetary Science XXXVII*, #1114, LPI, Houston.
2005. augusztus 29-i dátummal Kozmikus Anyagokat Vizsgáló Űrkutató Csoportunk egy kollektívája megkapta a „Hunveyor szabadalmát”, melyet eredetileg 2000. augusztus 14-én nyújtottunk be. A Szabadalmi Okirat adatai: A Magyar Szabadalmi Hivatal az okirathoz fűzött leírás alapján 224 382 lajstromszámon, a P 00 03283 ügyszámú bejelentésre szabadalmat adott. A szabadalmi bejelentés napja 2000. augusztus 14. A találmány címe: *Planetáris felszíni viszonyok modellezésére és mérésére alkalmas elrendezés*. A szabadalom jogosultja és feltaláló: *Bérczi Szaniszló*, Budapest, *Diósy Tamás*, Budapest, *Drommer Bálint*, Budapest, *Földi Tivadar*, Budapest, *Tóth Szabolcs*, Szeged. Munkánkat sok mindenben segítette *Varga Tamás Péter* szabadalmi ügyvivő úr.

HOGYAN FOGÓDZKODIK AZ OPOSSZUM A FARKÁVAL A FAÁGBA?

A csavarvonalban föltekerevedve kapaszkodás biomechanikája

Horváth Gábor

ELTE TTK, Fizikai Intézet, Biológiai Fizika Tanszék

Bizonyára mindenki látott már olyan növényt, melynek kacsai csavarvonalban tekeredtek föl egy ágra vagy drótra (1. ábra). Talán a legközismertebb példa a szőlő, amint a támaszul szolgáló drótra kapaszkodik a kacsáival (1.b ábra). A szőlő és sok más kúszónövény kacsokkal kapaszkodik a támaszra, ami a természetben többnyire egy másik növény. A kacsok módosult levelek és száruk. Egy állandóan hosszabbodó kacs körbe-körbe köröz, és ha valamilyen tárgyba ütközik, akkor elkezd föltekerevni rá. A kacs tárggyal érintkező oldalán a sejtek növekedési sebessége lelassul az átellenes oldali sejtekéhez képest. Ezért a folyamatosan növekvő kacs fokozatosan a tárgy felé görbül, és lassan föltekerevdi rá. A növények e mozgásformáját nevezzük tigmotropizmusnak¹.

A növényi kacsok ágakra történő csavarvonalú föltekerevéhez hasonló jelenséggel találkozhatunk számos állatnál is: Például a fákon élő kuskuszok² (2.a ábra), farksondrók³ (2.b ábra) és oposszumok⁴ (2.c–d ábra) csavarvonalban föltekerevő hosszú farkukkal kapaszkodnak a faágakba. Egyes kígyók a fára is föl szoktak kúszni, ahol gyakran csavarvonalban tekerednek az ágak köré (2.e ábra). A munkára fogott elefántok pedig az ormányukat csavarszerűen tekerik például a fölemelendő fatörzs köré (2.f ábra).

A növényi kacsok és a szóban forgó állatok farka, teste, ormánya tehát abban közösek, hogy a támaszul szolgáló hengeres tárgyra csavarvonalban tekerednek föl, minek hatására akkora súrlódási erő ébred köztük és a tárgy között, ami biztos megkapaszkodást és jó fogást tesz lehetővé. E súrlódási erő például még az oposszum és farksondró teljes súlyát is megtartja

(2.b–d ábra). Határozzuk meg e súrlódási erő nagyságát a kacs, fark, kígyótest, illetve ormány föltekerevése függvényében.

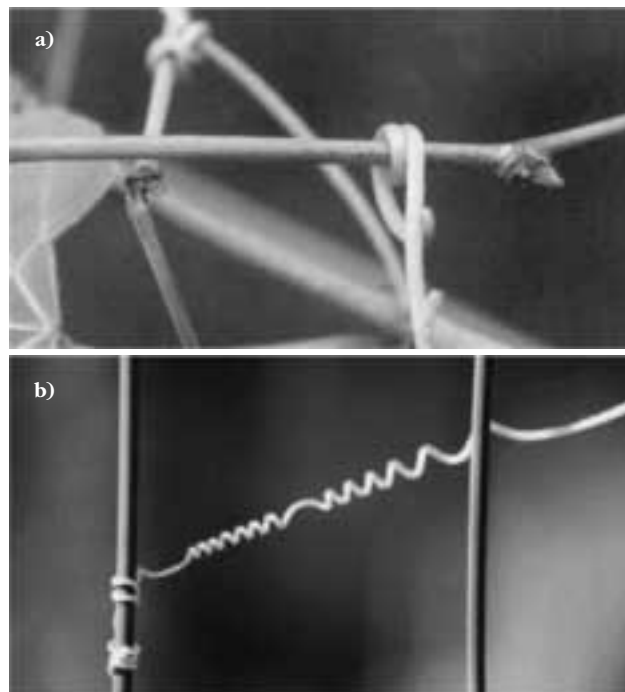
Modellezzük a kacsot, farkat, kígyótestet, illetve ormányt egy teljesen hajlékony (vagyis erőhatás nélkül hajlítható) kötéllel, amit egy R sugarú hengerre tekerünk föl, s aminek föl nem teker, szabad végét valamekkora erővel húzzuk. Határozzuk meg azt a K^* húzóerőt, aminek kifejtésekor a kötélt megcsúszik a hengeren. Tekintsük a kötélt 3. ábra szerinti $2R \cdot d\varphi$ hosszúságú elemi darabját, ahol a kötélt föltekerevést jellemző φ szöget a kötélt föltekert végétől mérjük. Ezen elemi kötélrésznek a föltekert véghez közelebbi végét $K(\varphi)$ erő feszíti, a másikat pedig $K(\varphi) + dK$ erő a kötéllel mindig érintőlegesen, ahol $dK \geq 0$. E két erő $F(\varphi)$ eredője merőleges a kötélre, és

$$F(\varphi) = 2K(\varphi) \cdot \sin(d\varphi) \approx 2K(\varphi) \cdot d\varphi \quad (1)$$

nagyságú (3. ábra), mert kis α szögek esetén $\sin \alpha \approx \alpha$. Mivel ezen $F(\varphi)$ erő nyomja a kötélrészletet a henger felületének, ezért a kötélt megcsúszásakor a kettőjük között ébredő maximális elemi tapadási súrlódási erő

$$dS = \mu_0 F(\varphi) = 2K(\varphi) \mu_0 \cdot d\varphi \quad (2)$$

1. ábra. Ágra (a), illetve drótra (b) csavarvonalban föltekerevett növényi (a: *Rhoicissus*, b: szőlő) kacsok.

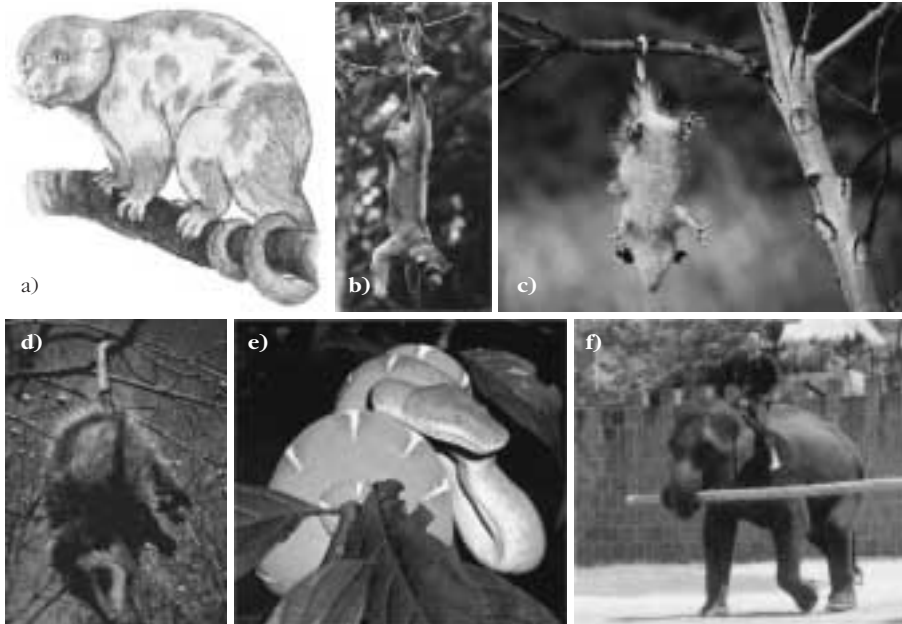


¹ thigma (görög): érintés; tropizmus (görög–latin): külső inger által vezérelt növényi mozgás

² Kuskusz: A kúszóerszényes-félék (*Phalangeridae*) családjába tartozó, macskanagyságú, nagyszemű, hosszú bajszú, többnyire fákon és magányosan élő, zömében növényevő, éjjel aktív erszényes állat, 30–40 cm hosszú, hátsó kétharmadán csupasz, érdes felületű farkokkal, ami az ágakon való kapaszkodást szolgálja.

³ Farksondró (*Potos flavus*): Éjszaka aktív mosómedvefélé, hívják *kinkajunak* is. Élőhelye Közép- és Dél-Amerika, Dél-Mexikótól Dél-Amerikáig a trópusi erdők lombkoronája. Mozgékony és erős, végig szőrös fogófarkával és lábfejjével könnyedén kapaszkodik a faágakon. Magányos állat. Tápláléka főleg növényekből (friss hajtásokból, levelekből, gyümölcsökből, mézből és virágokból), kisebb mértékben pedig gerinctelen állatokból áll.

⁴ Oposszum: Az erszényespatkány-félék (*Didelphidae*) családjába tartozó, macskanagyságú, hosszú bajszú, alkonyatkor és éjjel aktív, mindenevő, többára magányosan élő, sokszor a fákon tartózkodó erszényes állat, csupasz és pikkelyes hosszú farkokkal, ami az ágakon való kapaszkodást szolgálja, s olyan hosszú, hogy a faágakra csavarva kényelmesen tud rajta függeszkedni az állat.



2. ábra. Hosszú farkával faágba kapaszkodó kuskusz (a), farksodró (b) és oposzum (c, d), egy faágra csavarszerűen föltekereedett kígyó (e), valamint az ormányával fatörzset csavarmenetben körülfogó és fölemelő indiai elefánt (f).

nagyságú, és az elemi dK erővel ellentétes irányú, ahol μ_0 a kötéll és a hengerfelület közti tapadási súrlódási együttható. Mivel az elemi kötélrész még az egyensúly határán van, amikor éppen megcsúszik, ezért az egyik végét húzó $K(\varphi)$ erő és az azonos irányú dS súrlódási erő összege megegyezik a másik végén ható $K(\varphi) + dK$ erővel: $K(\varphi) + dS = K(\varphi) + dK$. Innen adódik:

$$dK = dS. \quad (3)$$

(2) és (3) fölhasználásával kapjuk:

$$\begin{aligned} \frac{dK}{K} &= 2\mu_0 \cdot d\varphi, & \int \frac{dK}{K} &= 2\mu_0 \int d\varphi \\ \ln K &= 2\mu_0 \varphi + c, & e^{\ln K} &= e^{2\mu_0 \varphi} \cdot e^c, \\ K(\varphi) &= K_0 e^{2\mu_0 \varphi}, & K_0 &= K(\varphi = 0), \end{aligned} \quad (4)$$

ahol K_0 a föltekert kötélvégénél kifejtett kötéllirányú húzóerő (3. ábra). A hengerre φ^* szögben föltekert kötéll megcsúszásának föltétele, hogy $K^* \geq K(\varphi^*)$. Látható, hogy ha $K_0 = 0$, akkor $K^* = 0$, vagyis ha a kötéll föltekert végét nem rögzítjük valahogyan, akkor a föltekert kötelet erő nélkül is lehúzzhatjuk a hengerről, mert nem ébred súrlódás közte és a henger között.

Arra az eredményre jutottunk tehát, hogy a hengerre φ szögben föltekert és a végénél K_0 erővel rögzített kötelet a súrlódás miatt annál nehezebb lehúzni a hengerről, minél nagyobb mérvű a föltekérés. Mivel a kötéll hengerről történő lehúzásához szükséges $K(\varphi)$ erő exponenciálisan nő φ -vel, ezért akármilyen kicsi is a K_0 erő, már nem túl nagy φ föltekereési szög mellett is olyan nagy súrlódási erő lép föl a kötéll és a henger között, hogy a kötelet annak elszakadása nélkül nem lehet lehúzni a hengerről.

A $K(\varphi)$ erőfüggvény ezen exponenciális tulajdonsága azért fontos a növényi kacsok számára, mert mikor tigmotropizmussal egy ágra vagy drótra tekerednek föl, akkor az elegendően erős megkapaszkodáshoz nem kell túl sokszor körbetekeredniük (1. ábra). A kacs végén kifejtendő, s a biztos kapaszkodáshoz szükséges kezdeti kis K_0 erőt biztosíthatja például a kacs apró, karomszerű visszagömbülése, ami beleakad az ágba/drótbba.

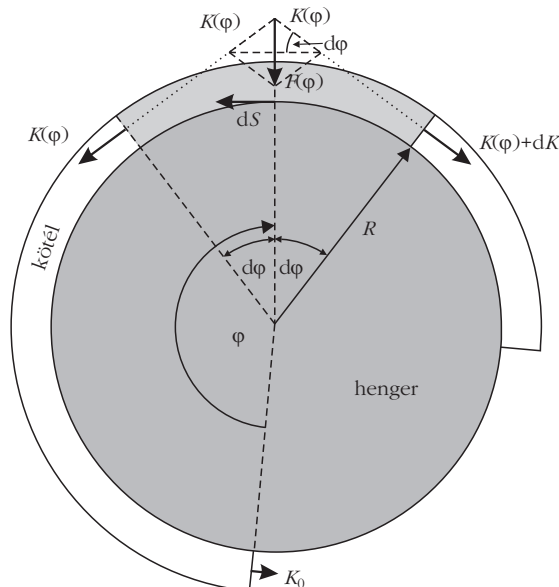
Hasonló a helyzet a farkával faágba kapaszkodó kuskusszal, farksodról vagy oposzsummal is. A farknak nem kell túl nagy mértékben föltekereednie a faágra ahhoz, hogy a biztonságos kapaszkodáshoz elegendően nagy súrlódási erő ébredjen közte és

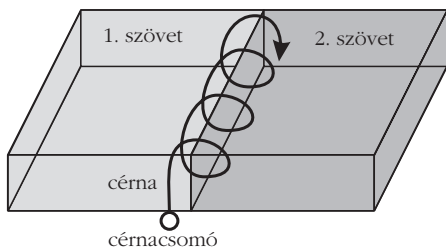
az ág között. E súrlódási erő még akkor is megtartja az állat teljes súlyát, ha a fark csak néhányszor öleli körbe az ágot a 2.b-d ábrán látható módon.

