

# fizikai szemle



2010/7-8

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

Főszerkesztő:

Szatmáry Zoltán

Szerkesztőbizottság:

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

Szerkesztő:

Füstöss László

Műszaki szerkesztő:

Kármán Tamás

A folyóirat e-mail címe:

szerkesztok@fizikaiszemle.hu

A lapba szánt írásokat erre a címre kérjük.

A folyóirat honlapja:

<http://www.fizikaiszemle.hu>

A címlapon:

Kerámiaedény Kumránból,  
hol és mikor készülhetett?

## TARTALOM

<i>Horváth Dezső</i> : A világ keletkezése: Ősrobbanás = teremtés?	217
<i>Balla Márta, Szatmáry Zoltán</i> : A holt-tengeri tekercesek és a fizika	223
<i>Hargittai István</i> : Nehéz és izgalmas – Teller-életrajzot írni	230
<i>Tar Domokos</i> : A mennydörgés és a lökéshullámok szerepe a villámgómb kialakulásában	237
<i>Szabó Gábor</i> : Kolmogorov és a relatív gyakoriság	241
<i>Abonyi Iván</i> : Hell Miksáról, aki 1769-ben elsőként mérte meg a Nap–Föld-távolságot	243
<i>Szatmáry Károly</i> : A szegedi csillagvizsgáló	252
<b>A FIZIKA TANÍTÁSA</b>	
<i>Radnóti Katalin</i> : A fizikai fogalmak alakulása	255
<i>Jendrék Miklós</i> : Kísérletezzünk hétköznapi eszközökkel!	260
<i>Bartos-Elekes István</i> : Az elektron fajlagos töltésének meghatározása magnetron módszerrel	266
<i>Petróczi Gábor</i> : Jubileumi Fizikaverseny a kazincbarcikai Ságvári Gimnáziumban	275
Eötvös Loránd: A fizika tanításáról az Egyetemen (közreadja: <i>Papp Katalin</i> )	278
<b>KÖNYVESPOLC</b>	
<b>HÍREK – ESEMÉNYEK</b>	
<i>D. Horváth</i> : The origin of the World: Big Bang = Creation?	
<i>M. Balla, Z. Szatmáry</i> : The rolls of Qumran and Physics	
<i>I. Hargittai</i> : A difficult but exciting task: to write E. Teller's biography	
<i>D. Tar</i> : The role of thunder and shock waves in the formation of lightning balls	
<i>G. Szabó</i> : Kolmogorov and the relative frequency of events	
<i>I. Abonyi</i> : On Maximilian Hell, who in 1769 was the first to measure the distance of the Earth from the Sun	
<i>K. Szatmáry</i> : The observatory at Szeged	
<b>TEACHING PHYSICS</b>	
<i>K. Radnóti</i> : The evolution of physical concepts in secondary school pupils	
<i>M. Jendrék</i> : Let us experiment with everyday equipment!	
<i>I. Bartos-Elekes</i> : Measuring of the electron's specific charge using the magnetron method	
<i>G. Petróczi</i> : Jubilee Contest in physics in the Ságvári Gymnasium in Kazincbarcika	
<i>K. Papp</i> reminds of R. Eötvös' opening address "The teaching of physics at the University"	
<b>BOOKS, EVENTS</b>	
<i>D. Horváth</i> : Wie ist die Welt entstanden: Urknall = Schöpfung?	
<i>M. Balla, Z. Szatmáry</i> : Die Rollen von Qumran und die Physik	
<i>I. Hargittai</i> : Schwer aber spannend: E. Tellers Lebenslauf zu schreiben	
<i>D. Tar</i> : Die Rolle von Donner und Stosswellen beim Zustandekommen von Kugelblitzen	
<i>G. Szabó</i> : Kolmogorov und die relative Häufigkeit	
<i>I. Abonyi</i> : Über Maximilian Hell, der 1769 als Erster die Entfernung zwischen Sonne und Erde bestimmte	
<i>K. Szatmáry</i> : Die Sternwarte im Szeged	
<b>PHYSIKUNTERRICHT</b>	
<i>K. Radnóti</i> : Die Entwicklung physikalischer Begriffe bei Mittelschülern	
<i>M. Jendrék</i> : Machen wir Experimente mit Geräten des Alltags!	
<i>I. Bartos-Elekes</i> : Bestimmung der spezifischen Ladung des Elektrons mit der Magnetron-Methode	
<i>G. Petróczi</i> : Jubiläumswettbewerb in Physik des Ságvári-Gymnasiums in Kazincbarcika	
<i>K. Papp</i> erinnert an die Eröffnungsrede von R. Eötvös: „Der Physikunterricht an der Universität“	
<b>BÜCHER, EREIGNISSE</b>	
<i>Д. Хорват</i> : Вопрос происхождения Вселенной: считать ли сотворением большой взрыв	
<i>М. Балла, З. Сатмари</i> : Ролилки Кумрана и физика	
<i>И. Харгитай</i> : Трудности и занимательность написания биографии Э. Теллера	
<i>Д. Тар</i> : Роль грома и ударных волн в возникновении шариковой молнии	
<i>Г. Сабó</i> : Колмогоров и относительная частность	
<i>И. Абони</i> : Об астрономе Максимилиане Гелл, первым измерившем расстояние Земли от Солнца в 1769 г	
<i>К. Сатмари</i> : Обсерватория в г. Сегед	
<b>ОБУЧЕНИЕ ФИЗИКЕ</b>	
<i>К. Радиоти</i> : Процессы развития физических понятий у учеников средних школ	
<i>М. Ендрек</i> : Давайте экспериментировать с будничными предметами	
<i>И. Бартош-Элекеси</i> : Определение удельного заряда электрона методом магнетрона	
<i>Г. Петроци</i> : Юбилейный конкурс по физике в гимназии им. Шагварн в г. Казинцбарцика	
<i>К. Пани</i> : Вступительная речь Р. Этвеша «Об обучении физике на университете»	
<b>КНИГИ, ПРОИСХОДЯЩИЕ СОБЫТИЯ</b>	

**Fizikai Szemle**  
MAGYAR FIZIKAI FOLYÓIRAT

megjelenését anyagilag támogatják:



**nka**  
Nemzeti Kulturális Alap

**mvm**  
paksi atomerőmű

**NCA**  
Nemzeti Civil Alapprogram



# 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

LX. évfolyam

7–8. szám

2010. július–augusztus

## A VILÁG KELETKEZÉSE: ŐSROBBANÁS = TEREMTÉS?

A kozmológia és a vallások viszonya

Horváth Dezső  
MTA KFKI RMKI, Budapest  
és ATOMKI, Debrecen

### A modern kozmológia kialakulása

A kozmológia napjaink egyik legizgalmasabb, leggyorsabban fejlődő tudományága, számos kérdésével joggal tartja magát az újságok címlapján. Bizonyos következtetései, mint a sötét anyag és energia túlsúlya a Világegyetemben, vagy a tér és idő kezdete az Ősrobbanáskor, még a fizikus gondolkodását is megrázzák. És ott van a fizikai paraméterek finomhangolása, mint az élet létrejöttének feltétele. Mindez szépen tükröződik a magyar nyelvű fizikai irodalomban is, lásd például *Patkós András* és *Frei Zsolt* tankönyvét [1] és a *Természet Világa* csillagászati különszámát [2], de a *Fizikai Szemle* és a *Természet Világa* évente több cikkben is tárgyalja a kozmológia kérdéskörét.

Amikor *Einstein* felállította általános relativitáselméletét, a fizikus közösséggel együtt mélyen meg volt győződve a Világegyetem stabilitásáról. Hiába mutatta meg előbb az orosz *Alekszandr Friedmann* (1922), majd tőle függetlenül a belga *Georges Lemaître* (1927), hogy az egyenletek táguló vagy zsugorodó Világegyetemet adnak, senki nem hitte el nekik. *Einstein* állítólag azt mondta 1927-ben, *Lemaître* leveletére: „Az Ön matematikája precíz, de a fizikája förtelmes” – és csak 1933-ban fogadta el a tágulás igazát.

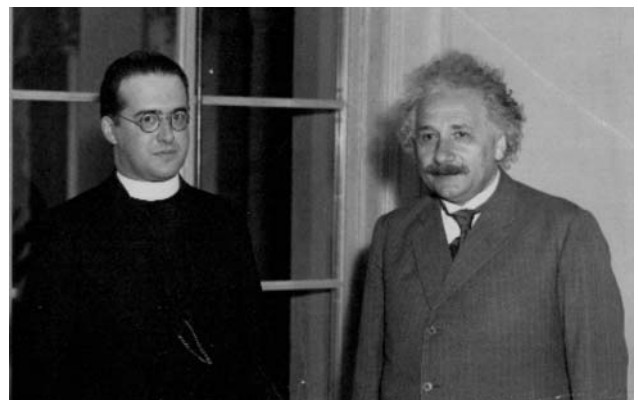
Hamarosan a kísérleti bizonyíték is összeállt. *Henrietta S. Leavitt* már 1910 körül kidolgozta a galaxisok távolságának meghatározását, *Vesto Slipher* és mások 1912-ben megmérték a galaxisok vöröseltolódását, és végül *Edwin Hubble* 1929-ben meghatározta a vöröseltolódás és a távolság összefüggését és ebből levette a táguló Világegyetemet. A lineáris tágulásból – kétszer olyan messze levő galaxis kétszer akkora se-

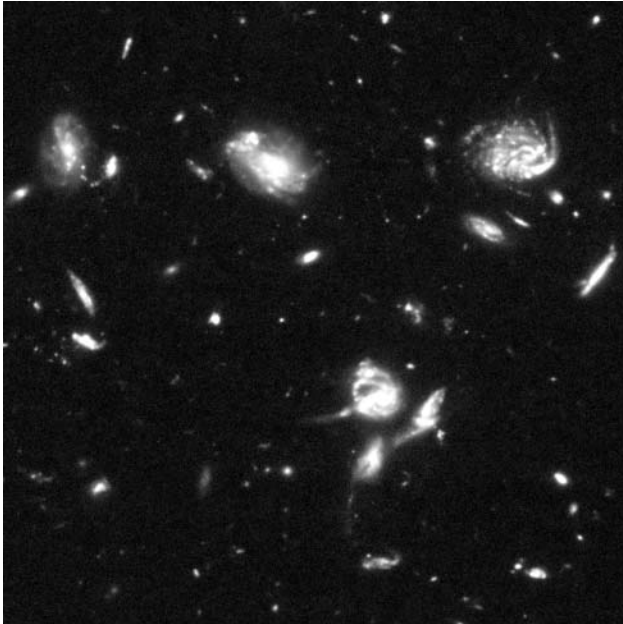
bességgel távolodik tőlünk – következett a kozmológiai elv (fordítva is igaz): a Világegyetem homogén, nincs kitüntetett pontja, olyan, mint egy felfúvódó léggömb felülete, a galaxisok pedig úgy távolodnak egymástól, mint a mazsolaszemek az egyenletesen dagadó tésztában.

A táguló Világegyetemben tehát valamikor korábban mindennek közelebb kellett lennie egymáshoz. *Lemaître* 1931-ben publikálta híres *Nature*-cikkét [3]: *A Világ kezdete a kvantumelmélet szempontjából*, amelyben a kezdet egy „kozmosz tojás felrobbanása a Teremtés pillanatában”. Elméletét *Lemaître* az ősatom (*primeval atom*) hipotézisének hívta, és a kezdetet úgy jellemezte: „a tegnap nélküli nap”, hiszen az elmélet szerint a tér és az idő is akkor képződött.

A vallással való kapcsolat azonnal megvolt, hiszen *Monsignor Georges Henri Joseph Edouard Lemaître* a *Leuveni Katolikus Egyetem* fizikaprofesszora volt és

1. ábra. *Georges Lemaître* és *Albert Einstein* 1933-ban.





2. ábra. A Hubble-űrteleszkóp ultramély-térbeli felvételének egy kis része kinagyítva. Jól látszik a fiatal galaxisok szabálytalan alakja.

felszentelt katolikus pap. Egész életében reverendában járt (1. ábra). Amikor Lemaître 1933-ban előadta elméletét, Einstein felállt és elkezdett tapsolni, mondván: „Ez a Teremtés legszebb és legkielégítőbb magyarázata, amelyet valaha hallottam.” Ebből persze nem következett, hogy el is hitte volna, mint fizikai modellt.

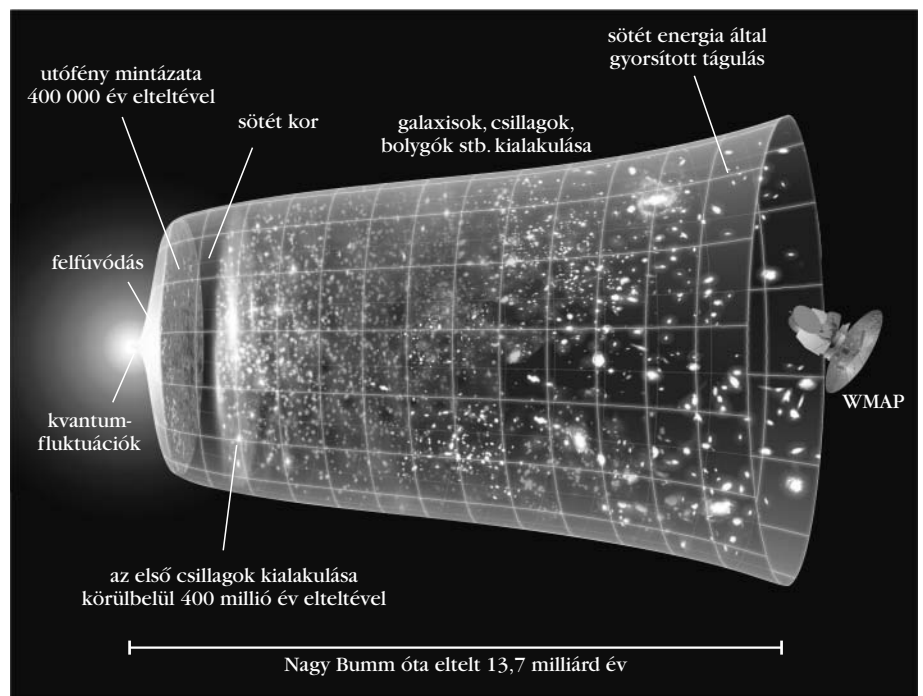
A tudományos világ igen nehezen fogadta el Lemaître elméletét. Fred Hoyle, a neves csillagász és sci-fi-író, a stacionárius Univerzum híve, egy 1949-es rádióműsorban gúnyosan *A Nagy Bumm (The Big Bang)* elméletének nevezte, és az aztán rajta is ragadt a nemzetközi szakirodalomban, habár magyarul inkább *Ősrobbanás*nak hívjuk. Harminc évig gyűlt a kísérleti tapasztalat, amely fokozatosan megerősítette az Ősrobbanás elméletét, és végül a kozmikus háttérsugárzás felfedezése (Arno Penzias és Robert Wilson, 1964; Nobel-díj, 1978) feltette rá a koronát. A kozmikus háttérsugárzás 2,7 K hőmérsékletnek megfelelő sugárzás, amely akkor keletkezett, amikor 380 000 évvel az Ősrobbanás után kialakultak a semleges atomok, és azzal az Univerzum átlátszóvá vált az akkor 3000 K hőmérsékletű foton-sugárzás számára, korábban ugyanis a töltött részecskék plazmája folyamato-

san elnyelte és újra kisugározta. A Világegyetem terének ezerszeres tágulása a visszamaradt fotonok hullámhosszát ezerszeresére növelte, így hűltek le 2,7 K-re.

Nagyon sok egyéb bizonyítéka is van az Ősrobbanás elméletének. Például, az Univerzum látható anyaga tömegének 75%-a hidrogén és 25%-a hélium, a többi elem részaránya kevesebb, mint 1%. Hélium keletkezése csak a csillagok belsejében lehetséges, és a Világegyetem kezdeti, forró anyagállapota nélkül nehéz ilyen nagy mennyiségűt megmagyarázni. Gyönyörűek a világűrbe telepített, viszontagságos sorsú Hubble-teleszkóp ultra-mély képei: 250 napig figyelte az ég egy sötét (látszólag csillagmentes) pontját, és ott tízezernél több galaxist észlelt, amelyek az Ősrobbanás után 500–800 millió évvel keletkeztek (2. ábra). Ezek a távoli, fiatal galaxisok kisebbek és kevésbé szimmetrikusak, mint a közelebbi, későbbi állapotban megfigyelték.

A kozmológia jelenlegi álláspontja szerint az Ősrobbanást gyors felfűvódás követte, amely eléggé eltávolította egymástól a kezdeti sűrűség-ingadozásokat, hogy azok ne tudjanak kiegyenlítődni, és magjai lehessenek a galaxisok kialakulásának. Jelenleg a Világegyetem gyorsulva tágul. Ez magyarázható az úgynevezett *kozmológiai állandóval*, amelyet Einstein először berakott, majd kivett az egyenletéből. Manapság ezt a *sötét energia* következményének szoktuk tekinteni, mert az egyenletesen kitölti a teret és a Világegyetem energiasűrűségének mintegy 73%-át teszi ki. Nem tévesztendő össze a nem-barionos hideg *sötét anyaggal*, amely a galaxishalmazok körül csomósodik, és amely az összes anyag 80%-a, az energiasűrűség mintegy 23%-a. Egyikről sem lehet tudni, hogy igazából micsoda, bár a

3. ábra. A Világegyetem története a kozmológia jelenlegi állása szerint. Időrendben: Ősrobbanás, felfűvódás, sugárzás, átlátszóság, galaxisok kialakulása, napjaink gyorsuló tágulása.





4. ábra. Maimonides (Mose ben Maimon), 1138–1204.

legkülönbözőbb feltételezések léteznek rájuk. A barionos anyag (csillagok, fekete lyukak, csillagközi por és gáz) energiasűrűsége kevesebb, mint 5%, a sugárzásé pedig nagyon kicsi. A WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe) űrteleszkóp adatainak legújabb elemzése [4] a többi megfigyeléssel párosítva igen pontosan meghatározta ezeket a kozmológiai paramétereket: a sötét energia  $72,8 \pm 1,6\%$ , a sötét anyag  $22,7 \pm 1,4\%$ , a barionos anyag pedig  $4,56 \pm 0,16\%$ . A Világegyetem kora  $13,75 \pm 0,11$  milliárd év.

A Világegyetem történetét a 3. ábra szemlélteti. Az Ősrobbanást a feltételezések szerint kezdeti gyors felfűvódás követte. Ezután sugárzás-dominálta időszak következett, amikor az energiasűrűség túlnyomó része sugárzás formájában volt jelen. Az atomok kialakulásával az Univerzum átlátszó lett a sugárzás számára, erről tudósít a kozmikus háttérsugárzás. Jelenleg a Világegyetem enyhén gyorsulva tágul.

5. ábra. XII. Pius pápa és II. János Pál pápa.



## Evolúció és vallás

Az Ősrobbanás Teremtésként való értelmezéséhez az evolúció a kulcskérdés. Az evolúciót a legtöbb vallás és irányzata elfogadja. Kivétel a református egyház, az máig némileg ellenségesen kezeli, ez főleg az Egyesült Államok internetes vitafórumain figyelhető meg.<sup>1</sup> Az amerikai evangélikusoknál<sup>2</sup> ugyanakkor komoly tudományos vitákat látni a modern kozmológiáról és az Ősrobbanásról, figyelemmel kísérik a természettudomány eredményeit és a Vatikán közleményeit.

A judaizmusban régi hagyomány nem szó szerint értelmezni a Genezist. Már *Maimonides* (4. ábra) leszögezte,<sup>3</sup> hogy „a Genezis kezdetének szó szerinti értelmezése a tömegeknek való”.

Mivel a katolikus egyház hierarchikus felépítésű, politikáját egyértelműen a Vatikán és a mindenkori pápa határozza meg. XII. Pius (5. ábra) már 1951-ben beletörődött egy részleges evolúcióba, mára pedig a Vatikán egyértelműen elfogadja azt. II. János Pál 1996-ban a következőt jelentette ki a Vatikáni Tudományos Akadémia (Pontifical Academy of Sciences) ülésén:<sup>4</sup> „Mára ... új tudásunk elfogadja, hogy az evolúció elmélete több, mint hipotézis. Valóban figyelemre méltó, ahogy a kutatók a tudomány különböző területein tett felfedezések hatására, fokozatosan elfogadták ezt az elméletet. A függetlenül végzett munka eredményeinek sem nem keresett, sem nem fabrikált konvergenciája önmagában is jelentős bizonyítéka az elméletnek.” Ezt a elfogadást remekül példázza egy konferencia, amelyet a Vatikán rendezett 2009. februárjában *Charles Darwin: A fajok eredete* megjelenésének 150. évfordulójára. Itt *Gianfranco Ravasi* bíboros (6. ábra), a Pontifical Academy of Sciences elnöke közölte: „Habár a Vatikán korábban ellenséges volt a darwinizmussal szemben, soha nem vetette azt hivatalosan el és a könyvet sem ítélte el. Az evolúció ötlete már Szent Ágoston és Aquinói Szent Tamás műveiben is fellelhető.”

Érdekes módon, a korai kereszténység valóban evolúcióban gondolkodott. *Aquinói Szent Tamás* (6. ábra) nagy műve, a *Summa Theologica*<sup>5</sup> ősanagról beszél: Szent Tamás számára az ősanagy az alapvető változás közös alapja, az anyagi testek meghatározatlan eleme. Tiszta lehetőség... Semmiből ké-

<sup>1</sup> Reformed Church in America: <http://www.rca.org> és Protestant Reformed Church in America: <http://www.prca.org>.

<sup>2</sup> Evangelical Lutheran Church in America: <http://www.elca.org>.

<sup>3</sup> <http://www.faqs.org/faqs/judaism/FAQ/06-Jewish-Thought/section-4.html>

<sup>4</sup> [http://www.newadvent.org/library/docs/\\_jp02tc.htm](http://www.newadvent.org/library/docs/_jp02tc.htm)

<sup>5</sup> <http://www.newadvent.org/summa/>



6. ábra. Aquinói Szent Tamás (1224–1274) és Gianfranco Ravasi bíboros.

szült és csak a semmibe visszahullva tűnhet el.<sup>6</sup> *Szent Ágoston* 800 évvel korábban ennél jóval tovább jutott, de arra még visszatérünk.

## Teremtés és Ősrobbanás

*Lederman Isteni a-tomjának társszerzője, Dick Teresi* könyvet szentel [5] a régi civilizációk kozmológiai elképzeléseinek. Szerinte indiai kozmológusok voltak az elsők, akik a Föld korát több, mint 4 milliárd évre becsülték. Ők kerültek a legközelebb az atomi és kvantumfizikához és más modern elméletekhez. A görög atomelméletet is valószínűleg ők ihlették, perzsa közvetítéssel. Még a napjaink elméleti fizikusai által megálmodott párhuzamos világegyetemek is beleférnek a következő hindu képbe: a teremtés és megsemmisülés ciklusa örökké tart, megtestesülve Siva istenben, a Tánc Urában, aki jobb kezében a dobort tartja, amely a Világ teremtését szólaltatja meg, a balban pedig a lángot, amely majd megsemmisíti azt. Brahma egyike az isteneknek, akik megálmodják a saját Világegyetemet.

*R. A. S. Kocha* is könyvet [6] szentelt a hinduizmus és az Ősrobbanás kapcsolatának. Azt állítja, hogy *Brahman*, a végső realitás képviselője a hindu vallásban, nem más, mint burkolt utalás magára az Ősrobbanásra. A *Brahman* szó maga a szanszkrit *brh* gyökből ered, amelynek jelentése *nőj határtalanul nagyra* és utalhat robbanásra. Ami pedig az Ősrobbanás tér-idő-beni szingularitását illeti, Brahma a tiszta időtlen létezés személytelen abszolútuma. Igen érdekes a Saivismus kasmíri ága, amely szerint kezdetben az

egész Világegyetem egyetlen pontban (Bindu) összpontosult. Ez volt a Teremtés Ősmagja. Egy csirázási periódus után felrobbant és a Teremtés (Om) hangját (Nada) eredményezte.

A japán sintoizmus szerint<sup>7</sup> Ég és Föld kezdetben egy tojásszerű alakulatban volt, amely behatárolatlan csírákat tartalmazott. Ahogy szétváltak, a tiszta elem kiemelkedett, az Eget alkotva. A sűrűbb, kevésbé tiszta részből lett a Föld. Látni fogjuk, hogy ez igencsak emlékeztet Szent Ágoston világgképére, habár aligha befolyásolhatták egymást.

Az iszlám még tovább jut: *Mirza Tabir Ahmad* [8] szerint a Világegyetem állandó tágulását a szent írásek közül

egyedül a *Korán* említi: „Nem látják a hitetlenek, hogy Ég és Föld eredetileg egyetlen tömeg volt és Mi választottuk szét? És Mi készítettünk vízből minden egyes élőlényt?”

## Szent Ágoston vallomásai, i.sz. 397.

Számomra az egész kérdéskör legbámulatosabb alakja Szent Ágoston, az észak-afrikai Hippon püspöke (7. ábra). A 4. század végén írt *Vallomásokban* [9] a *Biblia* logikus elemzésével elképesztően közel került a modern kozmológia világgképéhez. A *Vallomások* önéletrajz és vita Istennel a Szentírásról. Könyvekre és fejezetekre tagolódik. A fordítók fejezetcímekkel látták el – gondolom – a jobb érthetőség kedvéért, pedig a latin eredeti világhálón látható változatában nem láttam címeket. Egy-egy fejezet lehet egy mondat vagy több oldal. Végignézttem *Vass József* magyar és *J. G. Pilkington* angol fordítását, és a magyar változat sokkal jobban tetszett, érthetőbb és egyértelműbbnek tűnt fel.

A *Vallomások* XI. és XII. könyve a Teremtéssel foglalkozik. A XI. könyv V. fejezete szerint „Isten a világot semmiből teremtette”. A VI. fejezet megállapítja, hogy: „A teremtő ige nem lehetett valami időben elhangzó parancs... Akárminek képzelem ugyanis azt a teremtést megelőző valamit, ami hordozója lett volna parancsodnak, biztosan nem volt, hacsak azt is meg nem teremtetted vala.”

Vissza-visszatérő kérdése: „Működött-e Isten a világ teremtése előtt?” Ennek megválaszolásához hosszan elemzi az idő fogalmát, és eljut a modern kozmológia idő-fogalmához. A XI. fejezet fő tétele: „Isten örökkévalóságához nincs köze időnek”, a XII. fejezeté pedig: „A teremtés előtt Isten kifelé, vagyis teremtő módon semmit nem cselekedett.”

<sup>6</sup> <http://www.newadvent.org/cathen/10053b.htm>

<sup>7</sup> <http://creationtheologies.tripod.com/creationtheologies/id2.html>

Az idő elemzése a XIII. fejezetben csúcsonylik: „A teremtés előtt nem volt idő, mert ez maga a teremtmény. ... A te éveid, Uram, egyetlen napot számítanak; de napodban nincs tegnap, hanem csak ma, mert a te mádat nem váltja fel a holnap, s nem következett a tegnap után. Napod az örökkévalóság; azért nem zetted öröktől fogva azt, akinek mondtad: »Ma születek téged!« (Zsolt 2,7). Minden idő a te alkotásod. Minden időt megelőző örök jelened, s időtlen idő nem volt sohasem.”

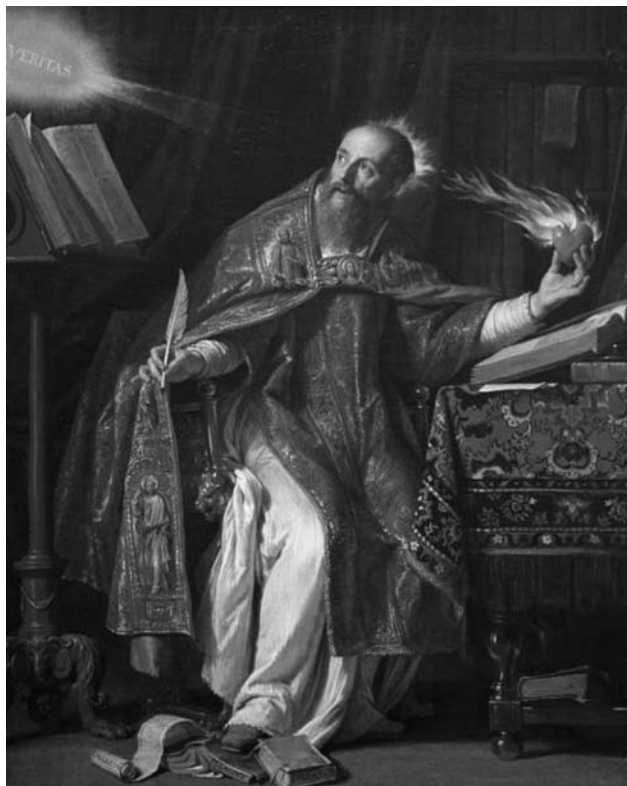
A XVI. fejezet az idő mérését elemzi, és arra jut: „Csak a jelen időt lehet mérni.”

A XXX. fejezet újra felveti: „... mit művelt Isten a világ teremtése előtt? – Vagy: hogyan jutott eszébe teremteni valamit, mikor azelőtt soha semmit sem teremtett?” A válasza pedig ugyanaz, amit arra a kérdésre szoktunk válaszolni, hogy mi volt az Ősrobbanás előtt: „... nem lehet ott sohasemről beszélni, ahol egyáltalán nincsen idő. ... teremtmény híján idő sincs.”

Konklúziója tehát az, hogy az idő is a Teremtésből jött létre. Az idő mozgással mérhető, de nem azonos a mozgással.

A XII. könyv visszatér a teremtéshez. A VII. fejezet megállapítja: „Semmiből lett az őanyag, az őanyagból az egész világ.” Ez megint csak a kozmológia világképével egyezik, csak *semmin*ek hívja az Ősrobbanást megelőző, fizikailag nem létező állapotot. A IX. fejezet szerint: „Sem a mennyország, sem az őanyag megteremtése nem időben történt.” Szent Ágoston mélyen foglalkoztatja a *Genézis* első mondata, „Kez-

7. ábra. Szent Ágoston, Hippo püspöke (354–430), Philippe de Champaigne (XVII. sz.) festménye.



detben teremté Isten a Mennyet és a Földet.” A XIII. fejezet szerint: „Kezdetben teremté Isten a mennyországot és az őanyagot. ... a mennyet én szellemi égnek tartom, amelyben a megismerés nem »rész szerint«, nem »tükör által és homályban« (1Kor 13,12) történik, hanem egyenlő a teljesen megvilágosított: a színről színre való látással. Nem hullámszerű egyszer erre, egyszer arra; hanem, amint említettem, egyszerre és együtt való látás, időbeli változás nélkül.”

Mennyországban tehát lényegében a természeti törvényeket érti. Hosszan mereng a „Kezdetben” jelentésén, tekintettel arra, hogy szerinte az idő is a Teremtés keletkezett. A XXIV. fejezetben úgy vélekedik, hogy „e szó »kezdetben« az Igét jelenti, de vallja, hogy más magyarázat is lehetséges”.

## Ősrobbanás és modern kereszténység

Mint láttuk, más vallások és a korai kereszténység is evolúcióban gondolkodott, és ez lehetővé teszi, hogy gond nélkül interpretálja az Ősrobbanást Teremtésként. A modern kozmológia és a keresztény Teremtés ellentmondásának feloldására több lehetőség van, mindegyikre számos elméletet látni az irodalomban:

- Elvetni a tudományos adatokat, ami például a kövületek értelmezését meglehetősen bonyolulttá teszi.
- Bebizonyítani, hogy megfelelő időszámítási rendszerben a 14 milliárd év 5758-nak felel meg.
- Több teremtést feltételezni, és azt, hogy a kövületek egy korábbi maradtak vissza.
- Elvetni a Szentírás betű szerinti értelmezését, mint Maimonides és Szent Ágoston.

A Vatikán már jóval előbb elfogadta az Ősrobbanást a világ kezdetének (azaz Teremtésnek), mint a tudományos közösség. XII. Pius pápa 1951-ben üdvözölte az Ősrobbanást, mint a Világ teremtését *Isten létezésének bizonyítékai a modern természettudományok fényében* című beszédében [7]: „Így tehát a Teremtés időben történt. Tehát létezik Teremtő. Tehát Isten létezik! Habár nem explicit és nem teljes, ez az a válasz, amelyet a tudománytól vártunk, és amelyet a jelenlegi emberi generáció vár tőle.”

XII. Pius beszéde nagy nyilvánosságot kapott. Állítólag Edwin Hubble, a Világegyetem tágulásának fő felfedezője (8. ábra), igencsak dühös lett, amikor levelet kapott egy barátjától, aki megkérdezte, a pápa bejelentése kvalifikálja-e szentté avatásra. „Amíg a reggeli újságban nem olvastam róla, nem gondoltam volna, hogy a pápának rád van szüksége Isten létének bizonyításához.” Ezek után Georges Lemaître meggyőzte a Vatikán tudósait (egy évtizeddel később ő lett a Vatikán Tudományos Akadémiájának elnöke), hogy nem szabad túlságosan építeni erre a nem bizonyított elméletre, és XII. Pius többet nem hivatkozott rá.

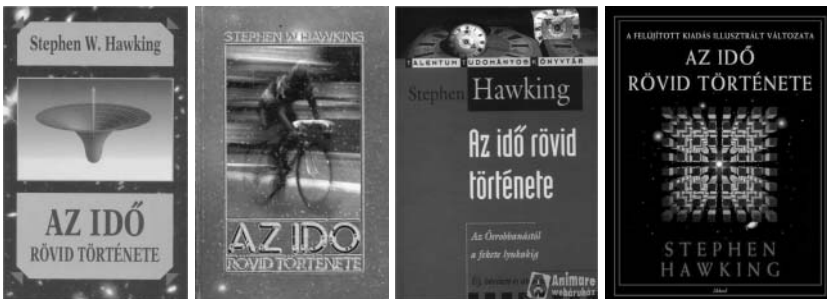
II. János Pál pápa 1996-ban visszatért a kérdéshez, és a Vatikáni Tudományos Akadémiához intézett beszédében a következőt mondta:



8. ábra. Edwin Hubble, 1889–1953.

„... úgy tűnik, hogy a modern tudománynak ... sikerült megtalálnia az elsődleges *fiat lux* [legyen világosság] pillanatát, amikor a semmiből az anyag mellett fény és sugárzás tengere tört elő, az elemek meg-  
hasadtak és kavargtak és galaxisok millióivá váltak. ... Így tehát a fizikai bizonyításra jellemző konkrétsággal [a tudomány] megerősítette a Világegyetem

9. ábra. Stephen W. Hawking és *Az idő rövid története* magyar kiadásai.



esetlegességét és annak a kornak a megalapozott levezetését, amikor a Világ előjött a Teremtő kezéből. Így megtörtént a teremtés. Kijelentjük: tehát létezik Teremtő. Tehát Isten létezik!”

*Stephen Hawking* nemcsak elismert fizikus, de a tudományos eredmények népszerűsítéséért is igen sokat tett. Erre kitűnő példa kozmológiáról írott könyve, *Az idő rövid története*, amely csak magyar nyelven négy kiadást ért meg (9. ábra). II. János Pál fogadta Hawkingot egy vatikáni konferencia alkalmából, és azt tanácsolta neki, ne fessegessék az Ősrobbanás pillanatát, mert az Isteni beavatkozás volt. Hawking később azt mondta: „Örültem, hogy nem ismerte a konferencián éppen elhangzott előadásom témáját – a lehetőségét annak, hogy a tér-idő ugyan véges, de nincs határa, kezdete sem, tehát a Teremtésnek sincs időpontja.”

Úgy érzem, ezen a ponton találkozik Szent Ágoston, II. János Pál és Stephen Hawking álláspontja a Világ keletkezésével kapcsolatban.

## Zárszó

A vallások túlnyomó része tehát elfogadja az Ősrobbanást isteni beavatkozásként Teremtésnek. Logikus elmével a táguló Világegyetemről viszonylag könnyű eljutni egy kezdeti Ősrobbanásig: ami most távolodik, annak korábban közelebb kellett lennie, és a folyamat valamikor nyilván elindult. Amint azt Szent Ágoston is megtette, a modern fizika tér- és időfogalma is kikövetkeztethető logikus gondolkodással. Ugyanezt az utat egyébként számos filozófus (*Spinoza, Kant, Hegel, Engels*) is végigjárta, értékes tudományos következtetésekre jutva tisztán logikai úton. A természettudomány és a vallás vagy a filozófia tehát hasonló következtetésekre juthat a Világ tulajdonságaira vonatkozólag. A különbség a kettő között a kérdésfeltevés és a válaszok kidolgozása módszertanában van.

A fizika kísérleti tudomány. Alapkérdése az, hogyan néz ki, hogyan működik világunk. A Világegyetem szerkezetét próbáljuk megérteni, ehhez elméleteket állítunk fel és számításokat végzünk, amelyeket megfigyelésekkel mennyiségileg ellenőrizzük. Hiába volt Lemaître elmélete matematikailag pontos, évtizedekig nem fogadta el a fizikus közösség, amíg a kísérleti megfigyelések megfelelően alá nem támasztották.

A fizikai kozmológia az Ősrobbanást modellként kezeli, amelyet eddig minden megfigyelés messzemenően igazol. A konkrét megfigyelo-



lések az Ősrobbanást követő századmásodpercig vissza bennünket; az azt megelőző időszakra csak különböző elméleti becsléseink vagy spekulációink vannak.

A gyorsító részecskefizika segítségével elvben közelebb mehetünk az Ősrobbanáshoz, amikor megpróbáljuk laboratóriumi körülmények között rekonstruálni az Ősrobbanást közvetlenül követő anyagállapotot, ez most mintegy milliomod másodpercre megközelíti az Ősrobbanást. Ebben is áttörést várunk a CERN Nagy Hadronütköztetőjétől, az LHC-től, ahol négy óriási kísérletben is működnek magyarok: az ólom-atommagok ütköztetése az anyag Ősrobbanás-közeli állapotát próbálja rekonstruálni, a proton-proton ütközésekben pedig, más témák mellett, a sötét anyag mibenlétére próbálunk rákérdezni.

## Irodalom

1. Patkós A., Frei Zs.: *Inflációs kozmológia*. Typotex, 2005.
2. Feltárul a Világegyetem. *Természet Világa* különszáma, 2009 (szerk.: Szabados L.).
3. G. H. J. E. Lemaître: The Beginning of the World from the Point of View of Quantum Theory. *Nature* 127(1931) 706.
4. E. Komatsu és társai: 7-year WMAP Observations: Cosmological Interpretation, arXiv:1001.4538 (*Astrophys. J.* 2010).
5. D. Teresi: *Lost Discoveries: The Ancient Roots of Modern Science – from the Babylonians to the Maya*. Simon & Schuster, 2002.
6. R. A. S. Kocha: *The Big Bang and the Bhagavad Gita*. Bharatiya Vidya Bhavan, Mumbai, 1991.
7. XII. Pius pápa: *The proofs for the existence of God in the light of modern natural science*. Address of Pope Pius XII to the Pontifical Academy of Sciences, November 22, 1951. <http://www.papalencyclicals.net/Pius12/P12EXIST.HTM>
8. M. T. Ahmad: *The Quran and Cosmology*. [http://www.alislam.org/library/books/revelation/part\4\\\_section\\\_5.html](http://www.alislam.org/library/books/revelation/part\4\_section\_5.html)
9. *Szent Ágoston vallomásai*. (Vass József fordítása) <http://vmek.niif.hu/04100/04187/04187.htm>

# A HOLT-TENGERI TEKERCSEK ÉS A FIZIKA

Balla Márta, Szatmáry Zoltán  
BME Nukleáris Technikai Intézet

Korunkban divatosak az interdiszciplináris tudományok. Kezdetben – például – ilyennek minősült az orvostudomány és a magfizika határterületén a dozimetria, amely ma már önálló tudomány. Cikkünkben két olyan tudományról szólunk, amelyek egymással még csak nem is határosak, nevezetesen a történettudományról és a fizikáról. A radiokarbon kormeghatározás ugyan már évtizedek óta segíti a régészeket, de a két tudományterület együttműködése más vonatkozásban is szépen fejlődik, aminek érdekes és szép példája a holt-tengeri tekercsek vizsgálata.

## Bevezetés

1947 kora tavaszán *Mohamed ed-Dib*, egy beduin pásztor megmászta a Holt tenger feletti meredek sziklafalat, és követ dobott az egyik barlangba. Mint később állította, elbitangolt kecskáját kívánta így felriasztani, de lehet, hogy csak alkalmas rejtekhelyet keresett a csempészárúja számára, ki tudja? Hallotta, hogy kövével eltört egy kerámiakorsót, amelyben három csúnyán összeragadt vászonba csavart bőrtekercset talált. Sem ő, sem a többi beduin nem sejtette, milyen érték került a kezükbe. Elvitték Betlehembe egy *Kando* nevű cipészhez, hátha a bőrt fel tudja használni szíjak készítésére. Kando látta, hogy a bőrtekercsek túlságosan töredezetek ehhez, viszont jártas volt az illegális műkincs-kereskedelemben, így rögtön üzletet szimatolt. Rávette a beduinokat, hogy hagyjanak nála néhány tekercset, amelyeket elvitt Jeruzsálemben egyháza, a szír-ortodox egyház püspökéhez, *Athanasziusz Jesua Szamuél*hez. Az egyik tekercsből letört egy darabot, majd elégette. Mivel égéskor a bőr erősen defor-

málódott, látta, hogy az iratok nagyon régiek lehetnek. Ismerte a régi kéziratokat, így egy másik, nem sokkal tudományosabb „próbát” is elvégzett: egy letört darabot az ujjai között szét tudott morzsolni, ami szintén a tekercs rendkívüli régiségére utalt. Megbízta Kandót, hogy vásároljon meg további tekercseket a beduinoktól. Már csak néhányat tudott megszerezni. A Szamuél püspök által felkeresett tudósok középkorinak tartották a tekercseket, de a püspök nem hitt nekik. Végül eljutott a ma Albright Intézetnek nevezett intézmény fiatal tudósához, *John C. Trever*hez, aki azonnal felismerte a tekercsek magas korát és óriási történelmi jelentőségét. Innentől a történet valóságos krimi, de nincs helyünk tovább mesélni.

Amit a beduin Mohamed talált, az a 20. század egyik legnagyobb régészeti felfedezése: megtalálta a legrégebbi bibliai kéziratokat. A barlangban több hasonló korszak is volt, továbbá később egyéb barlangokban is találtak kerámiakorsókat szintén papiruszra, pergamenre és rézre írt tekercsekkel. Szép kézírással, héber és arámi nyelven írt könyvekről van szó, amelyek különösebb nehézség nélkül olvashatók – már azok számára, akik ismerik ezeket a nyelveket. Az írás alapján a szakértők megállapították, hogy a Krisztus előtti 1–2. és utáni 1. évszázadban keletkeztek. Mintegy negyedrészükből bibliai szöveg, a többi szektáriánus és a világ végével foglalkozó írás. Érthető, hogy mind a zsidók, mind a keresztények számára életbevágóan fontos volt a természetesen felmerülő kérdés megválaszolása: a talált tekercsek fényében mennyire hiteles a ma olvasott Biblia?

A helyzetet bonyolítja, hogy a felfedezés idején a terület Jordániához tartozott. Ez a körülmény nem segítette a feltárást és a feldolgozást. A munkát kez-

detben *Roland de Vaux* atya irányította. Ásatásokat végzett a barlangok közelében fekvő márgateraszon, és további tekerceket keresett. 1952-ben katonai akciókkal igyekezett a különböző barlangokban levő leleteket megszerezni, de így sem tudta megakadályozni, hogy a tekercek az illegális műkincs-kereskedelem tárgyává váljanak: a beduinok jó pénzért árulták őket. A tekercek helyzete jelentősen megváltozott 1967-ben a hatnapos háború után, amikor a terület izraeli fennhatóság alá került. Ma Jeruzsálemben látogatható egy múzeum, amely bemutatja a tekercek egy részét (egyéb kumráni leletek társaságában). Mindenesetre hosszú évtizedek múltak el úgy, hogy a leletekkel kapcsolatban csak szórványos, ellenőrizetlen értesülések váltak nyilvánossá. Lassan az évszázad kulturális botrányáról beszéltek, a katolikus és protestáns felekezeteket a számukra kényelmetlen tények eltusolásával kezdték vádolni.<sup>1</sup> Könyvek, cikkek százai jelentek meg erről, miközben archeológusok, történészek és vallástörténészek csapatai dolgoztak a tekerceken. Napjainkban rendelkezésre áll a teljes talált anyag és annak számos nyelvre való fordítása.<sup>2</sup>

Mintegy 50 év telt el, miközben csak az említett tudósok foglalkoztak a holt-tengeri tekercekkel. Az irányukban való teljes tisztelettel is emlékeztetnünk kell azonban arra, hogy ez alatt az idő alatt a természettudományos vizsgálati módszerek óriási fejlődésen mentek keresztül. Közülük a <sup>14</sup>C kormeghatározás csak az egyik, amelyet egyébként az említett 50 év vége felé már bekapcsoltak a vizsgálatokba. A többi módszert azonban nem vetették be. *Jan Gunneweg*, a Jeruzsálemi Héber Egyetem régésze erről panaszkodik egyik dolgozatában. Hivatkozik az ismert közmondásra: „a vakok országában félszeműek a királyok”. Ha csak egyik szemünket, a filológiai vizsgálódást használjuk, félszeműek vagyunk. Használunk kell másik szemünket, a természettudományos módszereket is, mert ezek más oldaláról világítják meg ugyanazt a valóságot. Írt Koppenhágába, Poznanba, Budapestre és az Egyesült Államokba, ahonnan pozitív válaszokat kapott. 1998 májusában döntés született, hogy a Jeruzsálemi Héber Egyetem és az École Biblique de Jérusalem<sup>3</sup> irányítása alatt nemzetközi együttműködést szerveznek. Végül eredményben 19 egyetem és kutatóintézet együttműködése szerveződött a holt-tengeri leletek természettudományos vizsgálatára. Magyar részről a BME Nukleáris Technikai Intézete volt a résztvevő *Balla Márta* vezetésével. Az alábbiakban erről az együttműködésről adunk egy rövid beszámolót. A felvetett és vizsgált kérdések megértése érdekében előbb össze kell foglalnunk a történelmi és vallástörténeti hátteret. Természetesen nem térhetünk ki a történészek kételyeire, az összefoglalás a ma legvalószínűbbnek tekintett felfogáson alapul.

<sup>1</sup> Lásd például Michael Baigent és Richard Leigh: *Mi az igazság a holt-tengeri tekercek körül? Az évszázad botrányának vallási története*. Holnap Kiadó, 1994.

<sup>2</sup> A magyar fordítás elérhetősége: A kumráni szövegek magyarul, Pázmány Péter Katolikus Egyetem, 2000.

<sup>3</sup> A Bibliai Tanulmányok Intézete Jeruzsálemben.

## Történelmi háttér

A holt-tengeri leletek keletkezése idején a zsidóságon belül három jelentős szekta létezett: szadduceusok, farizeusok és esszénusok. A *szadduceusok* neve Szádkok főpapra vezethető vissza, akinek a fiai a Második Templomban<sup>4</sup> szolgáltak. A papságon kívül a gazdagok tartoztak hozzájuk. A mózesi törvényt szó szerint értelmezték, nem hittek a feltámadásban. A Második Templom lerombolása után jelentőségük megszűnt. A *farizeusok* a Makkabeus-felkelés (Kr. e. 165–160) után tűntek fel, de aktív hatásuk még három évszázadig tartott. A szadduceusoktól eltérően a vallási élet megerősítése volt a fő céljuk. Ragaszkodtak az előírások megtartásához, amiben néha túlzásokba estek, viszont maguk nem mindenben a saját elveik szerint éltek. Az Evangéliumok nyomán ezért vált a farizeus szó a vallási képmutatás szinonimájává. Tevékenységük eredménye – többek között – az országos bírói rendszer létrehozása, amelyet a 71 tagú főtanács, a Szanhedrin irányított.<sup>5</sup> Az *esszénusok* a mózesi törvények betű szerinti végrehajtását vallották. A világtól elvonult csoportokban, saját szabályaik szerint éltek, elítélték az előbbi két szekta követőit. Tanításaik sokban hasonlítanak Jézus tanításaihoz, aki szintén sokszor került ellentmondásba a farizeusokkal. Ezért egyes nézetek szerint nemcsak maga Jézus, hanem Keresztelő Szent János és Szent Pál is esszénus volt. Így válik érthetővé, hogy a holt-tengeri tekercek tartalma befolyásolhatja a keresztény tanításokat is.

A beduin Mohamed által felfedezett barlang a ma Hirbet Kumránnak nevezett márgaterasz felett található. Kumránban régóta ismertek romokat, sokáig egy római villa maradványainak gondolták őket. Kiderült, hogy egy ősi szekta követői laktak itt, az ő maradványaikat rejtje a márgateraszon talált temető is. Általánosan elfogadják, hogy ők helyezték el a közeli barlangokban az újkorban felfedezett kerámiakorsókat és a bennük talált tekerceket. Mai ismereteink rájuk vonatkozóan jórészt a feltárt leleteken alapulnak. Kumrán lakói buzgón másolták a szent könyveket és saját viselkedési törvénytárait. Főleg az utóbbiakon alapul, hogy őket esszénusként azonosította a történettudomány. A talált tekercek között szerepelnek eszkatológiával (a végső dolgokkal) foglalkozó iratok. Szerintük a közeli világ végén ki fog törni a jók és gonoszok háborúja, amelyben a jók fognak győzni. Az iratokban szerepel egy Jó Pap és egy Gonosz Pap, akik személye homályos. Az előbbi nyilván a kumráni közösség valamelyik, az írások keletkezésekor élő vagy holt vezetője, az utóbbi pedig feltehetően a Templom valamelyik (szadduceus) vezetője.

A talált iratok alapján ismerjük a kumráni esszénus közösség vallási tanítását. Ebből nyilvánvaló, hogy sem Jézus, sem Szent Pál nem lehetett esszénus. Jézus

<sup>4</sup> Az Első Templomot Salamon király építette, a Második Templom a zsidóknak a babiloni fogságból való visszatérése után épült.

<sup>5</sup> Mellékesen megjegyezzük, hogy ez ítélte el Jézust istenkáromlásért.

perét részleteiben ismerjük, ennek alapján kizárhatjuk, hogy esszénus lett volna.<sup>6</sup> Keresztelő Szent János esetében más a helyzet, ő lehetett esszénus, sőt éppen a kumráni közösség tagja is. A Krisztus utáni 1. században a római légiók a későbbi Vespasianus császár vezetésével támadást indítottak Júdea ellen. Elpusztították a Kumránhoz közeli Jerikót, majd Kr. u. 69-ben elpusztították Kumránt. Északnak fordulva egyéves tragikus és véres ostrom után elfoglalták Massadát, végül feldúlták Jeruzsálemet, és elpusztították a Második Templomot.<sup>7</sup> A kumráni közösség előre sejtette a kikerülhetetlen véget, ezért szent irataikat még időben elrejtették a közeli barlangokban, majd elmenekültek.

A kumráni leletek értékelése szempontjából érdemes kitérni a jelenlegi bibliai szövegek eredetére. A zsidó Biblia ma ismert szövege a *maszoréták* (átörökítők) nevéhez fűződik. Ők a Kr. u. 750 és 1000 között működő tudósok voltak, akik az ősi bibliai szöveg leírásával, őrzésével és rekonstruálásával foglalkoztak. Munkájukban a Kr. u. 500 és 750 között működő írnokok kézírataira támaszkodtak. A modern héber írásjelek kialakulása szintén az ő nevékhöz fűződik. A zsinagógákban ma olvasott bibliai szövegek tehát legalább ezer évre mennek vissza. Az ősi bibliai szöveg alapján készült Alexandriában egy görög nyelvű fordítás, a *Septuaginta*. A név eredete, hogy hetven tudós készítette. A munka száz évig tartott, és Kr. e. 150-ben készült el. A fordítás célja az volt, hogy a héber szövegeket elérhetővé tegye a diaszpórában élő, görög nyelven beszélő zsidók számára. Időközben kiegészült néhány irattal, de ezeket sem a zsidóság, sem évszázadokkal később a reformáció nem ismerte el. A keresztény Biblia szempontjából a zsidó Biblia az Ószövetség 45 könyve, amelyet az Újszövetség 27 könyve tesz teljessé. A mai szöveg alapja a *Vulgata*: a teljes Biblia latin nyelvű fordítása, amelyet Szent Jeromos készített el Kr. u. 383 és 410 között. Az Újszövetség forrását zömében görög nyelvű szövegek alkották, az Ószövetségét pedig héber és arameus szövegek. A hagyomány szerint az utóbbiakat Betlehemben tudós rabbik segítségével fordította le. A talált szövegek nyelvéből következik, hogy a holt-tengeri tekercsek szempontjából elsősorban a maszoréták szövegeivel való összevetés érdekes. Mivel a legrégibb fennmaradt maszoréta másolat ezer éves, a holt-tengeri tekercsek további ezer évvel vezetnek vissza a múltba.

A bibliatudósok már régen letettek arról, hogy a maszoréták szövegeinél régebbi szöveget találjanak. Még 1939-ben is ezt írta *Sir Frederick Kenyon*, az ismert bibliatudós: „Nincs semmi valószínűsége annak, hogy valaha találni fogunk olyan héber kéziratokat, amelyek a maszorétikus szöveg keletkezésénél korábbra nyúlnak vissza.” Nagy öröme még megérhet, hogy tévedése kiderült, hiszen a holt-tengeri tekercsek még halála előtt csaknem kétszáz bibliai kézirat-

tal ajándékozták meg a bibliatudósokat. Végre választ lehetett kapni arra a kérdésre, hogy az évszázadokon keresztül újra és újra való másolás mennyiben torzította el az eredeti szövegeket.

Megvan Mózes öt könyve közül három töredéke (Teremtés könyve, Exodus, Leviták könyve). Kiemelkedő jelentősége van az úgynevezett *nagy Ézsaiás tekercsnek*. A találtak közül ez a leghosszabb, és Ézsaiás próféta Bibliához tartozó könyvét tartalmazza. A többi irat töredékesebb, némelyik rekonstruálása valóságos puzzle-játék, amelyben szavakból, néha betűkből kell visszaállítani az eredeti tekercset. Többen – főleg laikus újságírók – felvetették: vajon most az egész Bibliát át kell írni? Ezzel szemben a holt-tengeri tekercsek vizsgálata kimutatta, hogy a maszoréták másolatai a szöveget hihetetlen gondossággal örökítették át. Csak egy példát hozunk a talált kis számú eltérés jellegére és mértékére. A nagy Ézsaiás-tekercs egy helyén (21,8) majd őrszemről van szó, aki egy küldött után kémlél: „Majd felkiáltott, aki ezt látta: Uram, őrhelyemen állok ...” A maszoréták szövegében ez áll: „Majd felkiáltott egy oroszlán ...”. A Luther-féle fordításban „Majd felkiáltott, mint oroszlán ...”. Régóta nem volt érthető, mit keres itt egy oroszlán. Az „oroszlán” és az „aki ezt látta” héber szavak betűalakra és hangzásra hasonlóak. A kumráni lelet alapján a betűcserét korigálni lehetett, és a szövegből eltűnt az oroszlán. A lényeg nem változott, teológiai következmények nincsenek.

## Problémák és módszerek

Bár a régészeti és vallástörténeti vonatkozások önmagukban is érdekesek, ideje áttérnünk a természettudományos vizsgálatokra. Mindenekelőtt a vizsgált kérdéseket tekintjük át. Hasonló vizsgálatokban ugyanis a helyesen feltett kérdés már fél siker, illetve megoldódva: egy rosszul feltett kérdés általában kudarchoz vezet. A legfontosabb kérdések:

- Helyesek a paleográfiai kormeghatározások?
- Hol készültek a tekercset rejtő kerámiakorsók?

Fontos tisztázni, hogy ugyanazok helyezték-e el őket a barlangokban, akik a kumráni márgateraszon laktak.

• Kik voltak Kumrán lakói? Hogyan éltek, mivel táplálkoztak?

- Kikkel tartottak kapcsolatot?

Ha ugyanis nincs meg a kapcsolat Kumrán lakói és a barlangokban talált tárgyak között, kérdéses, hogy a római légiók elől menekülve valóban ők próbálták kimenteni szent irataikat.

A természettudományos módszerekkel vizsgálható leletanyag sokféle: a korsók (tárolóedények), továbbá egyéb agyagtárgyak maradványai; a kumráni településhez tartozó temetőben talált sírokban levő személyek maradványai, testalkata, antropológiai adatai, csontjaik összetétele; a tekercsek anyaga; az őket tartalmazó, továbbá az egyéb helyeken (például a sírokban) talált szövetek; a használt festékek és tinta anya-

<sup>6</sup> Alexander Schick: *Csodálatos Kumrán*. Ethos, 1998.

<sup>7</sup> Azóta sem építették újjá.

ga stb. A vizsgálatokban felhasználták a fizikai módszerek széles körét:  $^{14}\text{C}$  kormeghatározás, neutronaktivációs analízis, ásványtan, mikroszkóp, pásztázó elektronmikroszkóp, mágnesség mérése, röntgendiffrakció, termolumineszcencia. E módszerek számos kérdés tekintetében csak együttesen képesek megfelelő választ adni. Meg kell azonban jegyezni, hogy a nemzetközi tudóskollektíva még nem tudta a vizsgálatokat minden tekintetben megnyugtató módon lezárni. Egyes kutatók egyelőre csak újabb kérdések megfogalmazásához jutottak el, illetve további vizsgálatokat sürgetnek. A kutatók már csak ilyenek. Nem lehet tehát cikkünk célja, hogy az összes logikus és jogos kérdésre végleges választ adjon, de – reméljük – jelenlegi formájában is bemutatja, hova képes a történettudomány eljutni, ha figyelembe veszi a természettudományos vizsgálatok eredményeit is.

Az alábbiak a 2003-ban megjelent kutatási jelentésen<sup>8</sup> alapulnak. Megjelenése után számos konferenciát tartottak, a legutóbbi éppen 2010 májusában volt.

## Az agyagtárgyak eredete

A régész számára a legsokatmondóbbak az agyagtárgyak (1. ábra). Formájuk és felirataik, meg díszítésük önmagukban szolgálnak információval a származási helyükről. Ez azonban – sajnos – nem mindig megbízható. Például találtak olyan tárgyakat, amelyek formájuk és díszítésük szerint Mükénéből származnak, de kiderült, hogy a mai Izrael területén készültek. Az agyagtárgyakat ezért a következő vizsgálatoknak vették alá: az ásványos összetétel meghatározása a kerámiákból vett vékonycsiszolatok optikai vizsgálatával, mágneses szuszeptibilitás mérése (az agyagban levő vasvegyületek meghatározására), termolumineszcencia (az égetési hőmérséklet és a kor meghatározására), végül a neutronaktivációs analízis (NAA). A fő cél a származási hely meghatározása.

Mivel az NAA-vizsgálatok a BME Nukleáris Technikai Intézetében történtek, annyi részrehajlást megengedünk magunknak, hogy ezeket a többenél részletesebben ismertessük. Az agyag kémiai összetételét jelentő elemek egy részének aránya többé-kevésbé megfelel a sztöchiometriának, más részük viszont nagyon kis arányban előforduló nyomelem. Az előbbieket aránya meglehetősen kötött, így lényegében független a származási helytől, de a nyomelemek mennyisége helyről helyre változhat, viszont az azonos helyről származó agyagokban bizonyos mértékű állandóságot mutat. Találó hasonlattal úgy szokták mondani, hogy az agyagtárgyak nyomelem-összetétele a származási hely (kerámiaműhely) *ujjlenyomatának* tekinthető. Ha tehát vannak ismert származási helyű tárgyak, ezek nyomelem-összetételét egy ismeretlen eredetű tárgyéval összehasonlítva jó valószínűséggel ki tudjuk választani a származási helyet, illetve



1. ábra. Néhány kumráni kerámiaedény.

kijelenthetjük, hogy a származási hely ismeretlen. A kutatásnak tehát két problémát kell megoldania: a nyomelem-összetétel mérése és a származási hely kiválasztása.

Nem csak agyagtárgyak esetében, hanem egyébként is a legérzékenyebb analitikai módszer az NAA. Lényege a következő. A vizsgált mintát polietilén<sup>9</sup> tokokban bejuttatjuk a reaktorba, ott neutronokkal besugározzuk. Ennek hatására a mintában található izotópok egy része felaktiválódik. Az így keletkező radioaktív izotópok  $\gamma$ -spektrumát félvezető detektorokkal megmérjük: a spektrumban található csúcsok energiája és az izotópok felezési ideje jellemző a fajtájukra, a csúcsok alatti terület pedig arányos az izotópok mennyiségével. Ahhoz, hogy ne csak relatív anyagmennyiségeket kapjunk, a vizsgált mintával egyidejűleg besugárzunk ismert összetételű és tömegű fóliákat: 0,1%-os aranyat és tiszta cirkóniumot. E fóliák aktivitásának a mérése nem csak az abszolútizálást, hanem a termikus és epitermikus neutronok arányának meghatározását is lehetővé teszi.<sup>10</sup> A minták besugárzási ideje 8 óra volt. Az a körülmény, hogy az aktivitások mérése a BME oktatóreaktor épületében történt, lehetővé tette a rövid felezési idejű izotópok aktivitásának a mérését is. Ezzel a szokásosnál 5–7-tel több elem koncentrációját tudtuk meghatározni. A közepes (hét-hónap nagyságrendű) felezési idejű elemek As, Ca, La, Lu, Sb, Sm, U és Yb, a hosszabb felezési idejűek pedig Ba, Ce, Co, Cr, Cs, Eu, Fe, Hf, Rb, Sc, Se, Sr, Ta, Tb, Th és Zn. Ez összesen 24 elem.

A BME NTI Radiokémiai Laboratóriuma az NAA területén nemzetközileg akkreditált laboratórium. Ennek ellenére szükséges volt a laboratórium validá-

<sup>8</sup> J.-B. Humbert, J. Gunneweg: *Khirbet Qumrân et 'Ain Feshkha*. Academic Press, Fribourg, 2003.

<sup>9</sup> Tiszta  $(\text{CH}_2)_n$  polimer, amely nem tartalmaz aktiválódó izotópokat.

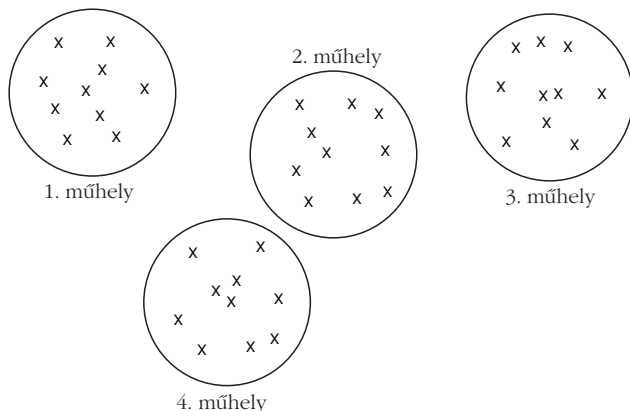
<sup>10</sup> Erre az arányra a mért aktivitások kiértékeléséhez van szükség.

lása: tanúsított anyagmintákat (köztük egy régészeti mintát is) több laboratóriumban analizáltak, és nemzetközi összehasonlítással ellenőrizték, azonos eredményt szolgáltatnak-e. A kapott egyezésnek az adott együttműködésben az volt a jelentősége, hogy igazolta: a Jeruzsálemi Héber Egyetem birtokában levő, korábban mért analitikai adatok halmaza egyesíthető a BME által mért adatokkal. A vizsgálatok során mintegy 200 anyagminta analízisét végeztük el a BME-n.

A különböző mintákról kapott kémiai „ujjlenyomatok” összehasonlítása a matematikai statisztika ismert, de nem könnyű problémája: az *alakfelismerés*. Az összehasonlítás azt jelenti, hogy a mért 24 nyomelem koncentrációjából képzett vektorok által meghatározott pontok helyzetét vizsgáljuk a 24-dimenziós térben. Ha a mért nyomelem-koncentrációk szigorúan azonosak lennének az azonos műhelyből származó minták esetében, akkor a kapott pontok annyi pontnak felelőnének meg, ahány műhellyel dolgozunk van. Mivel azonban a nyomelemek koncentrációi még azonos műhely esetében is mutatnak véletlen ingadozásokat, továbbá a koncentrációk mérésének statisztikus hibája is van, csak abban reménykedhetünk, hogy az azonos műhelyekhez tartozó pontok egymás közelében fognak sűrűsödni – valahogy úgy, ahogy ezt a 2. ábrán szematikusan bemutatjuk (a papíron való ábrázolhatóság kedvéért 24 helyett két dimenzióban). Szép lenne, ha így lenne, vagyis egymástól ilyen világosan elkülöníthető ponthalmazok jelennének meg, de a gyakorlatban ezek rendszerint át is hatnak egymásba. 24 dimenzióban – egyszerű szemléltetés hiányában – persze már azt az ideális esetet is nehéz felismerni, amikor nincsenek áthatások.

Az alakfelismerésnek több módszere ismeretes. A legegyszerűbb a *legközelebbi szomszéd* módszere: kiszámítjuk az ismeretlen mintának megfelelő pont és az ismert származási helyű mintákat ábrázoló pontok közötti (euklideszi) távolságot a 24-dimenziós térben, és a mellett a származási hely mellett döntünk, amelyre a legkisebb távolságokat kapjuk. A régészetben az ezen alapuló technikát *klasztizálás* nevezik. Az adott munkában nem ezt, hanem egy másik módszert alkalmaztunk. Alapgondolata az, hogy az egyes min-

2. ábra. A különböző műhelyekből származó kerámiaminták nyomelem-összetételét ábrázoló pontok idealizáltan elképzelt helyzete.



tákból származó pontok valószínűségi eloszlásfüggvényét kell tanulmányozni. Minden származási hely esetében a pontok valószínűségi sűrűségfüggvénye várhatóan egy-egy lokális maximumot (csúcspot) fog mutatni a 24-dimenziós térben. Ha egy ismeretlen eredetű pont valamelyik csúcs közelében van, kielégítő biztonsággal meg tudjuk határozni a származási helyet. Ha azonban a csúcsok részben áthatnak egymásba, az áthatási tartományba eső pontok eredete bizonytalan. Ez a módszer tehát elsősorban annak vizsgálatára alkalmas, hogy nagy számú ismeretlen mintán belül egyáltalán hány származási hely fordul elő. Ha ezt eldöntöttük, az egyes minták esetében bizonyos valószínűséggel meg tudjuk adni a hovatározásukat. Mivel az általunk vizsgált 200 körüli mintán felül egyéb adatokat is fel tudunk dolgozni, az adathalmaz elég számosnak tűnt a valószínűségi sűrűségfüggvény becslésére.

A gyakorlatban természetesen körülményes a 24-dimenziós térben dolgozni, ezért elkerülhetetlen az adathalmaz bizonyos tömörítése. Erre szolgál a *főkomponens-analízis*. A munkát Balázs László<sup>11</sup> végezte. Nyilván feltehetjük, hogy a mért adatok Gauss-eloszlásúak. Az adatokból becslést adhatunk **B** kovarianciamátrixukra. Ehhez ismerni kellett a valószínűségi sűrűségfüggvény csúcsainak helyét, ami csak a végeredményből olvasható ki. Ezért egy iterációra volt szükség, de ennek részleteibe nem mehetünk bele.<sup>12</sup> Így egy 24×24-es pozitív definit szimmetrikus mátrixot kapunk, amelynek a sajátértékei legyenek  $\lambda_1 > \lambda_2 > \dots > \lambda_{24}$ . Ha a  $\lambda_i$ -nek megfelelő sajátvektor  $\mathbf{C}_i$ , akkor a kovarianciamátrix ezekkel a

$$\mathbf{B} = \sum_{i=1}^{24} \lambda_i \mathbf{C}_i \mathbf{C}_i^T \approx \lambda_1 \mathbf{C}_1 \mathbf{C}_1^T + \lambda_2 \mathbf{C}_2 \mathbf{C}_2^T + \dots$$

alakban fejezhető ki. (A T felső index a transzponálás műveletét jelenti. A művelet egy oszlopvektort sorvektorra változtat.) Ha egy  $\mathbf{x}$  mért összetételvektort tekintünk, akkor az szintén sorba fejtethető a sajátvektorok szerint:

$$\mathbf{x} = \sum_{i=1}^{24} a_i \mathbf{C}_i \approx a_1 \mathbf{C}_1 + a_2 \mathbf{C}_2 + \dots,$$

ahol

$$a_i = \mathbf{C}_i^T \mathbf{x}, \quad i = 1, 2, \dots, 24.$$

A  $\mathbf{C}_1$  és  $\mathbf{C}_2$  vektorokat a két főkomponensnek nevezzük.<sup>13</sup> Esetünkben ezek már jó közelítéssel elégségesek mind a kovarianciamátrix, mind a mért  $\mathbf{x}$  vektorok közelítésére, tehát a 24-dimenziós pontok valószínűségi sűrűségfüggvénye velük kielégítően jellemezhető. Ebből következik, hogy elegendő az  $a_1$  és

<sup>11</sup> A ismertetett munka idején a BME, jelenleg az ELTE tanára.

<sup>12</sup> A módszeren belül az iteráció ötlete és alkalmazása Balázs hozzájárulása.

<sup>13</sup> Más adathalmaz esetében előfordulhat, hogy kettőnél több főkomponenssel kell dolgozni.

$a_2$  együtthatók statisztikai viselkedését megvizsgálja. E két súlyfaktor (immár kétváltozós) valószínűségi sűrűségfüggvényének szintvonalait a 3. ábrán mutatjuk be. Az ábrán jól láthatók a fentiekben említett csúcsok.

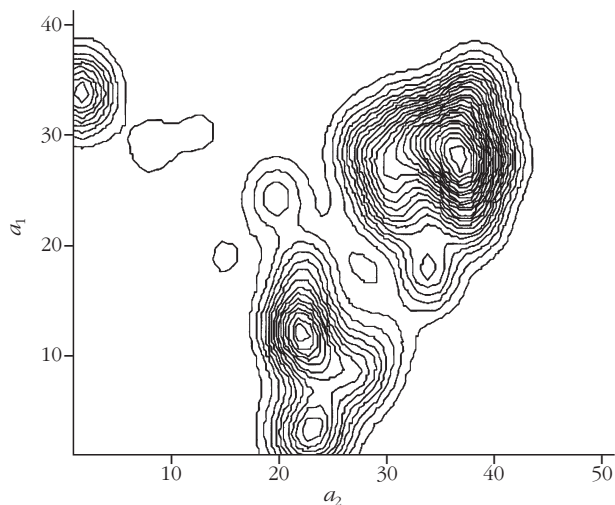
A 3. ábra egyértelműen mutatja, hogy a kerámiaminták több helyről származnak. Vizsgálataink előtt tartotta magát az a nézet, hogy a talált agyagtárgyak (korsók, cserepek, egyéb használati agyagtárgyak) helyben készültek. Ennek volt némi alapja, hiszen az ásatások két helyi fazekasműhelyt is feltártak. Adataink alapján azonban megdőlt ez a feltevés: a leleteknek csak mintegy 33%-a készült helyben, a többi származási helye más. Viszonylag nagy hányaduk a földrajzilag közel fekvő Jerikóból származik. Ezen a csoporton belül egymástól elkülönülni látszik két alcsoport. Egy kisebb csoport származási helye a Holt tenger keleti partja. Külön érdekesség, hogy ez a hely az ókorban nem tartozott Júdeához (ma sem tartozik Izraelhez). A minták nagy része Hebronból származik. Mindenképpen bebizonyosodott tehát, hogy a kumráni közösség nem elzártan élt, hanem kapcsolatot tartott fenn a Holt tenger környékének lakóival.

Külön figyelmet érdemel a tekerceket tartalmazó korsók eredetének kérdése. Ha ugyanis nem mutatható ki ezeknek a kumráni településsel való kapcsolata, akkor kérdéses a tekercek és a település kapcsolata is. A Kumránban talált cserepek között voltak olyanok, amelyeken levő (festett vagy karcolt) feliratok alapján biztosra lehet venni, hogy a településről származtak. A barlangokban találtak ezekkel azonos ujjlenyomatú tárolóedényeket. Vizsgálataink általában is megmutatták, hogy a már említett származási helyek mindegyikéről származó kerámiák egyaránt előfordultak a barlangokban és a településen. A tárolóedények közül kettő származott Jerikóból, de legnagyobb részük eredete Hebron. Itt van Ábrahám, Izsák és Jákob sírja, tehát ennek a körülménynek lehetnek vallástörténeti vonatkozásai is.

## A temető

A kumráni márgateraszon van egy temető, amelyben 1200 sírt találtak. Közülük eddig mintegy 50-et tártak fel. A talált csontokat mindenekelőtt antropológiai szempontból tanulmányozták: nem, alkat, testméret stb. A csontokban talált nyomelemek felvilágosítást adnak az eltemetettek táplálkozásáról. Az utóbbiak lehetnek a Kumránban élő esszénusok, de lehetnek máshol élő, itt eltemetett személyek is.

A megvizsgált emberek nagy része fiatal korban halt meg, és csontjaik kimagaslóan nagy koncentrációban tartalmaztak ezüst-, bróm-, szelén- és krómvegyületeket. Tehát vagy ezektől a káros anyagoktól haltak meg, vagy táplálékuk tartalmazott valamilyen, ezekkel mérgezett szerves anyagot. E kérdés megválaszolásához érdemes megvizsgálni a Kumránban levő vízgyűjtő medencék falait, hátha ezekben fordultak elő ezek az egészségre káros anyagok.



3. ábra. Az  $a_1$  és  $a_2$  együtthatók kétdimenziós sűrűségfüggvényének szintvonalai.

Ezen túlmenően megmérték az épen maradt zománcú fogakban található  $^{86}\text{Sr}$  és  $^{87}\text{Sr}$  izotópok mennyiségének arányát, mert ebből – elegendően nagy számú adat birtokában – választ kaphatunk az eltemetett személyek származási helyére vonatkozóan. Ezek a fogak felhasználhatók egyrészt DNS-vizsgálatokra, másrészt  $^{14}\text{C}$ -kormeghatározásra. Ez az utóbbi azért is jelentős, mert a csontmaradványok alig tartalmaznak értékelhető mennyiségben szenet és nitrogént (lásd még alább).

Az említett fizikai módszerek mellett természetesen megvizsgálták a temetők és sírok elrendezését, hiszen ezek a klasszikus régészeti módszerekkel felvilágosítást adnak a temetési szokásokról. Találtak továbbá ékszergyöngyöket, amelyekből talán felvilágosítást nyerhetünk az eltemetett esszénusok nőüléséről vagy nőtlenségéről. Természetesen az is lehet, hogy azok, akiknek sírjában ilyesmit találtak, más közösséghez tartoztak, vagy más korban éltek.

## Textilek

A talált textileket alkotó szálak mikroszkópos vizsgálatán kívül megvizsgálták a textilek fonását, illetve szövését vagy kötését. Ez ugyanis felvilágosítást ad az alkalmazott technológiáról. Kumránban a tekercek csomagolásához használt len a legérdekesebb. Származási helyük esetleg visszakövethető abban az esetben, ha a szálakban találnak valami helyhez köthető jellegzetességet. A Kumránban talált textileket már a jelen együttműködést megelőzően is vizsgálni kezdték. A kutató (*M. Bélis*) az anyagot Franciaországba vitte, de ez jó részt visszatért Jeruzsálembe, amikor Bélis-t felkérték az együttműködésben való részvételre.

Az itt dolgozó nemzetközi csoport sokoldalúan újravizsgálta a leletanyagot, és nem elégedett meg *M. Bélis* korábbi jegyzeteinek értelmezésével. Ugyanakkor új kérdéseket is feltettek a textilek színezésére használt festékekről. Egyes esetekben a teljes szövetet megfestették, másokban csak festett csíkokat találtak.



4. ábra. Rituális fürdő Kumránban.

Négy kérdést tettek fel: 1. a szál anyaga; 2. a szövés vagy kötés technikája; 3. a használt szerves vagy szervetlen festék anyaga; 4. a textilek kora.

A fizikai módszerek gazdag fegyvertárát bevetették: típusvizsgálat optikai megfigyelés alapján; Raman-spektroszkópia; szinkrotronsugárzásból nyert röntgen-diffraktometria; pásztázó elektronmikroszkóppal történő fotográfia. A vizsgálatok során – sokak meglepetésére – kiderült, hogy már akkor (tehát a Krisztus előtti és utáni első évszázadokban) készítettek gyapotból szövetet. A vizsgálatok várhatóan érdekes adalékokkal fognak szolgálni az egész korabeli görög és római, valamint a közel-keleti technológiára vonatkozóan. Természetesen ezen belül egy értékes példát jelentenek a Kumránra vonatkozó eredmények.

A sírokban talált textilek némelyikének szövése eltér az ókori mintáktól, viszont közel áll a későbbi korok szövésmintáihoz. Ebből következik, hogy a kumráni márgaterasz sírjai között vannak olyanok is, amelyek később élt beduinokhoz rendelhetők.

A szerzők ugyanakkor figyelmeztetnek arra, hogy a kumráni leletek történelmi jelentősége bizonytalan. A kumráni közösségről ugyanis nincs történelmi adat. A modern kor emberei csak feltételezik, hogy az ott lakó és a római légiók elől menekülő esszénusok helyezték el a barlangokban a tekercseket. Persze sokan hajlanak erre a feltevésre. Viszont semmi tényszerűt sem tudunk arról, hogy a Krisztus utáni 1. századot követően tényleg a beduin Mohamed találta-e meg először a tekercseket.

## Kormeghatározás

Nagy reményeket fűztek a  $^{14}\text{C}$ -kormeghatározáshoz, mivel ez az adott néhány ezer éves időskálán ideális esz-köznek tekinthető.<sup>14</sup> Értékelhető adatok nyilván a szerves anyagoktól remélhetők: textil-, csont-, fa- és gyümölcsmaradványok. A laboratóriumba küldött minták

<sup>14</sup> A felezési idő 5730 év.

azonban csalódást okoztak. Egyrészt a textilminták ricinusolajjal szennyeződtek, így nem tekinthetők mérvadónak. Másrészt a csontok alig tartalmaztak  $^{14}\text{C}$ -et, ezért nem adtak értékelhető eredményeket. Emiatt a korábban publikált koradatok értéke is megkérdőjeleződött.

A kutatók úgy tekintik, hogy a kérdésre még vissza kell térni évtizedenként legalább egyszer, mivel a kormeghatározás technikája jelentősen fejlődik. Sikerült már egy textilmintát a szennyezőktől megtisztítani. A sírokból származó adatok így kezdenek biztatóvá válni. Kiegészítést jelenthetnek a fogak már említett vizsgálatai. A jelenlegi vizsgálatok újabb iránya a kerámialeletek korának meghatározása a termolumineszcencia alapján.

## Víztárolók

Kumránban találtak szögeket és egyéb fémtárgyakat, amelyek analizésének eredményei összekapcsolhatók a víztárolók vakolásának elemzésével. Számos vízmedencét találtak Kumránban, amelyek részben rituális tisztálkodásra (4. ábra), részben víztárolásra szolgáltak. Erre más zsidó településeken (Jerikó, Jeruzsálem stb.) megvizsgált medencékkel való összehasonlítások alapján következtettek: mindegyikben található egy lépcsős lejárát, ami arra utal, hogy csak egy tisztálkodási szertartás után lehetett bejutni a vallási rendeltetésű épületekbe. Megjegyzendő, hogy a kumráni medencék a szokásosnál nagyobbak.

Az elvégzett kémiai elemzés azt mutatta, hogy a kumráni vakolatok bizonyos nehéz fémekben szegényebbek, mint amilyeneket egyéb helyeken találtak. Ugyanakkor a kumráni vakolatok nagyobb koncentrációban tartalmaztak kadmiumot, szulfátokat, uránt, stronciumot és báriumot. Ennek feltehetően a környezetben talált építőanyag összetételében kereshetjük az okát. A kisebb mennyiségben talált nehéz fémek viszont azzal magyarázhatók, hogy a kumráni létesítmények sem ipari, sem katonai közösséget nem alkottak. Számos kumráni létesítményben találtak viszont rezet, ónt, kobaltot és cinket, ami az építéskor használt bronz, réz és ón szerszámokra vezethető vissza.

A kapott adatok özőne ellenére a kutatók egyelőre elégedetlenek, ugyanis még nem tudják értelmezni a vakolatokra vonatkozó kémiai elemzések eredményeit. Ehhez ugyanis nagy számú olyan létesítményre vonatkozó adatok kellenének, amelyek rendeltetése történelmi, régészeti vagy egyéb forrásból biztos.

## Záró megjegyzések

Az alkalmazott fizikai módszerek több tekintetben is hozzá tudtak járulni a történészek által feltett kérdések megválaszolásához. Álszerénység lenne elhallgatni, hogy eddig a mi NAA-vizsgálataink adták a leghatározottabb válaszokat. A többi terület kutatói csak óvatosabb kijelentéseket tettek, viszont hasznos ötleteket adtak a régészeknek, hogy vizsgálataikat milyen irányban célszerű tovább folytatni.

# NEHÉZ ÉS IZGALMAS Teller-életrajzot írni

Hargittai István  
Magyar Tudományos Akadémia és  
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

*Háromféle fizikus van:  
elméleti fizikus, kísérleti fizikus  
és politikai fizikus.*

*Edward Teller egyszerre mind a három.*

Lewis L. Strauss  
(az USA Atomenergia Bizottságának  
egykori elnöke)

Kezdem azzal, hogy írtam *Teller Edér*ről egy új könyvet, amit eredetileg egyáltalán nem terveztem; és amit inkább a körülmények érdekes összejátszása eredményezett. Ebben az írásban legalább annyira írok e könyvírás néhány körülményéről, mint a könyv tartalmáról. Sok helyen megjelölhetnék forrásokat, de ezek mind pontosan benne lesznek a könyvben és úgy gondoltam, hogy e cikk szempontjából ennek nincs jelentősége, ezért megtakaríthatjuk a helyet.

A Teller-centenárium alkalmával 2008 januárjában a *Fizikai Szemle* elegáns számmal ünnepelte a jeles évfordulót. Amíg Magyarországon, ha nem is vitáktól mentesen, viszonylag egységes volt Teller megítélése, az Egyesült Államokban Teller még halála után is erősen polarizálja az iránta érdeklődő közvéleményt és különösen a fizikusokat. Egyértelmű, hogy az érdeklődés Teller személye és munkássága iránt a halála óta eltelt öt évben sem csökkent.

Mivel Amerikában 2008 tavaszán jelent meg a marslakókról szóló könyvem puhafedelű utányomása, felvetődött bennem, hogy a Tellerről szóló részeket összevonva és kicsit kibővítve külön könyvecskét jelentethetnék meg róla. Nem is tagadom, hogy *Arthur Koestler* példáját szerettem volna követni, aki az *Alvajárók* című könyvéből kivette és külön is megjelentette a *Johannes Keplerről* szóló részeket (*A vízválásztó*). Tellerről, jelentőségéhez képest nagyon kevés könyv jelent meg, az elmúlt évtizedben csupán kettő: Teller emlékiratai 2001-ben és 2004-ben a brit újságíró *Peter Goodchild* Teller-életrajza, amely sokban támaszkodott Teller emlékirataira. Nem volt azonban kiadó, amelyet érdekelt volna egy kis Teller-könyv. Számomra furcsa volt ez az érdeklenség, mert az volt a benyomásom, hogy éppen Teller ellentmondásos megítélése miatt szükség lenne egy objektív értékelésre, és úgy gondoltam, hogy erre egy kis terjedelmű könyv is megfelelő lehet.

Ötletem negatív fogadtatását nem értettem és már kész voltam arra, hogy lemondjak elképzelésemről, amikor egy, az amerikai könyvki-

adásban nálam jobban tájékozott barátom azt javasolta, hogy ne a marslakók könyvének egyötödét kitevő könyvben gondolkozzak, hanem Teller életének teljesebb feldolgozásában. Valóban, amikor egy teljesebb könyv javaslatával álltam elő, már én választhattam kiadót. Szerződésemet a Prometheus (Amherst, New York) kiadóval nyolcvanezer szóra (szavakban mérik a terjedelmet, ez nagyjából tizenöt ívnek felel meg) kötelezett el. A kiadó által megfogalmazott cél véglegesnek és hitelesnek tekinthető életrajz volt. Mire befejeztem a munkát, a kézirat terjedelme a tervezett két és félszerese volt. Ezt a szigorú szerzői fegyelemhez szokott kiadó először látni sem akarta, de azután szerencsére kivételt tett és végül elfogadta. Ezután következett az eddigi gyakorlatomban példátlanul alapos és aprólékos szerkesztési munka, amit azért említek meg, mert ez is mutatja, hogy a kiadó partnerek bizonyult egy valóban nagy könyv gondozásában. Ez nem jelenti azt, hogy mindez csak kellemes tapasztalattal járt: először volt alkalmam valóságos kereskedelmi, piacorientált kiadóval dolgozni. Ezek a kiadók a határidők és a technológiai fegyelmet illetően minden egyéb vonatkozásban szinte diktatórikus módszereket követnek. Ugyanakkor ezt ellensúlyozza

Teller Mici és Teller Ede a szerzővel beszélget stanfordi otthonukban 1996. február 24-én (Hargittai Magdolna felvétele).





a tartalom iránti feltétlen tisztelet és a könyv általam egyenlőre még csak remélt nagyobb intenzitású propagálása, mint amelyet a tudományos-egyetemi kiadók esetében eddig megszokhattam.

## Hoover levéltár

A könyv írása során mindent elolvastam, ami csak hozzáférhető volt abból, ami Tellerről valaha is megjelent. Ebben az esetben azonban ez kevésnek bizonyult, mert azokat az ellentmondásokat, amelyeket a megjelent írások jeleztek, sem más szerzők, sem pedig Teller visszaemlékezései nem oldották fel, sőt a visszaemlékezések esetenként inkább fokozták a nehézségeket. Elengedhetlenné vált a levéltári munka. Ebben elsősorban a Stanford Egyetemen működő Hoover Intézet levéltárára támaszkodhattam. Más amerikai levéltárakban is kutattam, de a Hoover egyedülálló Teller-anyaggal rendelkezik. Ezt azért is hangsúlyozom, mert ha valaki valamilyen speciális szempontból tovább szeretné kutatni Teller életét és munkásságát, csak ajánlani tudom a további vizsgálódást ebben a levéltárban.

A Hoover Intézet virágkorát a hidegháború idején élte és ma is feltűnő, hogy az archívum munkatársai között milyen sok az orosz és az oroszul is beszélő amerikai. Mint arra már utaltam, jelen cikkem nem a Teller-életrajz elkészítésének rendszerszerű bemutatása, hanem inkább csak néhány érdekesség kiemelése. Ennek szellemében jegyzem meg, hogy az orosz jelenlét a Hoover archívumban sajátos orosz hangulatot teremt, ami számomra kevésbé volt szokatlan, mint azoknak a látogatóknak, akiknek nem voltak korábbi orosz tapasztalataik. Ők furcsállhatják, hogy a nyelv és mentalitás mennyire a politikai háttértől függetlenül jellemezheti egy hely légkörét. Ezzel egyáltalán nem azt akarom mondani, hogy nem voltak segítőkészek, csak éppen, hogy a maguk módján.

Inkább több ezer, mint sok száz dokumentumot tanulmányoztunk át a Hoover levéltárban (többes szám első személyben, mert feleségemmel együtt voltunk ott, akit elsősorban Teller és *Maria Goepfert Mayer* kapcsolata érdekelt). Ebben a beszámolóban, amely inkább a könyvírás hangulatát igyekszik érzékelteni és nem törekszik semmilyen szempontból sem teljességre, csak néhány példát emelek ki.

Az egyik és valószínűleg a legfontosabb arra vonatkozik, hogy vajon mennyire hiteles Tellernek az a sokszor hangsúlyozott állítása, hogy az Oppenheimer-meghallgatás alkalmával 1954. április 28-án tett és *Oppenheimerre* annyira terhelő vallomása a pillanat hatása alatt született. Az Oppenheimer-ügyet ket-tős tragédiának tekintem, mert nemcsak Oppenheimer pályáját befolyásolta, hanem, ha más előjellel is, de Teller hátralevő hosszú életét is sok szempontból meghatározta. Teller sok helyen hangsúlyozta, hogy eredetileg ugyan nem volt határozott elképzelése arról, hogy mit fog mondani, de arra semmiképpen sem gondolt, hogy Oppenheimer ellen szóljon. Fellépését

azonban döntően befolyásolta, hogy tanúvallomása előestéjén megmutatták neki Oppenheimer beismerését arról, hogy a Manhattan Terv idején a katonai elhárításnak előadott egy történetet, aminek fontos részleteit csak kitalálta, minden valóságalap nélkül. Teller nagyon megdöbben ezen a beismerésen, és később ezzel magyarázta saját tanúvallomásának számára is váratlan fordulatát.

Sajnos a levéltári anyagok mást mutatnak. Találtam egy olyan FBI-dokumentumot, amely szerint Teller már majdnem két évvel korábban, 1952 júniusában azt vallotta az FBI képviselőinek, hogy szinte mindent megtenne azért, hogy Oppenheimert leválassza az Atomenergia Bizottság Általános Tanácsadó Bizottságáról, és ezt azzal indokolta, hogy Oppenheimer rossz tanácsokat adott, káros politikai nézetei voltak az amerikai nemzeti védelmi készenlétre vonatkozóan, és késleltette a hidrogénbomba kifejlesztését.

Egyébként Teller évtizedekkel később tudomást szerzett arról, hogy az FBI-nál jegyzőkönyv létezik erről a vallomásáról és ezzel kapcsolatban 1977-ben tiltakozó levéllel fordult az amerikai igazságügy-minisztériumhoz. Ebben a tiltakozó levélben nem kérdőjelezi meg a jegyzőkönyv tartalmának hitelességét, csak azt kifogásolja, hogy az a mondat, amelyre a fentiekben én is utaltam, a szöveggörnyezetből kiemelve félrevezető következtetések levonására alkalmas, és azt követeli, hogy vagy töröljék a mondatot a jegyzőkönyvből, vagy pedig fűzzenek hozzá magyarázatot. A Hoover archívumban található jegyzőkönyvmásolat tanúsága szerint nem teljesítették Teller egyik kérését sem.

## Teller befolyása

Tellernek hatalmas befolyása volt az amerikai kormányzati körökre, noha ezt nehéz lenne mennyiségileg jellemezni. Az nyilvánvaló, hogy befolyása republikánus adminisztrációk idején jelentősebb volt, mint demokrata elnökségek alatt. De még a demokrata elnökök sem hagyhatták figyelmen kívül Teller megnyilvánulásait. Ugyanakkor a dokumentumok áttanulmányozása egyre jobban azt a benyomást keltette bennem, hogy Teller mesterségesen is igyekezett a nagy befolyásra vonatkozó elképzeléseket erősíteni. Amikor például egy-egy politikusról kiderült, hogy indul a Republikánus Párt elnökjelöltjeinek versenyében, Teller, minden különösebb felszólítás nélkül, azonnal levelet írt az illető politikusnak. Levelében a bevezető jókívánságok után rögtön a lényegre tért és közölte, milyen intézkedéseket és kinevezéseket lát szükségesnek abban az esetben, ha a politikus hatalomra kerül. Amikor azután a politikus elnökjelölt lett, vagy pláne esetleg elnökké választották, további levelek következtek.

Feltűnő, hogy a megválasztott elnökök esetében milyen gyakran tudott korábbi kapcsolatukra és levelezésükre utalni, ami azt sugallta, hogy jó érzékkel megjósolta, kinek lesz sikere a választásokon. Levele-

zésének tüzetesebb vizsgálata azonban azt mutatja, hogy ez nemcsak előrelátásának, hanem legalább annyira alaposágának volt az eredménye. Teller ugyanis szinte minden szóba jöhető republikánus jelöltnek küldött levelet és ezzel biztosra ment abbéli igyekezetében, hogy a majdan megválasztott elnök levelezőpartnerei között legyen. Levelezést említék, mert a kapcsolatok valóban kétoldalúak voltak: a politikusok nem engedhették meg maguknak, hogy ilyen nagy befolyással rendelkező tekintéllyel ne tartsák a kapcsolatot. Ma már tudjuk, hogy Teller javaslatait a megválasztott elnökök alig fogadták meg, de a levelek mégis azt a benyomást keltették, mintha Teller befolyása a valóságosnál jóval nagyobb lett volna a legfontosabb államügyekben.

Az előbbi megjegyzések nem csökkentik azt a tényt, hogy Tellernek valóban volt befolyása és ezt többek között annak köszönhetjük, hogy kitartó volt álláspontja képviselőként, megfelelő szakmai ismeretekkel rendelkezett, és magánérdekei sohasem játszottak szerepet politikai állásfoglalásaiban. Egy alkalommal késhegyre menő nyilvános vitába keveredett és ellenfelei feltették neki a kérdést az esetleges anyagi mozgatórugókról, amire Teller nyugodt lelkiismerettel válaszolhatta, hogy esetében az anyagi szempontok sohasem játszottak szerepet. A soronkövetkező ülésről azután ellenfeleinek legprominensebb képviselői távolmaradtak – várható volt ugyanis, hogy nekik is feltesznek majd hasonló kérdést és nagyon valószínű, hogy ők már nem tudtak volna olyan tisztán kijönni a válaszokból, mint ahogy az Tellernek sikerült.

## Szilárd és a hidrogénbomba

Tellernek a hidrogénbomba kifejlesztésében játszott szerepe sokrétű volt. Mindenféle hivatalos tisztség nélkül is motorja lett a kifejlesztést támogató erőknél, de természetesen a végső döntést nem Teller, hanem Truman elnök hozta meg. A tudósok között nagyon kevesen voltak, akik az előzetes viták során Tellerrel azonos álláspontot képviseltek volna. Ezért is különösen fontosnak tartom azt, hogy Szilárd Leó felismerte a hidrogénbomba jelentőségét és támogatta Teller ezirányú törekvéseit. Sajnos még ma is – amikor már köztudomású, hogy a sztálini Szovjetunió akkor is kifejlesztette volna a szovjet hidrogénbombát, ha az Egyesült Államok tartózkodik ettől –, tehát még ma is sokan esztelen fegyverkezési örületnek tartják Teller ezirányú tevékenységét. Ezzel az elfogultsággal tudom csak azt magyarázni, hogy szinte senki sem hiszi el, hogy Szilárd ebben a kérdésben nem fordult szembe Tellerrel. Szilárd tehát felismerte annak jelentőségét, hogy az Egyesült Államok kifejlessze a hidrogénbombát és ez nincs ellentmondásban azzal, hogy később aktívan küzdött a (kölcsonös) leszerelésért.

Ahhoz, hogy a Szilárddal kapcsolatos következő történetet megérthessük, emlékeztetni szeretnék arra, hogy az 1950-es évek elején *Joseph McCarthy* szená-

tor gátlástalan antikommunista hadjáratot vívott és olyan intézményeket is megvádolt kommunista-barátsággal, mint az amerikai külügyminisztérium. Bukását végül 1954 utolsó hónapjaiban az okozta, hogy a szenátor elvakultságában nem ismert határt, és amikor az amerikai hadsereget is megvádolta és alaptalan vádakodását televízióban is közvetített fellépéseinek keresztül mindenki láthatta, akkor a közvélemény és szenátortársai is ellene fordultak. Előtte azonban sokakat rettegésben tarthatott, egzisztenciákat tehetett tönkre és mérhetetlen károkat okozhatott még az amerikai honvédelemnek is.

Szilárd 1954 nyarán (tehát még McCarthy tündöklése idején) előadást tartott Los Angelesben és ebben az előadásban szolt arról, hogy 1949-ben Teller szinte egyedül állt ki a tudósok között a hidrogénbomba kifejlesztése mellett és hívta fel a szovjet veszélyre a figyelmet. Szilárd tudott arról, hogy Tellert magára hagyták, és ezt veszélyesnek tartotta, mert ha csak egyetlen ember képvisel egy ügyet, akkor az ügy nagyon bizonytalan alapokon áll, hiszen egyetlen emberrel mindig történhet valami. Szilárd ezt a bizonytalan helyzetet ekkora horderejű kérdésben elviselhetetlen kockázatnak tartotta. Ezért felhívta egy Fehér Ház-beli tisztségviselő figyelmét a helyzet tarthatatlanságára. Az elnöki tanácsadó azonban figyelmeztette Szilárdot, hogy ne beszéljen a nyilvánosság előtt Teller tevékenységéről, mert ha az oroszok tudomást szereznek erről, akkor megtalálják a módját annak, hogy hírbehozzák kommunista barátként, és akkor McCarthy majd lecsap rá és helyzete ellehetetlenül. Kétségtelenül van a történetben valami jellegzetesen szilárdos, de ugyanakkor a történet reálisnak tűnik.

Sokáig Szilárd fentebb említett előadásáról egyetlen forrásként csak a *Marx György* által az 1998-as Szilárd centenáriumra összeállított kötetből tudtam (*Leo Szilárd Centenary Volume*, Budapest 1998). Azonban éppen a Tellerrel kapcsolatos ellentmondásos forrásokra való tekintettel, szerettem volna valamilyen megerősítést. Végül sikerült ezt megtalálnom a világhírű molekuláris biológus Harvard professzor *Matthew Meselson* személyében. Meselson doktorandusz volt a Kaliforniai Műszaki Egyetemen abban az időben, amikor Szilárd Los Angelesbe látogatott. Szilárd házigazdája Meselsonra kérték meg arra, hogy látogatása során fuvarozza Szilárdot, de Szilárd ennél többre is igénybe vette Meselsonra. Rajta, mint ideiglenes hallgatósnak, próbálta ki előadását. Meselsonra mély benyomást tett Szilárd előadása, amelyet így Meselson többször is meghallgatott. Visszaemlékezései tökéletes összhangban vannak a Marx György kötetében megjelent szöveggel.

## Hazai levéltárak

Ami az amerikai levéltári kutatásokat illeti, el kell mondanom, hogy a hazai levéltári kutatásoknál sokkal egyszerűbb hozzáféréssel folytathatók, mindenféle adminisztrációs akadálytól mentesen. Nem



Glenn T. Seaborg, Edwin McMillan, Ernest O. Lawrence, Donald Cooksey, Edward Teller, Herbert York, Luis Alvarez (Berkeley Radiation Laboratory, 1957, Jon Brenneis felvétele; a Lawrence Berkeley National Laboratory szívésségéből).

szeretnék általánosítani, mert itthon is mindegyik levéltárnak megvannak a maga szabályai és az amerikaiak sem azonos szabályzattal működnek, de azt állíthatom, hogy az amerikai levéltárakban folytatandó kutatásokhoz nem kell előzetesen kutatási tervet benyújtani, nincs többhetes várakozás a válaszra, nincsenek bizottságok, amelyek kutatási kérelmeket elbírálnának, és így tovább. Azt is hozzáteszem, hogy a hazai levéltárakban dolgozó munkatársak viszont az esetek többségében készségesebbek és nagyobb szakmai felkészültségűek, mint amit külföldön tapasztaltam.