Minimum mekkora L^* hosszúságúnak kell lennie az oposzum vagy farksodró farkának ahhoz, hogy egy faágra csavarvonalban föltekereedve, a közte és az ág között ébredő súrlódási erő megtartsa az állat G súlyát (2.c, 2.d ábra)? Ha az állat homogén felületi érdességűnek föltételezett farka csavarszerűen tekeredik föl az R sugarú faágra, akkor a fark L hossza és φ föltekereedési szöge közti kapcsolat:

$$L = R \cdot \varphi. \quad (5)$$

3. ábra. Egy R sugarú hengerre csavarvonalban föltekert hajlékony kötéll és a henger között ébredő súrlódási erő számítása.





4. ábra. Két szövetdarabnak a cérna csavarszerű öltésével történő összevarrása. A cérna végének szövetből való kihúzódnását a cérnán végén lévő apró csomó akadályozza meg.

Az ágra tekeredett farkok akkor tudja megtartani az állat G súlyát, ha a fark és az ág közti, (4) szerinti $K(\varphi)$ súrlódási erő nem kisebb G -nél:

$$G \leq K(\varphi) = K_0 e^{2\mu_0 \varphi}. \quad (6)$$

(5) és (6)-ból kapjuk a farkok L hosszára:

$$L \geq L^* = \frac{R}{2\mu_0} \ln \left(\frac{G}{K_0} \right). \quad (7)$$

Ha a $K(\varphi)$ súrlódási erő az exponenciálisnál lassabban nőne a φ föltekereedési szöggel, akkor a kuszkusznak, farksodróknak és oposszumnak hosszabb farkokra lenne szüksége a faágakon történő biztonságos megkapaszkodáshoz.

Mikor egy faágra csavarszerűen föltekereedett kígyó (2.e ábra) át akar mászni egy másik, közel párhuzamos ágra, akkor teste elülső részét úgy egyenesíti ki, hogy fejével elérje a szomszédos ágat, miközben farkával még a korábbi ágba kapaszkodik. A kígyó és az ág között ébredő $K(\varphi)$ súrlódási erő exponenciális sajátsága miatt ehhez a farkával nem kell túl nagy mértékben az ág köré tekerednie, miáltal távolabbi ágakat is elérhet ilyen módon, ha azok nincsenek messzebb a kígyó hosszánál. A farkok végén kifejtendő kis K_0 erőt a farkpikkelyek biztosítják azáltal, hogy az ág kérégebe akadnak.

A munkára fogott elefántok pedig azért emelhetnek föl akár még egy fatörzset is pusztán az ormányukkal (2.f ábra), mert a jó fogáshoz elegendő az ormánynak csavarvonalban csak kissé föltekereednie a törzsre.

5. ábra. Dupla spilldob segíti egy hajó kikötését



Meg kell azonban jegyeznünk, hogy mikor egy kuszkusz, farksodró vagy oposszum a farkával faágba kapaszkodik, vagy egy kígyó faágra tekeredik, vagy egy elefánt az ormányával fatörzset ragad meg, akkor a fönt meghatározott $K(\varphi)$ erőnél nagyobb súrlódási erő lép föl, ha az állat a fark-, test- és ormányizmai összehúzásával az (1) szerinti $F(\varphi)$ erőnél nagyobb nyomóerőt fejt ki az ág felületére.

A $K(\varphi)$ súrlódási erő exponenciális jellege a varráskor is fontos, mivel ez biztosítja, hogy az összevarrt szövetrészekből ne húzódhasson ki a cérna. Varráskor még a legegyszerűbb, csavarvonalas öltési típusnál is igen sok menetben tekeredik a cérna a szövetben a 4. ábra szerinti módon. Ha N a cérnaöltések (cérnamenetek) száma, akkor a cérna tekeredési szöge:

$$\varphi = N \cdot 2\pi. \quad (8)$$

Ekkor a cérna és a szövet közti súrlódási erő maximuma (4) és (8) fölhasználásával:

$$K(N) = K_0 e^{4\pi \mu_0 N}. \quad (9)$$

Látható, hogy mivel varráskor az öltések N száma igen nagy, ezért a $K(N)$ súrlódási erő olyan hatalmas, hogy nem lehet kihúzni a cérnát a szövetből valamelyikük elszakadása nélkül. Varráskor a cérna végén kialakított apró csomó (4. ábra) szövetbe akadása biztosítja a K_0 erőt.

Végül érdekességként megjegyezzük, hogy az itt fölvetett mechanikai problémával *Leonhard Euler* (1707–1783) svájci matematikus és fizikus foglalkozott először [1]. Euler tudósi érdeklődését megannyi egyszerű fizikai jelenség és a mesteremberek kétkezi munkájában alkalmazott eszköz, eljárás is fölkelte és továbbgondolásra ösztönözte. A csigán átvett kötéllal végzett teheremelés módja már az ókorban ismeretes volt. A 18. század hatalmas hajóin igen bonyolult kötérendszerrel mozgatták a vitorlákat. A mai hajókon, kikötőkben, darukon is alkalmazott, úgynevezett „spilldob” (5. ábra) egy különleges csiga: Ha a dob homorú palástján több menetben körbevasart kötélek egyik végét kis F_1 erővel meghúzzák, a megfeszülő kötélek másik ága a feszítőerő sokszorosának ($F_2 \gg F_1$) kifejtését teszi lehetővé. A dob és a kötélek között fellépő megcsúszás határhelyzetét jellemző „áthúzási fokot” (a két kötélvégen ható F_1 és F_2 húzóerők arányát) az Euler által levezetett

$$\frac{F_2}{F_1} = e^{2\mu_0 \varphi} \quad (10)$$

összefüggés jellemzi, ahol μ_0 a kötélek és a dob közti súrlódási együttható, φ pedig a kötélek „átfogási szöge”. Vegyük észre, hogy (10) egyenlet ugyanaz az összefüggés, mint (4).

Irodalom

1. Laczik Bálint: Euler örök érvényű munkálkodásai a mérnöki tudományokban. *Természet Világa* 138 (2007) CXXXVII–CXLII

A FIZIKA OKTV HARMADIK FORDULÓJA

A HARMADIK KATEGÓRIA RÉSZÉRE – 2007

– Lejtő vályúban guruló golyó gyorsulásának vizsgálata

Vannay László, Fülöp Ferenc, Máthé József, Nagy Tamás

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Fizikai Intézet, Kísérleti Fizika Tanszék

A Fizika Országos Középiskolai Tanulmányi Verseny – a korábbi évekhez hasonlóan – ebben az évben is három kategóriában került megrendezésre. Különböző csoportban versenyeztek a szakiskolák tanulói, az általános, valamint az emelt szintű fizikaoktatásban részesülő diákok. Mind a három csoport részére három fordulóból állt a verseny. Az első két forduló során elméleti problémákat kellett megoldaniuk a versenyzőknek, míg a harmadik fordulóban mérési feladatokkal kellett megbirkózniuk. A harmadik fordulóban az első két forduló legjobbjai mérték össze tudásukat és ügyességüket.

A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Fizikai Intézet az emelt szintű fizikaoktatásban részesülő diákok (harmadik kategória) versenyének harmadik fordulóját rendezte. A versenynek ebben a fordulójában harminc fiatal vett részt. Közleményünkben erről a versenyről számolunk be.

Dolgozatunkban bemutatjuk a versenyforduló kezdetekor kiadott írásos anyagot úgy, ahogy a versenyzők megkapták. Ennek az anyagnak a segítségével akartuk megismertetni a versenyzőket a megoldandó feladattal, és a feladat megoldásához rendelkezésükre álló eszközökkel. A kiadott írásos anyagok bemutatása után vázoljuk a kitézött feladatok megoldásának módját, majd beszámolunk a verseny közben és az értékelés során szerzett tapasztalatokról, a versenyzők eredményeiről, és végül köszönetet mondunk mindazoknak, akik közreműködtek a verseny előkészítésében vagy lebonyolításában.

A versenyzők részére kiadott írásos anyag

Feladat

1. Határozza meg, hogy 60° -os – függőleges szögfelezőjű – vályúszög esetén, alumíniumfelületen milyen gyorsulással mozog a sima, illetve érdesített felületű 20 mm átmérőjű acél csapágygolyó, ha a vályú lejtésszöge 5° , 10° , 15° , 20° , 25° és 30° . Mérés adatait, és a segítségükkel meghatározott gyorsulás értékeket foglalja táblázatba.

2. Az előző pontban szereplő mérési feladatot oldja meg gumifelület alkalmazásával is.

3. Az eddigi mérési eredményeit felhasználva, rajzolja fel a kapott gyorsulásértékeket a lejtőszög függvényében.

4. Az előző három pontban szereplő mérési feladatot oldja meg 30° -os vályúszög esetén is.

5. A golyók gyorsulásának meghatározásához szóba jöhető mérési eljárások közül lehetőleg olyat válasszon, amelynél az indítás bizonytalansága miatt minimális a hiba az időmérésnél.

6. Mérés eljárásáról és az adatok feldolgozásáról készítsen jegyzőkönyvet. A jegyzőkönyv olyan részletes legyen, hogy felhasználásával minden részletre kiterjedően megismételhetők legyenek a mérései, valamint a mért adatok feldolgozása.

7. Értelmezze és értékelje mérési eredményeit.

Megjegyzés: a vályúszög: a vályút alkotó két sík által bezárt szög, a lejtőszög: a vályút alkotó két sík egymást metsző egyenesének a vízszintessel bezárt szöge.

A feladat megoldásához rendelkezésre álló eszközök

– Sima, illetve érdesített felületű (20 mm átmérőjű) csapágygolyók.

– Berendezés, amely segítségével beállíthatja a szükséges vályúszöget és a lejtőszöget, valamint megváltoztathatja a vályú felületének anyagát.

– A berendezésen két állítható helyzetű fénykaput talál, melyek időmérő elektronikához csatlakoznak. Az egyik fénykapu indítja, a másik leállítja az időmérő elektronikát. A fénykapuk működését az előttük elhaladó, a fényutat megszakító tárgy (golyó) vezérli.

– Az időmérő elektronikáról az indítás és leállítás közötti idő ezred másodpercekben olvasható le. Indítás előtt az időmérő elektronikát az előlapján lévő kapcsolóval (egyes eszközöknél gombbal) *nullázni kell*.

– Az elektronika működéséhez szükséges feszültséget tápegység biztosítja. A tápegységet csatlakoztattuk az elektronikához. *A tápegység beállítását ne változtassa!*

– Bunsen-állvány rúddal, dióval és fogóval.

– Mérőszalag.

– A vályúszög beállításához fa ékek (2 db 30° -os és 2 db 60° -os).

– Cérnakesztyű.

– Az eredmények ábrázolásához milliméterpapír.

– Négyjegyű függvénytábla.

További információk

A verseny időtartama 4 óra.

A lejtőn leguruló golyókat lehetőleg kézzel állítsa meg a második időmérő kapu után, ne ütköztesse azokat a lejtő végét lezáró alumíniumlemezzel.



1. ábra. A kísérleti összeállítás

Ha a kiadott eszközök kezelésével kapcsolatban problémái vannak, vagy az eszközök működésénél rendellenességet tapasztal, forduljon a felügyelő tanárokhoz.

A méréseket körültekintően végezze. Gondolja meg, hogy melyik eszközt miért kapta.

Tartsa be az általános balesetvédelmi szabályokat.

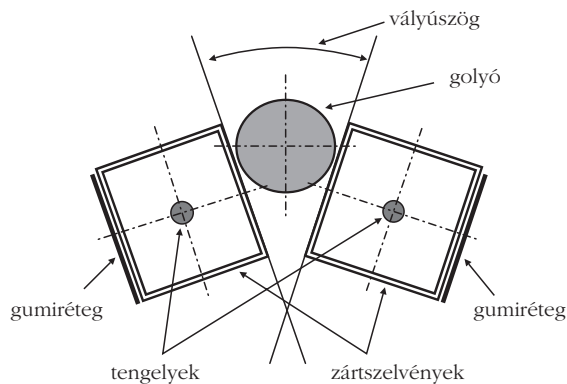
Vigyázzon saját maga és a kiadott eszközök épségére. Eredményes versenyzést kívánunk.

A feladat megoldása

A versenyzők látták a rendelkezésükre álló eszközöket, közleményünk olvasóinak azonban nincs meg ez a lehetősége. Ezért mielőtt rátérnénk a feladat megoldásának ismertetésére, röviden leírjuk a kiadott eszközök listájában szereplő „berendezés”-t. A „berendezés” véglapok közé rögzíthető, két 75 cm hosszú, 25×25 mm-es (négyzet keresztmetszetű) alumínium-zártszelvényből áll. A zártszelvények egyik oldalára 1 mm vastag gumiréteget ragasztottunk. A zártszelvények hossz tengely körüli elforgatásával egyrészt tetszőleges vályúszöget lehetett beállítani, másrészt így lehetett a vályú felületének anyagát megváltoztatni. A tengelyek egymástól való távolsága is állítható. A tengelytávolság változtatásával érhető el az, hogy a guruló golyó minden esetben a vályút alkotó síkkal érintkezzen, ne két élen gördüljön le. A két véglapot 20 mm átmérőjű alumíniumrudak fogták össze. Ezeket a rudakat lehetett az időmérő kapukat a zártszelvényekkel párhuzamosan elcsúsztatni és tetszőleges helyen rögzíteni. Ha a „berendezés” egyik véglapját az asztalon hagyjuk, és a másik véglapját a Bunsen-állványra szerelt Bunsen-fogó segítségével megemeljük, tetszőlegesen változtathatjuk a vályú hajlásszögét. Az összeállítás fényképe látható az 1. ábrán, a „berendezés” hossz tengelyére merőleges metszetének vázlatát mutatja a 2. ábra.