A hazai levéltári kutatásokban kiemelkedően érdekes volt az egykori Államvédelmi Hatóság (ÁVH) irattárában végzett kutatás. Teller Ede személyével a magyar hatóságok 1951 közepe óta foglalkoztak. A „Kárász” fedőnevet adták neki, de más fedőneve is volt, például „Kerekes József”. A titkosszolgálat nemcsak ügynökeinek adott fedőnevet, hanem a célszemélyeknek is és Teller is célszemély lett. A hatóság már a kezdet kezdetén elhatározta, hogy valamilyen módon kapcsolatba lépnek Tellerrel és felhasználják céljaiknak, de ezeket a célokat még sokáig nem jelölték meg. A kapcsolat tervezett létrehozását évek hosszú munkája előzte meg, de csak az előkészítésig jutottak el. Hihetetlenül sok embert mozgattak meg ebben az ügyben és hálójukat egyre szélesebbre terítették. Látókörükbe vontak olyan csoportokat, mint például Teller Mintagimnáziumbeli volt osztálytársait, Teller nővére, *Teller Emmi* nyelvtanfolyamain résztvevő külkereskedelmi munkatársakat és így tovább. Az akcióban olyan hírhedt állambiztonsági személyiség is szerepelt, mint *Farkas Vladimír*.

A Tellerről kialakított kép kezdetben meglehetősen tájékozatlanságot árult el, de idővel a titkosszolgálat

információi egyre pontosabbak lettek. Azzal már az anyaggyűjtés elején tisztában voltak, hogy Teller fontos szerepet játszott a nukleáris fegyverek kifejlesztésében, hiszen az egész vizsgálat ennek nyomán indult el. Kezdetben olyan jelzőkkel írták le, hogy baloldali, haladó, demokratikus gondolkodású, sőt azt is tudni vélték, hogy Tellert lelkiismerete nem engedi tovább dolgozni az atomfegyvereken és újabban védelmi eszközök kifejlesztése foglalkoztatja. Mindez növelte az ÁVH étvágját, azt remélve, hogy Teller Ede közelébe kerülhetnek és ehhez mindenféle tervet szőttek. Ezekben a tervek-

ben egyre nagyobb szerep jutott a Teller-család egyes tagjai – végül egyetlen tagja – beszerzésének.

A Teller-család Budapesten maradt tagjai a következők voltak: Teller szülei, *Miksa* és *Ilona*, Teller nővére, Emmi és Emmi fia, Teller unokaöccse, *Kirz János*. Emmi férjét, *Kirz András* ügyvédet 1944–45-ben zsidó munkaszolgálatosként megölték. Ugyancsak megölték – ismeretlen körülmények között – Teller sógorát, Teller felesége, *Mici* bátyját, *Schütz-Harkányi Edét*, akivel Teller a Mintagimnáziumban barátkozott össze és akinek a révén eredetileg Micivel megismerkedett. A család többi tagja véletlen szerencsék sorozatának köszönhetően életben maradt, és eredeti lakásukban, az V. kerületi Szalay utca 3-ban kezdte el felszabadulás utáni új életét.

Teller Miksa felszabaduláson érzett öröme szorongással párosult, mert egyre jobban érezte a hamarosan megvalósuló szovjet és kommunista uralom előjeleit. Bár 1944-ben mint zsidó ügyvédet kizárták a Kamarából, 1945 után újra ügyvédként tevékenykedhetett, de ez egyre nehezebben biztosította a megélhetésüket. Emmi évekig az amerikai nagykövetségen dolgozott tolmácsként, ami a következő években a hatóságok szemében rossz fényt vetett rá. Teller Miksa 1950-ben meghalt, a családot 1951-ben kitelepítették a szabolcsi Tállya községbe.

Tellerék kitelepítését az ÁVH azzal indokolta, hogy Miksa a Hungária Gumigyár igazgatósági tagja volt, holott valójában csak jogtanácsosként dolgozott a gumigyárnak. Ez nem lett volna elég jogcím a kitelepítéshez, arról nem is beszélve, hogy a kitelepítés idején már nem is élt. Amikor azonban Tellerék fellebbezésekben és kérvényekben erre rámutattak, a hatóságok nem változtattak a döntésen, amiben az is szerepet játszott, hogy még nem alakították ki intézkedési tervüket a családdal kapcsolatban. Egyelőre

minden módon nehezítették Tellerék életét. Így nem tették lehetővé, hogy János bejárhasson a közeli város középiskolájába. Titkos feljegyzésükben, mint döntésük szempontjából hátrányos körülményt említik meg János kiváló tanulmányi eredményeit és külön is matematikai kiválóságát. Amikor Emmi és János 1952-ben azt kérvényezték, hogy engedjék őket kivándorolni Izraelbe, erre is elutasítás volt a válasz.

A családnak 1952 végén megengedték, hogy visszaköltözzenek Budapestre, tehát még *Sztálin* halála előtt, amikor a kitelepítettek általában még nem térhettek vissza, de elhelyezésükben nem segítettek és eredeti otthonukat nem kapták vissza. Az ÁVH elképzelése az volt, hogy beszervezzik Emmit és rajta keresztül közel férközzenek Tellerhez. Emmi részéről azonban teljes volt a bizalmatlanság, és sem bátyjával való kapcsolattartását, sem korábbi amerikai alkalmazását nem fedte fel az ezekről a tényekről egyébként jól tájékozott titkosrendőrök előtt.

## ÁVH-s akciók

Az ÁVH kiderítette, hogy Tellerék kapcsolattartása gyerekkori nevelőnőjük, *Hesz Magda*, ekkor már *Jacob Schutz* felesége, chicagói vagy Chicago környéki lakos segítségével valósult meg. Az amerikai levelek nem is Tellerék címére, hanem egy távoli rokonukhoz érkeztek. A hatóság nem akart lemondani Emmi beszerzéséről és úgy gondolták, hogy ha meggyőzéssel nem megy, akkor nyomást gyakorolnak rá. Napokig fogva tartották, és időről időre kihallgatták. Bár az akció irányítói nem akartak fizikai erőszakot alkalmazni, kiderült, hogy Emmi közvetlen fogvatartói, a szokásoknak megfelelően, durván bántak Emmivel. Végül a titkos jelentések arról számoltak be, hogy Emmi „Zsoldos Mária” fedőnévvel beszervezték, de a következő idők jelentései arról szóltak, hogy semmiféle használható anyagot nem kaptak tőle, viszont édesanyját ellátták olyan gyógyszerekkel, amelyekhez egyébként nem lehetett hozzájutni.

Ezenközben minden elérhető anyagot, amihez Tellerrel kapcsolatban hozzájutottak, feldolgoztak. Így részletes jelentés készült az Oppenheimer-ügyről és a meghallgatásról. A szó szerinti jegyzőkönyvek magyar fordítása megtalálható az anyagokban. Külön érdekesség, hogyan értelmezték az ÁVH-s tisztek Teller Oppenheimer elleni vallomását. Azzal magyarázták, hogy ez a szokásos kapitalista hozzáállás, amellyel valaki ki akarja szorítani egy szervezet vezetőjét, hogy maga léphessen a helyére.

Folytatódott Emmi megoldozása, miután kiderült, hogy „beszerzése” nem hozott semmilyen eredményt.



Edward Teller és Hyman Rickover admirális egy atommeghajtású tengeralattjáró kormánypultjánál (az Oak Ridge National Laboratory szívségéből).

A következő terv az volt, hogy „férjhez adják”, és férjével együtt megengedik távozásukat Nyugatra. Nyilvánvaló volt, hogy a férj az ÁVH ügynöke lett volna. Nem tűnik úgy, hogy ez különleges akciónak számított és a megadott kéthónapos határidő azt jelzi, hogy ilyen műveletekben már szert tehettek gyakorlatra, bár egy felsőbb tiszt véleménye szerint a határidőt túl szűkre szabták. „Zsoldos Mária” feladata az lett volna, hogy beszélje rá öccsét a hazatérésre, hogy azután itthon a „béke” érdekében folytassa tevékenységét. Ekkor már 1956 tavaszán vagyunk és ebből az időből származik az utolsó ÁVH által készített levéltári anyag.

Valószínűnek látszik, hogy egész dossziényi anyag eltűnhetett az ÁVH levéltárából, ami az 1956–1958-as időszakra vonatkozhatott. Ugyancsak feltűnő, hogy bár a Tellerrel kapcsolatos akciók nemzetközi jelleget kitérítik a rendelkezésre álló iratokból, a Szovjetunióra vagy a szovjet titkosszolgálatokra még csak utalás sem történik. Szóba kerülnek a román elvtársak, akiknek a segítségét a lugosi vizsgálatokhoz veszik igénybe és az NDK is szerepel, amikor Lipcsében vizsgálódik az ÁVH.

Teller tevékenysége és a vele kapcsolatos elképzelések nem Magyarország, hanem a Szovjetunió számára lehettek igazán fontosak. Erre vonatkozóan semmilyen közvetlen információt nem találtam, de elképzelhetetlennek tartom, hogy egy ilyen fontos akció a szovjetek kihagyásával történt volna. Inkább azt tartjuk valószínűnek, hogy az egész akció szovjet kezdeményezésre és irányítással történt. Némelyik valóban fontosabbnak látszó iraton a következő vagy ehhez hasonló megjegyzés található: „Nagyon sürgősen (sic) kérem lefordítani!” vagy „Le kell adni az Elvtársnak fordításra.” Az Elvtárs így szerepel, név nélkül, nagy betűvel, és az sincs megjelölve, hogy milyen nyelvre való fordításról van szó, de nem lehet kétség afelől, hogy a nyelv csak orosz lehetett.

## Tellerék távozása

A Hoover levéltárában őrzött dokumentumok szerint Teller többször is megpróbálta elérni, hogy családját kiengedjék Magyarországról. Már 1946-ban küldött írásbeli nyilatkozatot arról, hogy gondoskodik róluk Amerikában. Akkor még csak Emmi és János kimeneteleéről volt szó, Teller szülei maradtak volna. Teller Miksa halálával Teller édesanyja is rászánta magát arra, hogy elmenjen. Azonban a további próbálkozások is sikertelenek maradtak. Az amerikai Atomenergia Bizottság elnöke, *Lewis Strauss* 1956 tavaszán arról értesítette Tellert, hogy családjának kihozataláról a CIA igazgatója, *Allen Dulles* és *Robert D. Murphy* külügyminiszter-helyettes is tárgyaltak. Ugyancsak 1956-ban Teller levelet írt a magyar–svéd Nobel-díjas *Hevesy Györgynek*, hogy segítse családjának Svédországba történő emigrálását. Ebben az esetben Svédország csak közbeeső állomás lett volna. Időközben a magyar hatóságok megengedték Teller édesanyjának, hogy kivándoroljon Izraelbe, de az idős asszony nem akart lánya és unokája nélkül távozni.

Az 1956-os Forradalmat követően Kirz János elhagyta Magyarországot és Bécsen keresztül Amerikába érkezett, ahol csatlakozott az ottani Teller-családhoz. Most már csak Teller édesanyja és nővére maradtak Budapesten. Ezután zajlott le egy emlékezetes beszélgetés Szilárd Leó és Teller között, amelyben Teller azzal indokolta, hogy nem hajlandó meglátogatni a Szovjetuniót, hogy családját szinte túszként tartják Budapesten, és őt bármikor megszarolhatják velük. A következő Pugwash-találkozón, az ausztriai Kitzbühelben, 1958 augusztusában Szilárd a szovjet küldöttséghez fordult segítségért, és a szovjet küldöt-

tek beszéltek a magyar küldöttség egyik tagjával, a fizikus *Jánossy Lajossal*. Jánossy megkereste Szilárdot és elkérte tőle Teller rokonainak adatait. Szilárd ezeket telefonon azonnal meg is kapta Tellertől és átadta Jánossynak.

Jánossy Lajos 1958. december 24. keltezésű és a Magyar Tudományos Akadémia levéltárában őrzött levelében tájékoztatta Szilárdot arról, hogy Tellerék engedélyt kaptak Magyarország elhagyására. Ennek elintézése Jánossy részéről nem volt kis teljesítmény, hiszen a magyar belügyminisztérium addig minden kérést indokolás nélkül elutasított. A belügyminisztériumi levéltári iratok szerint mindössze két helyen volt valami eltérés az egyszerű „nem”-től, de ez is láthatóan csak belső használatra. Mindkettő 1957-ben keletkezett. Egy alkalommal, 1957. február 8-án van egy megjegyzés, „javaslom”, ami feltehetően az útlevél kiadására vonatkozik, de később ugyanazzal az aláírással az is ott áll, hogy „elutasítva”, május 30-i dátummal. A kettő között van egy feljegyzés arról, hogy Teller Emma kapcsolatban áll az USA-ban élő atomkutató öccsével és hogy korábban az amerikai követség tisztviselője volt. Ezt a két tény, amelyet a hatóságok jól ismertek, Teller nővére sohasem tüntette fel egyébként részletes beadványaiban, ami meglehetősen naivságra vall.

Foglalkozásként vizsgázott angol nyelvtanítót tüntetett fel, munkahelyeként és korábbi munkahelyeként pedig magánórákat jelölt meg, amelyeket saját lakásán és tanítványainál tartott, valamint nyelvtanítást és fordítást cégeknél és külkereskedelmi vállalatoknál. Jelenlegi lakhelyként az V. kerületi Deák Ferenc utca 21-et, korábbi lakhelyként, a kérdőívnek megfelelően 1935-től, sorrendben a következőket: V. Szalay u. 3., V. Fürst Sándor u. 3., V. Szalay u. 3., V. Katona József u. 39., Abonyi u. 7–9., V. Szalay u. 3., Tállya (Borsod megye) Dobogó u. 5. és VI. Lenin körút 87. Az egyhangú iratokon azután 1958. december 20-i dátummal megjelenik egy szűkszavú feljegyzés, mind Teller nővére, mind pedig édesanyja anyagában: „1958. XII. 22-ig beidézni és az utl. kiadni.” Láthatóan a dolog egyszerre nagyon sürgős lett. Az iratok az Igazságügyi és Rendészeti Minisztérium (korábban és jelenleg újra Belügyminisztérium) levéltárában találhatók.

A konkrét intézkedéseket továbbra is homály fedi, nem tudhatjuk, kihez fordult Jánossy és ki hozta meg a végső döntést, és azt sem tudhatjuk, hogy készültek-e annak idején további iratok, amelyek idővel eltűntek, vagy – ami szintén jellemző volt arra a korra – csupán szóbeli megjegyzések és utasítások görgettek az eseményeket.

## Kapcsolatok

Természetesen nemcsak levéltári kutatásokkal jutottam új ismeretekhez, hanem olyan beszélgetésekből és levelezésekből is, amelyek sem eddig megjelent írásokban, sem pedig levéltári anyagokban nem szerepeltek. Ebben – magától értetődően – óvatos-

Szilárd Leó köszönő levele Jánossy Lajosnak.

THE UNIVERSITY OF CHICAGO  
CHICAGO 37 - ILLINOIS  
THE ENRICO FERMI INSTITUTE  
FOR NUCLEAR STUDIES

January 21, 1959

AKADÉMIAI  
LEVÉLTÁR

Professor L. Jánossy  
Központi Fizikai Kutató Intézet,  
Budapest - XII., Konkoly Thege Ut.  
Hungary

Dear Professor Jánossy:

Your very kind letter of December 24 has just reached me.

It was forwarded to me with some delay from Chicago while I was traveling about in the country. I am exceedingly grateful to you for advising me that the mother and the sister of Dr. Teller have received permission to leave Hungary.

I was very pleased to get acquainted with you at the Kitzbühel meeting and hope that we will have an occasion to continue our conversation.

With kind regards,

Sincerely yours,

*Leo Szilard*

Leo Szilard

LS:er

nak kell lenni. Ha valaki véleményt fejez ki, akkor annak közlése egyszerűbb, de persze a közlés csak akkor érdekes, ha az illető olyan súlyban szereplője a történetnek, hogy véleménye érdeklődésre tarthat számot.

Megemlítek egy ilyen példát. Hosszan leveleztem Reagan elnök egykori tudományos tanácsadójával: George (Jay) Keyworth fizikussal, aki nemcsak feltétlen híve volt a konzervatív politikusnak, de kivételesen valóban Teller javaslatára került ebbe a tisztségbe. Engem is meglepett, amikor Teller jellemzéseket ezt írta nekem: „Edward tudta, hogy mit jelent a hatalom ... akár ő is megírhatta volna [Machiavelli] *A fejedelem* című könyvet.” Mivel Keyworth véleményét feltűnő helyen idézem a könyvben, a kézirat lezárása előtt megkérdeztem, hogy felhasználhatom-e kijelentését, de szerencsére nem tiltakozott. Azért szerencsére, mert ezt a súlyos megállapítást jellemzőnek tartom, és azért különösen érdekes, mert Teller feltétlen hívetől és nem valamilyen ellenségétől származik.

Néha a legváratlanabb alkalomok hoztak érdekes adalékot a könyv számára. Itthon beszélgettünk egy társaságban a készülő könyvről, amikor egyik barátunk megjegyezte, hogy jól ismer valakit, aki Magyarországról került ki Kaliforniába és egy időben nagyon közel került Tellerékhez, de már jórészt újra itthon, Budapesten él. Természetesen megkerestem az illetőt, aki Telleréktől függetlenül is nagyon érdekes személyiségnek bizonyult. *Stur Judit* már az ötvenes éveiben járt, amikor az 1980-as évek elején alkalmi segítő volt a Teller családban. Akkor még nemrégien élt Amerikában és itthoni diplomáinak nem sok hasznát vette, pedig nem is akármilyen képzettsége volt. Doktorátussal rendelkezett a kémiában, és amikor a Szegedi Egyetemen orvostanhallgatókat oktatott kémiára, úgy gondolta, feladattal jobban el tudná látni, ha orvosi végzettséget szerezne, és így is tett. Tellerék úgy jutottak hozzá, hogy a helyi magyar közösséghez fordultak, amikor Teller Mici egészségi állapota nem engedte meg, hogy autót vezessen.

*Stur Judit* sok érdekes dolgot mesélt el Tellerék életéből, de természetesen vigyáznom kellett arra, hogy elbeszéléseiből csak olyan sztorik kerüljenek a könyvbe, amelyeket más is hitelesen megerősít. Ez nem bizalmatlanság volt részemről, hanem a szokásos és kötelező óvatosság. Végül *Stur Judit* történeteiből csak a terjedelmi korlátozások miatt használtam fel keveset, mert egyébként minden, amit mondott abszolút hitelesnek bizonyult. Egyet itt idézek is. Teller

sokat volt távol otthonuktól, de amikor otthon volt sem igazán vett részt a mindennapi feladatok megoldásában. Ez saját személyére is vonatkozott és ruházódását is elhanyagolta. Így történet azután, hogy amikor Mici születésnapjának megünneplésére készülődtek 1984-ben, Mici azt kérte férjétől, hogy születésnap ajándékként menjenek el egy elegáns üzletbe és vegyenek három ruhát – férje számára. Teller teljesítette felesége kívánságát.

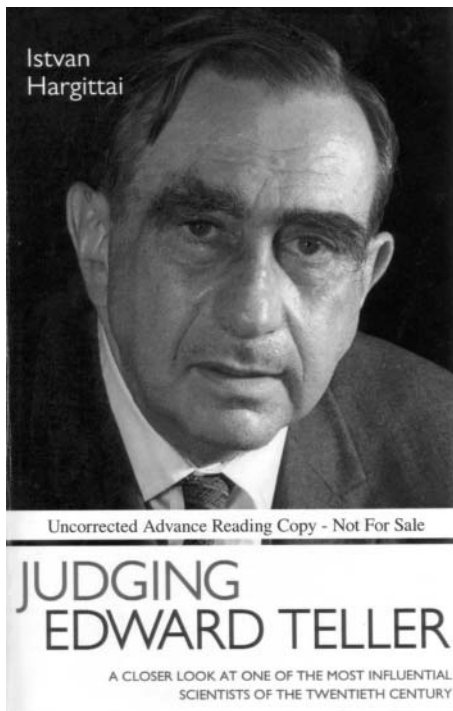
## Befejezés

A fentiekben csak néhány olyan vonatkozással foglalkoztam, amelyek a könyvírás szempontjából érdekesek voltak. Hozzáteszem még, hogy a hazai kutatások természetesen nem kerültek pénzbe, de az amerikai levéltári munkához utazás, szállás és egyéb költségek járultak és ezt mind Alfred P. Sloan Alapítvány (New York) által nyújtott támogatás fedezte.

A könyv terjedelmes lett, mintegy 550 oldalas, amin magam is meglepődtem. Októberben jelenik meg Amerikában (*Judging Edward Teller: A Closer Look at One of the Most Influential Scientists of the Twentieth Century*, Prometheus, Amherst, New York, 2010). Legnagyobb érdemének az objektív és kiegyensúlyozott hozzáállást és a sok eredeti, új információt látom, valamint azt, hogy Teller életművét valóban belehelyezem a történelmi körülményekbe és úgy foglalkozom vele, hogy a háttérben ott van kortársainak életműve is. Sok vonatkozásban különbözik majd más Teller életrajzoktól, többek között abban is, hogy a szokásosnál részletesebben foglalkozom a könyvben Teller tudományos munkásságával.

A könyv magyarra történő fordítása már folyamatban van és a magyar kiadás az Akadémiai Kiadó gondozásában fog megjelenni. Azoknak, akik hasonlóan először külföldi kiadónál jelentetik meg könyvüket ajánlom figyelmébe, hogy szerződésben kivettem a magyar kiadásra vonatkozó jogot, így a magyar változat megjelentetése nem jár ilyen teherrel. Ez nagyon ésszerűnek tűnik, de csak akkor jöttem rá erre a lehetőségre, amikor komoly pénzt kellett fizetni a külföldi kiadónak egy korábbi könyvem magyar megjelentetésének engedélyezéséért.

A magyar Teller-könyvnek még nincs címe és magyarra fordítva az angol cím körülményesnek tűnik. Magyarul akár egyszerűen csak *Teller* is lehetne a könyv címe. Szívesen látnék ötleteket, és még van idő és lehetőség a magyar cím kialakítására.



Az amerikai Teller-könyv

# A MENNYDÖRGÉS ÉS A LÖKÉSHULLÁMOK SZEREPE A VILLÁMGÖMB KIALAKULÁSÁBAN

Tar Domokos  
Eidgenössische Technische Hochschule  
Zürich, Svájc

A szerző leírta a villámgómb megfigyelését az [1–6] publikációkban. A villámgómb (nem azonosítható a gömbvillámmal) keletkezését megmagyarázza egy új, a hidrodinamikai örvénygyűrű szimmetria-törésének elméletével. Irodalmi búvárkodás után többféle örvénygyűrű (törusz) bemutatására kerül sor; különféle forrásokból, amiket pár ezer kép/s sebességgel készítettek. A jelen munkában hangsúlyozza a villámlás utáni mennydörgés és a lökeshullámok meghatározó szerepét a villámgómb kialakulásában. A lökeshullám és a hanghullám nagyon gyorsan terjednek a térben, de a feltételezett örvénygyűrű kiterjedése nagyon lassú. Ez az oka annak, hogy a megfigyelt forgó léggűrű (-henger) csak pár másodperccel később jelenik meg a villám után. Valószínűleg a nagy tehetetlenségi nyomaték és relaxáció miatt. A villámgómb stabil pályája az erős szélvihar jelenléte ellenére a Mach-féle stacionárius reflexiók elmélet segítségével megmagyarázható.

Ezenkívül rámutatunk a jelen villámgómb-elmélet és a mai töruszos plazma magfűziós kísérletek analógiájára. Ennek felismerése alapján egy új kísérletet javasoltunk (EU-szabadalom), abban a reményben, hogy ez hozzájárul a mai Tokamak és hasonló fűziós kísérletek sikeréhez.

## Egy általános villám leírása

Rakov és Uman könyvében [7] részletesen összefoglalta a villám sok tulajdonságát. Az első kisülés mindig negatív kisülés a felhőből a földre (dart leader), ezután rövid idő alatt több kisülés történik a földről a felhőbe [8]. Ezek intenzitása nagyobb, mint a legelső kisülése. A villámok sebessége körülbelül egynegyede a fény sebességének. Megfigyelték, hogy minden

villám pályáját rövid szakaszok alkotják, ez azt jelenti, hogy minden csatorna rövid, 5 m-től 70 m-ig terjedő hosszúságú darabokból (henger) áll [9, 18].

Az ionizációs csatorna körülbelül 30  $\mu$ s alatt 30 ezer fokra melegszik fel, 10 bar nyomás alatt [8, 11]. Mivel a csatorna átmérője nem tud elég gyorsan kiterjedni, ez egy hengeres lökeshullámot okoz körülbelül tízszeres hangsebességgel [10, 13].

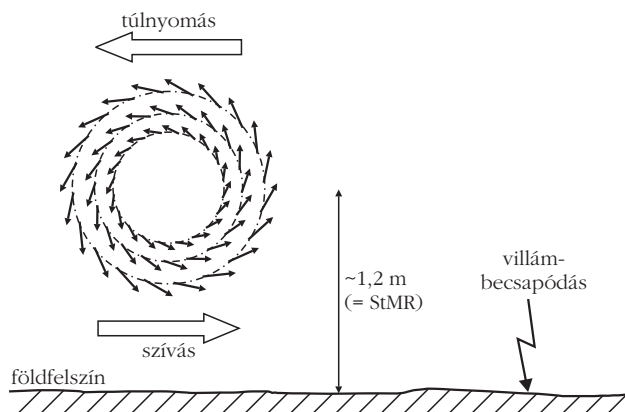
Ez a jelenség többszörösen megtörténik a mennydörgés körülbelül 0,3 s-os ideje alatt. A lökeshullámok ezen sorozata túlnyomást okozott a megfigyelt forgó gyűrű fölött és szívatást az alatt (1. ábra). Az egész jelenséget N-hullámnak nevezik, mert a nyomás időbeli eloszlása egy nagy N betűre hasonlít (2. ábra).

A szerző megfigyelésében a megjelent gyűrű (henger) forgási iránya bizonyítja ezt (lásd [1] ábráit). A következő jelenségek hangsebesség felett mennek végbe: robbanás, vulkán kitörése, lövedékek, rakéták, repülő, űrhajók, meteoritok. Szabó István bebizonyította, hogy a közönséges ostor csúcsának sebessége is hangsebesség feletti lökeshullámot okoz [10].

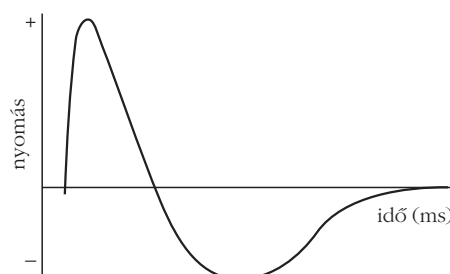
Feltételezték, hogy a lökeshullám sebessége lényegesen csökken, a csatornától mintegy hatszoros átmérő távolságában normális hangsebességre [11]. Ennek következtében a Mach-szám időfüggő [15]. Az is általánosan elfogadott tény, hogy a földön félgömb alakú lökeshullám kialakulása jellemző, és így az egész villám egyszerűen leírható a félgömb alakú lökeshullám elméletével [13, 14, 16]. A. Few elméletileg leírta egy magányos sugárzó hangforrással [13]. A lökeshullám után az egész mennydörgés normális hangsebességű sugárzó jelenséggé alakul. Amit hall a megfigyelő, nem egyéb, mint sok gyorsan történő lökeshullám és hanghullám szuperpozíciója az 1 és 600 Hz közötti tartományban. Van egy 20 Hz alatti frekvenciájú rész is, amit az ember nem hall. Közkeletű nézet, hogy az infrahangot a felhők elektrosztatikus változásai hozzák létre.

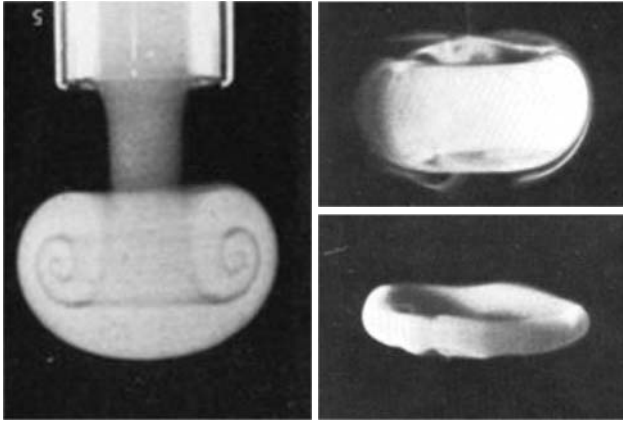
A szerző feltételezi, hogy az N alakú lökeshullámok összessége egy láthatatlan levegő-örvénygyűrűt hoz létre a villám becsapódási pontja körül. Hasonló ör-

1. ábra. A megfigyelt forgó gyűrű (henger) [4].

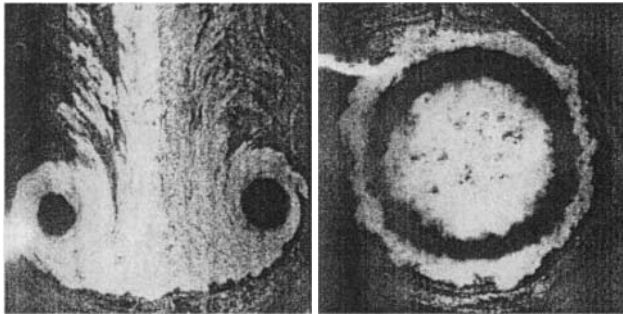


2. ábra. N alakú lökeshullám.

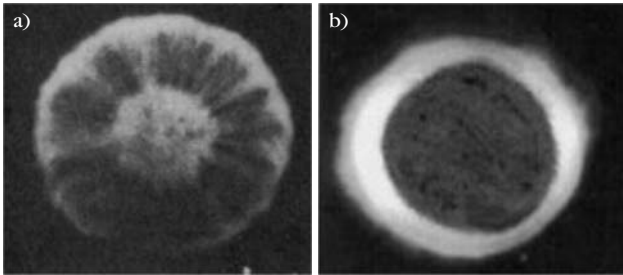




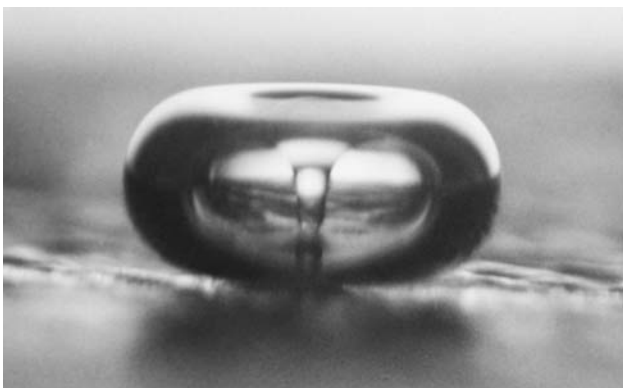
3. ábra. Örvénygyűrű vízben [19] (J. Okabe és S. Inoue szívessége).



4. ábra. Örvénygyűrű levegőben [20] (V. F. Kopiev szívessége).

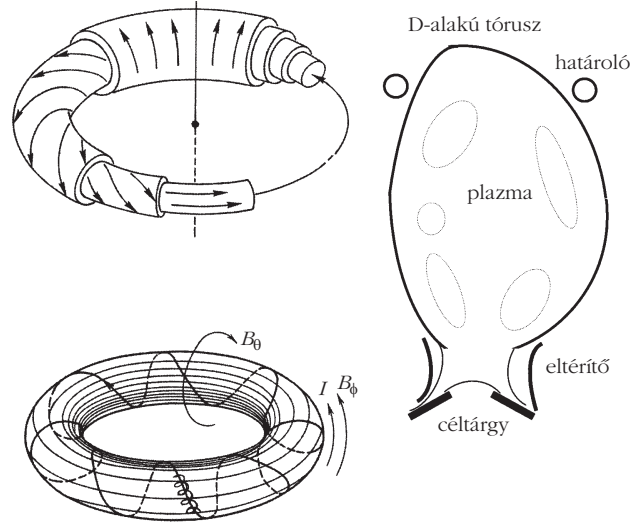


5. ábra. a) Örvénygyűrű vízben [23] (A. Glezer szívessége). b) Örvénygyűrű füstből [33] (Wikipedia).



6. ábra. Vákuum örvénygyűrű víz felületén [21, 22] (L. Crum szívessége).

vénygyűrűket fényképeztek le, lásd a 3–6. ábrákat. L. A. Crum bebizonyította, hogy az erős irányított ultrahang víz felett egy vákuum-örvénygyűrűt hoz létre, ami később, az összeomlásánál akusztikai lökéshullámot eredményez (6. ábra).



7. ábra. Plazmatórusz a Tokamakban [4, 5].

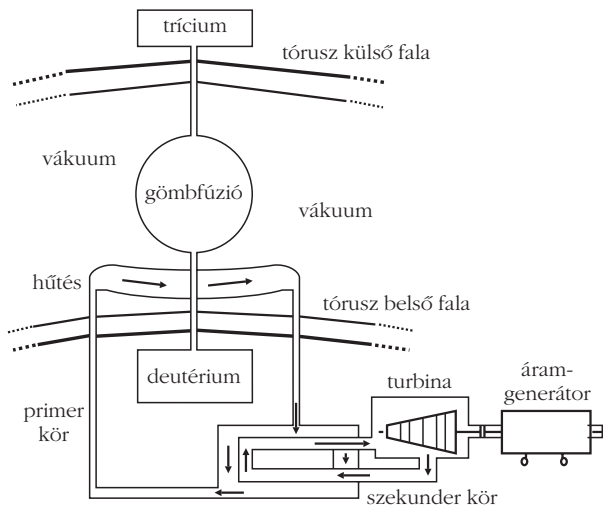
## A villámgömb keletkezésének elmélete

A szerző feltételezi, hogy a levegőben a villámlás, a mennydörgés és a lökéshullámok láthatatlan hidrodinamikai örvénygyűrűt állítanak elő, ami a földdel párhuzamos síkban, kis sebességgel, minden irányban kiterjed. Ami lényeges: a gyűrű metszetében az úgynevezett poloidális sebesség nagy, de toroidális sebesség nincs a síkban vagy elhanyagolhatóan kicsi.<sup>1</sup> A villámgömb valószínűleg a toroidális gyűrű szimmetriatoréja következtében alakul ki [1–4]. Ez a megfigyelésből kiindult elméleti modell nagy hasonlóságot mutat a jelenleg folyó Tokamak fúziós kísérletekkel (7. ábra). Ott is egy örvénygyűrű van, amit ha sikerül ügyesen megfelelő módon megszakítani, az úgynevezett hosszú távú elektromágneses erők következtében a plazma tórusza egy gömbbe, egy csomóba zsugorodik. Ez körülbelül 100-szoros sűrűségnövekedést jelentene, ami ugyanakkora hőmérséklet-emelkedéssel jár, tehát megkönnyítené a fúzió keletkezését. Tudott tény, hogy minden gyűrű instabil, mert csak 2 szimmetriatengellyel rendelkezik, amíg a gömbnek 3 egymásra merőleges szimmetriatengelye van, és ez stabil. A természet mindig a stabilabb állapotba törekszik. Ez adta a szerző alap gondolatát egy új EU-szabadalom kidolgozására [5], amelyet sikerült megvédeni (8. ábra). Ez a felismerés talán egy új szempontot fog szolgáltatni a jelenlegi Tokamak-kísérletek, mint bonyolult tóruszos fizikai folyamatok megértéséhez. A fent említett örvénygyűrű-felvételek nagysebességű fényképezéssel, körülbelül 4–10 ezer kép/s-mal készültek. A. Glezer [23] a tóruszgyűrű síkjában fényképezett. H. L. Reed munkájában a turbulens gyűrűknek egy egész galériáját mutatja [25].

Az [1–4]-ben részletezett megfigyelésben csak egy magányos bokor volt a villám közelében. Ez a bokor minden valószínűség szerint elvágta a kiterjedő ör-

<sup>1</sup> Az egyenlítővel párhuzamos térkomponens toroidális, az erre merőlegest pedig poloidális térnek nevezzük.





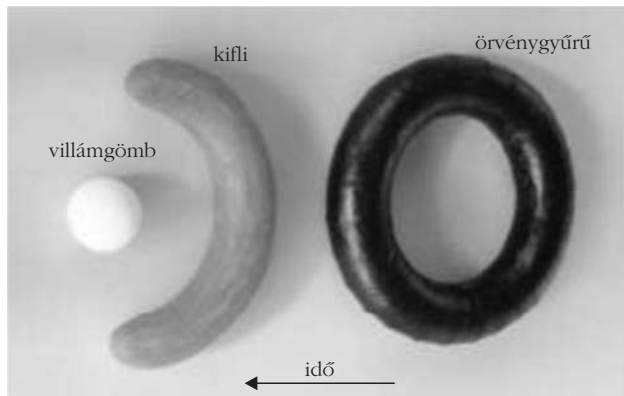
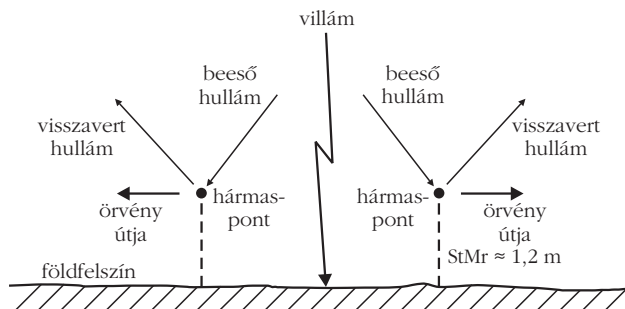
8. ábra. D. Tar és K. A. Müller: Spherical fusion reactor, EU-szabaldalom [5].

vénygyűrűt, a bokor nélkül az örvény nagy kiterjedése után legyengülve eltűnt volna. Tehát amint a bokr a gyűrűt elvágta, az összezsugorodott először egy keskeny kifli formába, utána pedig egy gömbbe (9. ábra). Ez a folyamat a tömeg, az impulzus és az energia megmaradása alapján mehetett végbe. A megfigyelésben [4] először egy levelekből és sárból álló gyorsan forgó gyűrű jelent meg és csak a forgás utolsó, a gyűrű eltűnésének pillanatában bontakozott ki a villámgömb teljes szépségében (10. ábra). Nos, ez azt jelenti, hogy a gyűrű pár másodpercig kellett forogjon ahhoz, hogy a villámgömböt előállíthassa. Ez a sűrűládi elektromosság és elektrolumineszcencia folyamán jött létre [1–3, 28]. A forgó gyűrű megjelenésekor a szerző meglepődve gondolt arra, hogy egy speciális tornádót van alkalma megfigyelni.

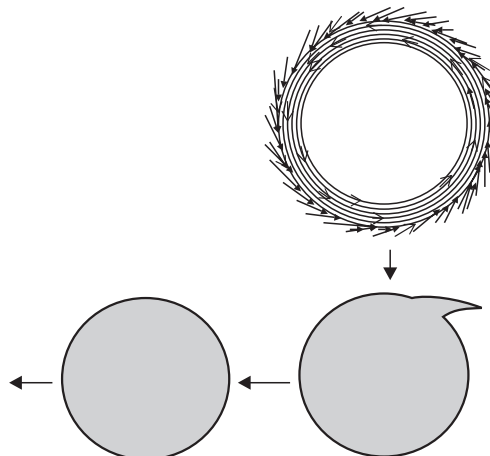
## A mennydörgés és a lökeshullám szerepe a villámgömb keletkezésében

Nagy sebességű fényképezéssel (4–10 ezer kép/s) bebizonyították, hogy a tárgyak ultrahang-sebességű repülésében különböző típusú lökeshullám jelenhet meg attól függően, hogy milyen szöget zár be a reflektáló felület a hangsebesség vektorával [17]. Courant és Friedrichs (1948) elméletileg bebizonyították, hogy 3 különböző Mach-reflexiós lökeshullám létezik.

11. ábra. A Mach-féle stacionárius lökeshullám szerepe a villámgömb kialakulásában [17] (G. Ben-Dor szívessége).



9. ábra. A villámgömb kialakulása az örvénygyűrűből [1, 2, 4].



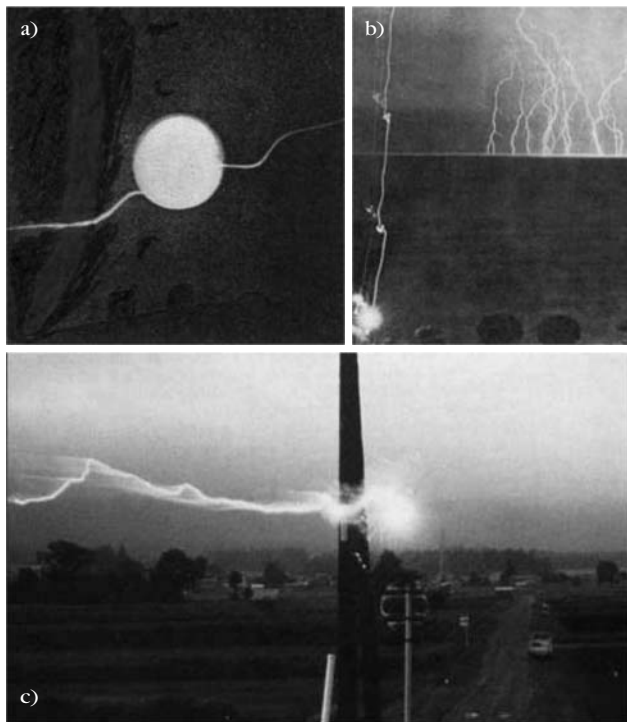
10. ábra. A villámgömb megjelenése a forgó légyűrűből.

Ben-Dor és Takayama (1986. július) ezt kísérletileg is bebizonyították [17]. G. Ben-Dor könyvében az olvasó megtalálja az összes Mach-féle reflexiós elméletet. Itt megtalálható az összes szokatlan, ámde lehetséges reflexiós helyzet, valamint elméleti leírásuk. Ezeknek az a fizikai oka, hogy a lökeshullám gyorsabban terjed mint a hang, ezért előre tudomást szerez az akadályról és pályáját megváltoztatja még mielőtt elérné a reflexiós felületet. Ez a tapogatózás az úgynevezett triple (hármás) pontnál már előre megtörténik, a lökeshullám megtorpan, és azonnal megváltoztatja terjedési irányát (11. ábra).

Az egyik típusú Mach-reflexiós jelenséget stacionárius Mach-reflexiónak nevezték (StMR), ahol a hármás pont párhuzamosan mozog a reflektáló felülettel és ami csak turbulens áramlásokra érvényes. A megfigyelésben a reflektáló felület a föld volt, így a hármás pont a földdel párhuzamosan, körülbelül 1,2 m távolságban mozgott, azaz az erős szelek ellenére a villámgömb stabilan ugyanabban a távolságban mozgott a föld felett.

A 11. ábra mutatja nekünk ezt a helyzetet, amikor a villámlás és a lökeshullámok sokasága által keltett turbulencia tóruszos gyűrű egy párhuzamos síkban tengelyszimmetrikusan kiterjed a villám becsapódása körül.

Következtetés: Amint láttuk ez elmélet a megfigyelés legtöbb pontját hihetően megmagyarázza.



12. ábra. a) Egy villámgömbbe csapódik két villám [34] (Haunsperger fényképe). b) Gömbvillám Szocsiban, a Fekete-tengernél, 1960-ban [30–31]. c) 1987-ben, Naganóban lefényképezett gömbvillám [32].

## Megjegyzés két gömbvillám-megfigyeléshez

A szerző vallja, hogy a villámgömb és gömbvillám két különböző jelenség.

A szerző úgy gondolja, hogy a 12.a ábra egy valódi villámgömböt ábrázol. Egy kissé zavaró a felvételen, hogy egyidejűleg két villám becsapódását mutatja. Azonban pontos vizsgálat után észre lehet venni, hogy először volt a villámgömb és csak utána csapott bele a két villám, mert a becsapódás pontjánál a villámok vastagabbak, mint a korábbi keletkezésükkor.

A szerző még két további gömbvillám-megfigyelést vázol, ahol nincs kétsége, hogy azok igazi gömbvillámok: Az első példát *Stekol'nikov* adta a *Vihar a Fekete tengernél* című cikkében [31] (12.b ábra). Ugyanez a fénykép látható a *A. I. Nikitin* és munkatársai cikkében [32]. A második hihető gömbvillámfénykép (12.c ábra) az interneten látható: egy diák felvétele 1987-ben Naganóban (Japan) [33]. A szerző azért gondolja, hogy ezek hihető fényképek, mert karakterisztikus vonásaik megegyeznek azokkal a nagy elektromos kisülésekkel, amiket *Gallimbert* és munkatársai kísérletileg megmutattak a [27]-es munkában.

## Irodalom

1. Tar D.: A gömbvillám keletkezésének, lefolyásának és eltűnésének megfigyelése. *Fizikai Szemle* 54 (2004) 334–338.
2. D. Tar: Observation of Lightning Ball – A new phenomenological description of the phenomenon. <http://arXiv.org/abs/0910.0783v1> és Proc. Int. Symp. on Ball Lightning (ISBL-06) Eindhoven, 223–226.
3. D. Tar: Lightning Ball and Ball Lightning: Two different phenomena – A new phenomenological description of the phenomenon. <http://arXiv.org/abs/0910.0783v1> és Proc. (ISBL-06) 227–234.

4. D. Tar: New revelation of Lightning Ball observation and Proposal for a Nuclear Fusion Experiment. <http://arXiv.org/abs/0910.2089v1> és Proc. Intern. Symp. on Ball Lightning (ISBL-08), Kaliningrad, 135–141.
5. D. Tar, K. A. Müller (Nobel laureate): *Spherical fusion reactor and method for maintaining or initiating a fusion*. European Patent Specification. EP 1 785 999 B1, Appl. Nr.: 06123707.9; Date of publication and grant of mention: 04. 03. 2009. Swiss priority: 10.11.2005 CH 18052005; <http://www.freepatentsonline.com/EP1785999.html>
6. D. Tar: Lightning Ball (Ball Lightning) created by Thunder, Shock-Wave. International Symposium on Ball Lightning (ISBL-10), Kaliningrad, 21–27 June 2010.
7. V. A. Rakov, M. A. Uman: *Lightning, Physics and Effects*. Cambridge Univ. Press 2003.
8. Y. Baba, V. U. Rakov: Present Understanding of the Lightning Return Stroke. In H. D. Betz et al. (eds): *Lightning: Principles, Instruments and Applications*. Springer Science + Business Media B.V. 2009.
9. R. D. Hill: Analysis of irregular paths of lightning channels. *J. Geophys. Res.* 73 (1968) 1897–1905.
10. I. Szabó: Die Bewegung einer Peitsche als Beispiel zu den Lagrange'schen Gleichungen. In *Höhere Technische Mechanik*. Springer Verl. 6-e auflage, 131–132.
11. R. E. Orville: A high speed time-resolved spectroscopic study of the lightning return stroke. *J. Atmos. Sci.* 25 (1968) 839–856.
12. Holmes et al.: On the power spectrum and mechanism of the thunder. *J. Geophys. Res.* 76 (1971) 7443.
13. A. A. Few: Acoustic radiations from lightning. In H. Volland (ed.): *Handbook of Atmospheric Electrodynamics*. Vol. II, CRP Press, Boca Raton, Florida, 1995, 1–31.
14. A. A. Few et al.: A dominant 200-hertz peak in the acoustic spectrum of thunder. *J. Geophys. Res.* 72 (1967) 6149–6154.
15. A. A. Few: Thunder. *Scientific American* 233 (1975) 80–90.
16. A. A. Few: Power spectrum of thunder. *J. Geophys. Res.* 74 (1969) 6926–6934.
17. G. Ben-Dor: *Shock Wave Reflection Phenomena*. 2<sup>nd</sup> ed. Springer, Berlin, 2007, 4–6.
18. R. Dipankar: *A Monte Carlo modell of lightning and thunder generation*. Univ. Toronto, Inst. Aerospace Studies (UTIAS), 1981, report Nr.: 243.
19. J. Okabe, S. Inoue: in Rep. Res. Inst. Appl. Mech., Kyushu Univ. 1960, 8, 91. and 1961, 9, 147.  
G. K. Batchelor: *An Introduction to Fluid Dynamics*. Cambridge Univ. Press 1983, plates: 20, 21.
20. V. F. Kopyev: Advances in Aeroacoustics. Karman Institut of Fluid Dynamics, Lecture series 2001–02, March 12–16, 2001.
21. L. A. Crum: Photograph of a liquid jet produced by a collapsing vacuum bubble. In K. Suslick: The chemical effects of Ultrasound. *Scientific American* 260 (1989. febr.) 62–68. és in *Spektrum der Wissenschaft* (1989. apr.) 61–66.
22. M. Averkiou, L. Crum: Cavitation: Its Role in Stone Comminution and Renal Injury. In J. Lingeman, G. Preminger: *New Developments in the Management of Urolithiasis*. Igaku Shoin Cop., New York, 1966, 21–36.
23. A. Glezer: The formation of vortex rings. *Phys. Fluids* 31 (1988) 3532–3542.
24. Smoke ring formed with a smoke chamber at Bonn University: [http://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Smoke\\_ring.jpg](http://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Smoke_ring.jpg).
25. H. L. Reed: Gallery of fluid motion. *Phys. Fluids American Institute of Physics* 31 (1988) 2383–2394.
26. S. Forster (fénykép): <http://www.stefanforster.com>; M. Läubli: Geheimnisvolle Erscheinung über Uzwil. *Tages-Anzeiger Zürich* 23 Juli 2004, 30.
27. Gallimberti et al.: Fundamental processes in long air gap discharges. *C. R. Physique* 3 (2002) 1335–1359.
28. I. Wieder: Thin Film electroluminescence as a Source of BL Light. Proc. ISBL-06, Eindhoven, 2006, 257–263.
29. M. M. Biss et al.: High speed digital shadowgraphy of shock waves from explosions and gunshots. In: Hannemann K., Seiler F. (eds.): *Shock Waves*, 26<sup>th</sup> Int. Symp. on Shock Waves Vol. 1, Göttingen, 2007, 91–96.
30. C. R. Holmes et al.: On the power spectrum and mechanism of thunder. *J. Geophys. Res.* 76 (1971) 2106–2115.
31. S. Stekol'nikov: Thunderstorm at Black sea. *Ogonyok*, 1960, 20, 34.
32. A. I. Nikitin et al: Estimation of Ball Lightning characteristics Based on the analysis of its Photo. ISBL-06, Eindhoven, 149–156.
33. [http://en.wikipedia.org/wiki/Ball\\_lightning](http://en.wikipedia.org/wiki/Ball_lightning)
34. Prochnow (ed.): *Erdball und Weltall*. Bermühler Verl., Berlin, 1928.