A feladat megoldásához szükséges mérések elvégzése

a) A vályúsög beállításához a mérőhelyen található két-két 30°-os, illetve 60°-os egyenlőszárú háromszög alapú fahasábot használtuk fel. A hasábokat a zártszelvények közé téve, olyan helyzetet állítottunk be, hogy a hasábok alaplapja vízszintes legyen. Ezzel biztosítottuk az elrendezés szimmetriáját a függőleges síkra. A zártszelvények tengelyének távolságát úgy állítottuk be, hogy a golyók a kialakult vályú síkjain



2. ábra. A „berendezés” hossz tengelyre merőleges metszete

guruljanak, de annyira kiemelkedjenek a vályúból, hogy az időmérőt működtessék.

b) A lejtőszögeket a berendezés hosszának (789 mm) és a lejtőszög szinuszának ismeretében mérőszalag felhasználásával állítottuk be a Bunsen-állvány és fogó felhasználásával.

c) A gyorsulások meghatározásának legegyszerűbb módja az lenne, ha megmérhetnénk azt az időt, amely alatt az álló helyzetből induló golyó egy adott utat megtesz. Az út és az idő ismeretében a gyorsulás könnyen meghatározható lenne. Ez a megoldás azonban csak közelítőleg valósítható meg, mert az időmérést indító kapu előtt a golyónak már sebessége van. A golyóindítás bizonytalanságai erősen befolyásolják a mérés eredményeit.

Mi a feladatokat az alábbiakban leírt mérések segítségével oldottuk meg.

A golyókat mindig a lejtő véglapját alkotó alumíniumlaphoz érintettük és innen indítottuk álló helyzetből. Az időmérést indító kaput, a véglaptól ismeretlen távolságban (~12 cm) rögzítettük. Feltételezhetjük, hogy adott elrendezés esetén ide mindig azonos sebességgel (v_0) érkezik a golyó. A továbbiakban az indító kaputól 25 cm-es (s_1), illetve 50 cm-es (s_2) út megtételéhez szükséges időket (t_1 és t_2) mértük. A mért adatokból a keresett gyorsulás:

$$a = \frac{2(s_1 t_1 - s_2 t_2)}{t_1 t_2 (t_1 - t_2)}$$

A kifejezés egyszerűsíthető, ha $s_2 = 2s_1$. Ekkor

$$a = \frac{2s_1(t_1 - 2t_2)}{t_1 t_2 (t_1 - t_2)}$$

A versenyzőktől ilyen típusú megoldásokat vártunk. Egy-egy szakasz megtételéhez szükséges időt 5-ször megmérve, a feladatok megoldásához elvégzendő mérések mintegy két órát vesznek igénybe.

Elvégeztük a méréseket úgy is, hogy út-idő-grafikont vettünk fel, a mérési pontokra másodfokú görbét illesztettünk, majd a görbe egyenletének kétszeres deriválásával határoztuk meg a gyorsulást. (Ilyen megoldást – elsősorban időigényessége miatt – nem vártunk a versenyzőktől!) Ehhez a megoldáshoz szükséges méréseket az előzőekben ismertetett eljáráshoz

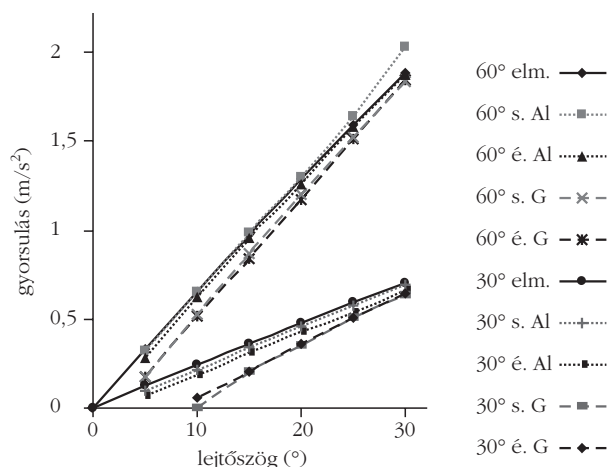
20 mm átmérőjű csapágygolyók gyorsulása alumínium-, illetve gumifelületen, különböző vályú- és lejtőszög esetén (m/s²)

vályú- szög	golyófelület és lejtőfelület	lejtőszög							
		0°	5°	10°	12,5°	15°	20°	25°	30°
60°	elmélet	0,0000	0,3288	0,6552	0,8166	0,9765	1,2905	1,5946	1,8865
	sima, alumínium		0,3250	0,6552		0,9908	1,3034	1,6416	2,0322
	érdes, alumínium		0,2824	0,6232		0,9524	1,2628	1,5858	1,8788
	sima, gumi		0,1714	0,5303		0,8654	1,2022	1,5252	1,8395
	érdes, gumi		0,1735	0,5155		0,8388	1,1736	1,5108	1,8468
30°	elmélet	0,0000	0,1226	0,2444	0,3046	0,3642	0,4813	0,5947	0,7036
	sima, alumínium		0,0932	0,2172		0,3418	0,4622	0,5756	0,6938
	érdes, alumínium		0,0688	0,1894		0,3102	0,4342	0,5394	0,6620
	sima, gumi			0,0000	0,1248	0,2082	0,3560	0,5066	0,6338
	érdes, gumi			0,0634	0,1334	0,2046	0,3622	0,5030	0,6434

hasonlóan végeztük el. A golyókat mindig a véglap-tól, álló helyzetből indítottuk. Az indító kaput ugyanott rögzítettük, mint az előbb ismertetett módszerrel, majd ettől a kaputól 10, 20, 25, 30, 40, 50, és 60 cm-re helyeztük a leállító kaput. Mindegyik szakasz megtételéhez szükséges időt 10-szer mértük meg és a mérési eredmények átlagát vettük figyelembe. Az időmérő elektronika a nullázásig mért idők összegét jelzi ki, így 10 mérés esetén egyszerű az átlagok meghatározása. (A kijelzőn megjelenő számot tízzel kell osztani.) A mérési pontok igen jól illeszkednek a másodfokú görbékre, a regressziós állandóra minden esetben: $R^2 = 1$ adódott. A mérési eredmények felhasználásával kapott gyorsulásértékeket az 1. táblázat mutatja. A táblázatban szereplő gyorsulásértékeket a fent leírt mérési módokon határoztuk meg. A 60°-os vályúszögnél, gumifelületen 25 és 50 cm-es utak megtételéhez szükséges idők mérésével, a többi esetben út-idő-görbék felvételével. A táblázat adatainak felhasználásával készült a 3. ábra.

A mérések eredményeinek értékelése előtt vizsgáljuk meg, hogy miként viselkedik a síkon mozgó golyó, ha gördül, vagy ha fúró mozgást végez.

3. ábra. A gyorsulás 60° és 30°-os vályúszögeknél a lejtőszög függvényében (s.: sima, é.: érdesített golyófelület, valamint Al: alumínium- és G: gumifelületű vályú)



Egy merev test golyó akkor gördül egy merev test síkon, ha

– a golyónak a síkkal való érintkezési pontjában nincs a síkhoz képest sebessége;

– a golyó érintkezési pontján átmenő pillanatnyi forgástengely a két test közös érintőszakában fekszik. A golyó szögsebességvektora egybeesik a pillanatnyi forgástengellyel.

Ha a gördülésnél a testek nem ideális merev testek, akkor az érintkezés helyén deformáció jön létre, ami a gördülést akadályozó nyomatékokat eredményez.

A merev test golyó akkor végez fúró mozgást az ugyancsak merev test síkon, ha forgástengelye, és ezzel szögsebességvektora merőleges a síkra. Ilyenkor, mivel a golyó csak egy pontban érintkezik a síkkal, elvileg nem lép fel fékező nyomaték.

Ha a fúró mozgásnál a testek nem ideális merev testek, deformáció lép fel. Ekkor már a golyó egy felületen érintkezik a síkkal, és ez a forgást akadályozó nyomatékokat eredményez.

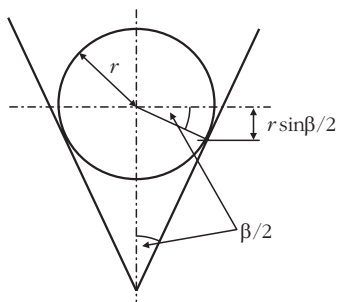
Amikor merev test vályúban merev test golyó mozog, a golyó két pontban érintkezik a vályút alkotó síkokkal. A két pontot összekötő egyenes a golyó pillanatnyi forgástengelye, ebbe az irányba mutat a golyó szögsebességvektora. Ennek a szögsebességvektornak van a lejtő síkjába eső és erre merőleges komponense is. Tehát a vályúban guruló golyó gördül és egyidejűleg fúrómozgást is végez. Ideális esetet feltételezve sem a gördülés, sem a fúrómozgás miatt nem lép fel fékező nyomaték. Ilyenkor a golyóra felírt mozgásegyenletből, vagy az energiamegmaradás törvényéből meghatározhatjuk a golyó gyorsulását.

A 4. ábra jelöléseit használva, valamint a vályú és a golyó között fellépő súrlódási erőt F -fel jelölve, a golyó súlypontjára felírhatók a mozgásegyenletek. A haladó mozgásra:

$$m g \sin \alpha - F = m a,$$

ahol α a lejtőszög, a forgó mozgásra:

$$F r \sin \frac{\beta}{2} = \frac{2}{5} m r^2 \epsilon.$$



4. ábra. Az elrendezés geometriája

A gyorsulás és a szöggyorsulás (ϵ) közötti kapcsolat:

$$a = r \sin \frac{\beta}{2} \epsilon.$$

Az energiamegmaradás törvényéből:

$$m g s \sin \alpha = \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} \frac{2}{5} m r^2 \omega^2,$$

ahol $v = \omega r \sin(\beta/2)$, $s = at^2/2$ és $v = at$. Természetesen mind a két egyenletrendszerből azonos végeredményre jutunk, a legrugó golyó gyorsulása:

$$a = \frac{g \sin \alpha}{1 + \frac{2}{5 \sin^2 \frac{\beta}{2}}}.$$

Az 1. táblázatban „elmélet” megjelöléssel szereplő gyorsulásértékeket ennek a kifejezésnek a segítségével határoztuk meg. A 3. ábrán a számított gyorsulásértékek határozzák meg az „elm” jelű görbét. (A gyorsulás ilyen módon történő meghatározását nem vártuk a versenyzőktől.)

Ha a golyó, vagy a lejtő nem ideális merev test, a jelentkező deformációk hatására a gördülés, és az ezzel együtt jelentkező fúrómozgás következtében fékező nyomatékok lépnek fel, és ezek csökkentik a golyó gyorsulását.

A fentiek ismeretében értelmezhetők a 3. ábrán látható görbék.

A golyók viselkedése 60°-os vályúszög esetén:

- „60° s. Al” görbe (60°-os vályúszög, sima golyó alumíniumfelületen). A merev testnek tekinthető vályúfelület és golyó viselkedésének (az „ideális” esetnek) megfelelő a görbe menete a 20°-os lejtőszözig. A testek elhanyagolható mértékben deformálódnak és ezért a gördülés és a fúrómozgás következtében jelentkező fékezőnyomatékok hatása nem észlelhető. 25°-os lejtőszögtől a vonal felfelé görbül, jelezve, hogy a golyó a lejtőszög emelkedésével egyre jobban megcsúszik.

- „60° é. Al” görbe (60°-os vályúszög, érdesített felületű golyó alumíniumfelületen). Az érdesítés miatt fellépő kis súrlódás a fúrómozgás közben fékező nyomatékot hoz létre, ezért a gyorsulásértékek kissé elmaradnak a sima felületű golyónál kapott értékektől. A megnövekedett súrlódás a gördülő mozgásnál is

jelentkezik, hatására a 25–30°-os lejtőszögnél sem tapasztalható megcsúszás. A görbét a kis lejtőszögek irányában visszafelé meghosszabbítva látható, hogy a tengelyt nem a nulla helyen metszi. Ez azt jelenti, hogy az érdesített golyó kis lejtőszög esetén a fékező nyomatékok miatt már nem gurul le.

- „60° s. G” és a „60° é. G” görbe (60°-os vályúszög, sima és érdesített felületű golyó gumifelületen). A gumifelületbe a golyó benyomódik, nem egy pontban érintkezik a golyó a vályúval, hanem egy felületen. A felület deformációja a gördülést és a fúrómozgást is akadályozza. A megnövelt fékezőnyomatékok miatt a gyorsulások elmaradnak az alumíniumfelületen mért értékekhez viszonyítva. Az érdesített felületű golyó gyorsulása valamivel elmarad a sima felületű golyóéhoz képest, az érdesítés miatt megnövelt fékező nyomaték hatására. A lejtőszögek növekedésével a görbék közelednek az alumíniumfelület esetén mért görbékhez. Ennek az oka az, hogy a növekvő lejtőszögek hatására csökken a golyók súlyának a vályú felületére merőleges komponense, ami a benyomódás, és ezzel a fékező nyomaték csökkenését eredményezi.

Az m tömegű golyó súlyának a lejtő síkjára merőleges komponense (F_{ny}) nagysága:

$$F_{ny} = \frac{m g \cos \alpha}{2 \sin \frac{\beta}{2}}.$$

A két görbét meghosszabbítva a kis lejtőszögek irányában megint tapasztalható, hogy nem a nulla értéknél metszik a tengelyt, jelezve, hogy kis lejtőszögeknél a golyók a fékező nyomatékok miatt már nem gurulnak le. (Méréseink szerint ez az eset 2,6°–2,8°-nál következik be.)