A valószínűség természettudományos körökben leginkább elfogadott interpretációja szerint egy esemény valószínűsége az esemény előfordulásának relatív gyakorisága egy megfelelő eseményosztályon belül. A hatos dobás valószínűsége a hatos relatív gyakorisága a kockadobások sorozatában. Ezt az interpretációt nevezzük a valószínűség *relatív gyakoriság-interpretációjának*. A relatív gyakoriság- vagy más néven frekvenciainterpretáció a valószínűségnek nem az egyetlen interpretációja,<sup>1</sup> mindenesetre a Laplace-féle klasszikus interpretáció után a legrégebbi. Az interpretáció történetileg a tizenkilencedik század közepére, a cambridge-i *Robert Leslie Ellis* és *John Venn* munkásságáig nyúlik vissza, igazi népszerűsége azonban csak a logikai pozitívizmus kialakulása során a Berlini kör két képviselőjénél, *Hans Reichenbach* és *Richard von Mises* révén tett szert. Von Mises frekventizmusa azért is rendkívül fontos, mert az ő nevéhez fűződik a valószínűségelmélet első axiomatikus tárgyalása is [1]. A modern valószínűségszámítás azonban mégsem tőle származik, hanem *Andrei N. Kolmogorov*tól, aki a *Grundbegriffe der Wahrscheinlichkeitsrechnung* [2] című klasszikus munkájában mértékelméleti alapon tárgyalta a valószínűséget. Ez az elegáns megközelítésmód vált azután mértékadóvá a valószínűség matematikai tárgyalását illetően, teljességgel kiszorítva von Mises frekventista próbálkozásait. Kolmogorov *Valószínűségszámítása* azonban mégis megőríz valamit von Mises frekventizmusából, és a sors különös iróniája, hogy az axiomatizálási párharcból győztesen kikerülő Kolmogorov élete végén ismét visszatér a valószínűség frekventista tárgyalásához. Az alábbiakban Kolmogorovnak ezt a bújtatott frekventizmusát igyekszünk bemutatni és kritizálni.

A valószínűség modern tárgyalását a mértékelmélet fejlődése tette lehetővé. A *Grundbegriff*t Kolmogorovnak a valószínűségi konvergenciák és a véletlen folyamatok témakörében kollégájával, *Khinchinnel* folytatott bő egy évtizedes kutatásai előzték meg. A mű a hilberti program jegyében a kibontakozó elmélet axiomatikus felépítésének igényével íródott. A rövid könyvecskéből, amely kitűnő didaktikájával a matematika-tankönyvek iskolapéldája, itt bennünket most csak azok a részek érdekelnek, amelyek a valószínűség és a tapasztalat kapcsolatát tárgyalják. Ezekből a részekből ugyanis kiviláglik, hogy Kolmogorov, kevésbé radikális formában ugyan, mint von Mises, de szintén a relatív gyakoriság interpretáció híve.

A két elképzelés közötti különbségre Kolmogorov rögtön a bevezetésben utal:

<sup>1</sup> Ehhez lásd majd a szerző *A valószínűség interpretációi* című hamarosan megjelenő könyvét.

„A valószínűségszámításnak léteznek más axiomatikus felépítései is, méghozzá éppen olyanok, amelyekben a valószínűség nem alapfogalom, hanem más fogalmakkal kifejezve szerepel.<sup>2</sup> Ekkor azonban másra törekszenek, nevezetesen arra, hogy a valószínűségszámítás tudományát a lehető legszorosabban összekapcsolják a valószínűségfogalom tapasztalati eredetével.” ([2] 12. o.)

Kolmogorov óvatosabb az elmélet és a tapasztalat viszonyát illetően. A kettő viszonyát tisztázó rész a könyv második paragrafusában rögtön az elmélet véges részének axiomatikája után következik.<sup>3</sup>

„A valószínűségszámítás alkalmazása a tapasztalati valószínűségekre a következő séma szerint történik.

1. Felteszik, hogy adott valamilyen korlátlan számú ismétlést megengedő  $\mathfrak{G}$  feltételegyüttes.

2. Kiindulnak az események egy meghatározott köréből, amelyek felléphetnek a  $\mathfrak{G}$  feltételek megvalósulása következtében. Az egyes esetekben ezek az események különböző kombinációkban következhetnek, illetve nem következhetnek be. Az  $\Omega$  halmaz magában foglalja a figyelembe vett események bekövetkezésének és be nem következésének minden lehetséges variációját.

3. Ha a gyakorlatban megvalósuló  $\mathfrak{G}$  feltételek realizálódása után egy variáns  $A$  (valamilyen feltételekkel meghatározott)  $A$  halmazhoz tartozónak bizonyul, akkor azt mondják, hogy bekövetkezik az  $A$  esemény.

4. Bizonyos feltételek mellett, amelyeket itt közelebbről nem ismertetünk, feltehetjük, hogy valamely  $A$  eseménynek – amelyek a  $\mathfrak{G}$  feltételek megvalósulásánál lehet, hogy fellépnek, lehet, hogy nem – megfelelően egy, a következő tulajdonságokkal rendelkező meghatározott  $P(A)$  valós számot.

A. Gyakorlatilag biztosak lehetünk benne, hogy ha a  $\mathfrak{G}$  feltételegyüttest nagyszámú  $n$  alkalommal megismétlik, és  $m$  jelöli azoknak az eseteknek a számát, amelyekben az  $A$  eseménye végbement, akkor az  $m/n$  hányados kicsit tér el  $P(A)$ -tól.

B. Ha  $P(A)$  nagyon kicsi, akkor gyakorlatilag biztos, hogy a  $\mathfrak{G}$  feltételek egyszeri megvalósításakor az  $A$  esemény nem fog bekövetkezni.” (14–15. o.)

Az 1. pont világossá teszi, hogy Kolmogorov a valószínűség fogalmát a frekventizmus szellemében ismételtetű eseményekre, tehát eseménytípusra és nem szinguláris eseményekre alkalmazza. A 2. pont ennek az ismétlődésnek a jellegét körvonalazza. Fontos látni,

<sup>2</sup> És itt a lábjegyzet von Misesre utal.

<sup>3</sup> Mielőtt Kolmogorov nekifog, a lábjegyzetben még egyszer hivatkozik von Misesre: „A valószínűségszámítás valódi események körére való alkalmazhatóságához szükséges előfeltevések kifejtésében nagymértékben építünk Mises következtetéseire.” (14. o.)

hogy Kolmogorov – von Mises-szel ellentétben – nem várja el az eseményektől, hogy azok véletlenszerűen történjenek. Az eltérő attitűdök mögött a két szerző eltérő természetfilozófiai álláspontja áll a véletlen tekintetében. Von Mises meggyőződése szerint a fizika modern fejleményei azt mutatják, hogy a természet leírására nem adható „algoritmus”, vagyis a véletlenség intrinzikus tulajdonsága az eseményeknek. Ezzel szemben Kolmogorov a valószínűségi kalkulust egyszerű modellnek tartotta, amelynek alkalmazhatósága nem függ a természet véletlenszerű vagy éppen determinisztikus viselkedésétől, hanem csak a rögzített  $\mathcal{C}$  feltételegyüttestől. A 3. feltétel pusztán a terminológiát rögzíti; a valószínűség tapasztalati alkalmazása a 4. pontban történik. A „közelebből nem ismertett” feltételek *von Plato* [3] szerint a nagy számok törvényeinek legfontosabb feltételei, vagyis a valószínűségi függetlenség tapasztalati alkalmazhatóságára vonatkoznak. A kérdésre Kolmogorov később a függetlenség fogalmának szentelt fejezetben expliciten is visszatér:

„Ennek megfelelően a természettudományos gondolkodás előtt álló egyik legfontosabb feladat az, hogy miután a valószínűség fogalmának a lényegét mint kulcskérdést tisztázta, kiderítse és pontosítsa, milyen előfeltevések mellett tekinthetünk adott tapasztalati jelenségeket függetlennek.” (22. o.)

Ha az ismétlődő események valószínűségi értelemben függetlennek tekinthetők, akkor (egyéb járulékos feltételek mellett) alkalmazhatóak rájuk a nagy számok különféle törvényei. A nagy számok törvényeit, különösen a Bernoulli-tételnek végtelen szorzatmértéken értelmezett karakterisztikus függvényekre kimondott alakját szokásos a következőképpen értelmezni. A karakterisztikus függvények azt mutatják meg, hogy adott események egy végtelen kísérletorozat adott futamában bekövetkeznek-e vagy sem, ennél fogva a karakterisztikus függvények aritmetikai átlaga a szóban forgó események relatív gyakoriságát modellezi. A Bernoulli-tétel ezek után azt mutatja meg, hogy ez a relatív gyakoriság (a szorzatmérték szerinti) valószínűségi értelemben konvergál az adott esemény valószínűségéhez. Fontos látni, hogy ez a konvergencia valószínűségi konvergencia: a Bernoulli-tétel esetében a véletlen változók valószínűségi értelemben konvergálnak a közös várható értékhez, a nagy számok erős törvényeiben pedig „majdnem biztos” értelemben. A valószínűség így nem redukálható maradéktalanul a frekvenciára, mivel a Bernoulli-tétel kiküszöbölhetetlenül tartalmaz egy „másodrendű” valószínűséget is: szorzatvalószínűséget, amelyben a konvergencia meg van fogalmazva.

Ez a valószínűség azonban határértékben 1-hez tart, sőt az erős törvényekben 1. És éppen ez az a tény, amelyben a frekvenciainterpretáció igyekszik megkapaszkodni. Ha a valószínűségtől ebben a speciális esetben, vagyis akkor, amikor értéke közel 1, sikerülne valamiként megszabadulni, akkor – hangzik az érv – az út nyitva állna a valószínűség és a relatív gyakoriság azonosításához a nagy számok törvényein keresztül. Mit is jelent az, hogy egy esemény valószínűsége közel

1; vagy a komplementer esetben, hogy egy esemény valószínűsége közel 0? Itt lép be a gondolatmenetbe Kolmogorov 4. pontjának B. része, amelyet az irodalom *Cournot-szabály*ként tart számon: ha egy esemény valószínűsége közel van 1-hez, akkor az esemény *gyakorlati szempontból* biztosan bekövetkezik, ha pedig közel van 0-hoz, akkor az esemény *gyakorlati szempontból* biztosan nem következik be. Vagyis a valószínűséget két kitüntetett esetben *gyakorlatilag* azonosíthatjuk a bekövetkezéssel: ha  $P(A) \approx 1$  és ha  $P(A) \approx 0$ . Az első esetben gyakorlatilag biztosak lehetünk abban, hogy  $A$  bekövetkezik, a másodikban pedig, hogy nem következik be. Események konjunkciójára a szabály azonban már nem alkalmazható,<sup>4</sup> vagyis a Cournot-szabály kártyaként tehát csak egyszer játszható ki az érvelésben – ez azonban éppen elég Kolmogorovnak: ha a nagy számok törvényeiben a szorzatvalószínűség közel 1 volta a Cournot-szabály értelmében helyettesíthető azzal, hogy a szóban forgó esemény vagy tényállás gyakorlatilag biztosan bekövetkezik, vagyis a relatív gyakoriság és a valószínűség gyakorlatilag biztosan megegyezik, akkor legalábbis nagyszámú kísérletorozatban a kettőt *gyakorlatilag* azonosíthatjuk. A Bernoulli-tétel a Cournot-szabály és a függetlenség feltételezése mellett tehát *bizonyítja*, hogy a relatív gyakoriságok tartanak a valószínűségekhez, azaz a valószínűség relatív gyakoriság-interpretációja a helyes interpretáció. Ez röviden Kolmogorovnál a valószínűségi „axiómák tapasztalati levezetése”.

Ez az érvelés azonban teljességgel helytelen, és nem azért – ahogy azt sokan vélik – mivel a Cournot-szabály megalapozatlan.<sup>5</sup> A tévedés igazi oka az, hogy a nagy számok törvényei *matematikai tételek*, és így teljes mértékben érzéketlenek az interpretációkra: a tételben szereplő  $p$  betű interpretációjától függően más és más lesz a fizikai tartalmuk. Ha a  $p$  betűt a relatív gyakoriság-interpretációnak megfelelően frekvenciaként interpretáljuk, akkor a tétel következő empirikus jelentést fogja kapni: az olyan sorozatok sorozatainak relatív gyakorisága, amelyekben a sorozat kezdő szeletéből számított relatív gyakoriságok tetszőlegesen kicsit térnek az aszimptotikus relatív gyakoriságoktól, a kezdő szelet hosszával nullához tartanak. Ha a  $p$  betűt a szubjektív interpretációnak megfelelően parciális hitként interpretáljuk, akkor a tétel a következőt fogja jelenteni: ha az empirikus/racionális hívő egy adott eseményben  $p$  mértékben hisz, akkor (feltéve a függetlenség által modellezett fizikai feltételek fennállását) határértékben teljes mér-

<sup>4</sup> „A B. elv ... nem jelenti azt, hogy az  $A$  esemény elég hosszú kísérletorozatban sem következik be”, és hasonlóan: „Az  $A$ . elvből semmiképp sem következik, hogy nagyon nagy számú,  $n$  hosszúságú kísérletorozatba *minden* sorozatban az  $m/n$  hányados kicsit fog különbözni  $P(A)$ -tól” – teszi világossá Kolmogorovnak a szakasz végéhez fűzött két megjegyzése.

<sup>5</sup> Von Mises frappáns reakciója a Cournot-szabályra a következő volt: ha két speciális értékre, tudniillik a 0-ra és az 1-re feltesszük, hogy ott a valószínűség megegyezik a bekövetkezéssel, vagyis (triviális értelemben) a frekvenciával, akkor miért nem azonosítjuk a valószínűséget a többi értékre is a relatív gyakorisággal, vagyis miért nem képviseljük kezdettől fogva a frekvencia-interpretációt?

tékben fog hinni abban, hogy az események relatív gyakorisága egy végtelen sorozatban  $p$ . Ha a  $p$  betűt a *propensity*-interpretációnak megfelelően valamilyen kauzális tendenciaként interpretáljuk, amelynek megfelelően a fizikai környezet az esemény bekövetkezését előidéz, akkor a tétel a következőt fogja jelenteni: ha egy adott esemény  $p$  mértékben hajlamos bekövetkezni, akkor (ismét feltételezve a hajlamok függetlenségét) az események egy olyan végtelen sorozatának, amelyben a relatív gyakoriság megegyezik  $p$ -vel, 1 lesz a bekövetkezési hajlama. Látható, hogy mindhárom állítás empirikus – igazolásukhoz többek között olyan dolgokat kell tudnunk, hogy hogyan tesz-  
teljük végtelen sorozatok sorozatát, hogyan mérjük végtelen sorozatok relatív gyakoriságára vonatkozó hiteinket, illetve az ilyenek létrehozására vonatkozó *propensity*-t. Ezek tesztelése jelenthet gondot, minden-  
esetre a nagy számok törvényei, mint matematikai állítások elvben mindhárom értelmezéssel kompatibilisek, vagyis semmilyen módon nem tüntetik ki a valószínűség relatívgyakoriság-interpretációját. Ha igaz van tehát von Platonak abban, hogy Kolmogorov frekventizmusát a nagy számok törvényére, a Cournot-szabályra és a függetlenség posztulálására építette,

akkor helytelenül járt el. Az elmélet és a tapasztalat közötti szakadékot éppen olyan kevésbé lehet áthidalni a gyakorlati bizonyosság fogalmával, mint von Misesnél az aszimptotikus relatív gyakoriság segítségével. De akár így, akár úgy – tény az, hogy Kolmogorovot a valószínűség mértékelméleti kanonizációja ellenére élete végéig nyugtalanította a valószínűség tapasztalati alkalmazhatóságának kérdése. Későbbi erőfeszítéseit éppen az határozta meg, hogy a mértékelméleti megfogalmazás mellett érvényt szerezzen a relatív gyakoriságra és a véletlenszerűségre érzékenyebb valószínűségfogalomnak. Ezek a kutatások vezették azután az algoritmikus randomitás és a Kolmogorov-komplexitás [4] megalkotásához.

#### Irodalom

1. R. von Mises: *Wahrscheinlichkeit, Statistik und Wahrheit*. Berlin, 1928.
2. A. N. Kolmogorov: *Grundbegriffe der Wahrscheinlichkeitsrechnung*. Springer, 1933; magyarul: *A valószínűségszámítás alapfogalmai*. Gondolat Kiadó, 1982.
3. J. von Plato: *Creating Modern Probability*. Cambridge University Press, 1994.
4. A. N. Kolmogorov: Three approaches to the quantitative definition of information. *Problemy Peredaci Informacii* 1 (1965) 4–7.

## HELL MIKSÁRÓL, AKI 1769-BEN ELSŐKÉNT MÉRTE MEG A NAP–FÖLD-TÁVOLSÁGOT

Abonyi Iván

ELTE Elméleti Fizikai Tanszék

Amikor *Hell Miksa* (1720–1792) a Nap–Föld-távolság méréséről gondolkodni kezdett, a Naprendszerrel a következőket lehetett tudni. *Johannes Kepler* (1571–1630) híressé vált tapasztalati törvényei egyszerű képet adtak a Naprendszerrel. Ennek központja a Nap, a bolygók a Nap körül síkmozgást végeznek, de úgy, hogy a Nap és az adott bolygó közt lévő távolság egyenes darabja, a vezérsugar egyenlő idők alatt egyenlő területeket sűrol. A bolygók tehát síkgörbe pályát futnak be, méghozzá ellipszist, amelynek egyik gyújtópontja a Nap. Különböző bolygók pedig úgy keringenek a Nap körül, hogy az ellipsziseik fél nagytengelyei ( $a_k$ ) és a keringési idő ( $T_k$ ) között az

$$\frac{a_k^3}{T_k^2} = \text{konstans}$$

összefüggés áll fenn. Így hangzanak tehát a Kepler-törvények.

*Isaac Newton*nak sikerült a bolygómozgást a mozgásegyenletek alapján úgy leírni, hogy azok számot adhattak a Nap és a bolygó között érvényes kölcsönhatás, az általános tömegvonzás néven elnevezett, akkor még hipotetikus erőhatásról. Ezáltal a síkmoz-

gás, a területi sebesség állandóságának elve és a kölcsönhatási erő magyarázatot nyert, csak hogy a Kepler-törvényekben szereplő mennyiségek, a Nap és a bolygó tömege, a Naptól mért távolság, a tömegvonzási erőben szereplő gravitációs állandó még ismeretlen maradt. Pontosabban: a newtoni magyarázat konkrét célokat tűzött ki a kutatás elé: ezeket a mennyiségeket kell valahogyan a kísérletező ember számára hozzáférhetővé, megmérhetővé tenni. Amikor ez bekövetkezett, mondjuk a Newton *Principia mathematica philosophiae naturalis* (A természetfilozófia matematikai alapelvei) [1] című művének megjelenésekor, 1687-ben, a kíváncsi ember számára a kutatómunka előtt konkrét feladatok fogalmazódtak meg. Ezeket fogjuk az alábbiakban sorra bemutatni.

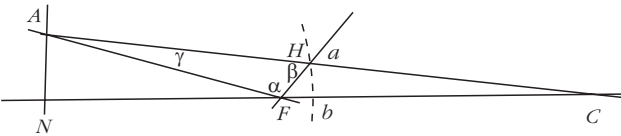
### A távolságok problémája

#### A Föld mérete

A Kepler-törvények sajátos kopernikuszi módon a *Naptól mért bolygótávolságokról* szólnak. Igaz, nem Kepler, vagy Newton, illetve nem is *Kopernikusz* (1473–1543) volt az első, akiben felmerült ez a probléma, hanem az



1. ábra. Elsőnapri boríték Arisztarkhosz évfordulójára.



2. ábra. Hipparkhosz számításának alapja.

„ókor Kopernikusának” nevezett szamoszi *Arisztarkhosz* (Kr.e. 310 táján – Kr.e. 230 körül) hirdette először, hogy a Föld (és az *akkor ismert* bolygók, a Merkúr, a Vénusz, a Mars, a Jupiter és a Szaturnusz) a Nap körül keringenek (lásd a keretes írást jobbra). Csak egyetlen műve maradt fenn: *Peri megethón kai aposztemathón beliu kai szelénész* (A Nap és a Hold nagyságáról és távolságáról). Vizsgálatai szoros összefüggésben álltak az a problémával, hogy milyen kapcsolat van a kör középpontja körül húzott különböző sugarú körívek és húrjaik között. Így bukkan a szinuszfüggvény fogalmára. A csillagászatban helyesnek mondható elve – amit külön részletezünk az alsó keretes írásban – mégsem vezetett helyes eredményre, valószínűleg a szög meglehetősen kicsiny volta miatt, hiszen akkor ilyen finom

## Arisztarkhosz

Bemutatjuk számoszi Arisztarkhosz, az „ókori Kopernikusz” emlékére kiadott görög bélyegeket és az elsőnapri borítékot (1. ábra), amelyen Kopernikusz műve, a *De revolutionibus orbium celestium* (Az égitestek keringéséről) kéziratainak egyik oldala látható. Ezen a szerzője által kihúzott részben éppen a nagy előd, Arisztarkhosz neve szerepel. Fontos azonban pár szó magukról a bélyegekről is. Az első, a 20 drachmás bélyegen a Naprendszer feltehetőleg ókori vázlatát látjuk. Csakhogy az ókorban a Nap körül keringő ismert bolygók csak hatan voltak: a Merkúr, a Vénusz, a Föld, a Mars, a Jupiter és a Szaturnusz, hiszen tudjuk, ez a Nappal együtt éppen hét égitest, lényegében innen származnak a hét napjainak nevei. A bélyegen a Szaturnusz után kifelé még két bolygó szerepel a tervező szerint: az Uránusz – amit 1781-ben fedezett fel William Herschel, a Neptunusz, amit 1846-ban *J. G. Galle*. Persze van még bolygó, a Plútó (1930-ban *C. W. Tombaugh* fedezte fel.) A másik bélyeg, a 10 drachmás, ezen középen Héra templomának oszlopát látjuk. Keresztben a különböző sugarú körívekbe rajzolt húrok közös tulajdonságát próbálja szemléltetni. Ez az ábra visszaköszön majd Hipparkhoszról, különben ez a rajz árulkodik arról, hogy Arisztarkhosz rendkívül közel járt a szinuszfüggvény felismeréséhez.

szögbeosztást készíteni még nem lehetett. Ez a kis szög, a modern fogalmak szerint a *parallaxis szöge*, pontosan az a szög, amelyben a Naptól a Föld *sugara* látszik.

## Arisztarkhosz és Hipparkhosz mérési elve

Arisztarkhosz érvelése szerint a Holdat az első és az utolsó negyedében a Nap úgy világítja meg, hogy pontosan a fél holdgömb látszik a Földről (egy félkör megvilágítva). Ekkor tehát  $d$  távolságra lévő Nap, a Hold és az  $R$  sugarú Föld olyan derékszögű háromszög csúcsai, ahol a derékszög a Holdnál van. Ebből lehet levonni a következtetést a Napnál lévő szögre, a *parallaxis szögére*:  $\sin \pi_0 = R/d$ .

A probléma az, hogy a valóságban mindhárom égitest meglehetősen nagy méretű, ponttá zsugorításuk – bizonyos értelemben – gondot jelent. Arisztarkhosznak a Földnél lévő szögre  $87^\circ$ -ot sikerült kikövetkeztetnie, ami az akkori mérőeszközöket tekintve nem rossz eredmény (a mai érték  $89^\circ 57''$ ). Nem csoda, ha ennek a szélsőségesen furcsa derékszögű háromszögnek kissé rövidre sikerült az átfogója, a Nap–Föld-távolság.

Hipparkhosz esete, mintegy 130 évvel Arisztarkhosz után csak egy kevéssel vezet előbbre. A mérési eljárás egy kicsivel általánosabb, azt használja fel, hogy időnként van holdfogyatkozás. Kivárja azt a pillanatot, amikor a Hold belép a Föld árnyékába. Jelölje  $A$

a Nap helyét,  $F$  a Föld helyét,  $H$  a Hold helyét és  $C$  a Föld árnyékhúrjának csúcsát (2. ábra).

Az  $AFH$  háromszög szögeinek összege természetesen  $2\pi$ , vagyis  $\alpha + \beta + \gamma = 2\pi$ .

Az  $FAH$  éppen a *Nap parallaxisa* akkor, amikor a *Napból nézve a Föld fél átmérője látszik*. Hipparkhosz mérésének eredménye 1200 földugárnyi naptávolságot adott, ami az *Erasztoszthenész által nyert* 6275 km-es *földugárral* – mai egységekben – 75 300 000 millió km-es Nap–Föld-távolságot jelent. Mi persze tudjuk, hogy hiába maradt fenn ez az érték az újkorig, csak körülbelül fele a valódinak. Kérdezzük, hogy mi lehet a hiba. A kifogástalan elgondolás rajzában részben az jelenthet problémát, hogy az égitestek nem pontszerűek (a méretük nem elhanyagolhatóan kicsi a köztük lévő távolságokhoz képest), továbbá nehéz megállapítani, mikor van az elsötétedés pillanata, melyik helyzet az a görbén, ami a  $H$ -hoz tartozik. Aztán valószínű még, hogy az ókori szögmérési eljárás ebben a kicsiny értéktartományban nem volt elég pontos.

A problémát ismerte a rodoszi *Hipparkhosz* (Kr.e. 190 körül – Kr.e. 127 táján) görög csillagász és matematikus is, aki annyival szerencsésebb, hogy kutatási eredményeiből igen sok ránk maradt, főleg azért, mert *Ptolemaiosz Almageszt* című munkájába is bekeverültek. Hipparkhosz nevéhez fűződik így az első csillagkatalógus (nyolcszáznál több csillagról, fényességüket osztályozva, ezáltal a csillagok fényrendjének a fogalmát is bevezetve), de ő az első, aki a Föld tengelyének lassú irányváltozását is felfedezte. Számunkra most a legfontosabb a Hold és a Nap Földtől mért távolságának meghatározása (részletesen lásd a már említett keretes írást). A kezdetleges mérőműszerek miatt nem jutott igazán használható eredményre, bár az általa megadott Nap–Föld-távolság, az 1200 földugárnyi érték az újkor elejéig fennmaradt. (Csak megemlítjük, hogy ez az *Erathoszthenész* adta földugárral 75 300 000 km távolságot ad.)

Az előző megállapításból látszik, hogy a Föld jellegzetes méretének milyen fontos szerepe van. Ezért foglaljuk össze idevágó ismereteinket. A Földet a tudomány már *Pitagorasz* (Kr.e. 582 – Kr.e. 500) óta gömbnek tekintette. A gömb sugarának első mérése Erathoszthenész (Kr.e. 275 – Kr.e. 195) nevéhez fűződik. A történet több szempontból is érdekes. A mérés elve: a nyári napforduló napján (június 20. (?) a Nap magassága a horizont felett nem ugyanakkora Alexandriában, mint Sziénében (a mai Asszuánban). Az akkori gondos mérésekből az eltérés  $7^\circ 12'$ , és ez

3. ábra. Hell Miksa képe, a vardói expedíció idejéből. Jellemző a lappföldi ruha és a bal felső sarokban az expedíció megfigyelő állomása.



éppen a teljes kör egy ötvened része [2]. Az akkori egyiptomi kataszteri mérések szerint a két város között a távolság 5000 stádium. Ha 1 stádium = 157,1 méter, akkor ez a Föld kerületére 39 425 km-t ad, ami a sugárra 6275 km-t jelent. Mondhatnánk, hogy ez milyen szép eredmény, hiszen a ma elfogadott érték 6372 km, az ókori értéktől az eltérés alig két százalékos. Csakhogy a napforduló nem június 20., hanem 22. (Erre utalt kérdőjelünk.) Továbbá: Alexandria nem ugyanazon a délkörön fekszik, mint Sziéné, hanem  $3^\circ$ -kal nyugatabbra.

A 17. század során újból vizsgálni kezdték ezt a kérdést. Természetesen, most is csak a délkör egy jól kiválasztott részének egy fokra eső hosszát akarták megmérni. *Willebrord Snell van Rojen* (1580–1626), akit – optikai vizsgálataira miatt – jobban ismerünk *Snellius* néven, háromszögelési eljárással kerülte meg azt a problémát, hogy a kiválasztott út nem pontosan egyetlen délkörön fekszik. 1617-ben Alkmaar és Leiden között végrehajtott mérése 3,3%-os hibával zárult (a mai értékhez képest). Az eljárásról *Erathoszthenész Batavus* címen 1617-ben kiadott művében számolt be, itt a címben szereplő „batavus” latin jelző arra utal, hogy latinul Leident Lugdunum Batavorum néven illették.

A következő lépést e téren *Jean Picard* (1620–1682) csillagász tette, aki a franciaországi Sourdon és Malvoisine közti háromszögelésekkel a Föld sugarát 6372 km-nek mérte. Ez a mai értéket 0,1%-os hibával közelíti meg!

### A Nap–Föld-távolság kérdése

De ezután a sikeres mérés után vissza kell térnünk a Nap–Föld-távolság méréséhez. *Edmond Halley* (1656–1742) angol csillagász, aki mellesleg Newton egyik legfontosabb támasza és segítője volt a Royal Societyben, arra a lehetőségre hívta fel a figyelmet 1716-ban [3], hogy a hamarosan bekövetkező csillagászati esemény, a Vénusz átvonulása a Nap korongja előtt, ha alkalmas megfigyelést hajtanak végre, lehetővé teszi a Nap–Föld-távolság meghatározását. Ez az esemény sajátos ütemben volna látható: 1631. december 6-án, 1639. december 4-én, csak hogy ezek elmúltak, de majd 122 évvel később, 1761. június 6-án, 1769. június 3-án, s megint 122 év múlva.

Halley természetesen a 18. századi eseményekre kívánt felkészülni. Az 1761-es átvonulás egyetlen használható megfigyelési eredménye *Mihail Vasziljevics Lomonoszov*tól (1711–1765) származik, aki megállapította, hogy *van* a Vénusznak légköre. Az egyetlen 18. századi esemény, amely tényleg kínálkozik, az 1769. évi Vénusz-átvonulás a Nap előtt.

Hell Miksa (3. ábra, a róla szóló keretes írást lásd a következő oldalon) ekkor, 1760-ban kapcsolódik be a kutatásba. Közzéteszi dolgozatát, amelynek címe: *Dissertatio complectens calculos accuratissimos transitus Veneris per discum Solis in tertiam Iunii 1769 praedicti, methodosque varias observationem hanc instituendi* (Értekezés, amely összefoglalja a

legpontosabb számításokat a Vénusz 1769. június 3-ára előre jelzett, a Nap korongja előtti átvonulásáról, és a különböző idevágó, megteendő megfigyelési módszerekről), ami Bécsben jelent meg. Ezzel az „akkori világ” – tehát Európa – csillagászköreiből felhívta magára a figyelmet. Ennek tudható be, hogy VII. Keresztély dán király, aki az akkori Norvégia uralkodója is volt, bécsi követén keresztül kapcsolatba lépett Hell Miksával. P. Pinzger Ferencz megtalálta Koppenhágában az alábbi francia nyelvű levelet, ami Dánia bécsi nagykövetét utasítja Hell felkérésére ([4] 67. old.):

„A király, mint a tudományok kedvelője és védője, ..., tudván, hogy a csillagászok számításai szerint a Vénusz bolygó 1769-ben a Napon(!) át fog haladni, és kívánván, hogy ez az oly fontos átvonulás a csillagászat tökéletesítésére a legnagyobb pontossággal országának északi részén észleltessék, elrendelte, hogy én Excellenciádat azzal bízom meg, hogy saját nevé-

ben óvatosan kutassa ki, vajon P. Hell jezsuita és híres csillagász hajlandó volna-e erre a célra Ő Felsége költségén 1769-ben Wardoehuusba, egy a Jeges-tengerben fekvő helyre utazni [A sziget neve Wardő, mai írásmódunk szerint Vardő, a rajta lévő erődé Wardőhuus/Vardőhus]. Ő Felsége ezt a helyet választotta, mert Európában ez a legészakibb pont az összesek közt, ahol észlelni fognak. Saját csillagászaik közül is küld majd néhányat, de P. Hell hírneve arra a kívánságra indítja, hogy ez a tudós ember azoknak a fejére legyen, és munkájukat vezesse ...”

A követség útján a felkérés eljutott Mária Terézia „kormányához” (hiszen Hell a császárnő alkalmazásában állt) és magához Hellhez is. Hogy a történetet lerövidítsük, Hell megkapta az engedélyt, elvállalta a vardői utat, kiválasztotta munkatársát, Sajnovicsot (a bécsi obszervatóriumban csak úgynevezett „fiatalok” maradtak az expedíció idejére, az *Ephemeridest* Hell távollétében P. Pilgram Antal gondozta).

## Hell Miksa

Hell Miksa (Maximilian) 1720. május 15-én született Selmezbányán, ahol apja, Hell (Höll) Máté Kornél (1650–1743) bányagépmester. A minden jel szerint találekony, nagy műszaki adottságokkal megáldott szakember mai fogalmaink szerint inkább gépészmérnök volt. A család német nyelvterületről vándorolt be. Miksa a család 21.(!) gyermekeként született. Johann Sebastian Bach (1658–1750) híresen sok gyermekes családjában – két házasságból – „csak” 20 gyermek született. Miksát 18 éves korában jezsuita pappá szentelték. Tanulmányai befejezésével 1745-ben Lőcsére, majd később Nagyszombatba, végül Kolozsvárra helyezték. Ez idő alatt úgyszólván minden tantárgyat tanított, még történelmet is, de főleg matematikát és csillagászatot. 1755-ben érte az megtiszteltetés, hogy Mária Terézia udvarának illetékes tanácsadója javaslatára kinevezték Bécsbe, az ott épülő csillagvizsgáló igazgatójának és megbízták a Bécsi Egyetem professzoraként a mechanika előadásával. Ezzel hatalmas, ám igencsak küzdelmes lehetőség nyílt meg előtte. Egyrészt Gyulafehérvárott, Egerben, Nagyszombatban és Budán csillagvizsgáló felszerelését intézte (4. ábra, balra). Másfelől elindította az *Ephemerides astronomicae ad meridianum Vindobonensem* (Csillagászati évkönyv Bécs délkörére) című kiadványsorozatot (4. ábra, középen), amely az aktuális csillagászati adattáblázatokon kívül más témákról szóló tanulmányoknak is teret adott. Ebben Hell eleinte főleg saját kutatásainak eredményéről számolt be. Ezek közül számunkra most különösen érdekes a *Vénusz áthaladása a Nap korongja előtt 1761. június 5-én, amit a csillagászok számításai határoztak meg, s amelynek megfigyelési módját Hell Miksa írta le* című értekezés. Talán külön említést érdemel az 1765-ben publikált írása, *Értekezés a Vénusz bolygóról, amit több csillagász is látott, optikai csalódás lenne?*

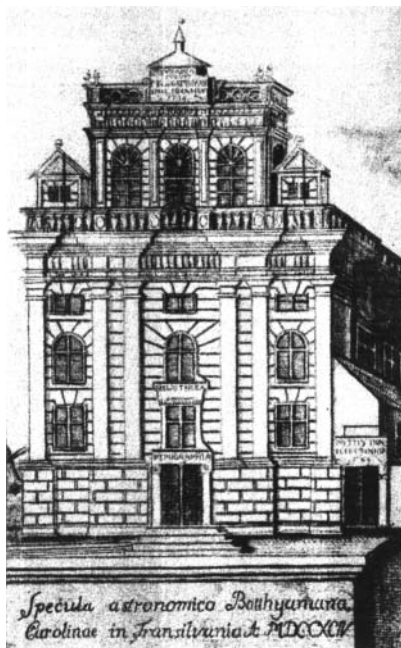
Ezekkel az írásaival Hell Európa szerte tekintélyt szerzett magának. Amikor – bizonyára Edmond Halley értekezése nyomán – közeledett a Vénusz 1769. évi Nap előtti átvonulása, mint a következő 120 éven belül *nem ismétlődő* jelenség, a dán uralkodó, VII. Keresztély, aki akkoriban norvég király is volt, meghívta Hell Miksát a vardői expedícióra. Szerencsére, az 1767 augusztusában kelt meghívás kellő időt biztosított az expedícióra, az északi 70° felett a norvég szárazföld felső sarkában fekvő szigetre, aminek költségeit a dán uralkodó magára vállalta. Hell és a maga mellé választott Sajnovics János fiatal rendtárs és csillagász ezt az expedíciót sikerrel végrehajtotta. Az expedícióról a cikk fő részében számolunk be.

Hell Miksa nemcsak csillagászati értekezéseket írt. Foglalkozott az akkor különös bécsi divattá vált mágnességgel is. (Az Olvasó bizonyára emlékszik Mozart *Così fan tutte* című operájában is emlegetett magnetizmusra.) 1762-ben Hell cikke nemcsak latinul, hanem németül is megjelent *Anleitung zum nützlichen Gebrauch der künstlichen Stahl-magneten* (Bevezetés a mesterséges vasmágnesek hasznos alkalmazásába) címen (4. ábra, jobbra). De kísérletet tett arra is, hogy a mágnesek gyógyászati alkalmazása terén helyesebb, mérsékelt elvárások alakulhassanak ki.

Foglalkozott történelemmel és földrajzzal, ez fiatalkori tanári pályájának terméke. Erről tanúskodik *Tabula geographica Ungariae veteris ex historia Anonimi Belae regi notarii* (A régi Magyarország térképeiről Béla király jegyzőjének, Anonymusnak története alapján) című műve, mely már halála után, 1801-ben Pesten jelent meg [17, 18].

Az *Ephemerides* 1791-ig jelent meg. Hell Miksa 1792. április 14-én hunyt el Bécsben. Sírkövére vésvé többek között ez áll: („... Hell Miksa, magyar ... csillagász ...” [4])



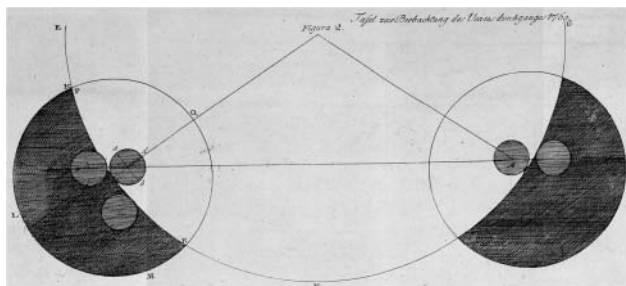


4. ábra. Balra a Gyulafehérvártól alapított csillagvizsgáló. Középen az *Ephemerides* 1791. évre szóló kiadásának címlapja, éppen a nevezetes Hell-expedíció egyik zárójelentése az első cikk 1790-ból. Jobbra Hell Miksa *Bevezetés a mesterséges vasmágnesek ...* című könyvének német nyelvű kiadása.

Térjünk át most a Hell előtt álló problémákra. Hell tudományos szempontból jól felkészült volt a feladatra, az utazás során természetesen mindenféle, a kor mérés-technikai szintjének megfelelő műszerrel el volt látva. Vardőben megfelelő észlelési helyet is kialakítottak és bemértek, felkészültek a nagy eseményre. Tisztában voltak azzal is, hogy a nagy napon milyen meteorológiai problémák adódhatnak.

Hell azt is tudta, hogy az átvonulás megfigyelése során a Nap korongja és a Vénusz sötét, kisebb korongja milyen fedési problémákhoz vezet. A korongok érintkezésében a „cseppképződés” névvel leírt probléma a legizgalmasabb (5. ábra), mert az érintkezés, illetve elválás időpontjának és ezáltal az átvonulás időtartamának meghatározása szempontjából ez jelentős. Ne feledjük, hogy a távcső csillagászati alkalmazása alig 150 éves, a finom észlelés gyakorlott szemet kíván, meg jó meteorológiai körülményeket és persze jó optikai berendezéseket. Mindenesetre a Hell által is részletesen elemzett áthaladási vázlat, amelyen a Nap (képe) elé érkező Vénusz (képe) érintkezése, illetve végül a Vénusznak a Nap korongja elől való távozása látszik, mutatja, hogy még meteorológiai

5. ábra. A Vénusz árnyképének elhelyezkedése a belépés és kilépés időpontja környékén (Hell eredeti rajza).



hatások nélkül is milyen nehéz megállapítani a be- és kilépés időpontját, meg az átvonulási időtartamát. Ráadásul nem az írja a feljegyzést, aki nézi az eseményt a távcsőben (az órák leolvasása ne okozzon időkésést).

A jól választott helynek (Vardő) és a szerencsés lefolyásnak (amit a meteorológia – felhőjárás – nem befolyásolt túlzott mértékben) köszönhetően végül a Nap parallaxisát Hell 8,70" értékűnek mérte. (A 20. században ezt 8,80"-nek találták, így mondhatjuk, hogy az eltérés a Hell-féle adattól  $1/87 \approx 1,1\%$ .) Ez Hell Miksa legfőbb eredménye. Sajnovics János művében (6. ábra és az utolsó keretezett írás) olvashatjuk, hogy ehhez mekkora Nap–Föld-távolság tartozik. Az adat 20 405 578 német mérföld, amit akkoriban használtak mértékegységekkel fejeztek ki. Minthogy 1 német mérföld az Egyenlítőn mérhető 1 fok egy tizenötöd része, vagyis 7421,5 méter, ez annyit tesz, hogy a Nap–Föld-távolság mai mértékegységgel kifejezve:  $d = 20\,405\,578 \times 7421,5 = 151\,439\,997$  km, vagyis – igen jó közelítésben – 150 millió km. Hamarosan sor kerülhetett a többi bolygó távolságadataira.

## A Hell-féle mérés utóélete

A Hell-expedíció befejező lépései: a megfigyelő állomás leszerelése, visszautazás Koppenhágába, elszámolás a költségekről és a tudományos értekezések bemutatása a dán akadémián. Hell dolgozatának címe: *Observatio transitus Veneris ante discum Solis die 3 Junii anno 1769 a Wardoebusii* (A Vénusz Napkorong előtt átvonulásának megfigyelése Vardőn). Ez a dolgozat eredetileg Koppenhágában jelent meg (7. ábra). 1772-ben még egyszer visszatért az

## Sajnovics János

Hell Miksa vardói útjának legaktívabb csillagász és nyelvész segítőtársa 1733. május 22-én született Tordason. Korán, már 15 éves korától kezdve szorosan kötődött a Jezsuita rendhez.

Tanulmányai végeztével 1758-ban a Bécsi Csillagdába került Hell munkatársaként és így lett kísérője a vardói expedíción. Itt nemcsak a Vénusz megfigyelésével kapcsolatos feladatokból vette ki részét, hanem a lappok nyelvét és néprajzát is tanulmányozta, ebben Hell támogatását is élvezte. Megbizonyosodott a magyar és a lapp nyelv rokonságáról (6. ábra bal oldala). Ennek eredményeiről a *Demonstratio idioma ungarorum et lapponum idem esse* (Annak bizonyítása, hogy a magyarok és a lappok nyelve megegyezik) című tanulmányát a dán akadémián is bemutatta, majd 1770-ben publikálta. Ezzel az összehasonlító nyelvészet egyik előfutára. Megfigyelte, hogy a két nyelv nemcsak szókincsbeli egyezéseket mutat, ha-

nem a ragozás és a szóképzés módjai között is egyezések tapasztalhatók, sőt ezen az alapon megkezdhető a magyar nyelv finn–ugor rokonságának bizonyítása. Későbbi nyelvészeti tevékenységében jelentős mozzanat a *Halotti beszéd és könyörgés* közlése.

Hazatérése után, 1770-ben Budára került, ugyanis ide helyezték át a nagyszombati egyetemet, ahol Sajnovics a matematika tanára volt. A budai csillagvizsgálóban is dolgozott. 1778-ban jelent meg *Idea astronomiae honoribus regiae univervitatis Budensis dicata ...* (A csillagászat alapvető ismertetése, a Budai Királyi Egyetem tiszteletére ajánlva ...) című munkája (6. ábra jobb oldala), amelyet 1993-ban magyar fordításban is kiadtak. Ez a mű természetesen számadatokat is tartalmaz a vardói expedíció során Hell Miksa méréséből nyert Nap–Föld-távolságra vonatkozóan.

1785. május 4-én hunyt el Budán.

expedíció eredményeinek összefoglalásával és kiadta dolgozatát *Dissertatio de parallaxi Solis ex obervationibus transitus Veneris 1769* (Értekezés a Nap parallaxisáról, amit a Vénusz 1769. évi átvonulásából határoztunk meg). Ezekkel az írásokkal nem volt igazán gond – legfeljebb az elterjedésüket befolyásolhatta a politikai élet, például a francia forradalom.

Nem szabadulhatunk azonban azoktól a kicsinyes szempontoktól sem, amit a vardói út alatt – Hell távollétében – a bécsi csillagvizsgálóban maradt fiatalabb kol-

legák és követők képviseltek. Ezek feltárása P. Pinzger Ferencz érdeme. Ő vizsgálta meg és foglalta össze a további történetet is. Rámutatott arra, hogy *C. L. Littrow* édesapja, aki Hellt 1792 után követte a csillagda vezetőjeként „nem ért rá bővebben foglalkozni” Hell hátrahagyott kézírataival. Közben történt, hogy a Jezsuita rendet Ausztriában feloszlatták (1773). A kéziratok sorsa bizonyos értelemben kétségessé vált. Közben átléptünk a 19. századba. Az ifjú Littrow, akinek már bőven tudomása lehetett arról, hogy *J. F. Encke* 1824-ben „rendkí-

6. ábra. Balra: Sajnovics János: *Idea astronomiae ...* című könyvének címlapja, benne szerepelnek például a bolygótávolságok a Naptól, német mérőegységben kifejezve: *Mercurius* 7909184, *Venus* 14768782, *Föld* 20405578, *Mars* 31089278, *Jupiter* 106166564, *Saturnus* 194703104. Jobbra: a magyar és a lapp nyelv rokonságát kutató vizsgálatai eredményeit összefoglaló *Demonstratio idioma ...* egy oldala, rajta rökön szavakkal.

7. ábra. Az *Observatio transitus Veneris ante discum Solis die 3 Junii anno 1769 a Wardoebusii* címlapja, a koppenhágai kiadással megegyező bécsi kiadás, amint a címlapon olvasható.



Lapponice		Ungarice
284. Aalon-dafte. Compositum ex dafte, os ofts, & Aalon. Significat Lapponibus maxillam. Ungaris áll, est maxilla, mentum.	Alon-	Áll.
319. Bouvs. ex ofts. 3. & ex scribitur Bauftz Lapponibus significat Labium. Ungari quidem Labium vocant Ajak. Séd Myftus iisdem vocatur Bauftz.	Bauftz.	Bauftz.
650. Zhiabme. ex pronuntiatione Lapponum scribi potest Salme, vel Szeme. Significatque oculum. Ungari oculum vocant Szem. Fenni vero Szilme. Esthii Szim. Carellii cum Ungaris Szem.	Szemme.	Szem.
189. Giet. ex ofts. VIII. Kiet. significat nuncium. Esthii Kazi. Fenni Keszi. Carellii vero Kez, & Ungari Kéz dicunt.	Kiet.	Kéz.
12. Garniel. ex ofts. 8. & VIII. Karnyel. Lapponibus significat cubitum. Ungaris Karnyel est compositum ex Kar brachium, & nyil quasi brachii apertura. Interea Ungari cubitum quoque dicunt Kar.	Karnyel.	Karnyel.
356. Nikke. Lappones vocant cervicem. Colatum Ungaris dicitur Nyak.	Nikke.	Nyak.
Nauvgos. ex ofts. VIII. Nauvgos. Significat Lapponibus conuincium, pervicacem. Idem Ungaris Nyakos.	Nauvgos.	Nyakos.
62. Micelg. ex ofts. 11. scribi debet Mely. Lapponibus significat pedus. Ungaris Mely pedus dicitur.	Mely.	Mely.



vül pontosan” [5] meg tudta mérni a Nap parallaxisát (eredménye 8,573", a Nap–Föld-távolság így 153,450 millió km), a Hell-féle naplóval szemben sok kifogást emelt. Eltekintve attól, hogy a Hell és Sajnovics meteorológiai és földrajzi feljegyzéseit kifogásolta – az *Ephemerides* köteteit talán nem is ismerte (!), Hell egyéb írásait valószínűleg szintén nem – és végül jó pár évtizeddel későbbi állapot túlértékelő hevületében ítélte meg és ítélte el az eredményeket. Például azt kifogásolta Hell vardői naplójában, hogy mintha „átírták volna” a mérési adatokat. Arról persze nem volt nála szó, hogy Encke „világra szólóan pontos” eredményeiben a hiba elemzése ugyan elsőrangú, de maguk az induló értékek pontatlanok.

Hell elismerésében a döntő fordulat *Simon Newcomb* (1835–1909) amerikai csillagász jóvoltából történt [6, 7]. Newcomb már a 19. század nyolcvanas éveiben hatalmas programot indított az asztronómiai mérési adatok és értelmezésük kritikai összegyűjtése érdekében. Személyét a fizikusok onnan ismerhetik, hogy a Merkúr perihélium-eltolódásának más ismert okokra vissza nem vezethető maradékát *Karl Schwarzschild* (1873–1916) éppen az ő táblázataiban találta meg és ezzel *Einstein* általános relativitáselméletének egyik első megfigyelési bizonyítékára bukkant. Newcomb éppen a Nap parallaxisának értékét kereste és ezért Bécsbe látogatott (1883), hogy megtekinthesse a Hell-féle naplókat. Ezeket megtalálta, átnézte és megállapította, hogy a kéziratokon lévő javítások az első írás megszáradása előtt történtek, bizonyára azért, hogy a nyomda jól olvashassa – Littrow által emlegetett „más színű tintával történt javításokat” nem talált. A bécsi csillagász kollégákkal beszélgetve Newcomb megtudta azt is, hogy Littrow ilyeneket nem is vett volna észre, mert „színtévesztő volt, annyira, hogy a sárga Arcturust nem tudta megkülönböztetni a fehér csillagoktól” (idézi *iff. Bartha Lajos* [8]). Így Newcomb szabadította meg Hell Miksát a több évtizede rákent rágalmaktól.

## A Nap–Föld-távolság mérésének utóélete

Így tehát 1883 óta teljes joggal állapíthatjuk meg, hogy a Nap–Föld-távolságot Hell Miksa mérte meg, először kapva helyes eredményt. A Hell-féle mérés és a *James Cook* kapitány által Tahiti szigetén végzett mérések összevetéséből a Nap parallaxisa 8,70", a földmérők által meghatározott fűldsugár (mai értékekben kifejezve)  $R = 6378,1$  km. Ezzel a parallaxisnak a perigeumra redukált értékéből kapjuk a

$$d = 151,439.997 \text{ km}$$

Nap–Föld-távolságot. Ez, mint láttuk, csaknem kétszerese a Hipparkhosz-féle adatnak. Egyben igazolódott az is, hogy helyes az

$$\frac{R}{d} = \sin \pi_0$$

képlet, ami Arisztarkhosz öröksége. Csak a parallaxis *kicsínysége* miatt a szinuszfűggvény értéke közelítő-

leg egyenlő az argumentumával, ha azt fokok, percek és másodpercek helyett radiánban fejezzük ki. Ebből adódik a számfaktor a képletben:

$$d = 206\,264,8 \frac{R}{\pi_0}$$

A Hell-féle alapvető mérési adat birtokában például a Kepler harmadik törvényében – amely az azonos vonzócentrum körül keringő bolygókról szól – most már lehetővé válik, hogy az aránypár felhasználásával ki lehet *számítani* a többi bolygó távolságát is. Érdekes lehet a Sajnovics könyvéből idézni az első eredményeket (6. ábra).

De, ha a Kepler-mozgás pályaegyenletét megnézzük (a Newton-féle mozgásegyenletből levezetve), kapjuk, hogy a vezérsugár

$$r = \frac{p}{1_n + \varepsilon \cos(\varphi - \varphi_0)}$$

alakú ellipszist követ az  $r$ ,  $\varphi$  síkbeli polárkoordináta-rendszerben felírva, ahol

$$p = \frac{b}{\gamma M} \text{ és } \varepsilon = \frac{1}{b} \sqrt{\frac{2 E b^2}{(\gamma M)^2} - 1}$$

adódik a  $p$  paraméterre és az  $\varepsilon$  numerikus excentricitásra. Itt  $b$  az impulzusnyomaték állandója,  $E$  pedig az energia állandója,  $M$  a Nap tömege,  $\gamma$  a gravitációs állandó. A pálya alakját, tehát az  $r$  és a  $\varphi$  közti kapcsolatot a csillagászati megfigyelésekből tapasztalati úton tudjuk, a  $b$  és az  $E$  az egyes bolygókra vonatkozó mozgásállandó, de amit még nem igazán tudunk, az a Nap tömege. Amit pedig a  $\gamma$ -ról tudunk, azt Newton állapította meg. Ő ugyanis azt mondta, hogy a Föld felszínén a súlyerő (most nem forgó Földről legyen szó) merőleges a felszínre és

$$F_r = -g m,$$

amit a gravitációnak tulajdonítunk, akkor

$$g = \frac{\gamma M_f}{R_f^2},$$

itt  $M_f$  a Föld tömege,  $R_f$  a Föld sugara. A  $g$  nagyszerűen ismert (szabadesés „nehézségi gyorsulása”). Ez adná a hidat a  $\gamma$ -hoz, de a  $\gamma$  mellett „sajnos” szerepel még a Föld tömege is.

Ezek voltak azok az okok, amelyek *Henry Cavendish* (1731–1810) angol kutatót arra indították, hogy precíziós méréseivel a  $\gamma$  együtthatót meghatározza. Ezért nagyon érzékeny torziós ingát készített, amire függőleges szálon vízszintesen, gondosan kiegyensúlyozott, gömb alakú tömegeket függesztett és azt mérte, hogy egy vizsgáló gömb (amelynek tömegét is megmérte) milyen erővel vonzza a többi. Ezekből a kísérleteiből származik a  $\gamma$  mérési eredménye (1798).



8. ábra. Balra a Hold részlete, a 33 km átmérőjű Hell-kráter a déli szélesség 32,4 és a nyugati hosszúság 7,8°-án található. Jobbra Hell Miksa születésének 250. évfordulójára kiadott cseh-szlovák bélyegen.

(Felhívjuk az Olvasó figyelmét, hogy a Cavendish-kísérlet igen részletes leírása megtalálható *Kovács László* közelmúltban megjelent, Cavendish halálának 200. évfordulójára írt cikkében [9].)

Az állandó mai értéke

$$\gamma = (6,6720 \pm 0,0041) \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}.$$

Ezzel a méréssel kiegészítve a bolygómozgás mechanikai elvi képe lényegében kiszíneződött. A „lényegében” arra utal, hogy áttekintésünk az „egytest probléma” keretén belül készült (a nagyon nehéz Nap körül egy bolygót vizsgálunk, miközben a többi bolygó hatása a kiszemeltre elhanyagolható). Úgyszólván azonnal megkezdődött az ismert bolygók adatainak megállapítása, majd megnyílt az út az új bolygók (például az Uránusz felfedezése 1781-ben, *William Herschel*) felé.

## S most egy kicsit az irodalomról

E sorok írója számára Hell Miksa nagyon fontos személyiség, részben azért, mert a Mária Terézia uralkodása alatti és azt szorosán követő időkben egyike volt a világra szólóan nagyot alkotó személyiségeknek. – E „társaságba” tartozott még *Kempelen Farkas*, *Makó Pál* és *Segner János*. Ők voltak azok, akiknek hazai tevékenysége messze túlmutatott az ország és a Birodalom határain. Ők igazán világra szólót kezdtek meg a tudományban. S nem az ő hibájuk, hogy a későbbiekben – egy ideig – mintha kevesebbet szóltak volna a magyarok!

Ami Hell Miksát illeti, szomorúan állapítjuk meg, hogy az 1983-as keltezésű mű szerzője, *Kosáry Domokos* az egyetlen történész, aki jelentőségéhez mérten méltón tárgyalja a magyar csillagász szerepét [10]. Nem tartjuk véletlennek, hogy az ifjú *Bartha Lajos csillagász* 1969-ben méltó cikket írt Hellről [8]. Az sem véletlen, hogy *M. Zemplén Jolán* 1964-ben megjelent

*A magyarországi fizika története a XVIII. században* [11] megfelelő teret ad Hell Miksa alkotásainak.

Különösnek tartjuk, hogy a *Csillagászat* című nagy (867 oldalas) kézikönyv – amelyet *Marik Miklós* szerkesztett [12] és amelyben az első fejezetet is ő írta, a másodikat pedig *Érdi Bálint* – egyáltalán nem említi, nem is hivatkozik Hell Miksára. No jó, hiszen magunk is bemutattuk, hogy Hell alkotását mintegy évszázadnyi közöny, illetve áskálódás fogadta Newcomb közbelépéséig. De az ezt követő időkben a 20. században hogyan lehetett akkor, hogy az IAU, a Nemzetközi Csillagászati Unió a Nap

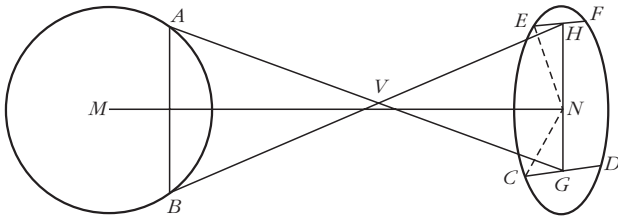
parallaxismérésének kétszázadik évfordulóján Hell érdemeinek elismeréseként a Holdon a Deslandres-kráterben lévő 33 km átmérőjű krátert róla nevezzen el (8. ábra, balra). Azt már nem is kérdezzük, hogy miért csak a cseh-szlovák bélyegkiadás emlékezett meg Hell Miksáról (8. ábra, jobbra)!? Válaszról nem tudunk, de egy vigaszunk van: 1997-ben a Magyar Csillagászati Egyesület kiadta *Csaba György Gábor* összeállítását *A csillagász Hell Miksa írásaiból* címen [13], bizonyára azért, mert érezte Hell alkotása jelentőségét. Ahogyan a maguk sajátos eszközeivel érezték ezt (ifj.) *Gazda István* és *Marik Miklós* 1982-ben a *Csillagásztörténeti ABC* kiadásakor [14], vagy *Kelemen János*, aki *A magyar csillagászat rövid története* című tanulmányával egészítette ki *Charles A. Whitney A tejútrendszer felfedezése* című könyvét [15]. *Peter Francis: A bolygók* című áttekintő művében viszont csak a fordító, *Guman István* jóvoltából egy rövidke lábjegyzet formájában történik említés Hellről [16].

## Függelék

### A Nap–Föld-távolság közelítő kiszámításáról

A Nap parallaxisszögének ókori eredetű kiszámítása természetesen nem rossz, csak azt tapasztaltuk, hogy a mérési eljárás számára meglehetősen körülményes és egyetlen megfigyelő esetén természetesen nehézsé teszi az eljárást.

Az, hogy most említjük meg *Pinzger Ferencz* által egyszerűen csak vezetéknevvvel illetett *Günther* eljárását, akit bizonyára ugyanez a probléma izgathatott, annak oka az alábbi. Egyfelől Hell *idejében* – amint látni fogjuk, ez az igazából egyszerű számítás, ami az aránypárokra és a Pitagorász-tételre alapul – nem volt olyan újdonság, hogy a drága nyomdafestéket és papírt a kiadáskor erre pazarolják. Másfelől – és valljuk be, valóban – az „elemi” számításoknál sokkal fontosabb *elvi* problémákkal kellett megküzdeni a



9. ábra. Vázlat a Nap parallaxisméréséről két földi megfigyelő esetén.

csillagász szerzőnek. Az a benyomásunk, hogy csak az igazán matematikus szerzőknek vannak ez idő tájt matematikai képletekkel teli oldalai és kötetei, így például *Lagrange*-nak és *Euler*-nek. Ez vezethette Prinzger tollát, amikor Günther számítását annak művéből, a *Grundlehren der mathematischen Geographie* 6. kiadásának 59. oldalától kezdve követte és a Hell-problémához csatolta. Ezt követjük mi is.

Kiindulópontunk (9. ábra) az, hogy a Földön két alkalmas, tehát aránylag pólusközeli megfigyelőállomás – melyek távolsága ismert –, *A* és *B* egyszerre végzi a *V* Vénusz *N* középpontú napkorong előtti átvonulása megfigyelését. Fő kikötés, hogy *A* és *B* azonos délkörön fekvődjenek. Az *M* és *N* pontokat összekötő egyenesre merőleges az *AB* egyenes. Az *A* megfigyelő szerint belépéskor a Vénusz árnyképe a Napon a *C* pont, és az átvonulás során a Vénusz képe a *D*-be megy. Ugyanezt a *B* megfigyelő úgy látja, hogy az árnykép az *E*-nél lép be a Nap elé és *F*-nél lép ki onnan. Az *N* középponton át az *AB* egyenessel párhuzamost húzunk, ez az *EF* egyenest a *H* pontban, a *CD* egyenest a *G* pontban metszi. Rajzoljuk meg még az *AG* és a *BH* egyeneseket is. Így nyerünk két háromszöget: ez a  $\triangle BAV_\Delta$  és a  $\triangle GHV_\Delta$ . Ez a két háromszög hasonló, fennáll tehát, hogy a megfelelő oldalai, az *AV* és a *GV*, illetve az *AB* és a *GH*, ugyanúgy aránylanak egymáshoz:

$$\frac{AV}{GV} = \frac{AB}{GH}.$$

Ezt az egyenletet most átalakítjuk. Mindkét oldalához az egységet hozzáadjuk, csak hogy az egységet az

$$1 = \frac{AV}{AV} = \frac{AB}{AB}$$

alakban, az első alakot a bal oldalhoz, a másodikat a jobb oldalhoz. Ezáltal adódik, hogy

$$\frac{AV + GV}{AV} = \frac{AB + GH}{AB}.$$

Örömünkre szolgál, hogy  $(AV + GV)$  értéke éppen a keresett Nap–Föld-távolság más adatokkal kifejezve. Emlékezzünk azért arra, hogy ez az állítás csak közelítő jellegű, hiszen az  $(AV + GV)$  egyenes nem az *MN* egyenessel párhuzamos, hanem köztük van a napparallaxis mégoly kicsiny szögének kétszerese!

A Nap–Föld-távolság megállapítása a probléma, amit nem árt hangsúlyozni időnként. A Kepler-törvényből megkapható a Nap körül keringő bolygók távolságainak aránya. Az abszolút mérőszám nem, mert az arány ismeretlen nagyságú tényezőket tartalmaz! Elkerülhe-

tetlen, hogy legalább egyet megmérjünk a bolygótávolságok közül (ez lesz a Hell-program), vagy pedig meghatározzuk az állandókat. (Ebben a tekintetben is értékelhetjük majd H. Cavendish eljárását.)

Ha most, amikor a Hell-programhoz visszatérünk, még a publikációtechnikai megjegyzést tesszük – csak kiegészítjük a matematikai komplikációkra és azok publikációjára vonatkozó előbbi megjegyzésünket. Az alábbi feladat matematikailag nem bonyolult. Ezért nem tolult szemünkbe, hogy Hell maga ezzel a szükségesnél – a végeredmény alkalmazásánál – többet foglalkozott volna!

Tehát: visszatérve az  $(AV + GV)$  kifejezést tartalmazó összefüggésre, látjuk, hogy a következő lépés a *GH* hosszának meghatározása. Ezért meg kell mérni, mennyi idő alatt halad át a Vénusz (képe) a Nap korongja előtt. Ehhez feltesszük, hogy a Vénusz egyenletesen mozog pályáján, ami bizony közelítés, de (nyugodt lelkiismerettel) alkalmazzuk az átvonulás rövid idejére. Ezért, ha a *CD* egyenes befutási időtartamát  $t_1$ , az *EF* egyenesét  $t_2$  jelöli, a Vénusz keringési idejét pedig *T*, akkor az ívmértékben kifejezett hosszúságok:

$$b_1 = 360 \frac{t_1}{T}, \text{ illetve } b_2 = 360 \frac{t_2}{T}.$$

Szükség van még a Nap korongjának *R* sugarára, ez a *CN*, illetve az *EN* távolság. A  $\triangle CGN_\Delta$  és az  $\triangle ENH_\Delta$  egy-egy derékszögű háromszög, a rájuk felírt Pitagorász-tételek alapján kapjuk hogy a  $GN + NH = GH$  távolság nagysága:

$$GH = \sqrt{R^2 - \frac{1}{4} b_1^2} \pm \sqrt{R^2 - \frac{1}{4} b_2^2}.$$

Természetesen itt a pozitív előjelet kell venni, mert a két út az *N* pont két különböző oldalán fekszik. Most már megállapíthatjuk, hogy a  $t_1$ ,  $t_2$  és *R* mérése után az

$$\frac{AV + GV}{AV} + \frac{AB + GH}{AB}$$

egyenlet jobb oldalán csak ismert adatok szerepelnek, a bal oldalon *GV* a Vénusz Naptól mért távolsága. Átrendezve az

$$AV = GV \left( \frac{AB}{AB + GH} - 1 \right)$$

kifejezést kapjuk, ahol az egyetlen ismeretlen már csak az *AV*.

◆

A szerző ezúton is szeretné kifejezni hálás köszönetét Mag Gabriella (könyvtáros) és Faragóné Szombathegyi Katalin kolléganőinek, hiszen aktív közreműködésük nélkül ez a munka aligha született volna meg.

Irodalom

1. I. Newton: *Principia mathematica philosophiæ naturalis*. London, 1687. Az érdeklődő olvasókat következő szemelvényes magyar nyelvű kiadást ajánljuk: *Newton válogatott írásai* (Válogatta és szerkesztette Szegedi P.) Typotex, Budapest, 2003, (különösen a 96–119. oldalak).

2. Ill M.: A földi gravitációs tér meghatározása a mesterséges holdak alkalmazásával. In: *Fizika 1975* (szerkesztette Abonyi Iván) Gondolat, Budapest, 1975, 123.
3. E. Halley: A New Method of Determining the Parallax of the Sun or his Distance from the Earth. In: *Philosophical Transactions of the Royal Society*, London, 1716.
4. P. Pinzger F. S. J.: *Hell Miksa emlékezete, születésének kétszázadik évfordulójára, különös tekintettel a vardói útjára*. Magyar Tudományos Akadémia, Budapest, 1920.
5. C. L. Littrow: *P. Hell's Reise nach Wardoe bei Lappland und seine Beobachtung des Venus-Durchganges in Jahre 1769*. Wien, 1835.
6. S. Newcomb: *Reminiscence of an Astronomer*. London, 1903.
7. S. Newcomb: Sidelights on Astronomy. in: *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, London 1883, 376.
8. Ifj. Bartha L.: Hell Miksa és a csillagászati egység kérdése. In: *Csillagászati Évkönyv 1969*. Gondolat, Budapest, 1969, 146.
9. Kovács L.: Henry Cavendish, a kísérletező ember. *Fizikai Szemle 60* (2010) 167–173.
10. Kosáry D.: *Művelődés a XVIII. századi Magyarországon*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1983.
11. M. Zemplén J.: *A magyarországi fizika története a XVIII. században*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1964.
12. Marik M. (szerk.): *Csillagászat*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1989. Különösen Marik M.: Szférikus csillagászat, a 93. old; és Érdi B.: Égi mechanika, a 232. old. és kk.
13. Csaba Gy. G.: *A csillagász Hell Miksa írásaiból* Magyar Csillagászati Egyesület, Budapest, 1997.
14. ifj. Gazda I., Marik M.: *Csillagásztörténeti ABC*. Gondolat, Budapest, 1982.
15. Kelemen J.: A magyar csillagászat rövid története. In: C. A. Whitney: *A Tejútrendszer felfedezése*. Gondolat, Budapest, 1978, 243.
16. P. Francis: *A bolygók*. Gondolat, Budapest, 1988, 177.
17. Vargha D.-né, ifj. Bartha L.: Hell Miksa. In: *Magyarok a természettudomány és a technika történetében*. (főszerk.: Nagy F.) Országos Műszaki és Információs Központ és Könyvtár, Budapest, 1992. 204.
18. Hell Miksa címszó: [http://hu.wikipedia.org/wiki/Hell\\_Miksa](http://hu.wikipedia.org/wiki/Hell_Miksa)

## A SZEGEDI CSILLAGVIZSGÁLÓ

Szatmáry Károly  
Szegedi Tudományegyetem,  
Kísérleti Fizikai Tanszék

A Szegedi Tudományegyetem (akkor még József Attila Tudományegyetem) 1990 nyarán a csillagászat iránt érdeklődő *Csákány Béla* matematikaprofesszor, akkori rektor kezdeményezésére 500 000 Ft alaptőkével létrehozta a Szegedi Csillagvizsgáló Alapítványt. Akkoriban, a rendszerváltás után születtek az első alapítványok. A kitűzött cél az volt, hogy felépítsünk egy obszervatóriumot, és elhelyezzük benne az 1985-ben az Odesszai Egyetemtől műszeres cseréjében kapott 40 cm-es főtükör-átmérőjű, Cassegrain típusú távcsövünket, melyet ideiglenesen a Bajai Obszervatóriumban működtettünk.

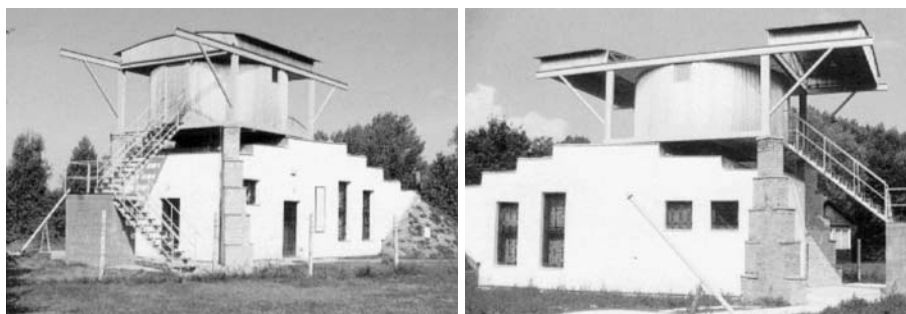
Megkezdődött a pénz gyűjtése. Sikerült támogatást szerezni az Oktatási Minisztériumtól, és szponzorok kitartó, személyes megkeresése után számos szegedi vállalat, cég adott anyagi segítséget vagy ajánlott fel anyagot és munkavégzést. 1991-re összegyűlt 3,5 millió Ft, és még abban az évben az alapítvány szervezésében felépült a csillagvizsgálónk Újszegeden, a Kertész utcában, a Fűvészkert sarkából lekerített kis területen. Az akkori fizikushallgatók és oktatóik is kivették a részüket a munkálatokból.

A felső szinten 5 méter átmérőjű, henger alakú a távcső helyisége. A félgömb alakú hagyományos kupola helyett kétoldalra szétoltható tető készült. Ez sokkal olcsóbb, nem kell forgatni, és kinyitása után gyorsan kiegyenlítődik a hőmérséklet a környezettel (1. ábra). A körülbelül 700 kg tömegű távcső az épülettől független vasbeton oszlopra került. A 40 cm-es távcsövet azóta kétszer teljesen átalakítottuk, mára csak a főtükör és az oszlop egy része az eredeti. Képei

megtekinthetők a <http://astro.u-szeged.hu> honlapunkon a Csillagvizsgáló gombnál.

Az épület kissé szokatlan, trapéz alapú, lépcsőzetes lapos tetővel. Utóbbi azután sok gondot okozott, az alatta lévő előadóterem beázott, és nem volt hely a kisebb távcsöveknek. Tervet készítettünk a régi fölé kerülő új födém kialakítására. Két legyet ütöttünk egy csapásra: megszüntettük a beázást, és a lépcsőzetes tető helyett egy nagy, sík tetőteraszt hoztunk létre, amelyen a kisebb távcsövekkel való bemutatás akár 30–40 fő részére is kényelmessé vált (2. ábra). Sikerült egy nagyon lelkiismeretes és jól dolgozó kőművest találnunk, aki 2006 novemberében munkatársaival 3 hét alatt elvégezte a munkát. A teljes átépítés 2,5 millió Ft-os költségéből az egyetem rektora biztosított 2 milliót, a többit a Kísérleti Fizikai Tanszék állta. A nagy észlelőteraszt vaskorlattal vetjük körbe a tanszék műhelyének dolgozói segítségével. A faléceket a csillagászok saját kezűleg szerelték fel. A fölüjtás képei megtekinthetők a honlapunkon. Ugyanott lehet olvasni a 2 évenkénti beszámolókat tevékenységünkről (ezek a *Meteor csillagászati évkönyvekben* is megjelentek). A képgalériák pedig a <http://szeged.mcse.hu> címen találhatóak. 2007-ben ön-

1. ábra. A csillagvizsgáló 1992-ben, a megnyitáskor.





2. ábra. Az új megfigyelő terasz a bemutató távcsövekkel.

erőből megcsináltuk az alsó szint (tanterem, iroda, előtér, WC) teljes belső festését. 2008-ban – gyakorlatilag szintén saját forrásból – bevezettük a csillagvizsgáló épületébe a gázt és korszerű fűtésrendszert alakítottunk ki. Tartalékaink ezzel szinte elfogytak, ezért nagy szükségünk van pályázati támogatásokra és az SZJA 1% felajánlásokra.

2009 őszén sajnos baj történt: a korábbi aszályos időszak miatt a talajvíz szintje lement 2,5–3 méter mélyre, a csillagvizsgáló épülete alatti szürkeagyregteg kiszáradt, térfogata jelentősen csökkent. Ennek következtében az épület egyik fele erősen megsüllyedt, nagy repedések nyíltak a falakon. A statikai vélemények szerint az épület nem veszélyes, de renoválásra szorul.

A csillagvizsgáló 1992. július 6-i megnyitása óta csaknem minden péntek este fogadjuk a látogatókat, projektoros vetítéssel szemléltetett kiselőadásokat és távcsöves bemutatókat tartunk. Évente mintegy 4000–5000 látogató keresi fel a csillagvizsgálót. A szegediekén kívül nagyon sok látogató csoportot, tavasszal és ősszel számos Szegedre kiránduló iskolai osztályt, turista családot fogadunk főleg a dél-alföldi régióból, de jó hírünk miatt jönnek hozzánk hazánk minden részéről, még külföldről is. Sokszor a pénteki nyitva tartások mellett más napokon is fogadtunk csoportokat. A <http://astro.u-szeged.hu/csillvi/ugyelet.html> honlapon megtekinthető, hogy az utóbbi években mennyit tartottunk nyitva, hány csoportot fogadtunk az előre be nem jelentett látogatókon kívül. Minden ősszel

3. ábra. Az 1994-es amatőrcsillagász találkozó résztvevői.



amatőrcsillagász találkozót rendeztünk a Magyar Csillagászati Egyesület Szegedi Helyi Csoportjával közösen. Főleg helyiek, de az ország sok más vidékéről is jöttek a résztvevők, összesen évente körülbelül 50 fő (3. ábra).

A Csillagvizsgáló nyitva tartásain kívül az érdekes események (pl. holdfogyatkozás, meteorzápor, fényes üstökös

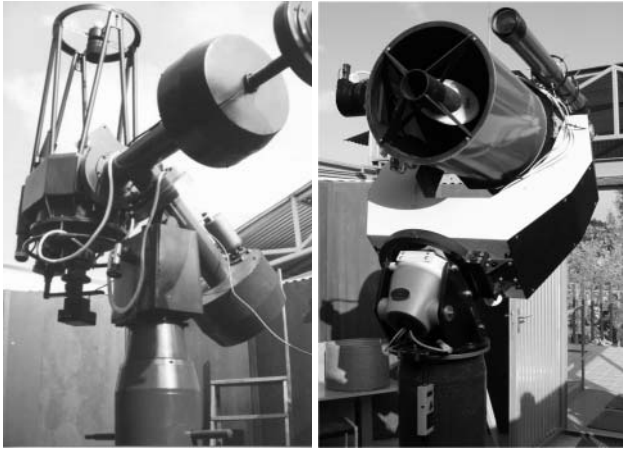
megjelenése) alkalmával távcsöves bemutatókat tartunk Szeged belvárosában. Számos nyilatkozatot adtunk és adunk a jövőben is a helyi sajtó számára (lásd <http://astro.u-szeged.hu>, balra a Csillagvizsgáló gomb, cikkek a szegedi csillagászatról).

A nyitva tartásokon egyetemi oktatók, PhD ösztöndíjasok és hallgatók végzik az ismeretterjesztést, tudomány népszerűsítést. Ezt a munkát díjazás nélkül, szabad idejük feláldozásával, régebbi kifejezéssel „társadalmi munkában” végzik. A legnemesebb értelemben nonprofit a működésünk. Mivel anyagiak hiányában a csillagvizsgálónak nincs bér jellegű kiadása, nincs külön személyzete, ránk hárul sok más is: karbantartás, festés, takarítás, fűnyírás, hólapátolás, azaz minden, ami egy magánháznál is előfordul. Szinte a semmiből maradunk fenn: néhány tízezer, néha százezer forintot sikerül nyernünk pályázatok útján. Szeged város és a Szegedi Tudományegyetem segít, de csak nagyon-nagyon szerény összegekkel.

A csillagvizsgáló működését lényegében a Szegedi Csillagvizsgáló Alapítvány (azaz annak titkára) biztosítja és szervezi. A kiadások: a közművek (villany, gáz, telefon), a karbantartási munkák, a könyvelés, a bankköltségek évente több százezer forintot jelentenek. A belépődíjak jelképesnek mondhatók: 200 Ft a csoportok tagjainak, nyugdíjasoknak és gyerekeknek, 300 Ft a felnőtteknek. Az egyetemi polgároknak ingyenes az obszervatórium látogatása. Már sok vendég is jelezte, hogy ez kevés, de még nem emelünk rajta, mert nem akarjuk, hogy például egy 2-3 gyermekes család azért ne jöjjön el, mert nem tudja vállalni a költséget. Több alkalommal is megkerestek bennünket, hogy ajánljunk fel ingyenes belépőket diákversenyek győzteseinek. Ebben természetesen partnerek voltunk és leszünk.

Gazdag magyar nyelvű oktatási-ismeretterjesztő anyagokat tettünk közzé az interneten: <http://astro.u-szeged.hu> címen. Ugyanitt részletes információk találhatóak a csillagvizsgáló működésével, történetével, megközelíthetőségével, gazdálkodásával, nyitva tartási ügyeletekkel kapcsolatban.

A Szegedi Csillagvizsgáló Alapítvány a legtöbb fontos civil adatbázisban szerepel. Turisztikai-idegenforgalmi célponttá váltunk, színesítjük a dél-alföldi kulturális ajánlatot a látogatók számára. Az NCA működési támogatásából elkészítettünk egy igényes szórólapot 2000 példányban, amit számos helyre eljuttattunk.



4. ábra. A 40 cm tükörátmérőjű távcső 1992-ben (balra) és 2006-ban (jobbra).

A természettudományos világkép fejlesztésében évtizedek óta alapvető szerepe van a csillagászatnak és az űrkutatásnak. A tizenéveseket – de sok idősebbet is – nagyon érdekli a témakör. Sajnos az iskolában és a médiában nagyon keveset hallhatunk a csillagászatról. A Szegedi Csillagvizsgálóban tudományos igényrel, de a laikusok számára is jól érthetően minden héten népszerűsítjük a tudományt. Szegeden, de az országban is alig van olyan, a miénkhez hasonló intézmény, amely rendszeresen látogatható bárki számára, ahol szakavatottaktól hallhat a természettudományokról. Joggal mondhatjuk, hogy az oktatásban, ismeretterjesztésben hiánypótló szerepet játszunk. Nem kampányszerűen dolgozunk, hanem 1992 óta heti rendszerességgel szolgáltatunk. A csillagvizsgálóban az óvodásoktól a nyugdíjasokig mindenki hasznosan töltheti el a szabadidőt. Manapság kiemelten fontos, hogy a természettudományok területén képezzük az embereket, hogy jobban megértsék a körülöttük lévő világ dolgait, például a szinte mindenki által használt modern technikai eszközöket (pl. GPS, mobil telefon), a környezetszennyezés vagy a globális felmelegedés problémáját.

2006-ban a 40 cm-es Cassegrain-távcsövünket Newton-rendszerűre alakítottuk át (így a rövidebb fókuszs miatt nagyobb lett a látómező), és új, teljesen számítógépről irányítható villás mechanikára tettük (4. ábra). A detektor egy SBIG ST-7-es CCD-kamera, szűrőváltóval, Johnson BVRI szűrőkkel és Robofocus csatlakozással. Ez utóbbit később USB-s FocusR vezérlésre cseréltük. A vezetőtávcső egy Zeiss 80/1200 AS refraktor, ezt a pénteki bemutatásokkor is sűrűn használjuk. A mérőrendszer tökéletesen működik, használata során számos tudományos eredmény szüle-

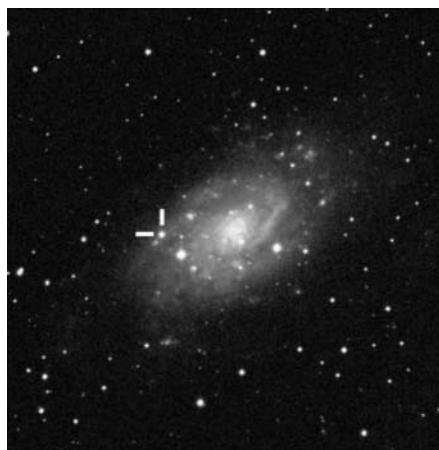
tett, főleg változócsillagok, csillaghalmazok és üstökösök megfigyelése területén, de az egyetemi oktatásban is aktív szerepet kap.

Az oktatás és az ismeretterjesztés mellett fő feladatunk a tudományos kutatás. A Szegedi Tudományegyetem Fizikus Tanszékcsoportja berkein belül az 1980-as évek végére kialakult egy kis csillagászati kutatócsoport. A vizsgálatok a magyar csillagászat korábbi sikeres szakterületére, a fedési kettős és a pulzáló változócsillagok területére koncentráltak. A fényesség időbeli változásához a Fourier-analízis mellett idő-frekvencia módszereket, például wavelet-analízist alkalmazunk. A kutatások később kiegészültek a Naprendszer kis égitestjei, a kisbolygok és az üstökösök megfigyelésével, valamint a szupernóvák fotometriai és spektroszkópiai elemzésével (5. ábra). A szegedi csoport több mint 500 új kisbolygöt fedezett fel, közülük számos magyar vonatkozású nevet kapott. Vizsgálunk csillaghalmazokat is, meghatározva korukat és távolságukat. Néhány éve bekapcsolódtunk a más csillagok körüli bolygók, az exobolygók kutatásába, valamint esetleges holdjaik kimutatásának lehetőségeivel is foglalkozunk (6. ábra). Számos hazai és külföldi együttműködésben veszünk részt. Sikeres kutatási pályázataink (pl. 8 OTKA) lehetővé tették, hogy rangos nemzetközi konferenciákon mutassuk be eredményeinket, és méréseket végezzünk élvonalbeli külföldi műszerekkel.

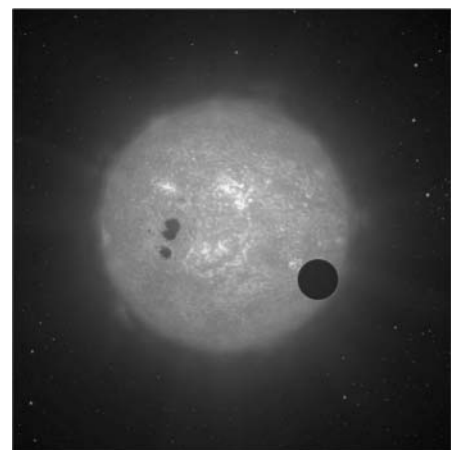
A 2010 júniusáig megjelent 700 csillagászati publikációnk közül 446 angol nyelvű, 1 orosz nyelvű, 8 magyar disszertáció, 152 magyar szakcikk, 93 oktatási-ismeretterjesztő jellegű írás.

Budapest mellett az országban csak Szegeden van csillagászképzés. Egyetemünkön eddig 33 hallgató szerzett csillagász szakos diplomát, többségük el is tudott helyezkedni a szakmában itthon vagy külföldön. Legjobb hallgatóink közül nyolcan a doktori képzés után PhD fokozatot szereztek, Kiss László már az MTA doktora.

5. ábra. A 2004dj szupernóva az NGC 2403 galaxisban (Piszkéstető, Schmidt-távcső, Sárnecky Krisztián és Szalai Tamás CCD-felvétele).



6. ábra. Csillaga előtt elvonuló (rajzolt) exobolygó. A csillag fényessége ilyenkor csökken, attól függő mértékben, hogy mekkora hozzá képest a bolygója.





# A FIZIKAI FOGALMAK ALAKULÁSA

Radnóti Katalin  
ELTE TTK Fizikai Intézet

A fizika, mint iskolai tantárgy meglehetősen nehéz helyzetben van napjaink közoktatásában. A rendszerváltást követő években fokozatosan csökkent a fizika óraszám, megszűnt kötelezően pontvivő jellege, vagyis napjaink technicizált világában, amely elsősorban a fizikában tett különböző felfedezéseknek köszönheti létét, fokozatosan visszaszorul. A tanulók körében sem népszerű a tantárgy, amelynek okairól megoszlanak a vélemények. Ezek közül – minden bizonnyal – jelentős a fizika erősen gondolkodásigényes jellege, illetve a kísérletek hiánya.

A világban egyre többen – kifejezetten ilyen jellegű kutatásokra szakosodott tanszékek munkatársai – foglalkoznak olyan szakmódszertani kérdésekkel, mint a fontos fogalmak alakulása a gyermeki világnépfelfedése során, a differenciálatlan képzetek és azok elkülönülése az oktatás során. Csak néhány példát említek: a sebesség – gyorsulás, a lendület – erő, az energia – erő, feszültség – áramerősség fogalompárok keveredése a tanulók gondolkodásában. A fenti fogalmak elkülönülése sok esetben még a 12. évfolyam végére sem történik meg, amely még a felsőoktatásba érkező első éves hallgatók dolgozatainak elemzése során is kimutatható. 2008-ban 1324 fő, míg 2009-ben 2185 fő első éves fizika BSc-re, illetve különböző mérnöki szakokra jelentkezett hallgatók írtak dolgozatot a regisztrációs héten, amelynek célja a diákok fizika tudásszintjének vizsgálata volt. Írásomban a 2009-ben írt dolgozatok eredményeiből mutatok be néhány példát, fogalmazok meg javaslatokat az oktatás számára.

A téma további hazai kutatása azért is fontos, mert az alapfogalmak megfelelő bevezetésével, azok tanuló munkában való használatának rendszeres vizsgálatával sokat lehetne segíteni a fontos összefüggések megértésében, és ezzel a fizika megszerettetésében. Ez pedig alapvető fontosságú a pályaválasztó diákok körében a természettudományos, illetve mérnöki szakok népszerűségének növeléséhez.

## Elméleti háttér

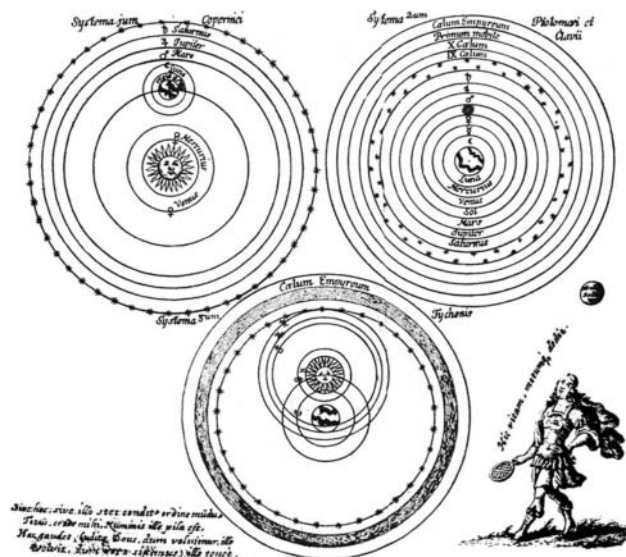
Elemzéseim elméleti háttérét a konstruktivista didaktika adta, amely szerint a tudás a megismerő rendszer és a környezet kölcsönhatása folytán alakul, formálódik, az ismeret nem csupán lenyomata a környezet-

nek. A korábbi ismeretelméletek szerint az új tudás a régi ismeretek hozzáadódásaként keletkezik. Ezzel szemben a konstruktivizmus azt vallja, a diák fejében nem információ-felvétellel formálódik a tudás, az nem közvetítődik a gyerekek fejébe, hanem *a tanuló maga konstruálja meg, és ebben a folyamatban meghatározó szerepe van az előzetes tudásnak* [1].

Valójában a diákoknak minden témával kapcsolatban van valamilyen, „jó” vagy „rossz” előzetes elképzelésük, amely meghatározza a tanulás folyamatát, és sajnos nem egy esetben nehezíti azt. Ezért fontos, hogy a pedagógus fokozottan figyeljen ezekre, hiszen ellenkező esetben félő, hogy a diákban nem alakul ki az új tudás, s csak megtanult versike (például Archimédész-törvény) lesz az adott törvény.

A gyerekekben kialakult fizikai világ „vetülete” sok esetben nem fedi a tudomány által elfogadott tételeket. Vagyis, ha egy gyerekkel „megjósoltatjuk” egy esemény végeredményét, akkor a legtöbb esetben más következtetésre jut, mint ami ténylegesen bekövetkezik. Cél tehát, hogy a tanulóban olyan elképzelések, elméletek konstruálódjanak, amelyek a tudomány eredményeinek megfelelnek. E konstrukció folyamatát *fogalmi váltásnak* nevezzük. Fogalmi váltás például, amikor a newtoni mozgásemélet alapján megtanuljuk, hogy a mozgás fenntartásához nem kell erőhatás, csak annak megváltoztatásához. Ugyancsak fogalmi váltást igényel az is, amikor a diákok a folytonos anyagkép szemléletéről áttérnek a részecskeszemléletre.

1. ábra. A három nagy világrendszer – a kopernikuszi, a ptolemaioszi és egy Tycho de Brahe-féle – Szerdahelyi Gábor 1702-ben, Nagyszombatban megjelent *Fax Chronologica ad omnigenam Historiam ab origine Mundi* című könyvében.



A Szegedi Tudományegyetem Természettudományi és Informatikai Kara Szakmódszertani Csoportja által szervezett *Szakmódszertani kutatások a természettudományos, illetve a matematika és az informatika tantárgyakhoz kapcsolódóan* című konferencián 2010. május 20–21. elhangzott előadás kibővített, szerkesztett változata.

Szomorú tény, hogy a fogalmi váltással nem gyökerestül „szabadulunk meg” a régi gondolkodásmódtól, az nem tűnik el végleg. A tudomány egyre „jobb” modelleket alkot, hogy az majd egyre pontosabban megfeleljen a tapasztalatoknak (1. ábra). (A modellalkotásra szép példa a csillagászat fejlődéstörténete. Ebben a kör alakú pályákkal megkezdett bolygómozgási elméletet a megfigyelések nem támasztották alá, ezért azt pontosították, még jobban „körösítették”, s csak később tette meg *Kepler* a nagy lépést, amelyben ellipszis alakú pályákról számol be, amit már a mérési eredmények is alátámasztottak.)

A fogalmi váltást elérni nem könnyű. Első lépésként a diáknak látnia kell saját gondolkodási mechanizmusát, majd ütköztetni kell olyan jelenséggel, amire már nem ad magyarázatot eddigi elmélete. Erre kitűnő lehetőség, ha beszélgetjük, vagy vitát generálunk az osztályban egy kérdés kapcsán. Második lépésként meg kell ismertetni a tanulókkal az új elképzelést, amit esetleg először elutasítanak, de fokozatosan meg kell látniuk, hogy azzal mind a régi (amit még a régi elképzelés is megmagyarázott), mind pedig az újabb jelenségeket (ami az ellentmondást kiváltotta) magyarázni lehet. Végül pedig az új elképzelés sikere, hogy azzal már magyarázhatóak olyan jelenségek is, amelyeket a régi elv nem magyarázott.

A gyerekek az őket körülvevő világ jelenségeire nehéz és elvont elméleteket képesek kidolgozni, amelyek sokszor teljesen különböznek attól, amit a tudomány „aktuális állása” képvisel, illetve ezek anynyifélék lehetnek, ahány gyerek van. A tanár célja éppen ezen kialakult nagyon stabil elméletek bázisán az új tudás megalkotása. Ez azonban nem mindig sikerül, így a gyerek sokszor felnőtt korában is az arisztotelészi világkép lelkes „képviselője” marad [2].

A gyermektudománnyal kapcsolatos vizsgálatok eredményeként több kutató kapott olyan eredményt, hogy a *gyermeki elképzelések sokszor követik a tudománytörténet főbb állomásait*, elképzeléseit. Ez a sor Arisztotelész világképétől kezdve a lapos Föld képén át haladva tartalmazhatja a tudománytörténet valaha volt tudományos rangú elméleteit is.

A fentiekből látható, hogy a témával nagyon sokan foglalkoztak már a világban, amelyről *Nabalka István* könyve ad részletes áttekintést [1]. A tanulói ismeretekre is sokféle kifejezés található a szakirodalomban, amelyből bemutatok néhányat *Korom Erzsébet* gyűjtése nyomán [3]:

<i>Eredeti angol elnevezés</i>	<i>magyar megfelelője</i>
misconception	tévképzet
preconception	előzetes elképzelés
alternative conception	alternatív elképzelés
naive belief	naiv meggyőződés
naive theory	naiv elmélet
children's science	gyermektudomány
conceptual frameworks	fogalmi keretek

A témának hazai előzményei is vannak: *Holics László* 1972-ben megjelent elemző írásában hangsúlyosan szerepelnek olyan gondolatok, hogy – figyelembe véve a diákok aktuális tudását – miként is kellene a

legfontosabb alapfogalmakat fokozatosan bevezetni [4]. *Fényes Imre* pedig a fizikai fogalmak eredetét kutatva jutott el az oktatási kérdésekig [5].

Saját kutatásaim arra adtak lehetőséget, hogy a már a bevezetőben említett, felsőoktatásba belépő hallgatók előzetes tudását vizsgáljam. Ennek során azt állapítottam meg, hogy még ekkor is nagyon sok tévképzet mutatható ki a diákok tudásában. Továbbá ne felejtjük el, hogy ez *előzetes tudásnak csak a felsőoktatás számára tekinthető, de egyben ez a közoktatás befejezése* is. Vagyis elmondható, hogy a fogalmi váltások nem történtek meg. A továbbiakban ezekből a vizsgálatokból mutatok példákat.

## 2009 szeptemberében a fizika BSc szakokra és a műszaki felsőoktatásba lépő hallgatók által írt dolgozatok eredményeiről

Idézet a TTK Dékáni Kollégium 2008. október 31-i ülésének jegyzőkönyvéből: „Közös vélemény, hogy a résztvevők támogatják közös felmérő dolgozatok íratását a tanulmányaikat kezdő hallgatókkal matematika, fizika és kémia tárgyakból. A dolgozatok legyenek tantárgyanként maximum egy-egy órásak.” A továbbiakban a fizika felmérőn elért eredményekből mutatok be néhány tanulságos összefüggést, példát.

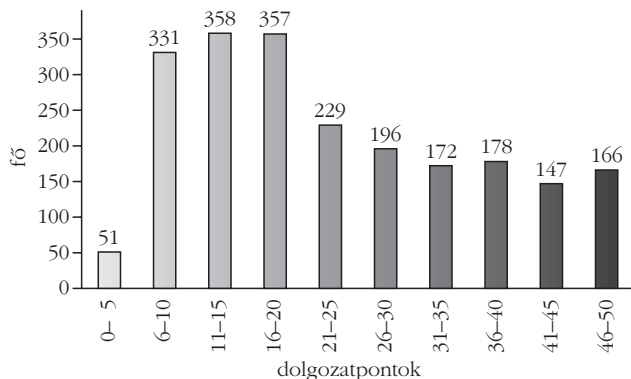
### A vizsgálatok lebonyolítása

A hallgatók egy 60 perces dolgozatot írtak a regisztrációs hét folyamán, tehát abban az időben, amikor a felsőoktatási intézmény még nem „avatkozott bele” a képzésbe. A kérdések összeállításánál azt tartottuk szem előtt, hogy a felsőoktatás számára fontos, a sikeres előrehaladáshoz szükséges tudásanyag meglétét vizsgáljuk meg. A dolgozat kifejezetten a középiskolából hozott, ott elsajátítandó ismereteket térképezte fel. Függvénytáblázatot nem használhattak a hallgatók, mivel azt is szeretnénk volna megtudni, hogy ismerik-e a legfontosabb összefüggéseket. A szükséges adatokat a feladatban megadtuk.

A feladatlap központilag készült, hozzá részletes megoldási, javítási útmutatót is mellékelünk, hogy a pontozás, amennyire lehetséges, egyforma szempontok szerint történjen. Minden intézmény saját maga szervezte a dolgozatok megíratását és javítását az egyetemes útmutató alapján. A kollégák az eredményeket egy központilag előkészített Excel táblában rögzítették és ezeket küldték vissza feldolgozásra.

### A kiértékelés módszere

Az adatok feldolgozása Excel táblázatkezelő program segítségével történt. A dolgozatok megoldásait a demográfiai adatokkal együtt egy táblázatban numerikusan kódoltuk. A kiértékeléshez szükséges válogatásokat, összesítéseket, átlagokat az előre programozott makrók segítségével végeztük el. Összesen 16 cso-



2. ábra. A felsőoktatásba belépő hallgatók fizikatudása.

port, 2185 fő írta meg a dolgozatot, a kollégák ennyi Excel fájlt küldtek. Ezeket mind külön-külön is kiértékeltek és néhány grafikonnal, szöveges elemzéssel együtt visszaküldték a kollégáknak további elemzésre, illetve a táblázat statisztikai része segítségével további összefüggések is vizsgálhatók voltak.

Az adatgyűjtés és kiértékelés, a 2008-as vizsgálathoz hasonlóan *társadalmi munkában* készült, amelyben nagyon sokan vettek részt [6]. Dolgoztak az egyes intézmények oktatói, hallgatói, sok olyan személy, akinek még a nevét sem ismerjük, de fontosnak tartották felmérésünk sikeres lebonyolítását. Ezért csak néhányukat emelnénk ki, akik az „összekötők” voltak, illetve a feldolgozásban, szervezésben tevékenykedtek.<sup>1</sup> A résztvevő intézmények: ELTE, BME több kara, DE, GDF, NYFMMK, PE több kara, PTE, SZTE, SZE, SZIE.