A golyók viselkedés 30°-os vályúszög esetén:

- A kisebb vályúszög hatására az alumíniumfelületen leguruló golyók gyorsulása kisebb, mint 60°-os vályúszög esetén. Megnövelt a golyók súlyának a síkokra merőleges komponense. Az alumíniumfelületen mozgó golyók gyorsulását jellemző görbék menete hasonló módon értelmezhető, mint ahogy azt tettük a fentiekben, 60°-os vályúszög esetében. Eltérésként tapasztalható, hogy itt már nem jelentkezik a sima felületű golyó megcsúszása nagyobb lejtőszögeknél. A súly lejtőre merőleges komponensének növekedése a golyó és a lejtő között fellépő súrlódási erő növekedését eredményezi, ami csökkenti a megcsúszás megjelenésének lehetőségét.

- Gumifelületet használva nagyobb lejtőszögeknél a gyorsulás hasonló módon alakul, mint 60°-os vályúszög esetén, és a magyarázata itt is a lejtő síkjaira merőleges nyomóerő-komponensek csökkenésében, és az ezzel járó fékező nyomaték csökkenésében keresendő.

- Érdekes a golyók viselkedése és a görbék alakulása gumifelület alkalmazásánál kis lejtőszögek esetén. A sima felületű golyó gyorsulását mutató görbe a 10°-os lejtőszögnél metszi az abszcisszát. Azaz 10°-os

lejtőszögnél gumifelületen a sima felületű golyó nem gurul le. Ugyanakkor az érdesített felületű golyó 10° -os lejtőszögnél még legördül. A gyorsulását ábrázoló görbe csak kisebb lejtőszögnél metszi az abszcisszát. A tapasztalt jelenség oka abban keresendő, hogy a sima golyó a felületénél jelentkező kisebb súrlódás következtében mélyebben sülyed a vályút alkotó síkok közé, jobban benyomódik a gumifelületbe és nagyobb felületen érintkezik a gumival, mint az érdesített felületű golyó.

A mérésekkel kapcsolatos néhány megjegyzés:

- Általában elmondható, hogy reprodukálható eredményeket csak gondosan elvégzett mérések esetén kaphatunk. Ez a megállapítás fokozottan érvényes súrlódással kapcsolatos feladatok esetén. A súrlódási erő látszólag kis hatásokra is érzékenyen reagál. Például, ha a golyókat kézzel fogjuk meg, a zsíros felületű golyó már másképp viselkedik, mint a tiszta felületű. Ezért adtunk cérnakesztyűt a versenyzőknek.

- Elsősorban gumifelületek esetén a mérési eredményeket befolyásolja a golyók lejtőre helyezésének módja is. Ha a golyót lendületesen „rádobjuk” a lejtőre, beékelődik a felületek közé és másként indul, mint amikor óvatosan helyezzük a felületre.

A versennyel kapcsolatos tapasztalatok

– A versenyzőknek feltehetően kevés alkalmuk volt arra, hogy önállóan méréseket végezzenek, ezért lassan dolgoztak és a rendelkezésükre álló idő alatt sokan nem tudták elvégezni a szükséges méréseket. Így a mérési eredmények értékelésére már nem jutott idejük.

– Többen voltak olyanok, akik észrevették, hogy az $s = at^2/2$ összefüggés alkalmazásánál mérési hibát okoz az, hogy az időmérés kezdetekor a golyónak már van sebessége. A hiba kiküszöbölése érdekében azonban nem tettek lépéseket.

– A versenyzőknek csak egy része vizsgálta a golyók gyorsulást úgy, ahogy vártuk, a „két utas” módszerrel.

– A gyorsulás meghatározását az út–idő–függvény felvételével és deriválással két versenyző kísérte meg.

– Néhányan ideális esetet feltételezve (a fékező nyomatékokat figyelmen kívül hagyva) megpróbálták a golyók gyorsulását a mozgásegyenletek segítségével számítással is meghatározni. Egy részük hibásan írta fel a kiindulási egyenleteket, a másik részük a helyesen felírt egyenletekből hibás eredményt hozott ki.

– Sokan nem illesztettek görbét a mérési pontokra, hanem egyszerűen összekötötték a mérési pontokat.

– A mérési eredmények értékelésénél még a helyes eredményt elért versenyzők sem értelmezték, ha a felrajzolt grafikon nem a (0;0) pontban metszette a koordinátatengelyeket.

– Többen igyekeztek a mérési pontokra olyan görbét (rendszerint egyenest) illeszteni, amely minden esetben az origóban metszi a tengelyeket.

– Kevesen vették csak észre, hogy 30° -os vályúszögnél, gumifelület és kis lejtőszög esetén az érdesített golyó gyorsulása nagyobb, mint a sima golyóé.

– Sajnos több jegyzőkönyv szinte olvashatatlan volt.

– Azok, akik elemezték a golyók mozgását, valamennyien tiszta gördülést állapítottak meg.

Megítélésünk szerint a mérési eredmények értékelése sok tanulságot szolgáltatott volna. Sajnálatos, hogy a versenyzőknek erre kevés idejük maradt. Reméljük azonban, hogy a verseny így is tanulságos volt, és bővítette a résztvevők fizikai ismereteit.

A harmadik fordulón elért pontszámok 40 és 16 között változtak.

A verseny végeredménye

Az összesített eredmények alapján a verseny első 11 helyezettje:

1. VARGA GÁBOR ISTVÁN a miskolci Hermann Ottó Gimnázium diákja 91 ponttal,

2. KÖNYA GÁBOR a Fazekas Mihály Fővárosi Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium tanulója 90 ponttal,

3. HUJTER BÁLINT a Fazekas Mihály Fővárosi Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium versenyzője 89 ponttal,

4. SZABÓ ISTVÁN a budapesti Berzsenyi Dániel Gimnázium tanulója 89 ponttal,

5. *Gilyén András* (Budapest, Szent Margit Gimn., 79 pont), 6. *Tóth Dávid* (Eger, Szilágyi Erzsébet Gimn. és Kollégium, 77 pont), 7. *Beck Zoltán* (Fazekas Mihály Fővárosi Gyak. Ált. Isk. és Gimn., 77 pont), 8. *Roósz Gergő* (Szeged, Radnóti Miklós Gyak. Gimn., 75 pont), 9. *Petrás András* (Budapest, Árpád Gimn., 75 pont), 10. *Meszéna Balázs* (Fazekas Mihály Fővárosi Gyak. Ált. Isk. és Gimn., 74 pont) és 11. *Farkas Ádám László* (Miskolc, Földes Ferenc Gimn., 74 pont).

Köszönetnyilvánítás

A verseny lebonyolításához szükséges anyagi hátteret részben az Országos Közoktatási Értékelési és Vizsgaközpont biztosította. Ezt ezúton is köszönjük.

A verseny lebonyolításához szükséges – igen munkaigényes – eszközök esztétikus kivitelezéséért *Horváth Bélának* és *Halász Tibornak*, a megfelelő körülmények megteremtéséért *Gál Bélánénak* és *Mezey Miklósnak* mondunk köszönetet. A feladat kitűzésével, a verseny lebonyolításával kapcsolatos hasznos tanácsaiért *Kálmán Péternek*, *Keszthelyi Tamásnak* és *Tóth Andrásnak* mondunk köszönetet.

A versennyel kapcsolatos adminisztrációs és gazdasági ügyek intézéséért *Köves Endrénét* és *Gál Bélánét* illeti köszönet.

Elismerés és köszönet illeti mindazokat (szülőket, tanárokat, barátokat stb.), akik segítettek a versenyzők munkáját és ezzel hozzájárultak a verseny sikeréhez.

AZ ÖTVENEDIK KÖZÉPISKOLAI ANKÉT SZEGEDEN

Csiszár Imre, SZTE Ságvári Endre Gyakorló Gimnázium, Szeged

H. Fazekas Erika, SZTE Juhász Gyula Gyakorló Általános Iskola, Szeged

Keszőcze László, Csonka János Műszaki Szakközépiskola és Kollégium, Szeged

Az első fizikatanári ankétot 1957-ben szervezték – minthogy 1960 ankét nélkül maradt –, így a 2007. március 14. és 18. között Szegeden megrendezett Országos Középiskolai Fizikatanári Ankét és Eszközbe-mutató immár az 50. volt az ankétek sorában. A jubileumi rendezvény témája az elektromágneses hullámok volt. Az első nap délutánján-estéjén a közel 200 résztvevő fogadása, regisztrációja zajlott a Szegedi Tudományegyetem ÁOK Dóm téri oktatási épületében. Az ankét támogatóinak jóvoltából a helyi szervezők minden látogatót gazdag ajándékcsomaggal vártak. Ezen az estén rendezhették be a kiállító kollégák eszközbemutatójukat is.

Az ankétek hagyományának megfelelően délelőttönként plenáris előadásokra, délután pedig műhelyfoglalkozásokra, illetve egyéb érdekes programokra került sor. A program hivatalos része csütörtökön reggel kezdődött az SZTE JGYPK Gyakorló Általános és Alapfokú Művészeti Iskola kórusának műsorával.

Az ankét ünnepélyes megnyitóján *Solymos László*, Szeged Megyei Jogú Város alpolgármestere kívánt jó munkát és kellemes itt-tartózkodást a résztvevőknek. A korábbi évekhez hasonlóan ekkor adták át a *Mikola-díjat*, amit ebben az évben *Farkas László* kapott (Vajda János Gimnázium, Keszthely), illetve a *Marx György* által útjára bocsátott *Vándorplakettet*, melyet *Plósz Katalin* vehetett át (Patrona Hungariae Gimnázium, Budapest). A jelenlévő egykori tanítványok nevében *Papp Katalin* adta át a jubileumi Ankét ezüstözött emlékérmét *Dombi József* professzor emeritusnak (SZTE).

Ezután kezdődött a szakmai munka, az üléselnök a középiskolai szakcsoport leköszönő elnöke, *Mester András* volt. Nyitóelőadásában *Patkós András*, az ELFT elnöke elevenített fel néhány korábbi ankétot, illetve összefoglalta a legfontosabb eseményeket az elektromágneses hullámok történetének elmúlt fél évszázadából. Őt *Károlyházi Frigyes* professzor (ELTE) követte,

aki a tőle megszokott szellemességgel *Az öcskös felesége* címmel tartott előadást (*Fizikai Szemle* 57/11 (2007) 367–373). A délelőtt további részében *Szabó Gábor* akadémikus (SZTE) a lézerekről, illetve azok alkalmazásairól beszélt. Őt követte *Groma Géza*, a Szegedi Biológiai Kutatóközpont tudományos főmunkatársa, a fotobiológia érdekességeiről. A délelőtt befejezéséeként *Kemény Lajos* orvosprofesszor (SZTE) a fényterápiáról, annak orvosi felhasználásáról beszélt a hallgatóságoknak.

Pénteken reggel *Szabóné Virág Katalin* elnökletével kezdődött a munka. *Molnár Miklós* nyugalmazott egyetemi docens (SZTE) *A skót Maxwell meg a többiek* címmel tartott rendkívül igényesen megszerkesztett előadást az elektromágneses hullámok tudománytörténetéből.

Ezután *Erdélyi Miklós*, az SZTE Optikai és Kvantumelektronikai Tanszék adjunktusa következett, aki a röntgensugárzás alkalmazásairól beszélt a hallgatóságoknak. A rövid szünetet követően *Boda Imre*, az Ericsson Magyarország Kft. műszaki vezérigazgató-helyettese ismertette az elektromágneses hullámok alkalmazását a távközlésben, ezen belül a harmadik generációs mobiltelefonok útra bocsátásáról is beszélt. Ezután *Dombi György* egyetemi tanár (SZTE, Gyógyszeranalitikai Intézet) *Rádióhullámok, mágnesek, molekulák* címmel az orvosi alkalmazásokról tartott előadást.

Szombaton reggel *Zsúdel László* volt az üléselnök. Ő elsőként *Kolláth Zoltánt*, a Csillagászati Kutatóintézet igazgatóhelyettesét kérte fel előadása megtartására, hisz ezen a napon a csillagok sugárzása volt a téma. Az előadás címe *A fény útja a csillag magjától a szemünkig*. Érdekes volt hallani, hogy mire a Nap belsejéből a szemünkig eljut a foton, bizony nem nyolc percre, hanem ennél sokkal több időre van

Dombi József tanár úr átveszi a jubileumi emlékérmet

Az ankét ünnepélyes megnyitója





Farkas László átveszi a Mikola-díjat



Plósz Katalin átveszi a vándordíjat

szükség (sok-sok év). Másodikként *Szatmáry Károly* egyetemi docens (SZTE, Kísérleti Fizikai Tanszék) az idegen naprendszerekről, valamint az exobolygók felfedezéséről tájékoztatta a fizikatanárokat. Őt követte *Vinkó József* egyetemi docens (SZTE, Optikai és Kvantumelektronikai Tanszék), aki a táguló Világegyetemről szolt közérthető nyelven.

Vasárnap reggel *Farkas László* elnökletével indult a nap. Elsőként *Cserhádi András*, a Paksi Atomerőmű Zrt. műszaki főtanácsadója beszélt a közelmúltban történt üzemzavar utáni sikeres helyreállítási munkákról. Az ankét utolsó előadójaként *Mészáros Sándor* nyugalmazott főmérnök *Bay Zoltán*ról, a radarsillagászat megalapozójáról tartott előadást, aki-ről ő mindent tud, hisz évek óta gyűjti az anyagot (még aktív korában kezdte régi munkahelyén, a Tungsramban).

Az előadások mellett más programokat is szervezett a helyiek csapata. A megérkezés délutánján kisonattal barangolhatták be az érdeklődők a várost. Március 15-én ebéd után Petőfi szobrát koszorúzta meg az ankét hallgatósága. Ezt követően az egyetem *Tanulmányi és Információs Központjába* tettek látogatást a résztvevők, ahol a több mint másfélmillió könyvvállomány mellett a kutatás és ismeretszerzés több formáját ismerhették meg. A TIK megtekintése után az egyetem *Fizikus Tanszékcsoport* laboratóriumaiban folytatódott a bemutató. Itt a legújabb, jelenleg is folyó kutatásokról tájékozódhattak, mint például az anyagmegmunkálás, a szennyeződések mérése, az anyagszerkezet vizsgálata.