## A fizika felmérő eredményei

A *dolgozat felépítése* a következő volt:

- 14 darab teszt kérdés 28 pont
- 2 számítós feladat (8+14) 22 pont

A dolgozatra maximálisan 50 pontot lehetett szerezni. Amint az eredmények eloszlásából látható (2. ábra), a dolgozat elég gyengén sikerült. A teljesítési átlag 47%. Ez jobb, mint a 2008-as dolgozat esetében, amely köszönhető a feladatok teszt jellegének, hiszen a véletlenszerű találgatás is eredményezhet pontokat. 0 pontos dolgozat kevés, mindössze 5 darab volt, amely szintén a teszt jellegnek tudható be. Maximális pontszámot, vagyis 50 pontot mindössze 34 hallgató ért el.

Elemzésünk során több háttérváltozó függvényében is vizsgáltunk a tanulói teljesítményeket, többek közt azt is, hogy a hallgatók milyen pontszámmal érkeznek a felsőoktatásba. A 3. ábra a felmérésben részt vett összes hallgató összetartozó – felvételi és a dolgozatban elért – pontpárértékeit mutatja. Azt találtuk, hogy a magas felvételi pontszámokkal érkező hallgatók a felmérésben nagyon jó, de nagyon rossz teljesítményt is tudnak nyújtani. A felmérő során mért

<sup>1</sup> Külön köszönetet mondunk *Király Bélának* (NYME), aki több éven keresztül a számítógépes feldolgozásban, szerkesztésében és egyéb szakmai munkában nyújtott komoly segítségért! Főbb résztvevők: *Pipek János* BME TTK, *Tevesz Gábor* BME VIK.

eredmények rámutatnak a felvételi rendszer visszasságaira. Erősen kérdéses, hogy a magas felvételi pontszám vajon mér-e egyáltalán valamit.

A továbbiakban részletesebben elemzem azon fizikafeladat megoldottságát, amely szerepelt a 2009-es Szilárd Leó Verseny elődöntőjében. A feladat ötlete a *Physics Education* című lapból származott [7].

*Feladat:* korunk egyik legnagyobb műszaki teljesítményének számító, a CERN-ben megépített LHC (Large Hadron Collider = Nagy hadronütköztető) gyorsítóját először az elmúlt évben kapcsolták be. A tervek szerint a föld alá helyezett kör alakú 26,7 km kerületű gyorsítóban 7 TeV ( $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ , tera =  $10^{12}$ ) energiájú protonok fognak keringeni és ütközni. A teljes kerület mentén 2808 csomagban keringenek a protonok. Egy csomagban  $1,15 \cdot 10^{11}$  darab proton van.

a) Mekkora egy protoncsomag teljes energiája?

b) Ha egy 150 kg tömegű kismotor ekkora mozgási energiával rendelkezne, mekkora sebességgel mozogna?

c) Mekkora a teljes kerület mentén mozgó protonok energiája?

d) Mekkora tömegű 25 °C fokos aranytömböt lehetne megolvasztani ekkora energiával?

Adatok: az arany fajhője 126 J/kg°C, olvadáspontja: 1337,6 K, olvadáshője 64,9 kJ/kg.

*Megoldás:*

a)  $7 \text{ TeV} = 7 \cdot 10^{12} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = 1,12 \cdot 10^{-6} \text{ J}$  egy darab részecske energiája. Egy csomag energiája tehát:  $1,12 \cdot 10^{-6} \text{ J} \cdot 1,15 \cdot 10^{11} = 1,29 \cdot 10^5 \text{ J}$ .

b) A kismotor sebessége  $v = (2E/m)^{1/2} = 41,47 \text{ m/s} \sim 149 \text{ km/h}$ .

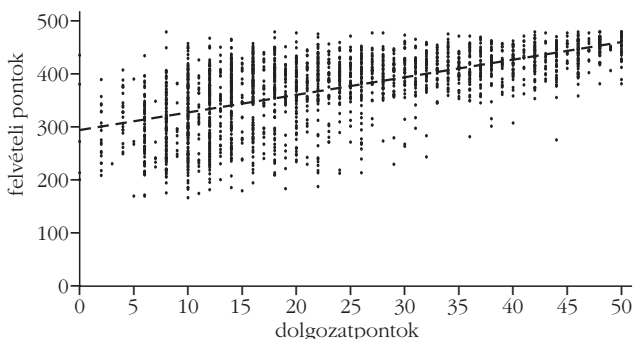
c) A teljes kerület mentén mozgó összes proton energiája:  $E_{\text{össz}} = 2808 \cdot 1,29 \cdot 10^5 \text{ J} = 362,2 \text{ MJ}$ .

d)  $E_{\text{össz}} = c \cdot m \cdot \Delta T + L \cdot m$ , amiből az aranytömb tömegére kapjuk, hogy  $m = E_{\text{össz}} / (c \cdot \Delta T + L) = 1849 \text{ kg}$ .

A feladat megoldása 35,1%-ban volt sikeres. 820 fő nem foglalkozott a feladattal, nulla pontot kaptak. Ők 25,4%-osra írták a dolgozatot. 292 fő megoldása teljesen jó volt, maximális pontszámot kaptak. Ezek a hallgatók 86,3%-osra írták meg a dolgozatot.

A feladat megoldása kapcsán sok érdekes hiba és tévképzlet jelent meg, amelyek elemzése hasznos lehet a fizika oktatása, a fizikai fogalmak kialakítása szempontjából. Ezekből adok egy rövid összefoglalót, amelyhez több száz kijavított dolgozatot néztem át.

3. ábra. A hallgatók által hozott felvételi pontszámok és a fizikadolgozatban elért pontok összefüggése.



- Többen osztottak a 2808-cal a szorzás helyett.
- Volt, akinél szövegértési probléma akadt, úgy értelmezte, hogy a 2808 darab protoncsomag energiája 7 TeV.

- Volt, aki a kör területével is szorozott, vagy osztott.

- Voltak, akiknek az eV okozott gondot. Majd a b), illetve a d) részekben eV-ban akartak továbbszámolni a joule helyett.

- Volt, aki jóval nagyobb sebességet kapott, mint a fénysebesség, és ez fel sem tűnt! Többen viszont túl kicsit, ami nem volt gyanús nekik, pedig a feladatról sejteni lehetett, hogy a kismotor viszonylag nagy sebességét akarja demonstrálni.

- Az arany tömegére többeknek oly hatalmas  $10^{22}$  kg, illetve  $10^{13}$  kg érték adódott, amennyi a világon nincsen, és ez fel sem tűnt.

A mozgási energia képlete nagyon sokaknak okozott gondot. Függvénytáblázatot nem használhatták a hallgatók, így azt onnan nem tudták kikeresni. De az alábbiakban felsorolt „érdekessegek” valószínűleg nem csak ennek tudhatók be, hanem sokkal inkább annak, hogy a hallgatók valójában nincsenek tisztában az alapvető fizikai fogalmakkal, mint arra a bevezetőben is utaltam.

A fizikai témájú szakmódszertani irodalom egy jelentős része foglalkozik a tanulók tévképzeteivel, illetve a fogalmak fejlődésének útjával, a fogalmak differenciálódásával a tanulók fejében [1, 8]. Egyik megállapítás szerint a fizikai világra vonatkozó, úgynevezett gyermektudományi jelenségek megismerése során rendkívül fontosnak bizonyult az a felismerés, hogy a fizikai (és más természettudományi) fogalmak a gyerekekben lényegében két „fogalommasszából”, két differenciálatlan „ősfogalomból” alakulnak ki. A fizikához talán közelebb áll, ha *statikus* és *dinamikus* fogalomrendszerekről írunk. Jelen esetben a dinamikusak fontosak számunkra az alábbi jelenségek értelmezéséhez. Olyan fogalmak tartoznak ide, mint az erő, a mozgás, a gyorsaság (később a sebesség, a gyorsulás), a nyomás, az energia, a hő és a hőmérséklet. Az alábbi, a hallgatói dolgozatokból származó példák azt mutatják, hogy az energia, impulzus, erő fogalmak differenciálódása sok hallgató esetében még nem történt meg, amely alapvető fontosságú a velük való további foglalkozások (felzárkózató) tematikájának összeállításához, illetve elsősorban fontos lenne a középfokú oktatásban.

- Többen helytelenül tudták a mozgási energia képletét: elfelejtettek 2-vel osztani.

- Volt, aki a sebességet az  $F = m \cdot a$  összefüggésből akarta kiszámolni, majd ebből kifejezte a „sebességet”,  $v = F/m$ -ként. De szerepelt a megoldásokban  $F = v \cdot m$  képlet is. Találkoztam  $E = m \cdot a$ ,  $F = m \cdot v^2/2$ , illetve  $F = m \cdot v^2$  összefüggésekkel is, de a centripetális erő képletével is (ami valójában nem is külön erő, hiszen sokféle kölcsönhatás során jöhet létre körmozgás), amelyek mindegyike azt mutatja, hogy a hallgatók az energia fogalmát keverik az erőével. Többen keverték a mértékegységeket is, mint J és N. Volt, aki

le is írta, hogy  $F_{mozg} = E_1$  és N a mértékegysége. Továbbá szerepelt az  $E_{mozg} = a \cdot m \cdot g$  összefüggés is.

- Sokan voltak, akiknél a mozgási energia  $m \cdot v$ , vagyis az energia fogalma teljes mértékben keveredik az impulzusfogalommal. E ténynek az az érdekessége, hogy ezt a korábbi kutatások során csak kvalitatív, szöveges megfogalmazások esetében vizsgálták. Esetünkben számításon feladatoknál került elő ez a probléma.

- Az olvadáshőről nagyon sokan elfeledkeztek, csak felmelegítették az aranyat az olvadáspontra.

- Érdekes, hogy az olvadáspontra történő felmelegítés esetében néhányan helyesen ki tudták számítani az 1041,6 K hőmérsékletváltozást, amelyet utána „átváltottak” 1312,6 °C-ra.

- Többen olyan meglepő összefüggésekkel akartak számolni, mint  $Q = L_0 \cdot m \cdot \Delta T$ , annak ellenére, hogy halmazállapot-változás esetében az anyag hőmérséklete állandó. (Ez egyéb céllal íratott hallgatói dolgozatokban is szokott szerepelni vagy képletes, vagy szöveges formában.) Találkoztam továbbá  $Q = L_0 \cdot m \cdot \Delta T \cdot c$  összefüggéssel is.

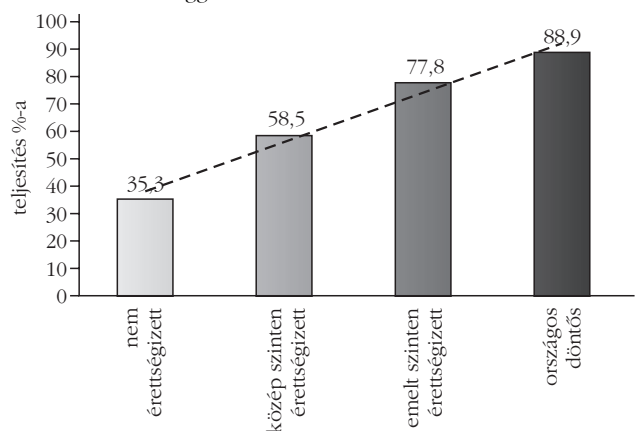
Ezekben az esetekben a hő és a hőmérséklet fogalmak nem megfelelő kezeléséről van szó.

Mint említettem, a Függvénytáblázatot nem használhatták a diákok. Ha megengedték volna, akkor minden bizonnyal kikeresik a megfelelő összefüggéseket. Így azonban azt is felmérhetjük, hogy a diákok fejében mennyire keverednek a különböző fogalmak.

Vizsgáltuk a tanulók teljesítményét az érettségi és a tanulmányi versenyek összefüggésében is (4. ábra). Láthatjuk, hogy azok a diákok, akik versenyeken vesznek részt, sokkal jobban teljesítenek, tehát érdemes a diákokat versenyeztetni! Ez a kép teljesen hasonló a fizika (az ábrán ez látható), a matematika és a kémia, továbbá a 2008-as felmérésnél kapotthoz [6].

Az ábrát úgy is lehet értelmezni, hogy mekkora esélye van egy hallgatónak választott szakja eredményes elvégzésére. Azok a diákok, akik versenyekre készülnek az átlagosnál jóval többet foglalkoznak a tananyaggal, és ez még akkor is így van, ha netán nem érnek el semmilyen eredményt. És ez egészen biztosan pozitív-

4. ábra. Az érettségi, tanulmányi verseny és a dolgozaton elért pontok közötti összefüggés.



van befolyásolja azt, hogy választott felsőoktatási intézményükben miként fognak helyállni! Vagyis a tanulmányi versenyek támogatása biztosan jó befektetés!

## A felmérések tapasztalatainak összefoglalása

Lehetne készíteni egyes egyetemek és főiskolák azonos szakjai közötti ragsort is, amely a dékánokat biztos érdekelné, de a *felmérés kizárólag szakmai céllal készült*. Munkámmal nem szeretnék az oktatási intézmények közti bármi féle rivalizálásnak teret engedni. Minden felsőoktatási intézményben, ugyan kisebb-nagyobb mértékben, de azonosak a problémák.

Az első és legfontosabb tapasztalat az, hogy a *diákok jelentős része nem érkezik választott szakja eredményes tanulásához feltétlenül szükséges előismeretekkel*. Azok a hallgatók pedig, akiknek nem ez a fő szakjuk, de tanulmányaikhoz elengedhetetlenül szükségesek lennének ezen ismeretek, nyugodtan kimondhatjuk, *többségükben katasztrofálisan kevés előismerettel rendelkeznek*.

Az általunk vizsgált szakok egy részére *nagyon alacsony pontbátárral* is be lehet kerülni. Adatainkból látható, hogy az alacsony pontszámmal érkező hallgatók tudásszintje is alacsony. Sajnos ugyanez mondható el a magas pontszámmal érkező hallgatók egy részéről is, amint azt több ábrán is szemléltettük. Vagyis a *felvételi pontszám szinte semmilyen információt nem ad sem a felsőoktatási intézmény számára, de magának a hallgatónak sem arról, hogy vajon rendelkezik-e a választott szak elvégzéséhez szükséges előzetes tudással*. Ezzel sok hallgató és intézmény csak az első dolgozat megírásakor szembesül.

Minden felmérés esetében *egyértelmű kapcsolat mutatkozott az érettségi vizsgák, a tanulmányi versenyek és a hallgatók tudásszintje között*. Mivel a felmérésben részt vett első BSc fokozatos hallgatók már diplomát kaptak, megállapítható, hogy a három éves képzést kevés kivétellel azok végezték el, akik emelt szintű érettségivel, esetleg versenyen elért eredménnyel iratkoztak be a felsőoktatási intézménybe. Erről nem készült részletes felmérés, de a megvizsgált néhány szaknál ez az állítás igaznak bizonyult.

Fenti tapasztalataink nem újak, ugyanis a belépő hallgatókat – különböző szempontok szerint – évek óta vizsgáljuk. Tehát nem egy év, egyetlen felmérés eredményei alapján szűrtük le e tanulságokat.

## Javaulatok a felmérések eredményeinek függvényében

A rossz teljesítmény hosszú időre és sok okra vezethető vissza. *Kizárólag szakmai szempontok alapján* csak néhány, rövid távon orvosolható szeretnénk kiemelni.<sup>2</sup>

<sup>2</sup> A témáról további információk, grafikonok és elemzések olvashatók honlapomon [10].

- Az eredmények az érettségi vizsga és a *tanulmányi versenyek* jelentőségét mutatják. Láthatjuk, hogy azok a diákok, akik tanulmányi versenyeken vettek részt, sokkal jobban teljesítenek. Tehát a diákokat az érettségire való felkészítés mellett érdemes versenyeztetni is! Javasoljuk, hogy az a diák, aki rangos tanulmányi versenyen (OKTV, Diákolimpia stb.) – az OKM által meghatározott kritériumok alapján – eredményes, szakirányának megfelelő felsőoktatási helyre mehessen, például automatikusan kapjon 480 pontot. Ez komoly ösztönzést jelentene a diákok számára.

- Javasolom a *felvételi pontszámok szakspecifikus számítását*, mivel az jelen formájában nem tükrözi a diákok olyan jellegű előzetes tudását, amely szükséges lenne választott szakjuk eredményes elvégzéséhez.

- A *szakirányú érettségi* bevezetése a felsőoktatási felvétellel, a felsőoktatási intézmények azonos mértékű(!) finanszírozása mellett.

- Fontos lenne a gyerekekben a *természettudományos érdeklődés felkeltése*, nemcsak a tanórák keretében (ahol a tanrend szerint kell haladni, amely a gyerekek számára sokszor unalmas), hanem természettudományos hetek szervezésével, neves előadók meghívásával, kiemelkedő tudósok évfordulójának megünneplésével, egyetemi látogatásokkal stb.

- *Reál osztályok* létrehozása, az OKNT ad hoc Bizottsága 2008-as javaslatának megfelelően, a tanárok – akár anyagilag is – nagyobb ösztönzése, az iskolai szertárfejlesztés segítése, a fenti céloknak megfelelő pályázatok kiírása [9].

- A különböző szaktárgyakhoz kapcsolódó *tanulmányi versenyek* támogatása, amely magában foglalja a diákok felkészítését, a diákok tanári kísérésének díjazását, a verseny szervezési, lebonyolítási költségeit.

A dolgozatok eredménytelensége láttán a megírató intézmények legtöbbször felzárkóztató kurzusok indultak, ahol a felsőoktatásban tanító kollégák megpróbálják segíteni a szükséges fogalmi váltások létrejöttét a gyengén teljesítő hallgatóknál. De ez már nem egy esetben késő, hiszen – mint azt bevezetőben írtam – az előzetes tudás elemei nagyon stabil gondolati rendszerek, azok megváltoztatása még a fiatalabb diákok esetében sem könnyű. A felsőoktatásba érkezők esetében pedig a téves elképzelések az évek során még jobban megerősödtek, amint az számtalan hallgatói beszélgetésből, évközi dolgozat eredményeinek elemzésből kiderül.

Az egyik lehetséges megoldás lehetne, ha még *korábbi életkorokban*, az életkori sajátosságoknak megfelelően, kezdenének foglalkozni az élettelen természet jelenségeinek elemzésével, ugyanis *mire elkezdődik a fizika szakrendszerű oktatása, addigra sok tévképzés nagyon megerősödik*. Például a fizikai ismeretek alapját jelentő, a mozgásokkal kapcsolatos azon elképzelés, hogy a mozgás fenntartásához állandó külső erőre lenne szükség. Sok-sok beszélgetésre, a jelenségekre való rácsodálkozásra, a fogalmak kialakításának elkezdésére lenne szükség már az 1–6. évfolyamokon, majd a *tudásrendszer formálódásának folyamatos nyomon követésére*, tantermi kutatásokra,

és nagyobb volumenű felmérések végzésére. Ennek magában kellene foglalnia teszteket, a szakirodalomban bőségesen megtalálható kérdésekkel, amelyeket ki kell egészíteni csoportos és egyéni interjúkkal, hogy a gondolkodás mélyebb rétegeibe is be tudjunk hatolni. Kiemelten fontos, hogy ilyen jellegű munkában tanárszakos hallgatók is részt vegyenek, lehetőleg már saját gyakorlótanításuk alkalmával, de akár előtte is, ellátogatva különböző iskolákba. Az így szerzett tapasztalataikat szakmódszertani szemináriumi foglalkozások keretében, csoporttársaikkal dolgoznák fel. Korábbi főiskolai gyakorlatomban ez így történt, amelyhez komoly segítséget kaptam *Wagner Éva* vezetőtanártól, aki e témából írta doktori értekezését [11]. Ő azóta az IKT (információs és kommunikációs eszközök) bevonásával szakóráin vizsgálja a tanulói tévképzeteket. A felszerelés része egy szavazógép. A tanár tesztel jellegűen fogalmazza meg a kérdést, amelyre a diákok a megfelelő gomb lenyomásával válaszolnak (szavaznak). E módszer óriási előnye, hogy a tanár nagyon hamar látja, a diákok jelentős része miként gondolkodik egy adott kérdésről. Megfelelő kérdések természetesen a feldolgozás közben is feltehetőek, így a tanítási folyamat közben is lehet figyelni a tanulók tudásának alakulását.

A fentiekben leírtak alapján a tanárképzésben a *szakmódszertan hídszerepet* tudna betölteni a szakmai és a pedagógiai tantárgyak között. A tanulói félreértelmességek elemzése segíti a hallgatókat a szakmai részekben is, így az egyetemi tanulmányok végére mind kevesebbnek marad tévképzete. Tanítást kísérő szemináriumokon is célszerű a felmerült tévképzeteket elemezni, és azok „leküzdéséről”, annak pedagógiai lehetőségeit elemezni, mint például kics csoportos beszélgetés, majd összegzés stb. Ezzel egyben az újszerű munkaformák

szakmai-pedagógiai alkalmazását is tanulják a tanárjelöltek. A magam részéről a fentieket sikerrel alkalmaztam a régebbi főiskolai képzésben.

Írásomban arra kívántam rámutatni, hogy a fogalmi váltás folyamata empirikusan vizsgálható, akár a tanárok *mindennapi osztálytermi munkája* során is, segítve ezzel tanítványaikat az alkalmazható tudás megszerzésében. Célszerű elemezni a különböző dolgozatkérdések megoldási arányaiból levonható következtetéseket, amelyek kijelölhetik a tanári munka folytatási lehetőségeit.

#### Irodalom

1. Nahalka I.: *Hogyan alakul ki a tudás a gyerekekben?* Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2002.
2. Borzák A., Radnóti K.: A fogalmi fejlődés vizsgálatának lehetőségei a mechanika tanítása során. *A Fizika Tanítása XVII/3* (2009) 1–14.
3. Korom E.: *Fogalmi fejlődés és fogalmi váltás*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 2005.
4. Holics L.: A fizikai fogalmak kialakításának egyes problémái a középiskolában. *Fizikai Szemle 22* (1972) 111.
5. Fényes Imre: *A fizika eredete*. Gondolat Kiadó, Budapest, 1980.
6. Radnóti K., Pipek J.: A fizikatanítás eredményessége a közoktatásban. *Fizikai Szemle 59/3* (2009) 107–113.
7. R. Cid, X. Cid: Taking energy to the physics classroom from the Large Hadron Collider at CERN. *Physics Education 44/1* (2009) 78–83.
8. M. T. H. Chi, J. D. Slotta, N. deLeeuw: From Things to Process: A Theory of Conceptual Changes for Learning Science Concepts. *Learning and Instruction 4* (1994) 27–43.
9. Radnóti K.: A természettudományi nevelés és a fizikaoktatás helyzete a 2008-as tanári felmérés tükrében. *Új Pedagógiai Szemle* (2009/3) 3–17.
10. [http://members.iif.hu/rad8012/index\\_elemei/kriterium.htm](http://members.iif.hu/rad8012/index_elemei/kriterium.htm) – Radnóti Katalin honlapja
11. Wagner É.: *A gyermeki elképzelésekkel és változásaikkal kapcsolatos ismeretek és alkalmazásuk a konstruktivista szemléletű fizika tanítás során*. PhD értekezés. ELTE PPK Neveléstudományi Doktori Iskola, 2009.

## KÍSÉRLETEZZÜNK HÉTKÖZNAPI ESZKÖZÖKKEL!

Jendrek Miklós  
Boronkay György Műszaki Középsiskola  
és Gimnázium, Vác

„A legjobb bizonyítás a tapasztalat,  
feltéve, ha kísérletekre támaszkodik”  
*Francis Bacon*

A fenti címet adtam a kísérleti bemutatómnak, amelyet a Békéscsabán rendezett 51. Országos Középsiskolai Fizikatanári Ankét és Eszközbemutató egyik műhelyfoglalkozására készítettem. A legegyszerűbb hétköznapi tárgyak, illetve eszközök is alkalmasak számos – fizika tanításában felhasználható – jelenség, folyamat szemléltetésére, tanulmányozására. Tudatosan választottam olyan eszközöket, amelyek ugyan nem a legkorszerűbbek, de széles körben elterjedtek. Ezek szétszerelhetőek, szerkezetük jól áttekinthető. A megfigyelhető folyamatok, jelenségek elemzése lehe-

tővé teszi a tanulók számára a korszerűbb – bár szerkezetük tanulmányozására alkalmatlan – eszközök működési elvének megértését.

---

**A kísérletek elvégzésére használt eszközök egy része hálózati feszültségről üzemel. Ezért ezek megismétlése fokozott elővigyázatosságot, odafigyelést igényel. Elvégzésük, bemutatásuk – a balesetvédelmi előírások szigorú betartása mellett – csak demonstrációs céllal javasolt.**

---



1. ábra. Fóliacsíkok kölcsönhatása



2. ábra. Nejlonzacskó az ajtón

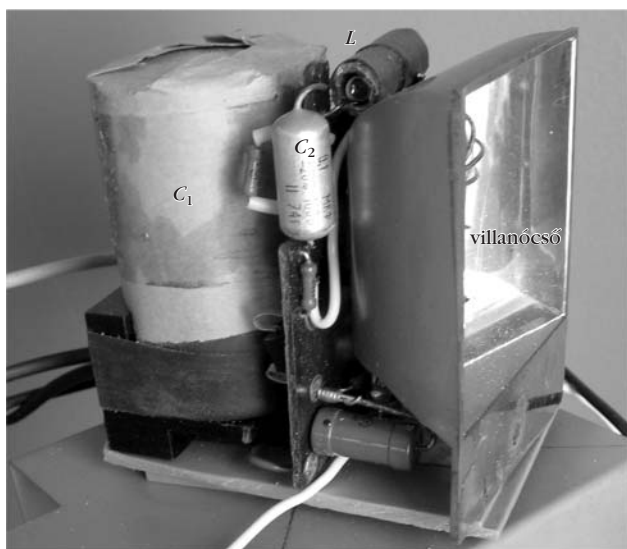
szítást figyelhetünk meg (1. ábra). Tanulmányozhatjuk a töltések szétválasztását, kölcsönhatását. Ha két ujjunk közé vesszük a szerteágazó fóliacsíkokat, és úgy húzzuk végig rajtuk ujjainkat, szépen összetapadnak, kölcsönös vonzás alakul ki közöttük.

Az elektrosztatika hasonlóan látványos megnyilvánulásával elkerülhetetlenül találkozunk polisztirol (hungarocell) lapok darabolása, fűrészelése közben is. Igaz, ebben az esetben a folyamat huzamos ideig, kitaróan végző (esetleg lakását hőszigetelő) „kísérletezőnek” szembe kell néznie, a jószomszédi viszony SI (sárga irigység) miatti esetleges megromlása mellett, a keletkező melléktermék eltakarításának nem könnyű feladatával is. Aki ezt nem szívesen vállalja, viszont az elektrosztatikai kísérletek iránti elszántsága, ragaszkodása töretlen, próbálkozhat ártatlanabb eszközökkel, például hagyományos nejlonzacskóval is (2. ábra).

## Egy kis elektrosztatika

A mai világban, ahol sok minden műanyagból van, nehéz elkerülni az elektrosztatikus feltöltődéssel való találkozást. Ezzel kapcsolatban végezzünk el hétköznapi tárgyakkal, anyagokkal pár egyszerű kísérletet. Vágjunk le három, közel 1 cm, széles írásvetítésnél használatos fóliacsíkot. Fogjuk meg az egymásra helyezett csíkok egyik végét, majd a másik kezünk ujjait húzzuk végig fésűszerűen a csíkokon. Látványos ta-

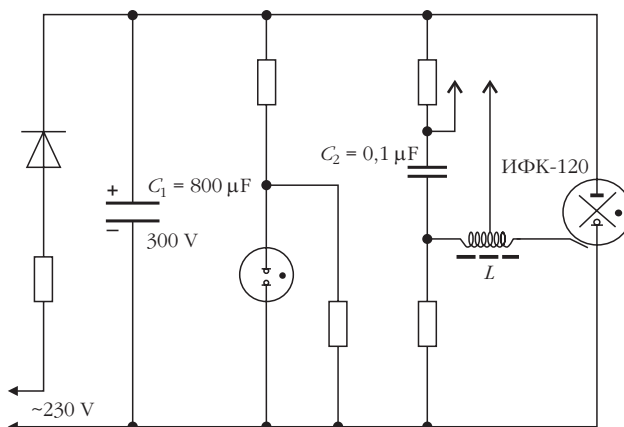
3. ábra. Fényképezési vaku főbb elemei

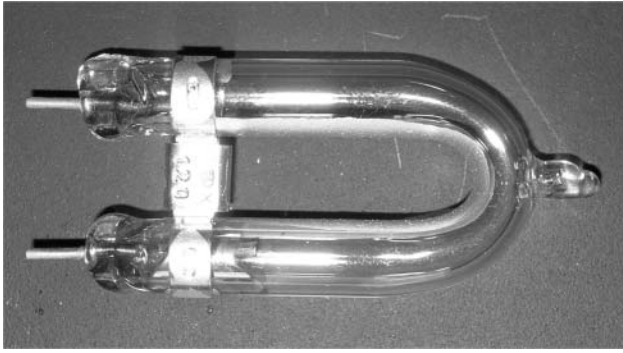


## A kondenzátor mint töltéstároló eszköz

Kísérletezzünk egy preparált, egykor jobb időket megélt, 30-as éveit „taposó” fényképezési vakuval (3. ábra)! A kapcsolási rajzból (4. ábra) látható, hogy

4. ábra. A fényképezési vaku kapcsolási rajza



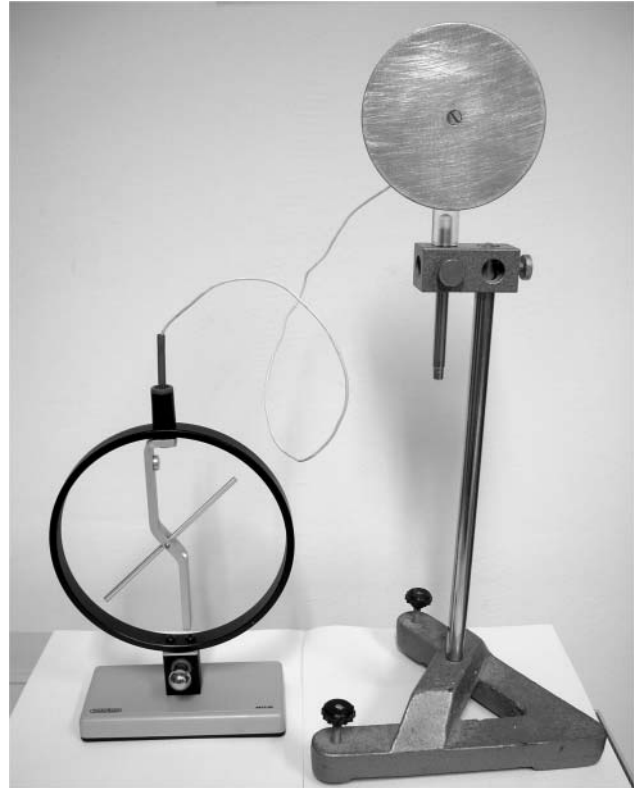


5. ábra. Villanócső

két töltéstároló kondenzátort tartalmaz: az egyik 800  $\mu\text{F}$ , a másik 0,1  $\mu\text{F}$  kapacitású. Korlátozó ellenálláson keresztül, diódával egyenirányított lüktető egyenárammal tölthetők fel közel 300 V feszültségre. A nagy kapacitású kondenzátor közvetlenül az ИФК-120 típusú xenontöltetű villanócsőre van kötve (5. ábra) [1]. Egy neonnal töltött glimmlámpa jelzi a feltöltődés mértékét. A Xe-töltetű cső kisütéséhez körülbelül 1000 V-os gyújtófeszültség szükséges, amit a  $C_2$  kondenzátor tekercsen keresztül történő kisütése önműködés révén biztosít.

Optikailag a vaku – a fényszórókhhoz hasonlóan – fényvisszaverő felülettel és Fresnel-lencsével van ellátva. Ezáltal a villanócső egy meghatározott szögben, irányítottan bocsátja ki a fényt, biztosítva a fényképezendő objektum megfelelő megvilágítását. A villanócső által kibocsátott fény átfedéssé sávos színképe a nappali fényhez hasonló színhőmérsékletű. A viszonylag széles vörös és kék sávok arra utalnak, hogy a fénykibocsátás nem korlátozódik csak a látható tartományra. A vaku kisütésekor jól érezhető a fényvel egyidejűleg jelentkező hőhatás, de meggyőződhetünk arról is, hogy az emissziós színkép átnyúlik az UV-tartományba. Sejtésünket az a tapasztalati tény is erősíti, hogy a képtárakban, könyvtárakban, múzeumokban rendszerint a vaku használata. Végezzük el a külső fotoeffektust igazoló klasszikus (Hallwachs, Lénárd) kísérletet. Cink helyett használhatunk alumíniumlemezt is. A két fém kilépési munkája közel azonos: alumíniumnál 0,68 eV (4,25 eV), cink esetében 0,69 eV (4,29 eV) [2]. A külső fotoeffektus megvalósításának elvileg két feltétele van: a fény által kibocsátott fotonok  $h\nu$  energiája fedezze az elektronok kiszakításához szükséges kilépési munkát és a megvilágítás előtt a fémlemez negatív töltéstöbblettel rendelkezzen. Az elektroszkóphoz csatlakoztatott fémlemezt hagyományos módon vagy elektromos megosztással tölthetjük fel (6. ábra). A kísérlet sikeres bemutatásához egy harmadik feltételt is biztosítani kell: Csak tiszta, zsír- és oxidrétegtől megtisztított felületről tudnak távozni a fotoelektronok. A vakuval megvilágított, elektroszkóphoz kapcsolt lemez töltéscsökkenése jól megfigyelhető.

Kapcsoljuk a feltöltött, de a hálózatról leválasztott  $C_1$  kondenzátort egy hagyományos Ne-töltetű glimmlámpára! A lámpa világít. A kondenzátor töltése és egyben a feszültsége folyamatosan csökken. Amint a



6. ábra. Fotoeffektus Al-lemezzel

feszültség megközelíti a 140 V értéket, a gázkisülés megszűnik. Tehát, a lámpa működéséhez, világításához legalább ekkora feszültségre van szükség. Gondoljunk erre, amikor 4,5 V-os zsebteleppel, hasonló glimmlámpákkal végzünk indukciós kísérleteket!

A  $C_1$  kondenzátor adataiból kiszámítható a kondenzátorban tárolt elektromos mező energiájának nagysága:

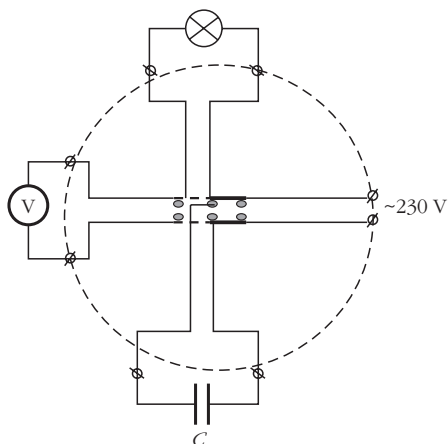
$$W = \frac{1}{2} C U^2 = 36 \text{ J.}$$

A fenti energia egy részét a villanócső fény formájában adja le mintegy 1 ms alatt. Ha a kondenzátort egy 230 V-os, 40 W-os égőn keresztül sűjtjük ki, az izzószál felvillan, és 1–2 másodperc alatt kialszik. Meg lehet szabadítani a kondenzátort fölösleges töltésétől rövidebb úton, rövidebb idő alatt is. Ezt a fegyverze-

7. ábra. A kisülés következményei







8. ábra. Az átkapcsoló kapcsolási rajza

tek közvetlen összeérintésével érhetjük el. Jelentős hangeffektussal járó szikrakisülés szem- és fültanúi lehetünk. Egy valóságos kisméretű villámot láthatunk annak minden következményével: széles spektrumú elektromágneses hullámok keletkezése, hangrobbanás stb. A kisülés rövid időtartama miatt nem kell tartanunk még a viszonylag kis keresztmetszetű összekötő huzalok látványos felmelegedésétől sem. A kisülés következményei a 7. ábrán láthatók.

## Kondenzátor váltakozó áramú körben

Töltsük fel a kondenzátort váltakozó feszültséggel! Ehhez két, egyenként  $4 \mu\text{F}$  kapacitású, 200 V-ra méretezett, sorosan kapcsolt kondenzátort használtam. A soros kapcsolásra azért volt szükség, hogy az egyes kondenzátorokra jutó feszültség ne haladja meg a megengedett értéket. Természetesen ehhez a kísérlethez alkalmas a törpefeszültség is. Fontos, hogy ne egyenáramra tervezett, polaritás betartását igénylő elektrolit-kondenzátort használjunk.

A kérdés az, hogy mennyire tudjuk feltölteni váltakozó árammal a kondenzátort. A hálózatról leválasztva, majd a voltmérőre kapcsolva, lemérjük a kondenzátor feszültségét. Hogy könnyen és sokszor megismételhető legyen a mérés, készítettem egy erre alkalmas dobozban (8. ábra) elhelyezett egyszerű összeállítást, amely

10. ábra. A kondenzátor mint ellenállás

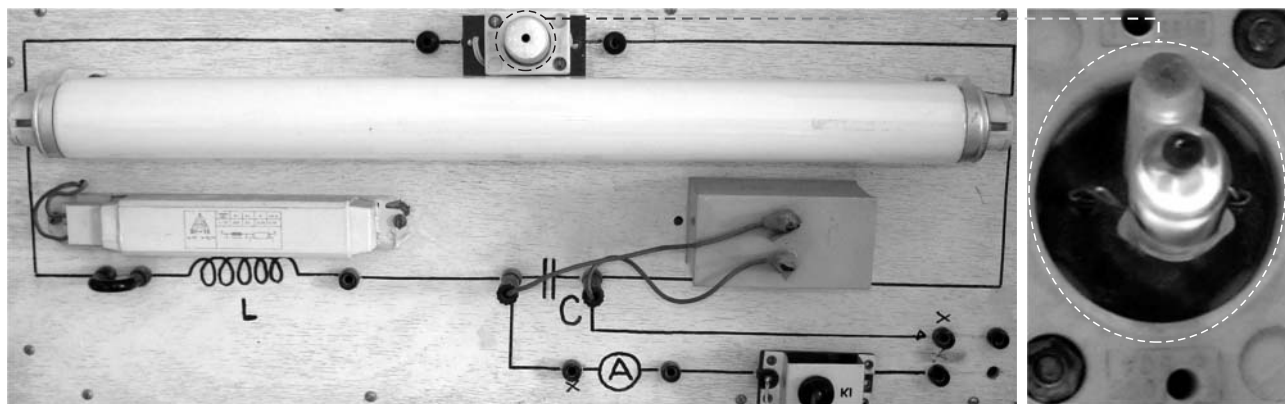


9. ábra. Az átkapcsoló gyakorlati kivitelezése

egy kapcsolót és egy – a következő kísérletekhez szükséges – zseblámpaizzót tartalmaz (9. ábra).

A kondenzátor feszültségét mérve különböző eredményeket kapunk. A leggyakoribbak a 200 V fölötti feszültségértékek. A polaritás véletlenszerű, a mért feszültségek is. Néha kis értékeket tapasztalunk. Mindez arra utal, hogy a kondenzátor fegyverzetein a szinuszosan váltakozó feszültség pillanatnyi értékeit mérhetjük. A szinuszfüggvény sajátosságából adódik az a tény, hogy viszonylag ritkán kapunk 10–20 V alatti feszültséget.

Felhasználva kondenzátorainkat, vizsgáljuk meg, hogy alkalmasak-e ezek az eszközök áramkorlátozásra? Fog-e működni az az összeállítás, amely egy 230 V-os hálózatra sorba kötött zseblámpaizzóból és egy  $2 \mu\text{F}$ -os kondenzátortelepből áll? Az izzó adatai: 3,5 V, 0,2 A, a kondenzátor kapacitása  $C = 2 \mu\text{F}$ , kapacitív ellenállása  $X_C = (2\pi fC)^{-1} = 1592 \Omega$ . Ohm-törvényből, 230 voltal számolva, a kondenzátoron átfolyó áram erőssége:  $I = U/X_C \approx 0,14 \text{ A}$ . Úgy tűnik, minden esetben, legfeljebb az égő nem fog teljes fénnel világítani. A gyakorlatban azonban nem ilyen egyértelmű a helyzet. Bekapcsoláskor az izzó nagy valószínűséggel tönkremegy. Hiszen a bekapcsolás pillanatában a kondenzátort érő pillanatnyi feszültség, illetve töltőáram nagysága nem jósolható meg előre. A kis feszültséghez hasonlóan (előző kísérlet) igen csekély az esélye annak, hogy a töltő áramerősség nem haladja meg a 0,2–0,3 ampert. Érdeemes egy legalább 10 A méréshatárú ampermérővel sorosan kapcsolt kondenzátort kötni a hálózatra (zseblámpaégő nélkül). A bekapcsolás pillanatában mért áramértékek sok esetben meghaladják a 10 ampert! Ezt a zseblámpaizzónk, természetesen, nem bírja elviselni, amit nem vehetünk zokon tőle. Akkor mi legyen a megoldás? Az izzószál épségét úgy őrizhetjük meg, ha azt a bekapcsolás pillanatában rövidre zárjuk. Ezt követően, megszüntetve a rövidzárt, izzólámpánkat biztonságosan üzemeltethetjük (10. ábra). Ezután már csak arra kell



11. ábra. Hagyományos fénycső

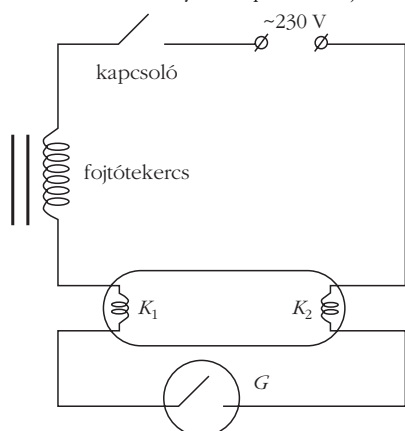
vigyázni, nehogy érintkezési gondok merüljenek fel, mert akkor újra szembetaláljuk magunkat – az izzó életét veszélyeztető – előző problémánkkal.

## A fénycső és társai

Vizsgáljunk meg a hagyományos fénycsövet (11. ábra), ami nem más, mint egy alacsonynyomású higanylámpa [3]. Gyakran hívják neoncsőnek is, ami nem egészen helyes, hiszen a Ne a töltőgázok legfeljebb 30%-át teszi ki és a fénykibocsátásban nem vesz részt közvetlenül. Elektronokkal gerjesztett Hg atomok vonalas színeképet adnak a 185 nm-es és a 257,3 nm-es UV-tartományban. A fénycső belülről fluoreszkáló anyaggal van bevonva. A fénypor olyan összetételű, hogy UV-fény hatására a látható színek tartományban sugároz (fotolumineszcencia). A szemünk által érzékelt színhatás additív színkeverés következménye [4].

Hagyományos fénycső váltakozó áramról táplált elektromos áramköre a 12. ábrán látható [5]. A kapcsoló zárásakor a  $G$  glimmgyújtó kisülési csövében gázkisülés jön létre. A kisülés során keletkező hő hatására a gyújtóba beépített bimetal kapcsoló (13. ábra) zárja az áramkört. Áram indul meg a fojtótekercsen és a  $K_1$  és  $K_2$  izzószálakon, a katódokból elektronok lépnek ki (elektronemisszió). Közben a  $G$  gyújtó kihűl, a bimetal megszakítja az áramkört, a fojtótekercsben a csökkenő mágneses fluxus hatására rövid

12. ábra. A fénycső kapcsolási rajza



ideig tartó, nagyfeszültségű impulzus keletkezik, ami begyújtja a fénycsövet, megindul a gázkisülés. Ezt követően a tekercs áramkorlátozó elemként biztosítja a cső működéséhez szükséges áramerősséget.

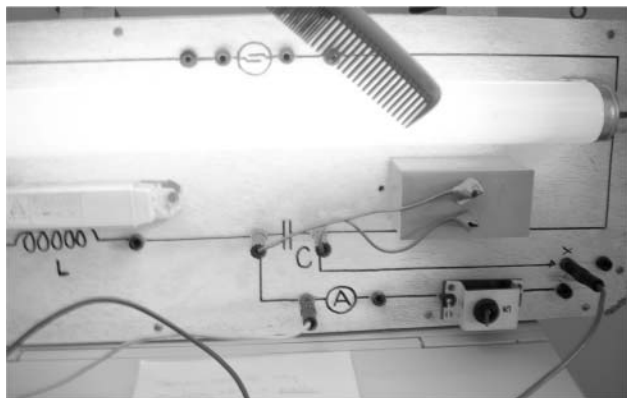
Akinek kedve van egy kis romantikához, a glimmgyújtóban lévő bimetallemez felmelegítésére használhat hagyományos, hétköznapi eszközt, például gyufát, gyertyát vagy öngyújtót. Amikor az ikerfémlemez kihűl és megszakítja az áramkört, jól látható szikrák keletkeznek az érintkezési felületeken. Ezek egyrészt beégést eredményezve csökkentik a kapcsoló élettartamát, másrészt elektromágneses hullámokat is keltenek. A nem kívánt hatások elkerülése végett, a gyújtó tartalmaz még egy zavarűző kondenzátort is, ami az indukált feszültség okozta fölösleges töltés felhalmozásával csökkenti a szikrázást, s egyben sőtöli a magas (rádió)frekvenciás áramokat is.

A 12. ábrán látható összeállítás még egy alkatrészt, úgynevezett fázisjavító kondenzátort is tartalmaz. Ha eltávolítjuk ezt a kondenzátort, a főágban számottevő áramerősség-növekedést figyelhetünk meg, miközben a cső ugyanolyan intenzitással világít. Ez azt jelenti, hogy változatlan hatásos teljesítmény mellett jelentősen megnő a látszólagos teljesítmény. Az energiavesztés csökkentésében betöltött fontos szerepe ellenére a kondenzátornak a fénycső működtetésében nincs különösebb funkciója.

Hasonlóan „nélkülözhető” a glimmgyújtó is. Kicserélhető lenne egy mechanikus kapcsolóra, de teljesen el is hagyható. De hogyan gyújtjuk be nélküle a feny-

13. ábra. A gyújtó bimetal kapcsolója





14. ábra. A fénycső begyűjtása fésű segítségével

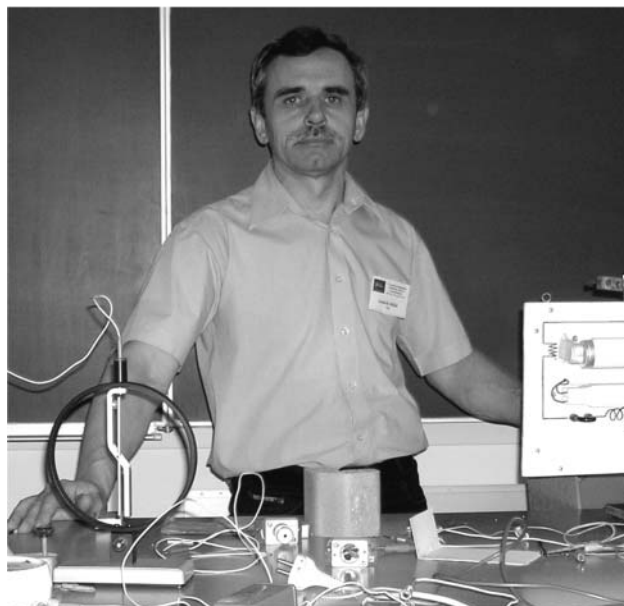
csövet? Forduljunk segítségért az elektrosztatikához és használjunk valamilyen kéznél lévő hétköznapi eszközt, például hagyományos fésűt. Hozzuk a fésűt (optimális esetben hajunk segítségével) elektromos állapotba, majd húzzuk el a cső előtt (14. ábra).

## Néhány megjegyzés

A bemutatott kísérletek egy részénél a hálózati, illetve annál is nagyobb feszültségek alkalmazása elkerülhetetlen. Ilyen a glimmlámpa vagy a fénycső működtetése. A fotoeffektus bemutatásához nincs szükség a vaku szétszedésére, de a siker érdekében el kell távolítani a villanócső elől az UV-szűrőként is funkcionáló Fresnel-lencsét. A kondenzátor feltöltése/kisütése elvégezhető kifestésű egyen- vagy váltakozó áram segítségével is. Ugyanakkor a vaku kondenzátorával összemérhető energiára kis feszültséggel csak irreálisan nagy (nem hétköznapi) kapacitású kondenzátorral érhető el.

## Összegzés

A fizikai jelenségek tanulmányozására jó lehetőséget kínálnak a hétköznapiaink kényelmét szolgáló, környezetünkben fellelhető használati tárgyak, eszközök.



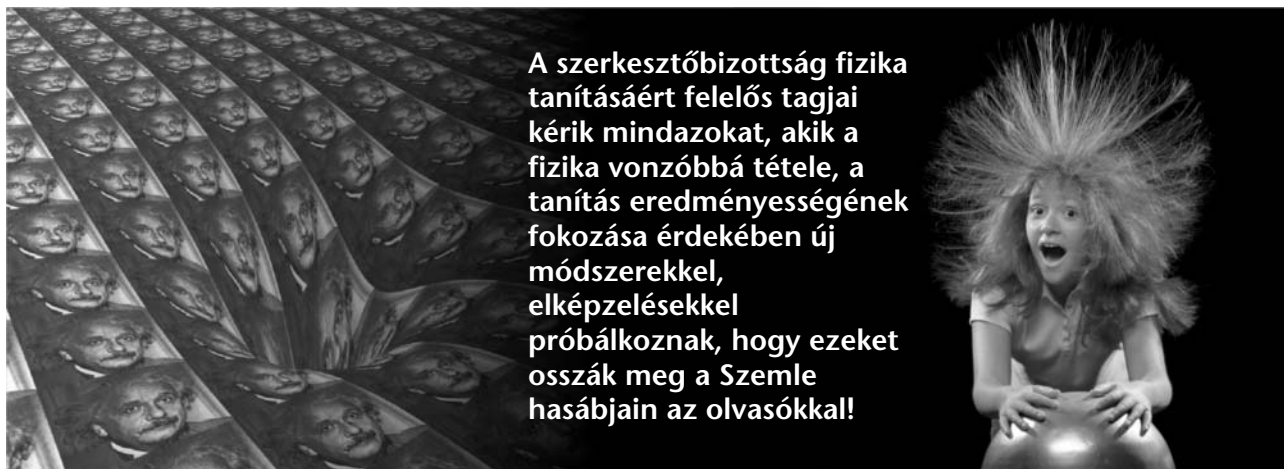
Jendrek Miklós kísérleti eszközeivel

zök. Ezek, illetve a bennük található kisebb-nagyobb egységek, alkatrészek segítségével a fizika-oktatás – a mechanikától az atomfizikáig terjedő – tematikájának széles palettáját átölelő jelenségek sokasága mutatható be. Egy-egy eszközben rejlő, ismeretszerzést, tanulmányozást célzó lehetőségek szinte kimeríthetetlenek.

Bemutatóm legfőbb célja az volt, hogy felhívjam a figyelmet a vizsgálódáson alapuló, tapasztalatra épülő tudásszerzés fontosságára, valamint arra, hogy e célra kiválóan alkalmasak az egyszerű, hagyományos, hétköznapi eszközök.

## Irodalom

1. [http://www.quartz1.ru/Si/Si\\_Gaz/si\\_gazl.htm](http://www.quartz1.ru/Si/Si_Gaz/si_gazl.htm)
2. Hortobágyi I., Rajkovits Zs., Wajand J.; *Matematikai, fizikai, kémiai összefüggések. Négyjegyű függvénytáblázatok*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2001.
3. <http://hu.wikipedia.org/wiki/F%C3%A9nycs%C5%91>
4. <http://www.freeweb.hu/hmika/Lexikon/Html/Fenycso.htm>
5. <http://mek.niif.hu/00500/00572/html/viltech2.htm>



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

# AZ ELEKTRON FAJLAGOS TÖLTÉSÉNEK MEGHATÁROZÁSA MAGNETRON-MÓDSZERREL

Bartos-Elekes István  
Ady Endre Líceum, Nagyvárád

*A kísérlet mérési eredményeit mindig el kell fogadni! Ha a mérési eredmények nem egyeznek az irodalmi adatokkal, akkor a mérőkészülékben, vagy a mérési módszerben van a hiba. A fizikus ilyenkor megkeresi a hibát. Ha nem találja, akkor vagy nem ért hozzá, vagy egy majdani Nobel-díjas kísérletével állunk szemben...*

1997-ben Nagyvárádon rendezték meg a romániai Fizikai Olimpia (O.K.T.V) országos döntőjét. Az elektron felfedezése után száz évvel e jubileumi alkalomra, az elektron fajlagos töltése meghatározását és az ehhez tervezett készülékeket ajánlottam a XII. osztályos versenyzők kísérleti próbájára (80 példányban). A készülékek prototípusát már 1971-ben megépítettem, azóta bemutató kísérletként sokszor használtam. A megmaradt készülékek segítségével a verseny után egy egész osztállyal (14 mérőhely) végezzük el a laboratóriumi gyakorlatot.

Az elektron fajlagos töltése meghatározásának igen sok módszere ismert, a legtöbb berendezés a kettős eltérítés elvét alkalmazza együttes elektromos és mágneses terekben. Az elektron által leírt pályából, vagy egy ismert pályára kényszerítés feltételeiből kiszámíthatjuk az  $e/m$ -et, a fajlagos töltést. Az itt bemutatásra kerülő kísérletnek abban rejlik az igazi szépsége, hogy látszólag mindent jól mérünk, de a kapott érték mégis, szinte *egy nagyságrenddel eltér* az irodalmilag elfogadott értéktől. A jövő fizikuspalántáinak, a mérések elvégzésén kívül az a feladata, hogy *csak a kísérletek alapján, találják meg a hiba okait*. Az iskolai laboratóriumi gyakorlat előtt egy sor rész-kísérletet is bemutatok, ezek egy része nagyon munkaigényes, illetve nincs elég készülék az egész osztállyal való kísérletezéshez. Itt mindegyik kísérlet bemutatásra kerül, a kapcsolási rajzokkal együtt (talán érdekesnek ígérkezik a középiskolai körülmények között a tized  $\mu\text{A}$ -es áramok három számjegyes mérése).

## Termikus és gyorsított elektronok mozgása transzverzális mágneses térben

Egy vákuumdiódát elektronforrásként használunk fel, az elektronokat (elvileg) körpályára kényszerítjük. A katódból kisebbességű, nem gyorsított elektronok (*termikus elektronok*) lépnek ki, és ezzel a kilépési sebességgel, vagy az anód gyenge elektromos terében felgyorsulva (*gyorsított elektronok*) az anód felé tartanak. Az elektronok a transzverzális mágneses térben a Lorentz-erő hatására körívet írnak le, majd az anódba ütköznek; így jön létre az anóráram. A pálya görbületi sugara és a mágneses tér erőssége között egyértelmű kapcsolat van. A mágneses tér növelése esetén a görbületi sugár csökken, majd egy kritikus érték felett az elektronok többé már nem érik el az anódot, az anóráram hirtelen csökken. Az elektroncső fizikai felépítése

és méretei alapján meghatározható az anód és a katód közé „beférő” legkisebb körpálya mérete, illetve innen kiszámítható az elektron fajlagos töltése. A nagyfrekvenciás technikában a magnetronok hasonló elven működnek, ezért a fajlagos töltés ( $e/m$ ) meghatározásának ezt a módját magnetron-módszernek nevezték el.

Termikus elektronok,  $U_a = 0$

Az 1. ábrán a dióda belső felépítésének keresztmetszete látható. Az ábra alapján felírható a következő összefüggés:

$$\frac{d_2}{2} = R + \sqrt{R^2 + \left(\frac{d_1}{2}\right)^2},$$

ahonnan megkapjuk az anód elérésének geometriai feltételét:

$$R = \frac{d_2^2 - d_1^2}{4 d_2}.$$

A fizikai feltételt a Lorentz-erő és a centrifugális erő egyensúlyából kapjuk:

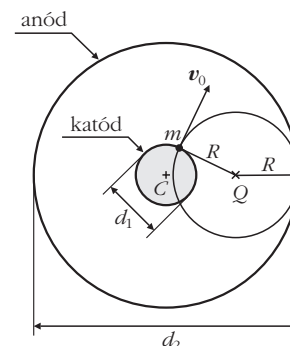
$$\frac{m v_0^2}{R} = e v_0 B_c.$$

A geometriai és fizikai feltételeket összevetve a

$$\frac{d_2^2 - d_1^2}{4 d_2} = \frac{m v_0}{e B_c} \quad (1)$$

egyenletet kapjuk.  $B_c$  a kritikus mágneses indukció értéke, amely az  $I_a = f(I_0)$  görbe inflexió pontját jelö-

1. ábra. A dióda belső felépítésének keresztmetszete.



li. A  $B_c$ -t az  $I_c$  kritikus áram értékéből számíthatjuk ki az induktivitás definíciós képlete alapján:

$$L = \frac{n\Phi}{I}, \quad \Phi = BS \rightarrow B = \frac{LI}{nS}.$$

A kritikus értékre alkalmazva a

$$B_c = \frac{LI_c}{nS}$$

képletet kapjuk, ahol  $\bar{S}$  a tekercs átlagkeresztmetszete,  $L$  a tekercs induktivitása,  $n$  a tekercs menetszáma. Az (1) egyenletben elvégezzük a szükséges műveleteket és megkapjuk az elektron fajlagos töltése abszolút értékének számítási képletét (a Lorentz-erő skaláris formában való felírásával elvesztettük az elektron töltésének előjelét):

$$\left| \frac{e}{m} \right| = \frac{4 d_2 v_0}{d_2^2 - d_1^2} \frac{1}{B_c} = \frac{4 d_2 v_p}{d_2^2 - d_1^2} \frac{n \bar{S}}{LI_c}. \quad (2)$$

Gyorsított elektronok,  $U_a > 0$

Felírjuk a Lorentz-erő forgatónyomatéka hatására létrejövő pályanyomaték ( $\mathbf{K}$ ) változási sebességét. A tagokat egyenként felírva egy kettős vektorszorzathoz jutunk (2. ábra):

$$\begin{aligned} \frac{d\mathbf{K}}{dt} &= \mathbf{M} = \mathbf{r} \times \mathbf{F}_L = \mathbf{r} \times (-e\mathbf{v} \times \mathbf{B}) = \\ &= -e\mathbf{v}(\mathbf{B} \cdot \mathbf{r}) + e\mathbf{B}(\mathbf{v} \cdot \mathbf{r}). \end{aligned} \quad (3)$$

A mágneses indukcióvektor merőleges az elektron mozgási síkjára, így a (3) egyenletben  $\mathbf{B} \cdot \mathbf{r} = 0$ , tehát a Lorentz-erő forgatónyomatéka:

$$\mathbf{M} = e\mathbf{B}(\mathbf{v} \cdot \mathbf{r}) = e\mathbf{B}(\mathbf{r} \cdot \mathbf{v}).$$

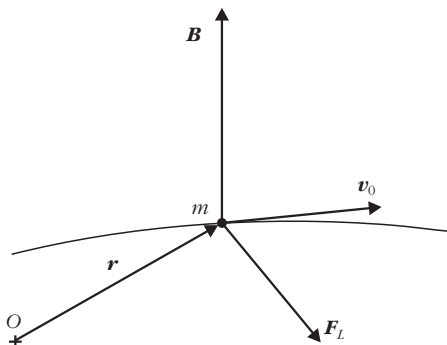
Észrevehető, hogy

$$\mathbf{r} \cdot \mathbf{v} = \mathbf{r} \cdot \frac{d\mathbf{r}}{dt} = r \frac{dr}{dt} = \frac{1}{2} \frac{d}{dt}(r^2).$$

Az eddigieket felhasználva újból felírhatjuk a pályanyomaték változási sebessége képletét:

$$\frac{d\mathbf{K}}{dt} = \frac{1}{2} \frac{d}{dt}(r^2) e\mathbf{B},$$

2. ábra. Az  $U_a$  gyorsító térben mozgó elektron.



ahonnan

$$\frac{d\mathbf{K}}{dt} - \frac{1}{2} \frac{d}{dt}(r^2) e\mathbf{B} = 0.$$

Ezt a kifejezést teljes deriváltként is felírhatjuk:

$$\frac{d}{dt} \left( \mathbf{K} - \frac{1}{2} e\mathbf{B} r^2 \right) = 0.$$

Mivel a derivált értéke zérus, a deriválandó kifejezés értéke állandó:

$$\mathbf{K} - \frac{1}{2} e\mathbf{B} r^2 = \mathbf{c}. \quad (4)$$

A (4) kifejezés állandó marad a katódból való kilépéstől az anód eléréséig. Indexeljük a kilépési értékeket  $S$ -sel (Start), az érkezésieket  $T$ -vel (Target). A (4) kifejezés így alakul (a  $B_c$ -t állandónak vesszük az egész térben):

$$K_S - \frac{1}{2} e B_c r_S^2 = K_T - \frac{1}{2} e B_c r_T^2. \quad (5)$$

A kezdeti és végső feltételek alapján felírhatjuk:  $K_S = 0$  (elhanyagoljuk a termikus elektronok kilépési sebességét),  $r_S = d_1/2$ ,  $r_T = d_2/2$ ,  $K_T = m v d_2/2$ . Behelyettesítjük az (5) egyenletbe, majd kifejezzük az anódhoz való érkezés sebességét:

$$v = \frac{e B_c (d_2^2 - d_1^2)}{4 m d_2}. \quad (6)$$

A gyorsító feszültség hatása alatt az elektronok végsebessége a következő képlettel számítható ki:

$$v = \sqrt{\frac{2 e U_a}{m}}. \quad (7)$$

A (6) és (7) kifejezéseket összevetve, a négyzetre emelés után megkapjuk az elektron fajlagos töltése abszolút értékének számítási képletét (a Lorentz-erő felírásánál már figyelembe vettük az elektron negatív töltését):

$$\left| \frac{e}{m} \right| = \frac{32 d_2^2}{(d_2^2 - d_1^2)^2} \frac{1}{B_c^2} U_a. \quad (8)$$

A (8) kifejezésbe behelyettesítjük a kritikus mágneses indukció ( $B_c$ ) értékét:

$$\left| \frac{e}{m} \right| = \frac{32 d_2^2}{(d_2^2 - d_1^2)^2} \frac{n^2 \bar{S}^2}{L^2 I_c^2} U_a. \quad (9)$$

*Következtetés:* A termikus elektronok esetében a (2), a gyorsított elektronok esetében pedig a (9) képlet segítségével *kiszámítható az elektron fajlagos töltése*. A következőkben, meghatározhatóvá kell tennünk a (2) és a (9) képlet jobb oldalain szereplő fizikai mennyiségeket.



3. ábra. A vákuumdióda.

## A kísérleti berendezés

A fenti megállapítás szerint a (2) képlethez a termikus elektronok legvalószínűbb sebességét ( $v_p$ ), mindkét képlethez pedig (a mágneses indukció számításához szükséges) a diódát is tartalmazó tekercs-induktivitását ( $L_D$ ) kell meghatároznunk. A többi mennyiség konstrukciós, vagy közvetlenül mérhető adat. A kísérleti berendezés összerakásakor a két képletben „szereplő” fizikai eszközöket olyan módon kell kiválogatnunk, hogy a lehetőségekhez mérten, a lehető legkisebb mérési hibát okozzák.

## Vákuumdióda

A magnetron-módszer legfontosabb eleme, egy könnyen hozzáférhető elektronforrás. Vákuumdióda-ként a valamikori fekete-fehér TV nagyfeszültségű egyenirányítójában használt elektroncsövet (3. ábra) választottam (3Ц18П típusú, ejtsd: 3C18P). A választás azért esett erre az elektroncsőre, mert a közvetett fűtésű katódja igen kis átmérőjű, az anódja pedig ehhez képest jóval nagyobb, így az elméleti számításokban feltételezett ideális körülményeknek igen jól megfelel (nagy átmérőjű anód, kis átmérőjű katód). Az sem hagyható figyelmen kívül, hogy csak ebből tudtam beszerezni nagyobb mennyiséget. Az elektroncső belsejében létrehozott magas vákuum (valamikor 20 kV egyenirányítására tervezték) biztosítja a katód által kibocsátott elektronok szabad, ütközésmentes mozgását. A dióda katódja egy vékony cső, anódja a katóddal koaxiálisan elhelyezett henger. A katódot a belsejében található izzószál körülbelül 800 °C-ra hevíti fel. A felhevített katód elektronokat bocsát ki, ezek



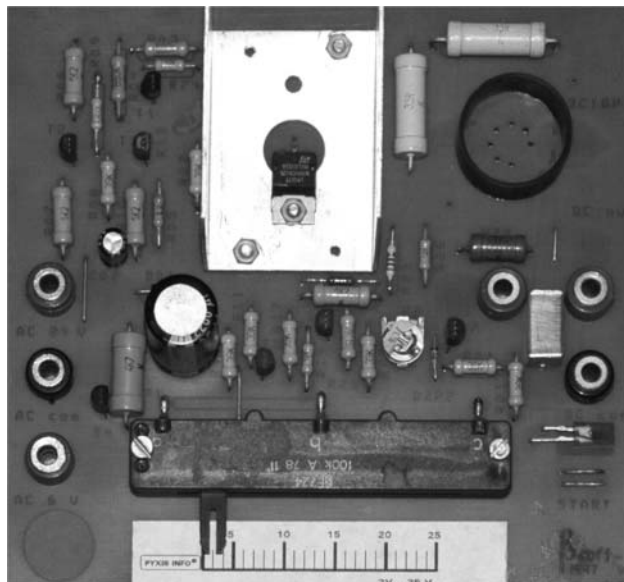
4. ábra. A tekercs.

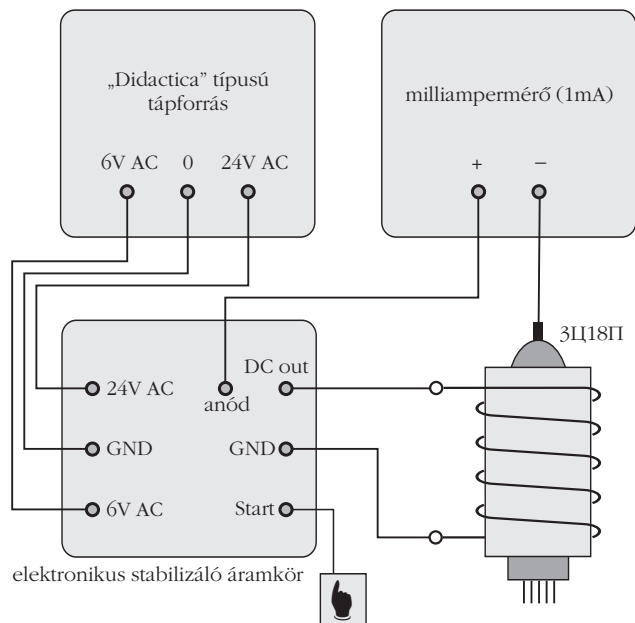
maguktól is elérnek az anódig, így néhány tized mA-es anóddáram alakul ki (termikus elektronok). A gyorsított elektronok esetében, az anód potenciálja a katódhoz képest pozitív lévén, vonzza ezeket az elektronokat, megjelenik egy mA nagyságú anóddáram. Felépítés szempontjából az ezüst színű henger az anód, amely koncentrikus az elektroncső üvegházával, míg a katód e henger belsejében található és koncentrikus az anóddal. A cső tetején az anód csatlakozása van. A fekete folt a gyártáskor az üveg falára lecsapódott bárium, ez biztosítja a vákuumozásakor még megmaradt oxigénmolekulák befogását (*getter*).

## Tekercs

$B$  mágneses indukciójú mágneses tér létrehozására szolgál (4. ábra), és a dióda foglalata körüli fekete gyűrűre kell helyezni, koaxiálisan a diódával. A tekercset az elektronikus stabilizáló áramkör táplálja.

5. ábra. Az elektronikus stabilizáló áramkör.





6. ábra. A kísérleti berendezés tömbvázlata.

### Elektronikus stabilizáló áramkör

Az 5. ábrán látható áramkörnek két megkülönböztetett állapota van, amelyeket a kapcsolás jobb alsó részén levő zöld LED is jelez:

- *Várakozási üzemmód.* A kimeneti feszültség  $U_0 = 1,3$  V, rövidzár-védett, nem szabályozható (a LED sötét).
- *Aktív üzemmód.* 1,5 A-ig terhelhető, rövidzár-védett, változtatható feszültségű (2,0 V – 25 V) egyenáramforrás. Ebbe az állapotba való átkapcsolás a START felirat feletti két huzal 1–2 s-ig tartó megérintésével érhető el (a LED alatt). Ezután a LED világitani kezd, és a következő 8–10 s-ban a potenciométer skáláján beállított feszültséget ( $U_0$ ) szolgáltatja. Ezután a LED lassan kialszik és a berendezés átvált a várakozási üzemmódba. A tekercsen átfolyó áram erősségét ( $I_0$ ) a beállított feszültség ( $U_0$ ) és a tekercsen jelzett  $R$  ellenállás értékének a segítségével számoljuk ki ( $I_0 = U_0/R$ ). Egyedi méréseknél a tekercsen átfolyó áram meghatározására egy analóg mérőműszert alkalmazunk, így sokkal pontosabban számíthatjuk ki a mágneses indukciót, hiszen a tekercs melegedéséből származó hiba teljesen kizárt (az  $R$  változhat, de az  $I_0$  határozza meg a mágneses indukciót). A beállított mágneses térnél meghatározzuk az anódáramot. Az adatok feljegyzése, valamint az új feszültség beállítása után (50–60 s) az áramkör biztonságosan újraindítható. Mindkét üzemmódban a dióda anódáramkörének  $U_a = 19,5$  V stabilizált feszültségét szintén ez az áramkör biztosítja.

### A kísérleti összeállítás

A kísérleti berendezés tömbvázlata a 6. ábrán látható. A vákuumdióda egy áramjárta tekercsben található. Egy elektronikus stabilizáló áramkör segítségével rövid ideig (10 s) igen erős és kiszámítható értékű mágneses teret (pontosabban, mágneses indukciót)

hozzatunk létre. Az időkorlátozás a tekercs esetleges túlmelegedése miatt szükséges. Ez az áramkör adja a stabilizált anódfeszültséget is, a gyenge elektromos gyorsítótér létrehozásához, valamint itt található a vákuumdióda fűtéséhez szükséges áramkör. Az elektronikus stabilizátor egy klasszikus, iskolai, „Didactica” típusú tápforrásról működik. Az elektroncső anódáramát a milliampermérő, egyedi méréseknél digitális mikroampermérő segítségével mérjük meg.

### Konstruktions adatok

Ezek az adatok feltétlenül szükségesek a mérési eredmények feldolgozásához.

#### 1. 3U18II típusú vákuumdióda:

- A katód külső átmérője:  $d_1 = 0,9$  mm
- A katód hasznos hossza:  $l_c = 6,1$  mm
- Az anód belső átmérője:  $d_2 = 9,8$  mm
- Az anód külső átmérője:  $d_3 = 10,9$  mm
- Az anód hossza:  $l_a = 20,9$  mm

#### 2. Gyorsítófeszültség:

- Az anódárammérő műszer zsinórját a GND-re kötve a gyorsítófeszültség  $U_a = 0$ .
- A műszer zsinórját az anódra kötve a gyorsítófeszültség  $U_a = 19,5$  V.

#### 3. Az elektromágnes tekercse:

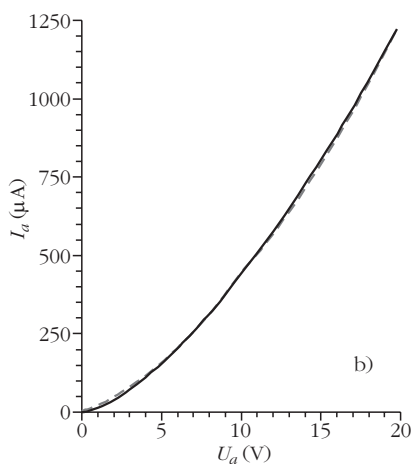
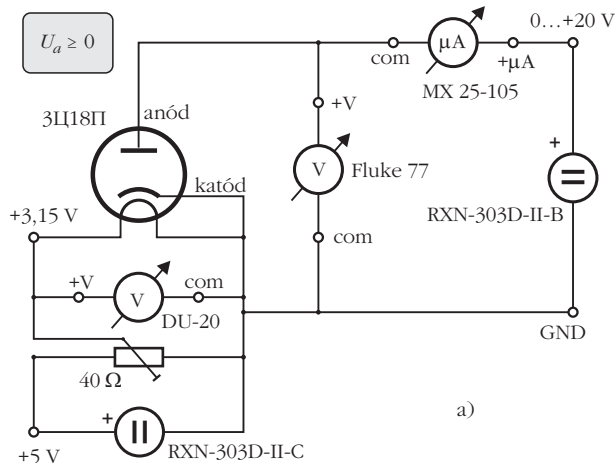
- Külső átmérő:  $D_2 = 40$  mm
- Belső átmérő:  $D_1 = 24$  mm
- Szélesség:  $a = 30$  mm
- Menetszám:  $n = 1600$
- A tekercs ellenállása a címkéjéről olvasható le (körülbelül  $27 \Omega$ ).

### Előkészítő kísérletek

A *gyorsítási karakterisztika* segítségével meggyőződhetünk arról, hogy az általunk használt gyorsítási tartományban nem lép fel az anódáram telítődése. Az elektronok legvalószínűbb kilépési sebességét ( $v_p$ ) a *fékezési karakterisztika* elemzéséből számítjuk ki. Mivel igen nagy szórásra számíthatunk, az elektront gyorsítani is fogjuk, és erősebb mágneses térrel térítjük el. A mágneses tér létrehozásához használt tekercs egyáltalán nem tekinthető szolenoidnak, ezért az általa létrehozott mágneses indukciót csak közvetve számíthatjuk ki az önindukciós együtthatója ( $L$ ) és az átfolyó áram ( $I_0$ ) segítségével. Soros RLC-áramkört alakítunk ki a tekercsből meg egy kondenzátorból, és megvizsgáljuk a *rezonanciagörbe* változásait csővel és cső nélkül. Itt választ kaphatunk arra is, hogy az elektroncső tartalmaz-e ferromágneses anyagokat vagy sem. Négy kísérletről van szó, ezek adatokat szolgáltatnak az  $e/m$  meghatározásához.

### A dióda gyorsított üzemmódban

A 7.a ábrán látható kapcsolás segítségével felvettük a dióda voltamperes karakterisztikáját (7.b ábra). Az anódáramot egy egyszerű digitális mikroampermérő-



7. ábra. Kapcsolási rajz a gyorsított üzemmódban működő diódához és a fékezési karakterisztika.

vel mérjük. A mérési eredmények az 1. táblázatban láthatók. A mérési sor adatai a gyorsítási anódkarakterisztikát írják le. A 7.b ábrán szereplő szürke, szaggatott grafikonból jól láthatjuk, hogy érvényesül az  $I_a = kU_a^{5/2}$  formájú, az irodalomból ismert háromkettés törvény. A későbbiekben használt  $U_a = 19,5$  V gyorsítási feszültség kisebb az itt alkalmazott 19,8 V-nál, és az anódáram görbéje egyáltalán nem mutatja jelét a telítődésnek, vagyis az elektronok sebességét a gyorsításukra felhasznált munka alapján számíthatjuk ki:

$$v = \sqrt{\frac{2 e U_a}{m}} \approx 2600 \text{ km/s.}$$

**Következtetés:** ez a dióda a gyorsítási üzemmódban megfelelő elektronforrásnak tűnik a fajlagos töltés meghatározására.

A dióda fékezési üzemmódban

Az előbb  $U_a = 0$  V-nál egy igen kis értékű anódáramot figyelhettünk meg. Az áram létrejöttének tisztázására az anódfeszültséget negatív irányba is eltoltuk. A fékezési üzemmódban a 8.a ábrán látható kapcsolást használtuk. Az  $U_{PQ}$  anódfeszültség-forrás folytonosan

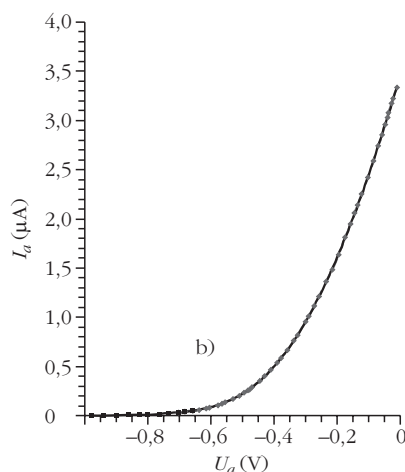
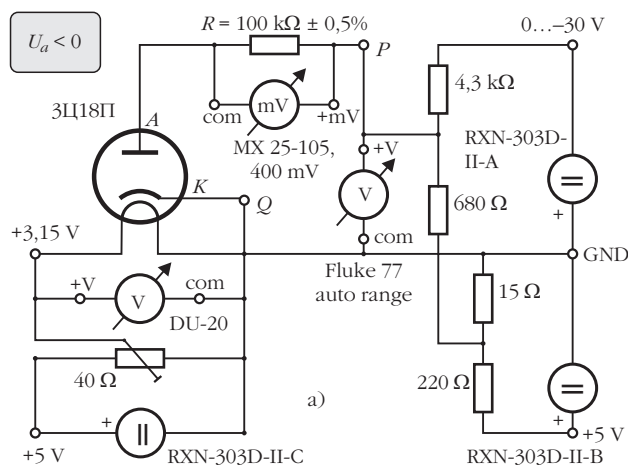
1. táblázat

A gyorsított üzemmódu dióda anódján mérhető áramerősség az anód és katód közötti feszültség függvényében, valamint az irodalmi adatok

$U_a$ (V)	$I_a$ (μA)	$I_a = kU_a^{5/2}$	$U_a$ (V)	$I_a$ (μA)	$I_a = kU_a^{5/2}$
0,0	3	0	7,2	267	268
0,2	7	1	8,2	325	326
0,5	11	5	9,6	416	413
1,0	21	14	10,9	498	499
1,5	33	25	12,2	583	591
2,0	49	39	14,1	720	735
3,0	79	72	16,6	926	939
4,0	115	111	18,3	1080	1087
5,5	181	179	19,8	1223	1223
6,3	220	219			

szabályozható feszültséget ad a 0–1000 mV feszültségintervallumban. A kapcsolás érdekessége, hogy a szabályozott tartományt a felső táp feszültségének beállításával érjük el. A másik érdekesség, hogy a rendkívül kicsi, néhány tized μA-es anódáramokat egy precíziós ellenálláson ( $R = 100 \text{ k}\Omega \pm 0,5\%$ ) létrejövő feszültség-ből számítjuk vissza, miközben természetesen az anódfeszültséget is korrigálni kell. A mért  $U_R$  (mV)

8. ábra. Kapcsolási rajz a fékezési üzemmódban működő diódához és a fékezési karakterisztika.





2. táblázat

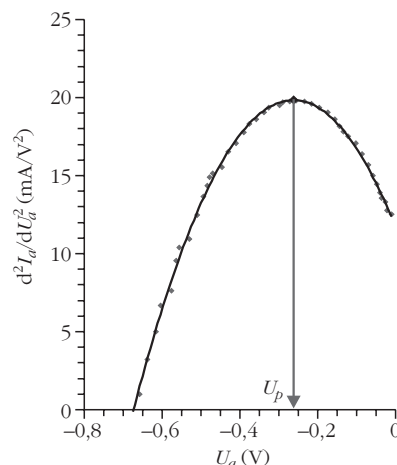
A fékezési üzemmódú dióda anódáramát jellemző, a precíziós ellenálláson eső  $U_R$  feszültség az  $U_{AK} = U_{PQ} - U_R$  anódfeszültséget jellemző  $U_{PQ}$  függvényében

$U_{PQ}$ (mV)	$U_R$ (mV)	$U_{PQ}$ (mV)	$U_R$ (mV)	$U_{PQ}$ (mV)	$U_R$ (mV)
319	330,0	-137	146,9	-543	13,1
297	319,0	-162	134,9	-552	12,1
288	314,5	-189	119,8	-566	10,7
268	304,5	-204	110,1	-596	8,2
259	300,0	-245	100,2	-609	7,2
245	292,9	-262	94,8	-632	5,8
224	282,6	-291	81,0	-654	4,7
201	271,2	-319	75,4	-680	3,7
170	256,1	-336	66,2	-700	3,0
137	239,6	-364	58,0	-732	2,1
102	223,4	-391	53,3	-762	1,6
78	211,9	-410	45,9	-800	1,0
60	203,9	-441	39,3	-824	0,8
36	192,7	-452	35,1	-859	0,5
5	179,1	-458	28,4	-899	0,3
-34	161,9	-472	26,4	-940	0,2
-69	146,9	-489	25,3	-980	0,1
-99	134,9	-514	22,9		

értéket le kell vonnunk az  $U_{PQ}$ -ból:  $U_{AK} = U_{PQ} - U_R$ . Az anódáram értékét a következő összefüggésből számíthatjuk ki:  $I_a$  ( $\mu\text{A}$ ) =  $U_R$  (mV) / (100 k $\Omega$ ). A mérési eredményekből (8.b ábra) látható, hogy a negatív anódfeszültség a termikus elektronok lefékezésére szolgált. A grafikon, de inkább a 2. táblázat adataiból meglepődve vesszük észre, hogy az elektronok gyorsítás nélkül is eljutnak az anódig, ezeket az elektronokat termikus elektronoknak nevezzük. Az egyre nagyobb fékezőfeszültséggel megállítjuk a katódból kilépő elektronokat, így meghatározható a termikus elektronok legnagyobb, valamint legvalószínűbb sebessége. A legnagyobb sebességnek a kísérlet szempontjából csak információs jelentősége van, a legvalószínűbb sebesség azonban a termikus elektronok által leírt legvalószínűbb körpálya adatainak kiszámításához nyújt majd segítséget. A 8.b ábra a dióda fékezési karakterisztikája. Látható, hogy a leggyorsabb elektronokat is le tudjuk fékezni az 1000 mV-os fékezőfeszültséggel. Innen kiszámítható a termikus elektronok legnagyobb sebessége:

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{2 e U_a}{m}} \approx 593 \text{ km/s.}$$

A legkisebb négyzetek elve segítségével a mérési pontokra egy negyedfokú polinom függvényt illesztünk. A függvény elsőrendű deriváltja, egy bizonyos fékezési feszültségnél, a feszültség megváltoztatásakor létrejövő áramváltozás mértékét adja meg  $\mu\text{A/V}$ -ban. Ez az áramváltozás a nulla anódfeszültségnél a legnagyobb (legmeredekebb a görbe), itt a nagyon kicsi sebességű elektronokat fékezzük le. A második derivált az áramváltozás változási sebességét írja le  $\mu\text{A/V}^2$ -ben. Segítségével megkapjuk az eredeti, negyedfokú görbe inflexiós pontját, ahol a legtöbb elektront vonjuk ki a „forgalomból”. Az inflexiós ponti fékezőfeszültségből számíthatjuk ki a legvalószínűbb



9. ábra. A dióda fékezési karakterisztikájának második deriváltja.

sebességet, mert ilyen sebességű elektronból van a legtöbb. A második derivált (ez egy másodfokú függvény) maximumhelye megadja az inflexiós ponti legvalószínűbb sebességű elektronokhoz tartozó fékezőfeszültséget. Ez a feszültség a másodfokú illesztési görbe egyenletéből, vagy egyszerűen, a grafikonból is megkapható:  $U_p = -0,263$  V. A termikus elektronok legvalószínűbb sebessége ( $v_p$ ):

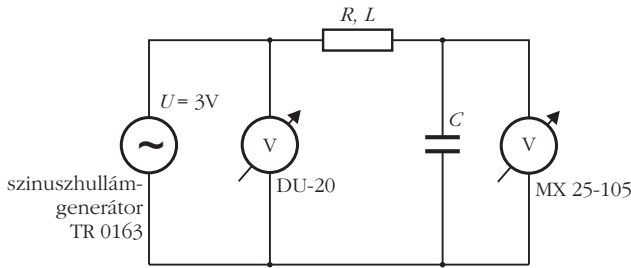
$$v_p = \sqrt{\frac{2 e U_p}{m}} \approx 300 \text{ km/s.}$$

Ez várható érték volt, hiszen ennek valahol a sebességeloszlási görbe szimmetria-középpontjában kell lennie. A legvalószínűbb sebességet egyszerűbb, de kevésbé pontos módon is megkaphatjuk. „Kézzel” deriváljuk a dióda fékezési karakterisztikáját, rendre, félvoltonként megmérjük az érintő iránytényezőjét, és azonnal  $\mu\text{A/V}$  egységekben fejezzük ki (tengelymetszetes alak). A 9. ábra grafikonján jól látható az inflexiós pont, illetve a hozzátartozó  $U_p$  fékezőfeszültség. A módszer előnye, hogy számítógép, sőt felső matematikai ismeretek nélkül is megrajzolható, megérthető.

Következtetés: ez a dióda a fékezési üzemmódban is megfelelő elektronforrásnak tűnik a fajlagos töltés meghatározására.

### A tekercs inductívitasának meghatározása

A rendelkezésre álló tekercs nem szolenoid, tehát inductívitasát kísérletileg kell meghatároznunk. A kondenzátordekádunk segítségével ( $C = 0,5 \mu\text{F}$  állásban) egy soros RLC-áramkört hozunk létre és a TR0163 típusú hangfrekvenciás generátorral tápláljuk (10. ábra). Az  $R$  ellenállás a tekercs saját ellenállása. A jel nagyságát állandó értéken tartva ( $U = 3$  V) változtatjuk a frekvenciát, és mérjük a kondenzátoron levő feszültséget. A 3. táblázatban láthatjuk az üres tekercsrel (3.a táblázat) és a tekercsbe helyezett diódával (3.b táblázat) mért adatokat. Ezekből, de leginkább a belőlük megrajzolt grafikonokból (11.a és 11.b ábra) más, a mágneses tér keltésével kapcsolatos igen fontos dolgokat is meghatározhatunk.



10. ábra. Kísérleti összeállítás a tekercs induktivitásának meghatározásához.

3. táblázat

**A méréshez használt tekercs induktivitásának meghatározásához**

v (Hz)	$U_C$ (V)	v (Hz)	$U_C$ (V)	v (Hz)	$U_C$ (V)
a) A tekercs üres					
365	3,63	769	6,19	1121	26,63
368	3,63	806	6,81	1146	21,33
433	3,82	851	7,82	1173	16,80
444	3,85	896	9,24	1211	12,36
474	3,95	943	11,52	1255	9,30
524	4,16	973	13,72	1277	8,19
525	4,15	1010	17,59	1282	8,00
585	4,46	1026	20,26	1311	6,90
616	4,67	1043	23,13	1364	5,47
686	5,22	1059	26,18	1435	4,23
712	5,48	1092	29,97		
b) A tekercsben benne van a dióda					
346	3,77	825	14,69	928	14,70
405	4,02	841	16,00	937	13,92
425	4,13	852	16,80	948	12,92
496	4,59	861	17,30	969	11,23
517	4,76	870	17,75	992	9,69
563	5,23	875	17,93	1031	7,70
617	5,96	880	17,91	1100	5,52
660	6,79	888	17,60	1142	4,62
715	8,33	893	17,30	1199	3,83
775	10,86	901	16,80	1257	3,20
798	12,50	917	15,71		

A tekercs segítségével állítjuk elő azt a transzverzális mágneses teret, amelyben az elektronok körpályára kényszeríthetők. A tér értékének kiszámíthatósága és a homogenitása az elsődrendű követelmény az  $e/m$  meghatározás pontosságát szempontjából. A kísérletből egyértelműen látható, hogy a rezonanciafrekvencia erősen csökken, ha a dióda a tekercsben van, ez ferromágneses anyagok jelenlétére utal. Az is látható, hogy a második esetben a rezonancia görbe maximuma szinte felére csökken, a sávszélesség nő, ez Foucault-áramok által okozott komoly veszteségekre utal, vagyis a ferromágneses anyagok az elektroncső szerkezetéhez tartozó nagyobb acéldarabok lehetnek. A Thomson-képlet segítségével kiszámíthatjuk a tekercs  $L$  induktivitását:

$$L = \frac{1}{4\pi^2 \nu^2 C}$$

Az üres tekercsre  $L = 42,5$  mH, a diódás tekercsre pedig  $L_D = 66,2$  mH értéket kapunk. A rendelkezésre álló áramforrás által adható legnagyobb feszültség (25 V)

és a tekercs  $27 \Omega$ -os ellenállása meghatározza a legnagyobb áramot:  $I_{\max} = 0,93$  A. A tekercs átlagkeresztmetszete:

$$\bar{S} = \pi \frac{(D_2 + D_1)^2}{16} = 0,804 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2.$$

Kiszámíthatjuk az üres tekercssel elérhető legnagyobb mágneses indukciót:

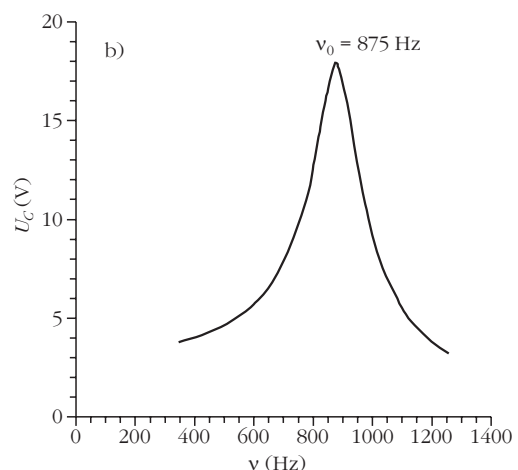
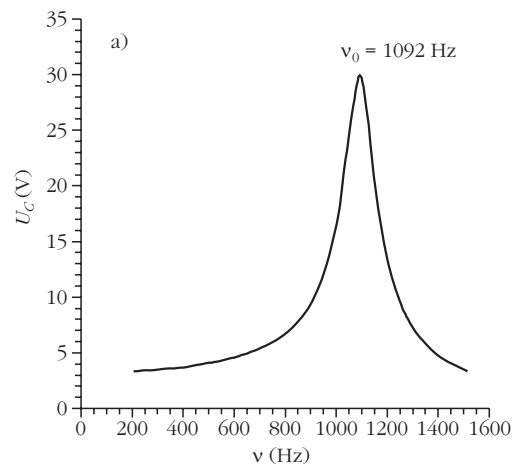
$$B_{\max} = \frac{L I_{\max}}{n \bar{S}} = 30,6 \text{ mT}.$$

Figyelembe véve a gyorsított elektron elérhető legnagyobb sebességét, kiszámítható a tekercs által létrehozható legkisebb körpálya átmérője:

$$D_{\min} = \frac{2 m v_{\max}}{e B_{\max}} = 0,96 \text{ mm},$$

ami bőven „belefér” a katód és az anód közötti térbe, tehát a tekercs alkalmas a fajlagos töltés meghatározásához szükséges mágneses térerősség keltésére. Fentebb azt is láttuk, hogy a diódában ferromágneses anyagok vannak, ezek az elektroncső belső szerkezeti elemei, az anód és a katód nikkelt is tartalmazó alkat-

11. ábra. Az üres (a) és diódát tartalmazó (b) tekercs rezonancia görbéje a rezonanciafrekvenciákkal.



4. táblázat

Az  $I_a$  anódáram változása a tekercsben folyó  $I_0$  áram függvényében

a) Termikus elektronok ( $U_a = 0$ V)					
$I_0$ (mA)	$I_a$ (nA)	$I_0$ (mA)	$I_a$ (nA)	$I_0$ (mA)	$I_a$ (nA)
56,5	387	172,0	226	205,0	72
70,0	386	172,0	225	208,0	61
105,0	380	178,5	179	209,5	64
108,0	376	182,0	155	211,0	55
126,0	362	182,0	168	213,0	49
126,0	353	184,0	160	214,0	43
129,6	350	185,0	150	222,0	37
145,5	329	188,0	133	226,0	29
145,5	326	188,0	142	239,0	33
146,0	290	188,5	150	244,0	13
151,0	303	189,0	158	265,0	19
155,5	294	189,0	136	268,0	5
157,0	266	195,0	109	283,0	14
158,0	265	200,5	88	308,0	2
158,0	275	201,0	86	328,0	7
168,0	247	202,0	79	371,0	4
172,0	227	203,5	65	439,0	3

b) Gyorsított elektronok ( $U_a = 19,5$ V)					
$I_0$ (mA)	$I_a$ ( $\mu$ A)	$I_0$ (mA)	$I_a$ ( $\mu$ A)	$I_0$ (mA)	$I_a$ ( $\mu$ A)
86	865	346	415	718	123
121	864	381	342	722	122
155	864	422	279	775	119
172	862	458	233	820	115
197	865	477	214	845	114
217	858	521	173	861	113
241	839	578	150	874	113
256	820	631	136	877	112
281	696	661	129	880	112
306	544	687	126	887	113
329	458				

részei. A keltett tér átlagértéke csak  $L_D/L = 1,56$ -szor nagyobb a ferromágneses anyagok nélkül mérhető értéknél, de egyes helyeken, a ferromágneses anyagok közelében, ez az érték száznál is nagyobb lehet. Rendkívül erős pályamódosításokra számíthatunk, a körpályáiban ebben az esetben csak papíron léteznek.

A négy előkészítő kísérletből levonható következtetések:

- A dióda, mint elektronforrás, tökéletesen megfelel ebben az  $e/m$  kísérletben.
- A tekercs, mint a mágneses tér létrehozásához szükséges eszköz tökéletesen megfelel ebben, az  $e/m$  meghatározását célzó kísérletben.
- A kettő együtt, a ferromágneses anyagok miatt messziről sem felel meg az  $e/m$  meghatározását célzó kísérletében. Óriási hibák várhatók!

Az  $e/m$  meghatározás mérési eredményei

Az előbbi kísérleti adatok feldolgozása nélkül is, már az adatok felvétele közben láthattuk, hogy nagy különbség mutatkozik a termikus elektronok és a gyorsított elektronok viselkedésében, ha mágneses térben, körpályára kényszerítjük őket. A fékező feszültség értékéből láthatjuk, hogy a termikus elektronok se-

bessége kicsi és nagy a sebesség szórása. A gyorsított elektronok esetében a sebesség jobban meghatározható, kisebb a szórás, de sokkal nehezebb az elméleti számítás (gyorsuló elektron eltérítése). A mérési adatok felvétele rendkívül időigényes. Mivel előre sejtjük a görbék alakját, a vízszintes szakaszokon az elektromágneses áramot, a függőleges szakaszokon az anódáramot „léptetjük”, természetesen véletlenszerűen, így sokkal csökkentjük a szubjektív leolvasási hibákat.

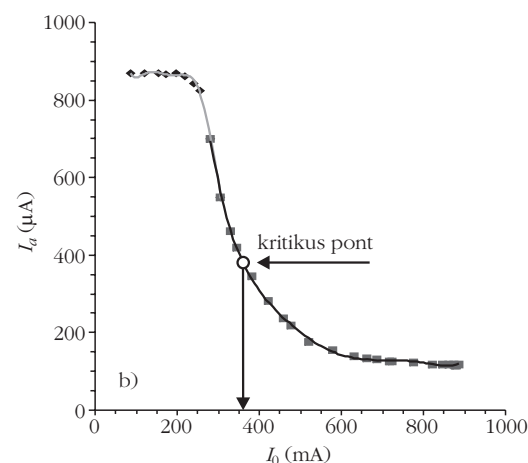
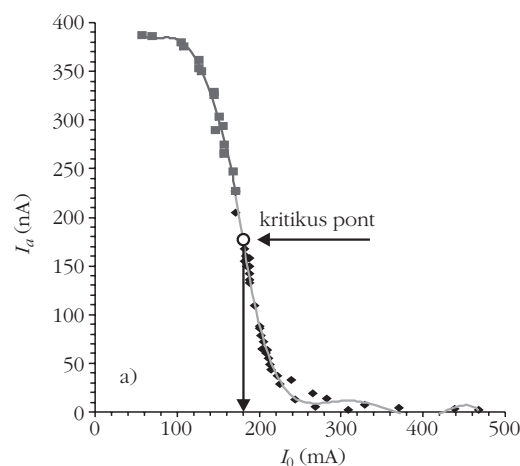
## Termikus elektronok

Tanulmányoztuk az  $I_a$  (nA) anódáram változását a tekercsben átfolyó  $I_0$  (mA) áram függvényében. Az igen kis áramok meghatározására a dióda fékező üzemi módban kísérletnél használt módszert alkalmaztuk. A gyorsítási feszültség  $U_a = 0$  V volt. A kísérleti adatokat a 4. táblázat a) részében foglaltuk össze.

## Gyorsított elektronok

Tanulmányoztuk az  $I_a$  ( $\mu$ A) anódáram változását a tekercsben átfolyó  $I_0$  (mA) áram függvényében. A gyorsítási feszültséget  $U_a = 19,5$  V-ra állítottuk. A kísérleti adatokat a 4. táblázat b) részében foglaltuk össze.

12. ábra. Az anódáram változása a mágneses tér változásával arányos, tekercsben átfolyó áram függvényében a) termikus elektronokra ( $U_a = 0$  V) és b) gyorsított elektronokra ( $U_a = 19,5$  V).



Az  $I_a$  anódáramot ábrázoljuk a mágneses tere létrehozó, a tekercsen átfolyó  $I_0$  áram függvényében. A *termikus elektronok* esetében látható, hogy a mágneses tér egy bizonyos értékéig az anódáram lényegében nem változik, majd erőteljesen csökkenni kezd. A mérések összekötése a legkisebb négyzetek elve alapján történik két szakaszban, mivel nem található olyan polinom, amely megfelelne az ilyen típusú méréseknek (12.a ábra). A nagyobb  $I_0$  értékeknél jól látható a hatodfokú függvény „oszcillációja” a kevés és szétszórt mérési pont miatt. A kritikus pontra kapott letörési áram értéke:  $I_{CT} = 180$  mA (criticThermic). A *gyorsított elektronok* (12.b ábra) esetében is megfigyelhető, hogy a mágneses tér kis értékeinél az anódáramot nem befolyásolja mágneses tér jelenléte, de a letörési érték jóval nagyobb az előbbinél,  $I_{CA} = 360$  mA (criticAccelerated). Az előbbi kísérlethez képest egy másik különbség is adódik: a letörési szakasz meredeksége kisebb, és egy „maradék” anódáram is van. A mérési pontok jobb összetartása miatt az összekötésüket sikerült jobban megoldani, de itt is, csak két szakaszban, szintén magas fokú (hatodfokú) polinomok segítségével.

### Az észlelt jelenség magyarázata

A katód által kibocsátott elektronok transzverzális mágneses térben mozognak. A rájuk ható Lorentz-erő hatására körívet írnak le, amelynek görbületi sugara a transzverzális mágneses tér erősségétől függ. Minél nagyobb a mágneses tér indukciója, annál kisebb a görbületi sugár. Egy bizonyos érték után az elektronok nem érik el az anódot, és az anódáram hirtelen csökken. A kritikus érték a gyorsító feszültségtől, valamint az elektroncső mechanikai felépítésétől függ. A görbék meredekségében látható lényeges különbséget a vízszintes nagytánságnak tulajdoníthatjuk. A tér erős inhomogenitásának következménye, hogy a transzverzális komponens nagysága a széleken nem elég a nagy sebességű elektronok pályájának „begörbítésére”, látszólag ezen elektronokra a mágneses tér nem hat.