Molnár Miklós előadás közben



Este a Magyar Tudományos Akadémia Szegedi Akadémiai Bizottságának Székházában állófogadásra volt hivatalos az ankét minden résztvevője, ahol *Révész Mibály*, a szegedi önkormányzat Oktatási Bizottságának elnöke volt a házigazda.

Pénteken az előadások után az eszköziállítás megtekintésére nyílt lehetőség. A látogatók a tanítás során is jól használható eszközöket láthattak, például saját készítésű ködkamrát, mikrohullámú adó elektromágneses hullámok bemutatására, saját tervezésű és gyártású gőzgépet, robotokat, emlékkiállítást korábbi ankétokról.

Az ebédszünethez kapcsolódóan a Szent István téren lévő „Öreg hölgy”-nek becézett, százéves víztornyot és az abban elhelyezett fizikatörténeti kiállítást csodálhatták meg a tanárok. Itt a városban fellelt hetven–száz éves eszközműszálemek láthatók, amelyek mind a mai napig működőképesek. A víztorony ma is része a városi hálózatnak. A tetején található kilátóból pedig csodálatos panorámában gyönyörködhetett az, aki vállalkozott a számos lépcső megmászására.

Ebéd után került sor a műhelyfoglalkozások első napi penzumára. Ezen a délutánon 14 műhelyfoglalkozás közül választhatott a résztvevő. Nehéz volt a választás, hisz mindenkinek csak négy műhelyen való részvételre nyílt lehetősége. A kollégák az alábbi témákban hirdettek foglalkozásokat:

Kvarkok, leptonok és a CERN (*Adorján Ferencné*)
A 2006-os fizika érettségi vizsga eredményei (*Bánkúti Zsuzsa*)

Múzeum és oktatás (*Jarosievitcz Zoltán*)

Közeli infravörös a középiskolában (*Piláth Károly*)

Egy fizikai paradoxon, annak háttere és egy lehetséges feloldása (*Inczeffly Szabolcs*)

Lássuk a meleg szomszédot! (*ifj. Zátanyi Sándor*)

Függöny fel! (*Kirsch Éva*, színdarabok a fizikatanítás szolgálatában)

Tapasztalatok és ajánlások az emelt szintű fizika érettségi tükrében (*Farkas Zsuzsa* és *Mező Tamás*)

Hogyan tanítom az elektromágneses hullámok spektrumát? (*Szabad Ferenc*)

Lássuk a részecskéket! A CERN-honlap használata (*Horváth Árpád*)

A grafikonszerkesztő program használata fizikaórán (*Hegedűs Jánosné*)



Mészáros Sanyi bácsi a robotokkal

PhD-fokozat szerzésének lehetősége tanároknak (*Jubász András*)

Szárazjeges diffúziós ködkamra összeállítása (*Pántyánné Kuzder Mária, Sebestyén Zoltán*)

Fénysebességmérés a szobában (*Vastagh György*)

A műhelyfoglalkozások másnap, szombaton is folytatódtak, amikor az alábbi öt előadás közül választhattak az ankét résztvevői:

Bemutkoznak a hallgatók (Papp Katalin és tanítványai)

Csillagászati események középiskolásoknak (*Kolláth Zoltán, Mizser Attila, Kelemen János*)

A légnyomásról (*Elblinger Ferenc*)

HTP-2006, avagy magyar fizikatanárok továbbképzése a CERN-ben (*Simon Péter, Pákó Gyula*)

A csillagok színe (*Nyerges Gyula*)

A komoly munka mellett természetesen egy kis kikapcsolódásra is jutott idő. Péntek este a Dómban az épület szépsége mellett *Nánai Mária* nagyszerű orgonajátékában, illetve *Szerb Zsuzsanna* és *Szélpál Szilveszter* énekében gyönyörködhetett a hallgatóság. A hangversennyel még nem ért véget az aznapi program, az érdeklődők megtekinthették a magyar fizikaoktatás jelenlegi helyzetét bemutató *Csoda pedig kell!* című filmet, majd találkozhattak a film alkotóival. Szombaton délután ópusztaszeri kiránduláson vettek részt az ankét résztvevői. A *Feszty körkép* és a *Nemzeti Emlékpark* megtekintése után egy közeli csárdában jó hangulatú vacsora következett.

Az utolsó nap délelőttjén került sor a nagy sikerű „kétperces” kísérleti bemutatókra, melynek lényege, hogy szinte „eszköz nélküli”, bárhol könnyen megvalósítható kísérletet mutassanak be a vállalkozó szellemű résztvevők.

A hagyományoknak megfelelően a zárás előtt a díjak átadása következett. A Műhelybíráló Bizottság által odaítélt díjakat a bizottság elnöke, Farkas László adta át. A műhelyfoglalkozások díjazottai: NYERGES GYULA, Zsigmondy Vilmos Gimnázium és Szakközépiskola, Dorog (I. díj), PILÁTH KÁROLY, Balassi Bálint Gimnázium, Budapest (II. díj), ZÁTONYI SÁNDOR, Szent-Györgyi Albert Gimnázium és Szakközépiskola, Békéscsaba (III. díj). Az eszközkiállítás díjazottai: SZÁSZ JÁNOS és MARKOVICS ÁKOS, PTE TTK Általános és Fizikai Kémia Tanszék, Pécs (I. díj), SEBESTYÉN KLÁRA, PTE Deák Ferenc Gyakorló Gimnázium (II. díj), MÉSZÁROS SÁNDOR ny. főmérnök és MÁRKI-ZAY JÁNOS, Cseresnyés Kollégium, Hódmezővásárhely (III. díj). A díjakat az Eszközbíráló Bizottság elnöke, Zsúdel László adta át.

A jubileumi ankét Szabó Gábor akadémikus zárásával ért véget. A sorozat folytatódik, a következő ankét helyszíne Békéscsaba, ahova ugyancsak nagy szeretettel várják a kollégákat.



Az ankéton került sor a Középiskolai Oktatási Szakcsoport új vezetőségének a megválasztására. Az elkövetkező négy évben a Szakcsoport elnöke Pákó Gyula az ELTE Apáczai Csere János Gyakorló Gimnáziumának tanára lesz. A további vezetőségi tagok: *Csiszár Imre* (SZTE Ságvári Endre Gyakorló Gimnázium, Szeged), *Farkas László* (Vajda János Gimnázium, Keszthely), *Kopcsa József* (nyugdíjas, Debrecen), *Mester András* (Diósgyőri Gimnázium és VPI, Miskolc), *Ujvári Sándor* (Lánczos Kornél Gimnázium, Székesfehérvár), *Zsúdel László* (Földes Ferenc Gimnázium, Miskolc).

Az „Öreg hölgy”

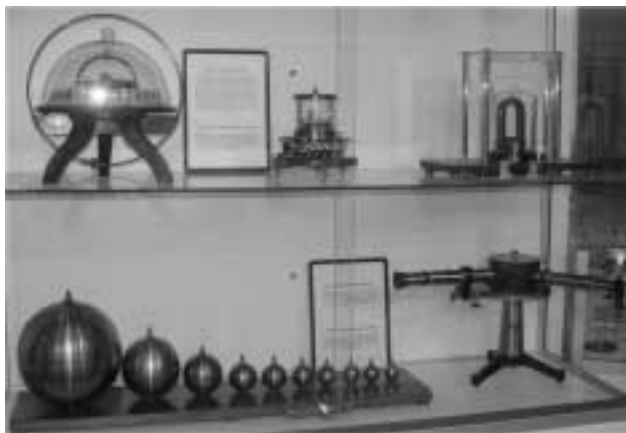


LÁTOGATÁSOK AZ EGRI VARÁZSTORONYBAN

Új színfolttal gazdagodott Egerben az Eszterházy Károly Főiskola Líceum toronyépületében a Varázstorony.¹ Az eddig is látogatható *Csillagászati Múzeum*, *Varázsterem*, *Camera Obscura (periszkóp)* és *Panoráma Terasz* mellett megnyílt az érdeklődők előtt a 6 méter átmérőjű kupolával rendelkező *Planetárium*. A Planetárium a Varázsteremben kapott helyet.

Varázsterem (6. emelet)

A Varázsterembe ellátogatók érdekes, saját maguk által elvégezhető kísérleteken keresztül ismerkedhetnek meg alapvető fizikai jelenségekkel. Tudományos „játékokat” játszhatnak. Számítógépen természeti jelenségek eredeti felvételeit, animációit futtathatják le. Lehetőség nyílik az interneten természettudományos csatornák, honlapok böngészésére is. A teremben az interaktív kísérletezésen túl a látogatók régi kísérleti eszközökből és a Bükk-hegységből származó kőzetekből, ősmaradványokból álló kiállítást tekinthetnek meg.



A vitrinben felül galvanométerek és forgótekerces műszer, alul Helmholtz-rezonátorok és egy Bunsen-spektroszkóp

Csillagászati Múzeum (6. emelet)

A Csillagásztorony – eredeti nevén a *Specula* – 1776-ban kezdte el működését. Az obszervatórium korának legjobb csillagászati műszereivel volt felszerelve. Ezeket *Hell Miksa* magyar születésű, bécsi udvari csillagász, az akkori idők legjobb bécsi és londoni távcsőkészítő mestereitől rendelte meg. Az eredeti műszerek kiállítása tekinthető meg a Csillagászati Múzeumban. (Csillagászattal kapcsolatos kiállítások a felsőbb emeleteken is láthatók.)

Planetárium (6. emelet)

Az egri planetárium egyike a Magyarországon jelenleg működő háromnak. A 6 méter átmérőjű, félgömb alakú, közel 60 négyzetméteres vetítőfelületen az éjsza-

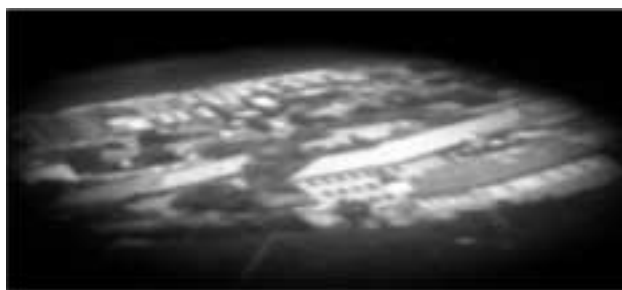


Előadás a Planetáriumban

kai csillagos égbolt valóság-hű képmása jelenik meg. A csillagos eget, a Naprendszer bolygóit és azok mozgását bemutató programok nagy érdeklődést válthatnak ki, mert az iskolai fizika- és földrajztervekben szereplő, csillagászattal kapcsolatos tananyagokat látványosan és élményszerűen közvetítik.

Camera Obscura (Sötétkamra, periszkóp 9. emelet)

Az 1776-ban készült, Hell Miksa által tervezett be rendezés nemcsak Magyarországon, hanem az egész világon ritkaságnak számít. Optikai segítségével a barokk Eger mozgalmas városképe vetíthető ki a besötétített terem közepén lévő fehér asztalra.



Eger, ahogy a Camera Obscura látja

Panoráma Terasz (8. emelet)

A fenti érdekességek megtekintése után, ha kilépnek a torony teraszára, szép kilátásban lehet részük Egerre és környékére.

Rendhagyó órák

Az Eszterházy Károly Főiskola Természettudományi Karán a kar tanárai diákcsoportok számára rendhagyó fizika-, kémia- és földrajzórákat tartanak, amelyek szervesen kapcsolódnak a *Varázstorony* programjához. Ezeket a rendhagyó órákat az Egerbe érkező iskolás csoportok továbbra is igényelhetik. A kísérleti bemutatókkal, magas színvonalú szemléltetéssel ötvözött foglalkozásokat előre egyeztetett témákban és időpontokban a főiskola előadótermeiben tartják.

Előzetes egyeztetés: (36) 520-400/4136 Természettudományi Kar Dékáni hivatala.

¹ A Varázstorony a Líceum toronyépületének 6. emeletén kezdődik, csak lépcsőn közelíthető meg! Részletes információ található a főiskola honlapján: www.ektf.hu/ujweb

AZ AKADÉMIAI ÉLET HÍREI

2008: a Föld Bolygó Nemzetközi Éve

Az IUGS (Nemzetközi Geológiai Unió) és az UNESCO közös kezdeményezése, a *Föld Bolygó Nemzetközi Éve* 2008-ban tematikus ENSZ-év lett. A 2007-től 2009-ig zajló Földév keretében világszerte – így Magyarországon is – számos ismeretterjesztő programot szerveznek annak bemutatására, hogy a földtudományok hogyan szolgálják az emberiség, a társadalmak javát.

A hazai rendezvénysorozat fővédnöke *Sólyom László*, a Magyar Köztársaság elnöke. A programokat egy MTA–UNESCO szervezésű magyar nemzeti bizottság koordinálja (www.foldev.hu), és a megvalósításban a legkülönbözőbb hazai egyesületek és intézmények vesznek részt, mindenekelőtt a Magyarhoni Földtani Társulat és a Magyar Geofizikusok Egyesülete.

Az MTA beszámolója az Országgyűlésnek

A Magyar Köztársaság Országgyűlése tárgysorozatba vette, és az oktatási és tudományos bizottsági vitát követően a tavaszi ülészak elején tárgyalja majd az MTA beszámolóját a magyar tudomány helyzetéről.

Az Akadémiáról szóló 1994. évi XL. törvény értelmében a Magyar Tudományos Akadémia elnöke két évente beszámol a magyar tudomány helyzetéről az Országgyűlésnek.

A beszámoló szövege az MTA honlapjáról (www.mta.hu) pdf formátumban letölthető. (*Beszámoló a Magyar Köztársaság Országgyűlése számára a magyar tudomány helyzetéről 2005–2006.*)

Az Országgyűlés ugyanezen alkalommal tárgyalja majd az MTA által korábban benyújtott, a 2003–2004. évről szóló beszámolót is.

Amikor a tudás és a tőke összefog

Az MTA megújuló intézményhálózatában, a tervek szerint, fontos szerep jut majd a külföldön már sikeresen működő nemzeti laboratóriumoknak. A témát gondozó Reform albizottság javaslatát adjuk közre.

1. Valamennyi javaslattevő egyetértett azzal, hogy az intézethálózat megújítására szükség van. A megújítás több intézkedést is jelent, amelyek közül kiemelt jelentőségű a Nemzeti Laboratóriumok (NL) megszerzése és működtetése. Ez nem az egyetlen megújulási forma, a jelen anyag azonban csak erre fókuszál. Az MTA támogatja az intézetek hálózatosodását, mert az is egy módja a tudáskoncentrációnak, bár kevésbé segíti elő az ipari kapcsolatok kiépülését.

Az MTA célja az intézethálózat, az egyetemek és vállalkozások új együttműködési rendszerének kialakításával a tudáskoncentráció és növekvő forrásbevonás lehetővé tétele. Ellentételeként természetesen újszerű, nagyobb hatékonyságú kutatási, fejlesztési és innovációs (K+F+I) tevékenységgel kell a társadalmi és gazdasági fejlődést szolgálni. A forrásbevonás alapja nem a szervezeti forma, hanem a nemzetközileg is versenyképes K+F tevékenység, amely hozzájárul a csúcstechnológiai ipar hazai megteremtéséhez és sikeres működtetéséhez. A NL alapja tehát tevékenységi lánca rendezett szervezetek együttműködése, annak érdekében, hogy „valamit megcsináljanak”.

A NL (döntően) állami forrásból működő, egy vagy több meghatározott infrastruktúra köré szerveződő, azt vagy azokat üzemeltetni és fejleszteni képes, professzionális szervezet. Stratégiai értékű témában célzott és egységes kutatást végez, innovatív termékeit prekompetitív fázisába juttatja azok értékesítése érdekében.

2. A világon többfajta próbálkozás van új, együttműködések alapuló K+F+I szervezeti formák kialakítására. Itthon próbálkoztak a RET-ekkel és KKK-kal, és most indul a technológiai platformok hálózata európai modell nyomán. Az NL-ek ezektől abban különböznek, hogy

- az MTA kezdeményezésére létrejövő és annak felügyelete mellett működő új típusú szervezetek;
- mind az MTA, mind az egyetemek tudásbázisára támaszkodva alakulnak ki;
- a résztvevők kiválasztásának elsődleges kritériuma a bemutatott tudományos és innovatív kiválóság, versenyképesség;
- a hazai és nemzetközi tudományos és gazdasági szektor együttműködésén alapulnak;
- hatékony technológiatranszfer-rendszerek működtetése révén biztosítják a szellemi termékek gazdasági hasznosulását;
- segítik a csúcstechnológiákat képviselő spin-off cégek körének bővítését, amelyek értékesíthető ter-

mékek előállításával járulnak hozzá a gazdasági növekedéshez.

- Hazai körülmények között NL megszervezése csak meglévő és bizonyítottan az alapkutatástól a piaci érdeklődésig eljutott eredményeket felmutató intézményrészekből, a rokon témájú iparból, illetve gazdasági szereplőkből álló egységekből képzelhető el.

- Az NL-ben a kutatói szabadság jelentősen korlátozott, az indítandó és lezárandó tematikáit a vezetés jelöli ki.

- A szigorú értelemben vett alapkutatás az NL-eknek nem lehet közvetlen célja.

- Az NL-nek fizikai központja van, térben lehet több helyen, bár kívánatosnak tűnik a térbeli koncentráció is.

- A fenti kritériumok szerint a társadalomtudományi intézetek fejlesztését nem az NL-ek rendszere szolgálja. Nem maradhat ki azonban ez az intézetcsoport sem a fejlesztésből. Rövid időn belül ki kell alakítani néhány távlatos társadalomtudományi projektet, amelyet más rendszerben fog majd az MTA vezetése támogatni.

3. A Nemzeti Laboratóriumok elsődleges célja, hogy nemzetközi mércével (is) élvonalbeli kutatási feltételeket/környezetet biztosítsanak, amelyben lehetővé válik a tudományos ismeretek közvetlen beillesztése az innovációs ciklusba, és a hazai gazdaság szereplői számára történő hasznosítása.

A gazdasági szereplők igényeinek fókuszba állításával a NL-ek biztosítják, hogy

- élvonalbeli környezet segítse a tudományos és fejlesztői (mérnöki) munkát, az innovációs folyamatokat;

- a K+F nemzetközileg is aktuális, „nagy” kihívásaira a nemzeti laboratóriumok képesek legyenek válaszolni újdonságértékű tudományos eredményekkel, szellemi termékekkel (tudományos kutatás);

- az NL megszervezésével olyan dimenziójú környezet jön létre, amely túlmutat az egyedi intézmények lehetőségein (erőforrások hálózatba szervezése), és erre alapozva új típusú komplex projektek válhatnak megvalósíthatóvá;

- az elérni kívánt előnyök között a működési hatékonyság és a jelentős fejlesztési potenciál kiemelt helyen szerepel.

A Nemzeti Laboratóriumoknak a nemzetközi mércével mért kutatási teljesítmény mellett – felsőoktatási intézményekkel együttműködve – speciális szakirányú oktatási és továbbképzési programokat is kell nyújtania, például speciális kurzusokat és gyakorlatokat, amelyek részben a támogató vállalatok szükségletei, részben a kutatóközösség igényei szerint kerülnek meghatározásra, továbbá kiterjeszhető a diplomafeladatok és Ph.D. kutatási programok kiírására és konzultációra. Az NL-ek az egyetemek számára vonzó lehetőséget teremtenek.

4. A kiválasztás szempontjai:

- A résztvevők eddigi tevékenysége alapján elvárható a K+F+I területén a kiválóság és az eredetiség.

- Nemzetközileg versenyképes tudásbázis, megfelelő infrastrukturális háttér rendelkezésre állása.

- Meggyőző gazdasági partnerkapcsolat és spin-off cégek alapítása.

- Potenciális alkalmasság szakterületi országos tudásközpont funkciójára.

- A vállalkozói tőkebefektetések számára vonzó tudományterületeken jöjjön létre.

- Multidiszciplináris partnerintézmények közreműködésével kritikus tömegű kutatógárda legyen kialakítható.

- Részletes, jól fókuszált K+F+I projektjei legyenek.

- Professzionális menedzsment irányítsa.

- Pályázati források biztosíthatóak, de legalább valószínűsíthetőek legyenek.

5. Az 1023/2007. (IV.5) számú, a Kormány középtávú tudomány-, technológia- és innovációpolitikai stratégiájáról szóló kormányhatározat 3. pontjában megfogalmazott alapelvek szerint az infrastruktúrák támogatása nem csak pályázati forrásokból lehetséges; így az NL-ek jó megvalósíthatósági tanulmányok alapján más támogatásokra is esélyesek.

Ez utóbbi feltétel különösen fontos, hiszen az MTA nem rendelkezik forrással ahhoz, hogy a Nemzeti Laboratóriumok működését kiemelten támogassa. Csak arra van lehetőség, hogy egyes, a kialakuláskor azonosított hiányosságot egy-egy nagyobb összeggel kiküszöböljön. A fókuszálás miatt nem támogatható, hogy egyes intézetek valamennyi tevékenységét felölelő szerveződések jöjjenek létre.

Az NL-ek létrehozására és működésére tett stratégiai javaslat szervesen integrálódik az Új Magyarország Fejlesztési Terv célkitűzéseibe és a gazdaságfejlesztési operatív programokhoz. Az MTA által kidolgozásra kerülő rendszer feltételezi az illetékes kormányzati szereplők támogatását a program sikere érdekében.

A szervezet tekintetében nem támasztunk külső követelményt. Az induláskor nagy valószínűséggel konzorciális együttműködésen alapuló munkamegosztás jöhet csak létre, amely a tevékenység fejlődésével akár egységes szervezetté is fejlődhet.

A létrejövő egyes NL-ek kiválóságát rendszeres (pl. 3 évenkénti) akkreditálás és monitorozás biztosítja, ennek módjára és elveire az MTA, mint kezdeményező javaslatot tesz majd a TTPK-nak. A monitoring bizottság felügyeli az NL vezetését. Az NL-ek működését, a felelősség és feladatok megosztását, és a meglévő, illetve létrejövő szellemi tulajdonjogok szabályozását polgárjogi konzorciális szerződés szavatolja.

Az MTA vezetésének szerepe fontos az NL-ek kialakítása során, hiszen döntően alakítja a mozgósítható erőforrásokat, és a javaslatok kormányzat elé terjesztésével az infrastrukturális fejlesztés alapját teremti meg.

Az NL-ek az ország vezetése számára döntéseket támogató szakértelmet biztosít(hat) kompetenciaterületein az elvi és megvalósítási koncepciók kérdésében.

Fontos végül megjegyezni, hogy a Nemzeti Laboratóriumok új konstrukciók, a sikerük a „trial and error” elvre épül, megengedve időközi módosításokat, változtatásokat. Az MTA jól tudja, hogy nem birtokosa a bölcsék kövének, bár feltehetően tapasztalt kalauz a helyes megoldáshoz vezető úton.

6. A kiválasztás módjára külön javaslat készül.

Az MTA 178. közgyűlése

A Magyar Tudományos Akadémia elnökségének állásfoglalása értelmében az MTA soron következő, 178. közgyűlését 2008. május 5–6-án tartja. A tisztújító közgyűlés május 6-án titkos szavazással három évre megválasztja az MTA elnökét, főtítkárárt, alelnökeit és főtítkárhelyettesét, a választott akadémikus elnökségi tagokat, valamint a közgyűlési állandó bizottságok választott tagjait, a Doktori Tanács tagjait és az AKT közgyűlés által választandó tagjait.

- A jelölőbizottság megalakulás után tájékozódott a szóba jöhető jelöltekről, illetve javaslatának kialakításához programokat kért be az elnöki, illetve főtítkári posztra javasoltaktól.

- A jelölőbizottság március 10-i ülésén dönt arról, hogy kiket kíván jelöltként a közgyűlés elé terjeszteni.

- A közgyűlés tagjai hat héttel a közgyűlés előtt, március 21-ig kézhez kapják a javaslatot.

- A közgyűlés legalább 20 tagjának aláírásával április 7-ig van mód különvéleményt megfogalmazni.

- A jelölőbizottság április 14-én tartja közgyűlés előtti utolsó ülését, melyen a beérkezett észrevételek áttekintése után véglegesíti a közgyűlés elé terjesztendő javaslatot.

A *Szántay Csaba* akadémikus vezette Jelölőbizottság tájékozódott a tudományos közösség körében és a január 14-i ülésén az alábbiakról határozott: a közgyűlés elé kerülő javaslatának megalapozásához a tagság részéről érezhetően legnagyobb támogatást élvező *Fésüs László*, *Keviczky László*, *Pálinkás József*, *Roska Tamás* és *Somlyódy László* akadémikusoktól elképzeléseiket tartalmazó rövid koncepciótervet kér az elnöki, *Pálinkás Gábor* és *Pléh Csaba* akadémikusoktól pedig a főtítkári posztra vonatkozóan.

Az MTA Elnökségének állásfoglalása a darwini evolúciós elmélet védelmében

A Magyar Tudományos Akadémia – hasonlóan 67 ország tudományos akadémiáihoz, köztük az egyik elsőként megszólaló Royal Societyhez – elhatárolódik azoktól a tudományon kívüli elképzelésektől (pl. intelligens tervezés), amelyek a darwinizmus tudományosan megalapozott állításait támadják, eltorzítják, illetve áltudományos érvelésekkel kritizálják.

A nézetkülönbség fő forrása véleményünk szerint a vallásos hit és a tudomány természetének félreértéséből, bizonyos tudományos alapfogalmak (pl. mi az evolúció) eltérő meghatározásából adódik. Az evolúció tanulmányozása biológiai megfigyeléseken, méréseken és következtetéseken alapuló tudomány (amelynek egyes állításai bizonyíthatóak és cáfolhatóak) míg a kreacionizmus (így a teljesen hipotetikus

intelligens tervezés is) dogmán és feltételezéseken alapuló elmélet, amelyek nem összevethető, nem szembeállítható fogalmak.

Meggyőződésünk, hogy a vallásos hit (így a kreacionizmus is) sem nem igazolhatja, sem nem cáfolhatja az evolúció tudományos elméletét, mint ahogy a tudományok sem foglalkozhatnak hitbéli kérdésekkel. A vita a Magyar Tudományos Akadémián is szóba került, melynek részletes anyaga a *Magyar Tudomány* című folyóiratban is megjelent (MT 2006/9). A darwini evolúciós elmélet – ahogy a tudományokban a fejlődést figyelembe véve ez megszokott – nem teljesen lezárt volta ellenére, tudományosan megalapozottnak tekinthető és kellően leírja a fajok keletkezését és átalakulását.

A Magyar Tudományos Akadémia Elnöksége

A TÁRSULATI ÉLET HÍREI

Fizibusz program

„A fizikai, kémiai és biológiai alapműveltség nélkül felnövekvő generáció önmagára veszélyes módon fog élni a harmadik évezred technológiai környezetében. Megítélésem szerint ez az egyik legsúlyosabb környezetvédelmi kockázat, amely a társadalmunkat a XXI. században fenyegeti.” *Bor Zsolt*, fizikus, akadémikus

A Budapesti Elektromos Művek Nyrt. (ELMŰ) és az Észak-magyarországi Áramszolgáltató Nyrt. (ÉMÁSZ) fokozott felelősséget érez azért, hogy a társaságaink

által biztosított villamos energia a lehető leghatékonyabban, a környezetet legkevésbé terhelő módon kerüljön felhasználásra.

Meggyőződésünk, hogy a gyerekek környezettudatos energiefelhasználásra történő felkészítését nem lehet elég korán elkezdni. Ezért is indítottuk útjára Energia Suli elnevezésű kezdeményezésünket, amelyet – tekintettel az előző tanévben tapasztalt lelkes fogadtatásra – az idén kibővítünk a Fizibusz program-

mal, azzal a céllal, hogy általános iskolai programunkat ne csak az interneten keresztül tegyük elérhetővé, hanem „házhoz is vigyük” az ismereteket.

Mi az a Fizibusz?

Forgalomba állítunk egy speciális mikrobuszt, felszerelve minden olyan demonstrációs eszközzel és technikai felszereléssel, amely hitünk szerint elengedhetetlenül szükséges egy izgalmas és maradandó élményt nyújtó, rendhagyó tanórához (akár egy tornateremnyi tanulónak tartandó kísérletezéshez).

A Fizibusz irányító személyzetét olyan elkötelezett, a tudományos show műfajában jártas tanárkollégák adják, akik a jókedvet és a humort sem felejtik otthon, sőt az oktatás nélkülözhetetlen alapelemének tekintik.

Mit nyújt a Fizibusz?

Szándékunk szerint a Fizibusz

- olyan oktató program, amelyben az általános iskolai környezetismeret, természetismeret és fizika tananyaghoz illeszkedve, rendhagyó módon, de akár a tanítási órák keretében közlünk ismereteket az energetika, a tudatos és a takarékos energiaszolgáltatás témakörében,
- egyben szórakoztató program is, amellyel tanulói számára nem csak hasznos, de kellemes, emlékezetes, vidám perceket is szerezhetsz,
- végül, de nem utolsó sorban a természettudományokat népszerűsítő kezdeményezés is, amely konkrét segítséget nyújt Önnek a fenti tantárgyak tanulókkal történő megszerettetéséhez.

Felhívás javaslattételre

A korábbi évekhez hasonlóan az idén is szándékunkban áll kiosztani a Társulat érmeit és díjait. Ezúton is kérem a Társulat szakcsoportjait, a területi szervezeteket és a Társulat valamennyi tagját, hogy a Társulat díjainak odaítélésére vonatkozó javaslataikat (pályázatukat) *2008. április 5-ig* szíveskedjenek eljuttatni a Társulat titkárságára (1027 Budapest, Fő utca 68., postacím: 1371 Budapest, Pf. 433).

A díjak odaítélésével kapcsolatban az Alapszabály vonatkozó rendelkezései az irányadóak, a díjak kiosztására az előreláthatóan 2008. május 31-én megrendendő küldöttközgyűlés keretében kerül sor.

Az Eötvös Társulat kitüntetései és díjai

Társulati díjak

- *Eötvös Loránd Fizikai Társulat Érem* a Társulat azon tagjának, aki a fizika területén hosszú időn keresztül folytatott kutatási, alkalmazási vagy oktatási tevékenységével, valamint a Társulatban kifejtett munkásságával kiemelkedően hozzájárult a fizika hazai fejlődéséhez.

Mennyiért megy házhoz a Fizibusz?

A Fizibusz fogadása az Ön iskolájának semmibe nem kerül, teljesen ingyenes. Amennyiben felkeltettük érdeklődését, csupán helyet és időt kell biztosítania az előadás számára.

Hogyan lehet kérni a Fizibusz látogatását?

A Fizibuszt a honlapunkon elérhető jelentkezési lap kitöltésével és a 06 1/238-1905-ös telefax számra történő visszaküldésével lehet igényelni.

A busz programjáról, a szabad és foglalt időpontokról szintén a honlap ad tájékoztatást.

Nagy tisztelettel számít Önökre az ELMŰ és az EMÁSZ Energia Suli csapata!

Tisztelt Intézményvezető, Kedves Kolléga!

Örömmel támogatunk minden olyan kezdeményezést, amely a felnövekvő generáció természettudományos ismereteit bővíti, s érdeklődését a reál-tárgyak iránt felkeltheti. Nem kevésbé tartjuk fontosnak magát a konkrét témát, az energiatakarékosságot, amely meggyőződésünk szerint már most is az egyik legfontosabb társadalmi kérdés, de a talán nem is olyan távoli jövőben minden bizonnyal az emberiség kulcskérdései közé fog tartozni.

A Fizibusz program az Eötvös Loránd Fizikai Társulás szakmai támogatását élvezzi.

Védnök: *Sólyom Jenő* fizikus, akadémikus, az Eötvös Loránd Fizikai Társulat elnöke és

Kiss Gyula, az Eötvös Loránd Fizikai Társulat Általános Iskolai Oktatási Szakcsoport elnöke.

- A Társulat *Prometheusz* éremmel – „A fizikai gondolkodás terjesztéséért” – tüntetheti ki azt, aki a fizikai műveltség fokozásához országos hatással hozzájárult.
- A Társulat *Eötvös Plakett* emléktárgya annak a tagnak/személynek, aki rendkívüli mértékben nyújt segítséget a Társulat célkitűzéseinek megvalósításához, neves külföldi vendégnek a Társulat valamely rendezvényén tartott előadása alkalmából.

Tudományos díjak

A Eötvös Loránd Fizikai Társulat az alábbi tudományos díjakat adományozhatja:

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

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

- *Bozóky László-díjat* annak a személynek, aki a sugárfizika és a környezettudomány területén,
- *Felsőoktatási Díjat* annak a személynek, aki a felsőoktatás területén kimagasló eredmény ért el.

A Társulat díjaira az Alapszabály szerint a Társulat szakcsoportjai és területi szervezetei, valamint a Társulat tagjai tehetnek javaslatot, de minden társulati tag maga is pályázhat a díjakra. A díjak elnyerésének a társulati tagság nem feltétele. A javaslatokat és a pályázatokat az illetékes szakcsoportok véleményével együtt a www.elft.hu weblapról letölthető, vagy a titkárságon beszerezhető űrlap felhasználásával kell a Társulat titkárságára eljuttatni.

A díjazottak személyéről a Díjbizottság javaslatára a Társulat Elnöksége dönt.

Kádár György főtitkár

HÍREK ITTHONRÓL

2009 a csillagászat nemzetközi éve

Az Egyesült Nemzetek Szervezetének 62-ik Közgyűlése 2007. december 19-én 2009-et a *Csillagászat Nemzetközi Évének* nyilvánította. A határozattervezetet – ami a Közgyűlés Második Bizottságától teljes támogatást kapott – *Galilei* szülőhazája, Olaszország nyújtotta be. A Csillagászat Nemzetközi Éve a Nemzetközi Csillagászati Unió¹ és az UNESCO kezdeményezése.

A Csillagászat Nemzetközi Éve során, 2009-ben egy nagy jelentőségű, tudományos forradalmat elindító eseményre emlékezünk, a távcső csillagászati felhasználására. E találmány vezetett az elmúlt 400 év megannyi csodálatos, olykor meglepő csillagászati felfedezéséhez, amely alapvetően befolyásolta világgépünket.

A Csillagászat Nemzetközi Éve elsősorban nem a csillagászokat célozza, hanem általában a Föld lakóit, foglalkozásra, életkorra, lakóhelyre való tekintet nélkül. A Csillagászat Nemzetközi Éve 2009 globális együttműködés békés céllal – keressük kozmikus eredetünket, közös örökségünket, amely minden embert összeköt a Földön. A csillagászat tudománya több ezer éves együttműködést jelent földrajzi, kulturális vagy faji hovatartozástól függetlenül, összhangban az ENSZ alapokmánya szellemiségével.



A Csillagászat Nemzetközi Éve 2009 globális és regionális szinteken szerveződik. A programban résztvevő országok nemzeti szervezőbizottságokat alakítottak, hogy előkészítsék a 2009-es év eseményeit, együtt a hivatásos és az amatőr csillagászokkal, a tudásközpontokkal, tudományos előadókkal és tanárokkal.

A Csillagászat Nemzetközi Éve 2009 magyarországi kapcsolattartója *Oláh Katalin*. A magyar szervezőbizottság további tagjai között megtalálhatók a csillagászat művelésében és oktatásában résztvevő legnagyobb intézmények képviselői, valamint a csillagászat népszerűsítéséért dolgozók.

Fontos célunk, hogy tudatosítsuk: a csillagos ég látványa a természet része, olyan közös kincs, amelyet védeni kell. Éppen ezért folytatunk felvilágosító munkát annak érdekében, hogy intézmények és magán-személyek is megfelelő, minimális fényszennyezést okozó kültéri világítást használjanak, hogy a legkevésbé sérüljön a csillagos égbolt látványa. Büszkék vagyunk arra, hogy Európa első csillagoségbolt-rezervátuma éppen hazánkban, a Zselici Tájvédelmi Körzetben jöhet létre.

A központi Csillagászat2009 (IYA2009) Titkárság feladata, hogy összefogja a nemzetközi programokat, és segítse a nemzeti programsorozatokat. Nemzetközi összefogásban 11 projekt terve fogalmazódott meg, amelyeket nemzetközi tagokat magában foglaló szervezőbizottságok hajtanak majd végre.

A nemzetközi kínálatban találunk olcsó, könnyen összerakható távcsöveket kínáló programot, olvashatjuk majd híres csillagászok blogjait, megismerkedhetünk a női csillagászok helyzetével a túlnyomóan fér-

¹ Az 1919-ben alapított Nemzetközi Csillagászati Unió a világ hivatásos csillagászaik legnagyobb szervezete, amely közel 10 000 megbecsült csillagászt fog össze a világ minden nemzetéből. Küldetése, hogy a nemzetközi együttműködések útján segítse és vezesse a csillagászat tudományát. A Nemzetközi Csillagászati Unió egy nemzetközi felhatalmazással rendelkező szervezet, amely többek között arról is dönt, mi legyen a neve a különböző égitesteknek, vagy hogyan nevezzük a bolygók, holdak felszíni formáit.

fiak által kedvelt szakmában és kis segítséggel tanulmányozhatjuk majd a Jupiter Galilei-holdjait. Különösen a tanárok figyelmébe ajánljuk a *Galileo tanárképző programot*, amely az alapvető csillagászati ismereteket és azok tanításának módszereit szándékozik megismertetni lelkes és vállalkozó tanárokkal. Magyar szempontból kiemelkedő a *Vigyázzunk a csillagos égre* projekt, amely a fényszennyezés csökkentésének szükségességére szeretné felhívni az emberek figyelmét. A projekt nemzetközi szervezői között találjuk *Kolláth Zoltánt*, a téma lelkes hazai vezetőjét, aki többek között elérte, hogy a Zselici Tájvédelmi körzet Európában valószínűleg elsőként kapja meg a csillagoségbolt-rezervátum státust. Végül, de nem utolsó

sorban, a szervezők a széles nagyközönség érdeklődését kívánják felkelteni a legjobb csillagászati képeket összegyűjtő vándorkiállításban, amely páratlan európai és amerikai összefogásban valósul meg.

További információk:

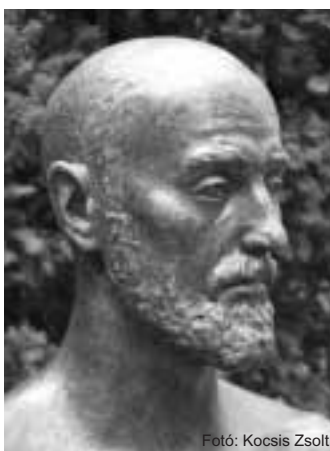
Csillagászat2009 (IYA2009) Magyarország Oláh Katalin, MTA Konkoly-Thege Miklós Csillagászati Kutatóintézet, tel.: 39-19-369 (közvetlen), 39-19-360, e-mail: olah@konkoly.hu.

További információk a Csillagászat Nemzetközi Éve 2009 <http://www.astronomy2009.org/> és a magyar szervezők <http://csillagaszat2009.elte.hu/> honlapján találhatóak.

Eötvös Loránd-szobrot avattak Szombathelyen

A Berzsényi Dániel Főiskola Természet-tudományi és Műszaki Karán a 2007. évi tudomány napi rendezvény zárásaként felavatták *Eötvös Loránd* terrakotta mellszobrát. Az alkotás készítője a Főiskola egykori diákja, *Barták Csaba* szobrászművész, aki a korábbi években már készített a Fizika Tanszék megrendelésére Eötvös-reliefet, Bolyai János-szoborportrét, Rutherford-érmet és Einstein-kisplasztikát.

A szoboravatón Eötvös jelentőségét *Kovács László*, a Fizika Tanszék alapító tanszékvezetője méltatta. Beszélt a súlyos és a tehetetlen tömeg arányosságá-



Fotó: Kocsis Zsolt

ra vonatkozó mérések időszerűségéről: ha a folyamatban levő három nagy űrkísérlet során találnak majd eltérést a két-féle tömeg értéke közt, akkor igazolódhat a húrelmélet egy speciális része.

Kovács László hangsúlyozta, hogy Eötvös példája segíthet megújítani a tanárképzést: valamennyi jelentős tudományos felfedezését beépítette az egyetemi tananyagba és elkészítette a megfelelő demonstrációs berendezéseket is.

Avatóbeszédet a mester egykori tanára, *Kocsis Zsolt* mondott. *Veress Márton*, a Kar dékánja és Kovács László leplezték le az alkotást.

HÍREK A NAGYVILÁGBÓL

Amerikai segély orosz atomfegyver-kutatóknak

Két törvényhozó azt állítja, hogy az az amerikai program, amelynek célja megakadályozni, hogy a volt szovjet atomfegyver-szakértők más országok atomfegyverprogramjához csatlakozzanak, valójában segítheti Iránt atomfegyvere kifejlesztésében.

John Dingell, a Képviselőház Energiaügyi és Kereskedelmi Bizottságának elnöke, valamint *Bart Stupak*, a Bizottság egyik albizottságának elnöke, azzal vádolja az Energiaügyi Minisztériumot (DOE), hogy támogatott két olyan orosz nukleáris intézményt, amelyek segítik Irán első atomerőművének megépítését. A State Department megerősítette, hogy a Bushhehrben épülő reaktor megfelelő álca ahhoz, hogy Irán hozzájusson az atomfegyverprogramjához szükséges védett technológiához. A két Michigan állambeli demokrata képviselő azt állítja, hogy a Bushhehr-reaktorral kapcsolatban álló két orosz intézmény, a Mérésügyi Kuta-

tatóintézet valamint a Szövetségi Tudományos és Műszaki Atomerőmű Központ összesen 3,4 millió dollár támogatást kapott az Energiaügyi Minisztérium Initiatives for Proliferation Prevention (IPP) programja keretében. A 13 éve működő programot azért hozták létre, hogy a Szovjetunió összeomlása után munkanélkülivé vált atomfegyver-kutatóknak munkahelyeket teremtsenek.

Samuel Bodman energiaügyi miniszter a Bizottságnak elmondta, hogy a kezdeményezés „nem támogatja Irán nukleáris programját”. Elismerte azonban, hogy „kétségtelenül vannak következtelenségek az ő Bushhehr-reaktorral kapcsolatos garanciái és a State Department álláspontja között”. Az Egyesült Államok évek óta *párbeszédet folytat* Oroszországgal az iráni nukleáris tervekkel és a bushhehri reaktorral kapcsolatban – mondta Bodman. Az oroszokkal kötött hosszú-

távú – reaktor-fűtőanyaggal kapcsolatos – megállapodás szerint az oroszoknak vissza kell szállítani a kiégett fűtőanyagot, így csökken annak lehetősége, hogy Irán fegyverhez használható hasadóanyaghoz jusson, másrészt a reaktor megépítését és működését a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség ellenőrzi.

A Bizottság januári 23-i ülésén a Kormányzati Számvevőszék (Government Accountability Office, GAO) azt állította, hogy az IPP-program jelentősen eltúlozta tevékenységét, mivel nem tudta megerősíteni, hogy a DOE programja a volt szovjet köztársaságokban 2790 munkahelyet teremtett volna a magán-szektorban. A DOE szerint a program, amióta a Clinton-adminisztráció alatt beindult, 309 millió dollárt költött arra, hogy állást találjon 16 700 atomfegyver-

kutatónak. Ezzel szemben a GAO azt találta, hogy a megvizsgált 6450 egykori szovjet tudósnak több mint a fele nem foglalkozott atomfegyverekkel.

Az IPP-program jelenleg Oroszország és más korábbi szovjet köztársaság több mint 100 intézetében összesen 115 projektet támogat, amelyek többségében amerikai ipari partnerek is részt vesznek és olyan termékek kereskedelmi forgalmazásához vezettek, mint például taposóakna detektorok, tű nélküli fecskendők, rákkezeléshez szükséges radioizotópok, valamint protézisek. A GAO azonban fenntartja azt a véleményét, hogy az eredményesség gyanús, mivel csak a támogatott intézmények és partnereik ellenőrizetlen beszámolóin alapul.

(<http://ptonline.aip.org/journals/>)

A Szaturnusz holdjának gyűrűje van

Nem csak a bolygóknak lehet gyűrűjük. A csillagászok azt találták, hogy a Szaturnusz Rhea nevű holdja körül gyűrűk vannak. Ez az első ilyen megfigyelés. *Geraint Jones*, a University College London Mullard Space Science laboratóriumának kutatója szerint a felfedezés nagy meglepetés, mivel nem is gyanakodtak gyűrűk létezésére.

A gyűrűk létezése abban mutatkozik meg, hogy a Szaturnusz körüli, a bolygó mágneses tere által csapdába esett elektronok áramlását blokkolja. A jelenséget a Cassini-űrszonda fedezte fel, amikor 2005 novemberében 500 kilométer távolságban elhaladt a Rhea mellett. Ahogy a Cassini közeledett a holdhoz, az elektronintenzitás fokozatosan csökkent, azonban volt a változásban három éles, *tűskeszerű* csökkenés mielőtt a hold fokozatosan leárnyékolta az elektronok áramlását a műszerhez. Amikor az űrszonda a hold másik oldalán elhaladt, az elektronáram intenzitása fokozatosan növekedett, de a három tűske ismét jelentkezett. Ezzel szemben, amikor a Cassini egy másik hold, a jeges felszínű Thetys mellett haladt el, az

elektronintenzitás változatlan maradt, kivéve amikor maga a hold blokkolta le az áramlást. A megfigyelést egyedül a gyűrűelképzelés képes magyarázni. Bár töltött atomok és molekulák ionjai szétszórhatják az elektronokat a Rhea körül, a Cassini nem mért elegendően nagy ionsűrűséget, hogy megmagyarázza az intenzitás változásában a tűskéket. Úgy gondolják, hogy egy nagyobb részecskéből – milliméterestől egy méterig skálán – álló tárcsa veszi fel az elektronokat. A számítások szerint ez a tárcsa stabil képződmény lehet a Rhea egyenlítője körül. Jones szerint a három tűske arra utal, hogy a Rhea körüli tárcsa három keskeny gyűrűből áll.

A tárcsa és a gyűrűk eredete nem világos, lehet hogy a Rhea kialakulásakor fennmaradó anyagból jött léte, vagy egy későbbi ütközés eredménye. A Cassini nem találta nyomát gyűrűknek a hasonló tulajdonságú Dione és Thetys holdaknál. Bár a Cassini kamrái nem észlelték a gyűrűket, az elektronintenzitás-mérések elegendő bizonyítékkal szolgálnak létezésükre.

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

Délkoreai kutatót csalás gyanúja miatt felfüggesztettek

A Daejeon telephelyű Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST) belső vizsgálata szerint egy *Tae Kook Kim* nevű kutató által neves folyóiratokban, köztük a *Science*-ben publikált cikkekkel szemben gyanú merült fel. Bár a vizsgálat még nem fejeződött be, *Lee Gyun Min*, a KAIST Biológiai Tudományok Osztályának vezetője a *Science* szerkesztőségének jelezte, hogy „a vizsgálatunk kezdeti eredményei eléggé meggyőzőek arra vonatkozóan, hogy a cikkek semmiféle tudományos igazságot nem tartalmaznak”.

A *Science*-beli cikk 2005-ben jelent meg, a második cikket pedig a *Nature Chemical Biology* közölte 2006-ban. A *Science* cikke arról számolt be, hogy nanoré-

szecskékkel vizsgálni lehet a sejtek belsejében a molekulák tulajdonságait és azonosítani lehet új drogcél-pontokat. *Katrina Kelner*, a *Science* biológus szerkesztője szerint „a bírálók rendkívül lelkesedtek a cikktől”. A cikkben közölt élősejt-felvételeket is megvizsgálták a *Science* képanalizáló rendszerével, de semmi gyanúsat nem találtak. Az egy évvel később megjelent *Nature Chemical Biology* cikk arról számolt be, hogy a sejt öregedést szabályozó belső óráját vissza lehet állítani bizonyos proteinek segítségével, amelyeket a *Science*-cikk azonosított.

Kim egy társaságot alapított, hogy a kutatásoknál használt technológiát hasznosítsa, mondta *Yeonsoo Seo*, a vizsgálóbizottság egyik tagja. Február 12-én azonban

egy CGK Co. Ltd. nevű cég jelezte a KAIST-nek, hogy Kim egyes eredményeit nem képesek reprodukálni. Február 13-án vizsgálóbizottság alakult, amely bekérte Kim laboratóriumi jegyzőkönyveit és az összes kísérleti adatot. Kim azonban nem szolgáltatott adatokat, és néhány nap múlva elutazott Koreából. A bizottság ezután Kim munkatársait, köztük *Jaejoon Wont*, mindkét cikk első szerzőjét hallgatta ki. A bizottság néhány nap múlva jelezte, hogy „komoly tudományos szabálytalanságoknak” akadt nyomára, és erről értesítette *Nam Pyo Sub* professzort, a KAIST elnökét. Február 28-án ezért Kimet felfüggesztették. A vizsgálat befejezéséig részleteket nem hoznak nyilvánosságra. Azt is vizsgálják,

hogy milyen felelősség terheli a cikkek egyes szerzőit, illetve azok munkahelyeit – még nem biztos hogy Kim a felelősök között van. Amennyiben kiderül, hogy Kim valóban csalást követett el, az egyetem azonnal felmondja vele kötött szerződését.

Robert Roeder, a New York-i Rockefeller University biokémikusa, aki Kim PhD-disszertációjának témavezetője volt 1990 és 1994 között, úgy emlékszik rá mint „nagyon szorgalmas, nagyon lelkiismeretes és keményen dolgozó diákra” aki jó viszonyban volt a laboratórium valamennyi tagjával. Kim jelenleg nem elérhető, ezért az ő véleménye nem ismeretes az ügyben.

(<http://www.sciencemag.org/current.dtl>)

Ismét a Casimir-effektus

Amint az manapság jól ismert, az elektromágneses tér nullpont-fluktuációi miatt két vezető lemez között vonzó kölcsönhatás lép fel. Az már kevésbé ismert, hogy *Michael Fisher* és *Pierre de Gennes* megjósolta, hogy analóg jelenség lép fel kondenzált anyagok rendszerében is. A stuttgarti Egyetemen *C. Hertlein* és munkatársai megfigyelték ezt az effektust bináris fo-

lyadékelegybe merített két felület között, amikor a folyadék hőmérséklete közel volt a kritikus ponthoz. A hagyományos Casimir-effektustól eltérően ez a jelenség erősen függ a hőmérséklettől, amelynek fontos alkalmazásai lehetnek a nanotechnológiában, ahol viszonylag könnyű ezt a paramétert szabályozni.

(<http://cerncourier.com/cws/latest/cern>)

Csillogó szilícium

A szilícium az elektronikus ipar nélkülözhetetlen alapanyaga. Gyengén lumineszkál – ez a tulajdonság pedig nagy lehetőségeket nyit meg az alkalmazások előtt a hírközlési hálózatoknál, ahol az elemek elektromos tulajdonságait már hosszú ideje kihasználják. A kutatók most rájöttek, hogy mi okozza a szilícium nanokristályok lumineszcenciáját. Több mint egy évtizede azon vitatkoztak ugyanis a kutatók, hogy ezek a nanokristályok kvantumeffektusok miatt világítanak, vagy pedig a kristályokat összetartó anyagban található hibák miatt.

Az angliai Lancaster Egyetemen *Manus Hayne* és munkatársai kétféle mechanizmust úgy különbözteték meg, hogy a szilícium nanokristályok által kibocsátott fény frekvenciájának finom változásait detektálták erős mágneses térben. Azt találták, hogy mindkét lehetséges mechanizmus fellép, és a domináns mechanizmus a szerkezet hibahelyeinek számától függ. A kutatók a hibahelyek számának szabályozásával képesek voltak a fénykibocsátást szabályozni.

(Nature Nanotech. doi:10.1038/nnano.2008.7 (2008))

Mágneses gáz

A Bose–Einstein-kondenzátumok rendkívül hideg atomok csomói. Normális körülmények között a kondenzátumok olyam atomokból állnak, amelyek csak a legközelebbi szomszédjaikkal állnak kölcsönhatásban, és úgy ütköznek egymással mint a biliárdgolyók. A németországi Stuttgart egyetemi kutatói megmutatták, hogy hosszú hatótávolságú kölcsönhatások segítségével stabil csomókat lehet létrehozni. *Tobias Koch* és kollégái úgy hozták létre Bose–

Einstein-kondenzátumot, hogy króm 52 atomokat lehűtötték az abszolút zérus hőmérséklet közelébe. Ebben a kondenzátumban az atomoknak erős mágneses dipólusuk van, külső mágneses tér megfelelő alkalmazása kiküszöböli az atomok közötti kontakt kölcsönhatást. Mivel a dipólusoknak kitüntetett irányuk van, ezek az atomcsomagok csak bizonyos konfigurációban stabilok.

(Nature Phys. doi:10.1038/nphys887 (2008))

Fizikai Szemle
MAGYAR FIZIKAI FOLYÓIRAT

megjelenését anyagilag támogatják:



nka
Nemzeti Kulturális Alap

NCA
Nemzeti Civil Alapprogram



Tegyük a tudományok oktatását szórakoztatóvá és maradandó élménnyé az Xperimania-projekt segítségével!

A fiatalok természettudomány iránti érdeklődésének felkeltése Európa alapvető érdeke, hiszen csak így lehet a kontinens innovatív, tudásalapú gazdasági nagyhatalom. Az Xperimania-projekt szórakoztató és egyszerű feladatokkal segíti a tanárokat, és felhívja a középiskolások figyelmét a fizika, kémia, azon belül a szerves és petrokémia szépségeire. A projekt www.xperimania.net honlapján 22 nyelven, köztük magyarul is hasznos anyagokat találhatnak a tanárok: interaktív eszközöket, forrásokat, pedagógiai útmutatókat. Az Xperimania rendszeres lehetőséget nyújt online szakértői társalgásokra is, melyekben neves európai szakértők segítik a tanárok és diákok munkáját. Az Xperimania-projektet az Európai Petrokémiai Szövetség szervezi, és az Európai Iskolahálózat koordinálja.

A honlapon meghirdetett alábbi **két versenyben** is részt vehetnek az érdeklődő tanárok-diákok:

Időszalag: A tudományos felfedezések, az új anyagok megtalálásának bemutatására kérjük a versenyzőket 1800-tól egészen napjainkig. A honlapra feltöltött pályázatnak rövid szöveges ismertetőt és egy képet kell tartalmaznia, de lehet film, hanganyag, látványelem stb. is a munka része. A pályázat az anyagok felfedezését mutató interaktív időszalag részévé válik.

Kísérlet: Könnyen kivitelezhető és mégis érdekes fizikai vagy kémiai kísérleteket várunk az anyagok tulajdonságainak bemutatására. A kémiai kísérletek korszerű anyagokra koncentráljanak. A laborjelentést videóval vagy a fényképpel együtt kell feltölteni a honlapra. A pályázatok online galériában megtekinthetők.

Iskolák jelentkezését várjuk a versenyre az EU összes tagállamából, tagjelölt országából, valamint az EFTA-országokból. A résztvevő diákok életkora 10–20 év között lehet. A részvétel ingyenes. A www.xperimania.net honlapon minden szükséges információt megtalálhatnak a versennyel kapcsolatban.

Mindkét pályázatra a **beadási határidő 2008. április 5.**

A legjobb pályázatokat díjazzuk.

Bővebb információt ad, szakmai segítséget nyújt a projekt magyarországi koordinátora, *Jarosievitz Beáta* (bjaro@goliat.eik.bme.hu). A projekthez csatlakozók mindenképpen jelentkezzenek nála e-mailben.