### Az $e/m$ számértékei a mért adatok alapján

$\bar{S}$  értéke a konstrukciós adatokból

$$\bar{S} = \pi \frac{(D_2 + D_1)^2}{16} = 0,804 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2.$$

A mágneses indukció számításához a ferromágneses anyagot is tartalmazó tekercs induktivitását ( $L_D$ ) használjuk. A *termikus elektronokra* a megadott, vagy kiszámított értékek alapján ( $d_1 = 0,9$  mm,  $d_2 = 9,8$  mm,  $v_p = 300 \cdot 10^3$  m/s,  $I_{CT} = 180$  mA,  $L = L_D = 66,2$  mH,  $n = 1600$ ,  $\bar{S} = 0,804 \cdot 10^{-3}$  m<sup>2</sup>) a (2) egyenletből következő értéket kapjuk:

$$\left| \frac{e}{m} \right| = \frac{4 d_2 v_p}{d_2^2 - d_1^2} \frac{n \bar{S}}{L_D I_{CT}} = 1,33 \cdot 10^{10} \text{ C/kg.} \quad (10)$$



13. ábra. Az elektron fajlagos töltésének meghatározása a nagyvárad i Ady Endre Líceumban, 2008.

A *gyorsított elektronokra* a megadott, vagy kiszámított értékek alapján ( $d_1 = 0,9$  mm,  $d_2 = 9,8$  mm,  $U_a = 19,5$  V,  $I_{CA} = 360$  mA,  $L = L_D = 66,2$  mH,  $n = 1600$ ,  $\bar{S} = 0,804 \cdot 10^{-3}$  m<sup>2</sup>) a (9) egyenletből következőt kapjuk:

$$\left| \frac{e}{m} \right| = \frac{32 d_2^2}{(d_2^2 - d_1^2)^2} \frac{n^2 \bar{S}^2}{L_D^2 I_{CA}^2} = 1,93 \cdot 10^{10} \text{ C/kg.} \quad (11)$$

### A kísérlet mérési eredményeinek értékelése

A bemutatott módszer segítségével meghatározható az elektron fajlagos töltése. A kísérlet során az irodalmilag elfogadott  $1,759 \cdot 10^{11}$  C/kg értéknél szinte egy nagyságrenddel kisebb értéket kaptunk az elektron fajlagos töltésére, ami komoly konstrukciós hibákra utal. A kísérleti fizikus ilyenkor megkeresi készüléke hibáit, hogy újabb berendezése segítségével pontosabb eredményeket kapjon, majd újabb készüléket épít, majd megint újat...

*E laboratóriumi gyakorlatnak épp ez volt az érdekessége: megtalálni a mérési hibák okát, okait!* A főbb hibaforrásokat a következőkben tudjuk összefoglalni:

- A *szokásos mérési hibákat* az igényes mérőműszerek (0,5% osztályúak) és a nagyon sok mérési pont segítségével, jóval az ilyenkor elvárható érték alá szorítottuk. Ha feltételezzük a legrosszabb esetet és min-

den mérési hibát összeadunk, az így kialakuló összes hiba nem lépné túl a 2%-ot. Az itt keletkezett hiba, azonban, ennél *sokszorososan nagyobb*, ennek *csak konstrukciós oka* lehet.

- A ferromágneses anyagok jelenlétét közvetlenül bizonyítottuk, amikor egy diódát a konstrukciós adatok meghatározása érdekében *finoman feltörtünk* és alkatrészeit a mágnes *erősen vonzotta*.

- Kísérletileg is ellenőriztük, hogy az elektroncső belsejében vannak *ferromágneses alkatrészek*. Itt nem mutattam be, de a diákok elvégzik azt az egyszerű kísérletet, amelynek során a kikapcsolt tekercset finoman megemelve, bekapcsolják a maximális áramot. Ilyenkor a diódában található ferromágneses alkatrészek miatt a cső érezhetően „megrántja” a tekercset. Tehát a diódában ferromágneses anyagok vannak, a kialakult mágneses tér nem lehet homogén és helyenként jóval erősebb a kiszámítottnál. A mi esetünkben *az elképzelt kör alakú pályáknak nincs semmilyen valóságalapja*.

- A *tekercs túl rövid*, ezért az általa keltett mágneses tér elfogadhatóan homogén része jóval rövidebb a katódnál, így nem elégséges a tér hosszanti homogenitá-

sa. A dióda közepén a tér erősebb, tehát hamarabb létrejön az anódáram letörése. A szélek felé ez a jelenség csak nagyobb áramoknál jelentkezik, hiszen az áram letörése szempontjából csak a transzverzális komponensről beszélhetünk. A két görbe különböző letörési meredeksége a vízszintes irányú „nagyításból” származik (nagyobb áramoknál játszódik le az előbbi jelenség). A gyakorlatban sokkal hosszabb tekercset alkalmaznak, ilyenkor az anódáram letörése sokkal meredekebb (mindenütt azonos a transzverzális komponens, azonosak a sebességek, tehát az elektronok egyszerre érik el, vagy egyszerre nem érik el az anódot).

- A gyakorlatban *molibdénből* készült anódot használnak, illetve kerülnek a ferromágneses anyagból készült katódot és belső tartószerkezeteket. Az anód átmérője jóval nagyobb, tehát pontosabb a pálya, nagyobb gyorsító feszültségeket alkalmaznak, így a termikus elektronok kilépési sebessége kevésbé befolyásolja az elektronpálya kialakulását.

- *A kísérlet csak a mérési módszer elvének bemutatására szolgált*, igazi hozadéka, hogy rávilágított a konstrukciós hiba megkeresésének szükségességére és lehetőségére.

## JUBILEUMI FIZIKAVERSENY A KAZINCBARCIKAI SÁGVÁRI GIMNÁZIUMBAN

Petróczi Gábor  
Ságvári Endre Gimnázium

Az idén március 4–5-én rendezték meg a Nagy László Fizikaversenyt a kazincbarcikai Ságvári Endre Gimnáziumban. A nagy hagyományokkal rendelkező, országszerte elismert megmérettetésen a megye nyolc középiskolájának csapata mellett egy debreceni gimnázium is képviseltette magát. Az idei verseny különlegességét az adta, hogy ez volt a Ságvári gimnázium által szervezett jubileumi, huszonötödik rendezvény.

Az első versenynapon a diákoknak tesztfeladatokat és számításos feladatokból álló feladatsorokat kellett megoldaniuk. A tesztek és feladatsorokat

Härtlein Károly kísérleti bemutatót tart.



Zsúdel László nyugdíjas középiskolai tanár, Nagy László volt egyetemi tanítványa állította össze, aki a zsűri elnöke is volt. A feladatokból osztályonként egyet-egyet mutatunk be, közöttük Nagy László két eredeti példáját.

Az első nap délutánján *Härtlein Károly*, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem mérnöke (képünkön) tartott izgalmas kétórás kísérleti bemutatót, amelynek végén több léggör nyomású levegővel egy ceruzát lőtt át két vastag deszkalapon úgy, hogy a deszkák átlukasztását követően a ceruza tülhegyes maradt.

A második napon sorra kerülő szóbeli döntőben a csapatoknak magyarázniuk kellett egy-egy bemutatott fizikai jelenséget, illetve mérési feladatot kellett végezniük és elemezniük.

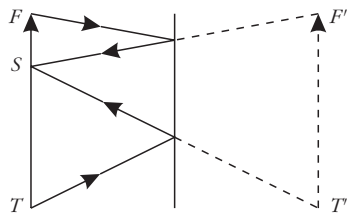
### Válogatás a verseny feladatai közül

#### 9. osztály, 3. példa

- Legalább milyen magas legyen a falitükrök, hogy tetőtől-talpig lássuk magunkat benne?
- Milyen magasra kell akasztani a falon?
- Milyen távol álljunk tőle, hogy teljes testmagaságunkban lássuk magunkat?

Megoldás:

a) A megoldást az ábráról le lehet olvasni: mivel a fejünk tetejéről ( $F$  pont) és a talpunkról ( $T$  pont) is a szemünkbe ( $S$  pont) kell jutniuk a fénysugaraknak tükrörről való visszaverődés után, valamint a beesés szöge és a visszaverődés szöge mindig egyenlő egymással, a tükör magassága éppen testmagasságunk felével egyenlő.



b) A tükör teteje a fejtetőnk és a szemünk közötti távolság felezési pontja magasságában kell legyen. Más megfogalmazásban: a talpunc és a szemünk közötti magasságkülönbség felezőpontjában kell lennie a tükör aljának.

c) A tükör távolsága egyáltalán nem befolyásolja a látottakat: bármilyen távolságban lehet tőlünk. Ez csak a beesési (és visszaverődési) szögek nagyságát határozza meg: ha távolabb van a tükör tőlünk, akkor a szögek csökkennek, ha közelebb, akkor a szögek nőnek.

#### 10. osztály, 4. feladat

Egy vonat két megálló között  $s$  utat tesz meg. Legalább mennyi idő szükséges az út megtételéhez, ha gyorsulása legfeljebb  $a_1$ , lassulása pedig legfeljebb  $a_2$ ? (Nagy László feladata)

Megoldás:

Mivel a legrövidebb menetidőt keressük, megállapíthatjuk, hogy a mozgás csak egyenletesen gyorsuló és lassuló szakaszból áll. Ha közben egyenletes mozgású szakasz is volna, az már növelné a menetidőt.

Indoklás: a fenti állítás legegyszerűbben a sebesség-idő grafikon alapján bizonyítható. Csak gyorsuló és lassuló mozgás esetében a grafikon egy háromszög. Ha a mozgásnak egyenletes szakasza is volna, a grafikon egy trapéz lenne. Ennek szárai, és a háromszög szárai azonos meredekségűek, és a területük, amely a megtett útnak felel meg, is azonos. Ez csak azzal járhat, hogy a trapéz hosszabbik alapja hosszabb, mint a háromszög alapja.

Jelöljük a mozgás maximális sebességét  $v$ -vel! Mivel

$$\frac{v}{2} t_1 + \frac{v}{2} t_2 = s, \text{ ezért } v = \frac{2s}{t_1 + t_2}. \quad (1)$$

Másrészt:

$$t_1 = \frac{v}{a_1}, t_2 = -\frac{v}{a_2}, \text{ tehát } t_1 + t_2 = v \left( \frac{1}{a_1} - \frac{1}{a_2} \right). \quad (2)$$

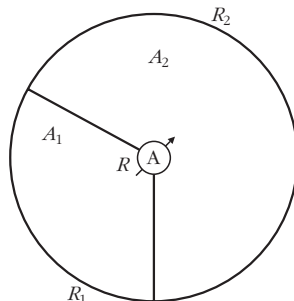
A teljes menetidőt  $s$ -sel,  $a_1$ -gyel és  $a_2$ -vel kell kifejeznünk, így az (1) és (2) egyenletekből  $v$ -t kiküszöbölve:

$$t = t_1 + t_2 = \sqrt{2s \left( \frac{1}{a_1} - \frac{1}{a_2} \right)}.$$

Ez a lehető legrövidebb időtartam az  $s$  távolság megtételére. ( $a_2$  értékét mindig negatív előjellel kell behelyettesíteni!)

#### 11. osztály, 4. feladat

Kör alakú vezetőhurok egyharmad részének ellenállása  $5 \Omega$ , kétharmad részéé  $2 \Omega$ . A kör területe  $0,3 \text{ m}^2$ . A két rész találkozási helyeiről sugárirányú huzalokkal a kör középpontjába kisméretű árammérőt kapcsolunk, amelynek ellenállása  $0,5 \Omega$ . A kör síkjára merőleges homogén mágneses indukció az időben egyenletesen változik:  $\Delta B / \Delta t = 0,4 \text{ T/s}$ .



a) Mekkora áramot jelez az árammérő?  
b) Az árammérőt végtelen ellenállású voltmérővel cseréljük fel. Mekkora feszültséget jelez?  
A mérőműszerek érzéketlenek a külső mágneses térre. (Nagy László feladata)

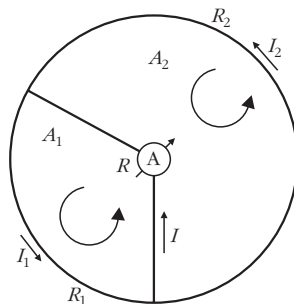
Megoldás:

a) Az  $A_1 = 0,1 \text{ m}^2$ , illetve az  $A_2 = 0,2 \text{ m}^2$  felületű hurokban indukálódó elektromotoros erők:

$$E_1 = \frac{\Delta B}{\Delta t} A_1 = 0,04 \text{ V},$$

illetve

$$E_2 = \frac{\Delta B}{\Delta t} A_2 = 0,08 \text{ V}.$$



A huroktörvény szerint a két körben

$$E_1 = I_1 R_1 + IR$$

$$E_2 = I_2 R_2 - IR$$

érvényes. A csomóponti törvény szerint:

$$I + I_2 - I_1 = 0.$$

A három egyenletből álló egyenletrendszer megoldása, ha  $R_1 = 5 \Omega$ ,  $R_2 = 2 \Omega$  és  $R = 0,5 \Omega$ :

$$I_1 = \frac{\varepsilon_1 (R + R_2) + \varepsilon_2 R}{R_1 R_2 + R(R_1 + R_2)} = 0,0104 \text{ A},$$

$$I_2 = \frac{\varepsilon_2 (R + R_1) + \varepsilon_1 R}{R_1 R_2 + R(R_1 + R_2)} = 0,0341 \text{ A},$$

$$I = I_1 - I_2 = \frac{\varepsilon_1 R_2 - \varepsilon_2 R_1}{R_1 R_2 + R(R_1 + R_2)} = -0,0237 \text{ A}.$$

Az  $R = 0,5 \Omega$  belső ellenállású árammérő  $23,7 \text{ mA}$  erősségű áramot jelez.

b) Ha az árammérő műszer helyébe  $R$  belső ellenállású voltmérőt helyezünk, akkor az

$$U_R = RI = R \frac{\varepsilon_1 R_2 - \varepsilon_2 R_1}{R_1 R_2 + R(R_1 + R_2)}$$

feszültséget mutat. Ideális voltmérő esetén a fenti feszültségnek  $R$  végtelenben vett határértéke esetén kapott feszültséget mérhetjük.

Ezt a határértéket a fenti tört számlálójának és nevezőjének  $R$ -rel való osztásával átalakított alakból

$$\frac{R(\varepsilon_1 R_2 - \varepsilon_2 R_1)}{R_1 R_2 + R(R_1 + R_2)} = \frac{\varepsilon_1 R_2 - \varepsilon_2 R_1}{\frac{R_1 R_2}{R} + R_1 + R_2}$$

könnyen megkaphatjuk:

$$U_R = \frac{\varepsilon_1 R_2 - \varepsilon_2 R_1}{R_1 + R_2} = -0,0457 \text{ V.}$$

## 12. osztály, 4. feladat

A fogászati gyorsan kötő tömőanyagokat fényvel kell megvilágítani, hogy megszilárduljanak. Az egyik ilyen fényforrásra írva azt találjuk, hogy 440–480 nm hullámhosszúságú fényt bocsát ki. (Azaz ez a fény nem monokromatikus, vagy ha az, akkor csak annyit tudunk, hogy hullámhossza ebbe a tartományba esik.)

a) Milyen színű ez a fény?

b) Tételezzük fel, hogy a tömőanyagban hosszú láncmolekulák találhatóak. Becsülje meg ezen láncmolekulák hosszát!

*Megoldás:*

a) A fény színe kék.

b) Egy  $\lambda'$  hullámhosszúságú fény egy fotonjának energiája

$$\varepsilon = hf = h \frac{c}{\lambda'}$$

A megkeményedést azzal magyarázhatjuk, hogy a fenti  $\varepsilon$  energiakvantum felvételével alapállapotból első gerjesztett állapotba jutnak a tömőanyag láncmolekuláinak delokalizált elektronjai, ezzel idézve elő az anyag minőségi változását. A kötőanyagot „alapállapotban” úgy képzelhetjük el, hogy az  $a$  hosszúságú láncmolekula delokalizált elektronjai egy  $a$  hosszúságú húron kialakuló állóhullám „alaphangjának”, azaz csomópont nélküli mintázatának állapotában vannak. Ilyenkor

$$l = \frac{\lambda}{2}$$

Mivel az  $m$  tömegű részecskének (a delokalizált elektronnak) csak mozgási energiája van, ezért:

$$E_m = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} \frac{m}{m} m v^2 = \frac{1}{2} \frac{p^2}{m}$$

A részecske  $p$  impulzusának négyzete kifejezhető a de Broglie-féle hullámhosszképletből:

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{p}, \text{ így } p^2 = \frac{h^2}{\lambda^2}$$

Tehát az elektron mozgási energiája az állapot állóhullám-mintázatának hullámhossza segítségével:

$$E_m = \frac{1}{2} \frac{h^2}{m \lambda^2}$$

A  $\lambda = 2l$ -hez tartozó alapállapotú energia értéke:

$$E_0 = \frac{h^2}{8 m l^2}$$

Első gerjesztett állapotban  $\lambda = l$ , így ennek energiája:

$$E_1 = \frac{4 h^2}{8 m l^2}$$

A tömőanyag megkeményedését az  $\varepsilon = hc/\lambda$  energia-kvantum felvételével az  $E_0$  alapállapotból az  $E_1$  első gerjesztett állapotba jutó delokalizált elektronok okozzák, az ehhez szükséges  $\Delta E$  energia:

$$h \frac{c}{\lambda'} = \Delta E = E_1 - E_0 = \frac{3 h^2}{8 m l^2}$$

Ebből a láncmolekula  $l$  hosszára a

$$l = \sqrt{\frac{3 h \lambda'}{8 m c}}$$

kifejezést kapjuk. Felhasználva, hogy  $m = 9,1 \cdot 10^{-31}$  kg,  $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$  Js és  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s, majd behelyettesítve  $\lambda' = 440$  nm értéket  $l_1 = 6,33 \cdot 10^{-10}$  m, valamint  $\lambda' = 480$  nm értéket  $l_2 = 6,61 \cdot 10^{-10}$  m adódik. Tehát a láncmolekula hossza a becslés szerint 0,633 nm és 0,661 nm között lehet.

## Eredmények

A jubileumi verseny eredményhirdetésén megjelent a verseny névadójának, Nagy Lászlónak özvegye is, aki szép díjakat és okleveleket adott át a kiemelkedően szereplő diákoknak és iskoláknak.

Ebben az esztendőben is a Földes Ferenc Gimnázium vihette haza a legeredményesebb iskolának járó vándorserleget. Második helyen a Herman Ottó Gimnázium csapata végzett, a harmadik helyet pedig a Fráter György Gimnázium versenyzői szerezték meg. A legeredményesebb egyéni versenyzőnek járó serleget *Pázmán Koppány*, a debreceni Dóczy Református Gimnázium 11. évfolyamos versenyzője érdemelte ki. A verseny szponzorainak jóvoltából a zsűri számos különdíjat is odaítélt a kiemelkedő teljesítményt nyújtó versenyzőknek.

# EÖTVÖS LORÁND: A FIZIKA TANÍTÁSÁRÓL AZ EGYETEMEN

E rektori széken elődeim példáját akarom követni én is, mikor egyetemünk egy feladatáról, a fizika tanításáról szándékozom beszélni. ...

Nem lehet szándékom, hogy ez előadásom keretében tárgyamat kimerítsem; csak egyet-mást fogok elmondani azon kérdésekre vonatkozólag, melyekben nem ritkán nyilvánuló zavaros nézetekkel szemben leginkább szükségesnek tartom a felvilágosítást.

Az első kérdés, mellyel tisztában kell lenni annak, a ki tanítani akar, az, hogy kit tanít.

Bölcészeti karunkon képviselt tudományok hallgatói között vannak olyanok, a kik magukat valamely szakban tudósokká kívánják képezni, olyanok, kik azt a szakot mint segédtudományt tanulják s végre olyanok, kik azzal a szakkal csak általános műveltségök kiegészítése végett foglalkoznak. A hallgatóknak mind e három csoportja méltán kívánhatja, hogy az egyetemen megtalálja, a mit keres; de azért ne gondoljuk, hogy mindegyikére nézve külön-külön intézkedések volnának szükségesek. Vezessük csak valamennyit ugyanahhoz a forráshoz, a tiszta tudomány forrásához s legyünk azon, hogy e forrásból eredő folyónak mentén kedvvel kövessen ki-ki addig, a meddig ideje és ereje megengedi.

Nem az a feladat, hogy minden hallgatóknak mást, hanem az, hogy mindegyiknek eleget adjunk.

Azokon kezdem, a kik tőlünk legtöbbet várnak, azokon, a kiket mint tudós társainkat legmesszebbre kell vezetnünk s a kiktől csak akkor volna szabad megválnunk, mikor már segítségünk nélkül maguk tudnak tovább haladni.

És vajjon kik ezek? ...

Van a mi ifjaink között is elég olyan, a ki a tudományért lelkesedni tud, s ha sorsa nem engedi is meg, hogy gondtalanul csak a tudománnyal foglalkozzék, örömmel választ legalább olyan életpályát, mely a tudomány közelébe hozza.

A fizika hallgatói között is van egy ilyen lelkes kis csoport: a középiskolai tanárjelöltek.

Ők azok, a kiket e szakban tudósokká kell képeznünk; tudósokká mindenekelőtt azért, hogy tanítani tudjanak.

Sokszor hallottam én már, és pedig a tanúggal foglalkozók szájából is, azt a véleményt, hogy a középiskolába, az általános műveltség ez iskolájába, nem kell szaktudós, hogy a tanár, ki ott nem kizárólag egy tudományszakot, hanem legalább is több rokon, sőt a mi elég sajnos, néha egészen külön fajú tantárgyakat is

köteles tanítani, ha egy tudományba belemélyed, ezáltal egyoldalúvá és elfogulttá válik és szélesebb körű feladatának megfelelni nem tud. Vajjon nem megfordítva áll-e a dolog? Én legalább meg vagyok győződve, hogy az, a ki egy szakban igazán jártas, abból magának nemcsak ismereteket gyűjtött, de művelésével tudományosan gondolkodni is megtanult: az könnyen el fog igazodni akkor is, mikor kötelessége egy másik szakkal foglalkozásra hívja, csak úgy mint a hajós, a ki egy tengeren hajózáni megtanult, megtalálja útját az ellenlábás tengereken is, és mint az alpesi vezető, mikor a Himalája és a sötét Afrika égbenyuló csúcsaira felvezet.

Nem olyan mesterség az a középiskolai tanárság, melyen a tanítás módjára előírt szabályok szolgásterü alkalmazásával boldogulni lehetne; a norinbergi tölcser csak olyan utópia mint a bölcsek köve. Ne is ennek a tölcsernek keresésére fordítsuk időnket, hanem inkább arra törekedjünk, hogy tiszta legyen a tej, mellyel a gyermeket táplálni akarjuk.

Igen, képezzük tudósokká középiskolai tanárainkat azért, hogy tanítani tudjanak, de azért is, hogy pályájokon, a mely földi javakkal, dicsőséggel és bizony még az érdemelt elismeréssel is alig kecsegtet, ne bénuljon el erejük a mindennap ismétlődő feladatok iránti közönyösségben, hogy legyen egy olyan foglalkozásuk is, a mely varázsával mindig ébren tartsa törekvésüket és megnyisson előttök olyan utat, a melyen a magasabbra törő emelkedhetik.

Képezzük őket tudósokká végre még azért, hogy nemzetünknek a tudomány terén munkásokat adjunk, mert bizony, az ezer év után, a melyet jól, rosszul e hazában töltöttünk, még sok itt a tenni való.

Egy kérdést érintettem meg ezekkel, a melyről ma sokszor hallunk beszélni, a tanárképzés kérdését. Nem sok az, a mit itt, mint lényegeset a mondottakhoz hozzá tehetek.

A ki jogosultnak ismeri el azt a kívánságot, hogy középiskolai tanáraink tudós szakemberek legyenek, az nem habozhat soká azon sem, hogy kiképezésüket az egyetemre, vagy jobban kifejezve, az egyetem egyes szaktudósaira kell bízni. Ebből a szempontból nézve fölöslegesnek, sőt károsnak tűnik fel minden olyan intézkedés, a mely, mint a ma fennálló tanárképző intézet, az egyetemtől bárcsak névleg is elvon egy olyan kötelességet, a melynek tudományos feladatai között a legelsőik egyikének kellene lenni.

Adjuk vissza a tanárképzés ügyét minden felelősségével együtt az egyetemnek, egyes szakokban a műegyetemnek, bízzuk a filológus kiképezését a filológusra, a hisztorikusét a hisztorikusra, a fizikusét a fizikusra és meg lehetünk győződve, hogy az egyes szakember jobban fog gondoskodni minden egyes jelöltnek tanmenetéről és haladásáról, mint bármiféle szabályzat együttesen valamennyire nézve tehetné. ...

Eötvös Loránd *Az egyetem ujjaalakításának évfordulója ünnepén felolvasott rektori beszédének* (1892) kivonata az Eötvös Loránd Fizikai Társulat honlapján könnyen fellelhető. E néhány soros válogatás közlését hallatlan aktualitása indokolja. Döntéshozóknak, „tanügyeseknek”, tanárképzéssel foglalkozóknak különösen ajánlja figyelmébe *Papp Katalin*.



Legyen elég az, hogy azok ellenében, a kik már azt a kevés tudományt is sokalják, a melyet tanárjelöltjeinktől a képesítő vizsgálat ma megkövetel, kifejezést adok azon meggyőződésemnek, hogy javulást a tudományos színvonalnak nem alábbszállítása, hanem fölemelése eredményezhet. ...

Nem vonja azt kétségbe senki, hogy bizonyos mértékben minden természettudósnak fizikusnak kell lenni, s azért nem érhet a szakom iránt való elfogultság vádjá, ha azt állítom, hogy ezt az alapvető szakot elhanyagolni sem annak nem szabad, a ki a természettudományokon alapuló gyakorlati foglalkozásra készül, sem annak, a ki a természettudományok gondolatmenetével művelődése szempontjából kíván megismerkedni...

De ne legyünk azért túlkövetelők azokkal szemben, a kik mint segédtudományt tanulják a fizikát. Elég az, ha a mellett, hogy e tudomány gondolatmenetét valamennyire elsajátították, a tudományos anyag felett olyan áttekintést szereznek, a mely őket az elemi kézikönyvek használatára képesítse úgy, hogy azokból adandó alkalommal a szükséges felvilágosítást maguknak meg tudják szerezni. ...

Még egyről kell most szólanom, a fizikus tanításának segédeszközéről. Elődeinkéhez képest e tekintetben nagyok ma követelményeink. Öreg uraink, a kik még a régi iskolába jártak s tanáraik kezében alig láttak egyebet, mint krétát és spongyát, ha nem is épen rosszalva, talán kételkedve néznek arra a sok apparátusra, a melyeket a jelen kor természettudósi tantermeikbe hordanak. Talán van is néha okuk a rosszalásra, mert megesik, hogy egyikünk vagy másikunk, mikor nagyon sokat akar mutatni, a tömkelegben vajmi keveset láttat. A kísérlet, mint a matematikai formula, csak akkor való az előadásba, ha a tudomány állításainak kifejezője. Láttam én már képletekkel tele írt táblát, mely nekem semmit sem mondott, és láttam a legfényesebb elektromos fényben projekciót, mely semmit sem világosított fel.

De nem szabad itéletünket kivételes túlzásokra alapítani. Ma, a mikor eszközeink annyira tökéletesbedtek, hogy például földi tömegek kölcsönös vonzását, vagy a fény hullámhosszát két-háromszáz tanuló szeme láttára tudjuk megmérni, kötelességünk okosan felhasználni azokat arra, hogy hallgatóságunkban a dogmatikus tételekbe helyezett vakhit helyett igazi tudományos meggyőződést keltsünk. ...

## KÖNYVESPOLC

# Berényi Dénes: TUDOMÁNY ÉS KULTÚRA

Typotex, Budapest, 2009, 321 oldal

*Aki tudja csinálja, aki nem tudja tanítja* – valahogy így szól az oktatás lejárataát célzó velős mondás. A maxima mögötti valóság mindenek előtt az ismeretterjesztés nehézségeiben jelentkezik. A tudomány legtöbb művelője ilyen mondásokkal nyugtatja lelkiismeretét, ha egyáltalán felmerül, hogy nyugtatásra van szükség. A tudomány népszerűsítőjének legalább világhírűnek kell lennie, hogy ez a tevékenysége bármilyen elfogadható szempontból kifizetődő legyen. Aki nem ettől világhírű és mégis csinálja, az elkötelezettje egy közösségnek vagy egy eszmének.

*Berényi Dénes*ben fiatal éveitől volt igény arra, hogy kiegyensúlyozottan cselekedjen, hogy miközben ismereteit gyarapítja, azokat meg is ossza a többiekkel. Azon kevesek közé tartozik, akiknek sikerült tudományos közlemények és ismeretterjesztő írások között egyensúlyt tartani.

Ahogy múlnak az évek, a kutató ismeretterjesztő tevékenysége során mind kevesebbet foglalkozik az egyes jelenségekkel, mondjuk egy magspektroszkópiai eljárás megmagyarázásával. A tudományos eredmények alkalmazásáról ír, tudomány és vallás viszonyát elemzi, az energiakérdést magyarázza el egy fizikus szemszögéből. Tulajdonképpen egy fáradhatatlan

kutató tapasztalatairól, világképéről olvashatunk. Mindezek kifejtése lehetne elvont, filozofikus vagy irodalmias, de a szerzőt ismeretterjesztő rutinja megóvja az ünnepélyesen fogalmazott semmitmondástól. Jól érthető magyar nyelven megírt szövegekkel ismerkedhetünk, amelyek olvasásához nincs szükség az idegen szavak szótárára.

A nagyalakú kötet több, mint háromszáz oldalas, holott csupán az utolsó néhány év írásából válogatta össze a szerző és a kiadó. Ez az egyidejűség hasznára van a mondanivaló ellentmondás-mentességének. Az egyes írások tematikai besorolása a hat fejezetbe már vitatható, ám ennek nincs tartalmat érintő jelentősége. Leginkább egységesnek *Az energiakérdés* címet viselő harmadik fejezetet érzem, amelyben a szerző meggyőző, jól felépített érvekkel alapvető tévedésekkel képes leszámolni. A fejezet négy írása tíz éven belül született, ám a legfiatalabbnak sem kellett a régebbi kijelentések miatt pironkodnia. A könyv 176. oldalán az *Energiakérdés és környezetvédelem* című írás utolsó mondata ars poetica értékű: „Ne fáradjunk bele a társadalom informálásába sem, az elért eredményeket közérthető módon hozzuk mindenkor nyilvánosságra.”

Berényi Dénes 15 évig volt az ATOMKI igazgatója, így hozzászokhatott, hogy a kutatás sok problémáját lássa kellő közelségből. Ez tükröződik a *Tudományos eredmények és alkalmazásaik* című fejezetben. Nagy ívű összefoglalót olvashatunk az atomfizika fejlődéséről, majd az Univerzumra vonatkozó ismereteink rohamos bővüléséről, végül a fizika szerepéről az agráriumban, tekintettel az ATOMKI sok évre visszatekintő mezőgazdasági vizsgálódásaira. De nemcsak erről van szó: „...az agrárium iránti érdeklődésemet otthonról hoztam. Édesapám tanított a DATE elődjén, a Debreceni Gazdasági Akadémián is. Mikor én tizenéves voltam, akkor végezte számításait a különböző növények (burgonya, kukorica, dohány, napraforgó) terméseredménye és a különböző időjárási tényezők közötti kapcsolatra vonatkozóan.” (132. oldal)

Ezzel a családias, de legalábbis szubjektív hangvétellel másutt is találkozunk a válogatásban. Mindjárt a *Kultúra, civilizáció és tudomány* címet viselő bevezető tanulmányban. Ennek műfaja nem az ismeretterjesztés, hanem számadás az ismeretekről. Azt, hogy a szerző ismeri a legújabb természettudományos kiadványokat, a *Fizikai Szemle* olvasói jól tudják, hiszen a *Könyvespolc* rovat legtöbbször előforduló szerzője. Ebben az írásában sok érvt felsorakoztat, *Edgar Allan Poe*-tól *Eugène Ionesco*ig, *Rakovszky Zsuzsáig* vett érvekkel próbálva optimista párba állítani a kultúrát és a tudományt, de az összegzésből láthatóan sikertelenül: „Végül is hogyan jellemezhetjük a mai világ civilizációs állapotát? A nyugati kultúrát, illetve annak szerves részét képező tudományt és az arra épülő technikai civilizációt elfogadta a világ, az egészen más kultúrájú népek is. A tudomány viszont ezeknek a kultúráknak nem szerves része, így a technikai civilizáció sokszor »a levegőben lóg«, nem függ össze ezekkel a kultúrákkal, nem azokon alapul, azok számára valójában idegen.

Másrészt a »nyugati kultúra népeinél« ma a kultúra alapjaiban van a baj. Nem alakult ki szintézis a zsidó-keresztény és a felvilágosodás által képviselt világfelfogás között. Míg a technikai civilizáció rohamosan fejlődik, addig a kulturális alapokban jelentkező zavar a nyugati ember és társadalom céltalan sodródását, meghasonlását eredményezi, és nem egyszer saját kultúrája és civilizációja ellen fordítja.” (25. oldal)

A szerzőt ez a kulturális kiegyensúlyozatlanság elsősorban mint hívő keresztényt zavarja. *A természettudomány és a vallás az ezredfordulón* című tanulmányban olvashatjuk: „A világmindenség és az emberi lét számos csodája és törvényei Isten felé mutatnak.” (92. oldal) Egy oldallal arrébb: „Aki tud hinni a szerető személyes Istenben, akiben megérlelődik az a meggyőződés, hogy végső soron a lét, a világ és saját

élete értelme Isten kezében van, akörül elrendeződnek a dolgok, és az élet ezer problémája közt nyugodt tud maradni, Isten kezében tudja magát.” (91. oldal) A szerző mindenütt hangsúlyozza, hogy a vallásos hit nem a tudományon alapuló meggyőződés, ám a hit jótékony hatásának ecsetelésében elég messzire megy. *Csikszentmihályi Mihályt* idézve hívő muzulmánok leírásában: „...legtöbbjük milyen nyugodt marad még a legnagyobb megterhelés közepette is. Akiiket megkérdeztem erről, nagyjából mind ugyanazt felelték, ha különböző szavakkal is: nincs ebben semmi különös – azért nem jövünk ki a

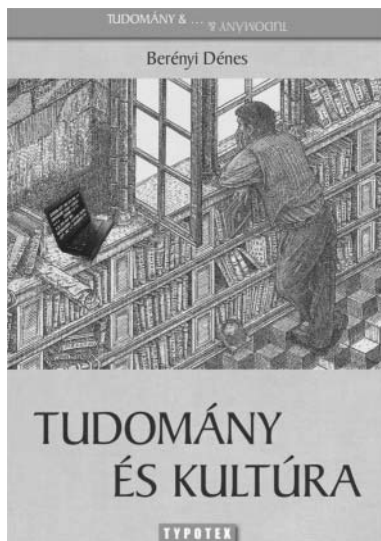
sodrunkból, mert hisszük, hogy életünk Isten kezében van, és bárhogyan is döntsön, elfogadjuk.” Itt szerintem hiányzik egy kitérő az öngyilkos merénylők lélektanára.

*A tudomány múltja, jelene és jövője* című fejezet a tudomány és a felsőoktatás kapcsolatát vizsgálja jelenünkben, amikor sokkal több a hallgató és a tanulás élethossziglan szól. *A tudományos kutatás és publikálás írott és íratlan szabályai* ezen a fejezeten belül a tapasztalatoknak egy hasznos gyűjteménye, mintegy kiegészítés *Umberto Eco* *Hogyan írjunk szakdolgozatot* című népszerű munkájához. Olyasmiről is olvashatunk itt, mint a rejtett közlés, amikor eredményünket nem írósz-

talfiókban érleljük, hanem szinte senki által nem olvasott folyóiratban, kevesek által értett nyelven publikáljuk. Másik hiba a megjelentetés közvetlenül napilapokban, többnyire szakértelmetlen felhajtással. Napjaink problémája a társszerzőség kérdése; mikor, ki és melyik kutatóhely legyen szerzőként megjelölve?

Fontos dolgozata a fejezetnek *A tudomány „harmadik” funkciója – a tudományos eredmények terjesztése*. A tudomány népszerűsítését mint kihívást állítja elének az ismert mondás: „Ha valaki nem tudja megmagyarázni a munkáját egy kívülállónak, rendszerint maga sem érti azt igazán.” És nem hálátlan feladat beszélni a tudományról, hiszen „A tudomány nem csak tudás a tudósok kezében, hanem kutatás és tanítás, magyarázás és felfedezés, feltalálás és megértés, játék és rejtvénymegoldás, elrendezés és szisztematizálás, építés és tervezés, szerkesztés és kritizálás. A tudomány a homo sapiens és a homo faber világa.” (239. oldal)

*A Tudomány és társadalom* című fejezet a tudomány, a kultúra és a civilizáció kapcsolatát vizsgálja, a tudomány felelősségét a jövő alakításában. A nézőpont megfelel annak, hogy az első dolgozat alapja a *Tudomány és Teológia* konferencián elhangzott előadás, az utolsó írás pedig először az *Új Emberben* jelent meg. A természettudomány trendvonalainak megsejtésén és megindoklásán túl a szerzőt leginkább a társadalmi felelősség kérdése érdekli: „...milliárdokat sújt a céltalanság, a napról-napra sodródás, a szii-



lárd világnézet és erkölcsi alapok hiánya.... Ezek az emberek is mind arra lennének hívatva, hogy Isten akaratát, a rájuk szabott isteni tervet felismerjék és vállalják, és így megtalálják boldogságukat a földi és az örök életben.” (278. oldal)

Berényi Dénes a kilencvenes évek közepétől egy évtizeden keresztül a határon túli magyar tudományosság felelőse volt a Magyar Tudományos Akadémián. Ennek megfelelően a kötet utolsó fejezete: *Egyetemes tudomány – magyar tudomány* sok pontos információval szolgál erről a témakörrel. Azt olvashatjuk az MTA szerepéről szóló írásában, hogy „...a vizsgálat egyik fő mondanivalója, következtetése, hogy a határon túli tudományosság és a felsőoktatás a ma-

gyar tudományosság része, és ennek integrálása, a támogatások koordinálása a legfontosabb feladat”. (310. oldal) Aki részt vesz ebben a munkában, vagy akár csak közelebbről meg akarja ismerni az eredményeket és feladatokat, nem kerülheti ki ennek a fejezetnek a tanulmányait.

A Typotex Kiadó ismert tojásszín borítóján most *Orosz István* grafikája egy férfit mutat, aki a nyitott ablakon néz a nyári éjszakába, kezében leengedett könyv, körülötte is könyvek és egy laptop a pontos idővel. Gondolom, ilyenkor támadnak az átfogó, összegző gondolatok, amelyek ennek a könyvnek is a lényegét adják.

Füstöss László

## LIST OF WINNERS IN 1<sup>ST</sup> – 40<sup>TH</sup> INTERNATIONAL PHYSICS OLYMPIADS

Szerkesztők: Waldemar Gorzkowski és Ádám Tichy-Rács. BME–OMIKK, 386 oldal

A könyv a Nemzetközi Fizikai Diákolimpiák vezető testületeinek, statútumának és történetének rövid összefoglalása után előbb a diákolimpiák sorrendjében, majd országonként csoportosítva felsorolja az összes eddigi diákolimpia díjazottjait, összesen 4247 versenyzőt, illetve a többszörös résztvevők figyelembe vételével 3850 főt. A lista a *Gorzkowski* professzor

(1937–2007) által az első 30 diákolimpiáról készített összeállítást nemcsak kiegészíti, hanem a korábbi adatok ellenőrzésével jelentősen pontosítja is. A lista 156 magyar versenyző 184 sikeres magyar részvételét említi. A két fő lista után külön szerepelnek a Nemzetközi Fizikai Diákolimpiák abszolút első helyezettei, a négyszeres illetve háromszoros díjazottak. Az

Aranyérmet elnyert magyar versenyzők a verseny évével, a kapott különdíjjal		
versenyző	év	küldődíj
Szalay Sándor	1967	abszolút 1. hely
Maróti Péter	1969	
Spitzer József	1969	
Kálmán Péter	1969	
Tichy-Rács Ádám	1971	abszolút 1. hely (megosztva)
Szabó Zoltán	1972	abszolút 1. hely; különdíj a mechanika példa legjobb megoldásáért; különdíj az elektrodinamika példa legjobb megoldásáért
Meszéna Géza	1974	
Schmidt József	1975	
Kaufmann Zoltán	1979	
Tóth Gábor	1982	
Mogyorósi András	1982	
Fodor Gyula	1984	
Drasny Gábor	1988	
Késmárki Szabolcs	1989	küldődíj a második legmagasabb pontszámért
Czirók András	1991	
Káli Szabolcs	1991	
Katz Sándor	1993	küldődíj a csapat legjobbjának

Aranyérmet elnyert magyar versenyzők a verseny évével, a kapott különdíjjal		
versenyző	év	küldődíj
Veres Gábor	1993	küldődíj az 1. kísérleti példáért
Molnár Lajos	1993	küldődíj a 2. elméleti példáért
Varga Dezső	1995	
Hegedűs Ákos	1999	
Hegedűs Ákos	2000	
Pozsgay Balázs	2000	
Siroki László	2002	
Béky Bence	2002	
Tóth Sándor	2002	
Horváth Márton	2004	
Kómár Péter	2004	küldődíj a kísérleti feladatok legjobb megoldójának
Halász Gábor	2005	abszolút 1. helyért; különdíj az elméleti feladatok legjobb megoldójának (megosztva)
Kómár Péter	2005	
Kiss Péter	2005	
Halász Gábor	2006	küldődíj az elméleti feladatok legjobb megoldójának
Kónya Gábor	2007	küldődíj az elméleti feladatok legjobb megoldójának
Lovas Lia Izabella	2009	

eredményeket országokénti statisztikai táblázatok is összefoglalják. A könyv végén a legfontosabb honlapokat és többnyelvű, az internetes keresést segítő kifejezéseket tartalmazó táblázatok, és a Nemzetközi Fizikai Diákolimpiák bibliográfiája található.

A könyvhöz *Pálinkás József* a Magyar Tudományos Akadémia elnöke és *Szalay A. Sándor*, az első Nemzetközi Fizikai Diákolimpia abszolút első helyezettje, az MTA tagja, az ELTE és a Johns Hopkins University professzora írt előszót.

## HÍREK – ESEMÉNYEK

# AZ AKADÉMIAI ÉLET HÍREI

## Fizikai díjak és a Dr. Hegedűs Zoltán Alapítvány

A *Fizikai Szemle* gyakran beszámol a magyar fizikával kapcsolatos eseményekről. Ezek között többször szerepelt a Fizikai Fődíjjal, illetve Fizikai Díjjal jutalmazottról szóló hír. Úgy gondolom, hogy nem sokan ismerik e díj történetét és az ehhez kapcsolódó Dr. Hegedűs Zoltán Alapítványt. E cikkben a díjról és az alapítványról szeretnék röviden írni.

A nyolcvanas évek végén *Hegedűs Zoltán* kezdeményezésére és pénzübeli támogatásával a Matematikai és Fizikai Tudományok Osztálya előterjesztése alapján alapította a Magyar Tudományos Akadémia Elnöksége a Fizikai Díjakat. A Fődíjat kiemelkedő jelentőségű kutatási eredményért, iskolateremtő munkásságért vagy kiemelkedő életműért ítélik oda. A Fizikai Díjjal az utánpótlás ösztönzését, illetve a tehetségek kiemelését próbálják előmozdítani. Évente egy fődíjat és három díjat osztanak ki. A három díj egyikét lehetőség szerint egyetemi szférában, a másikat a kutatóintézeti szférában, míg a harmadikat az iparban dolgozó kutatóknak ítélik oda. A díjak átadására minden év tavaszán a MTA Közgyűléséhez kapcsolódó tudományos ülészen a *Fizika fejlődési irányai* előadássorozat alkalmával kerül sor. Hegedűs Zoltán halála után a díjak pénzalapját a kutatóintézetek adományai teremtették meg. Ez sajnos nem elég stabil, hiszen függ a gazdasági körülményektől, az intézetek anyagi helyzetétől. Ezért az MTA Fizikai Tudományok Osztályának elnöke más, biztos anyagi hátteret nyújtó megoldást keresett. Ehhez a Hegedűs Zoltán által 1991-ben létrehozott alapítvány nyújtott jó alapot. Az alapító okirat szerint az alapítvány célja:

„A fizikai tudomány fejlődésének, a tudományos szemléletnek, a csúcstechnológia-szellemű gondolkodásmódnak a fejlesztése; a *Fizikai Tudományok Osztálya* eredményes munkájának támogatása; az említett területeken szerzett kiemelkedő szakmai érdemek, az

ilyen jellegű kiemelkedő közéleti tevékenység ösztönzése és jutalmazása, a kiemelkedő tehetségű fiatal kutatók és egyetemi hallgatók tevékenységének támogatása, különösen

– a kimagasló színvonalú szakmai és közéleti munkásság, életmű díjazása;

– értekezések, könyvek, folyóiratcikkek díjazása;

– tudományos művek elkészítésére pályázatok kiírása;

– tudományos művek megjelenítésének támogatása;

– kiemelkedő tanulmányi eredményt elérő fizikus egyetemi hallgatók ösztöndíjban vagy jutalomban részesítése;

– fiatal fizikus kutatók meghatározott ideig tartó támogatása ösztöndíj formájában, valamely kutatás elvégzése, tudományos fokozat elérése, tudományos mű elkészítésének elősegítésére;

– fizikusok külföldi tudományos útjainak támogatása;

– hazai és nemzetközi szakmai összejövetelek megrendezésének támogatása;

– e támogatások elnyeréséhez, elbírálásához szükséges pályázatok meghirdetése.”

Az alapítvány vagyonát Hegedűs Zoltán jelentős pénzübeli hagyatéka mellett az alapítványra hagyott lakása képezte. Ennek értékesítése ad lehetőséget arra, hogy a következő években a Fizikai Díjakat az alapítvány anyagilag támogassa. Ezen túl több akadémikus és akadémiai doktor (*Bor Zolt, Faigel Gyula, Jánossy András, Lovas Rezső, Makay Mihály* és *Vincze Imre*) is hozzájárult az alaptőke emeléséhez. Ezúton köszönjük nagylelkű anyagi támogatásukat. Így először 2010-ben a Dr. Hegedűs Zoltán Alapítvány teljes egészében fedezi a Fizikai Díjakat.

Tartozunk annyival Hegedűs Zoltánnak, hogy a *Fizikai Szemle* hasábjain leírjuk rövid életrajzát.



## Hegedűs Zoltán (1925–1995)

Hegedűs Zoltán 1925. április 25-én született Aknasugatagon (ma Oena Sugatag, Máramaros megye, Románia). Édesapja bányamérnök volt. 1949-ben kapott vegyészmérnöki oklevelet a Budapesti Műszaki Egyetemen.

1964-ben szerezte meg a műszaki tudományok kandidátusa fokozatot *Gyorsacélok megeresztésekor végbemenő folyamatok mennyiségi vizsgálata* című dolgozatával. 1976-ban lett a műszaki tudományok doktora elektrotechnikai acélok vizsgálatával foglalkozó értekezése alapján. 1949-től nyugdíjazásáig, 1985-ig dolgozott Csepelen. A miskolci Nehézipari Műszaki Egyetem címzetes egyetemi tanára volt. Számos szakmai elismerésben részesült, a Magyar Tudományos Akadémia és az MTESZ több bizottságának volt tagja. 1995. május 21-én hunyt el Budapesten.

## Dr. Hegedűs Zoltán Alapítvány adatai

Kuratórium tagjai: Faigel Gyula, Jánossy András, Lovas Rezső, cím: 1051 Budapest Nádor u. 7. I. em., e-mail: fizika@office.mta.hu, honlap: www.kfki.hu/fizoszt/indexhu.html, adószám: 19670027-1-41, bankszámlaszám: 11712004-20189206, IBAN: HU12 1171 2004 2018 9206 0000 0000

Kérünk mindenkit, aki az alapítvány céljaival egyetért és lehetősége van támogatni az alapítványt, tegye meg. A támogatás lehetséges direkt pénzbeli formában az alapítvány számlájára való utalással, tárgyi adományozással, illetve hagyatékként.

Ezen túl kérjük, segítse alapítványunkat az éves adójának 1%-ával. Ezt az adóbevalláskor a bevallási csomagban kapott nyilatkozat kitöltésével teheti meg. Írja be adószámunkat: 19670027-1-41.

Faigel Gyula

## A TÁRSULATI ÉLET HÍREI

### Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat 2010. évi Küldöttközgyűlése

Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat éves Küldöttközgyűlését 2010. május 15-én tartotta az ELTE Fizikus tömbjében.

A napirend előtti előadást *Csörgő Tamás*, az MTA KFKI RMKI és a Harvard Egyetem munkatársa tartotta *A CERN LHC-kísérleteinek helyzete – magyar szemmel, amerikai tapasztalatok fényében* címmel. Az LHC évek óta a fizikusok érdeklődésének középpontjában áll – ez tükröződött az előadás fogadtatásában, az előadóhoz intézett kérdések számában.

Miután meggyőződött arról, hogy a küldöttközgyűlés határozatképes – a 95 küldöttből 59 megjelent – a Társulat elnöke megnyitotta a Küldöttközgyűlést.

*Horváth Zalán* köszöntötte a küldötteket, a meghívottakat, az elnökséget, valamint a Társulat érdeklődő tagjait. Röviden ismertette a napirendi pontokat. Elmondta, hogy a Tudományos és a Társulati díjak a Vándorgyűlésen kerülnek kiosztásra. Az Eötvös emlékérem odaítélését a Közgyűlésen kell szavazással megerősíteni. A jelenlegi alelnök – a majdani elnök – megválasztása is a napirend része.

Horváth Zalán beszámolt a Társulat elnökségének munkájáról. A be nem fejezhető téma a fizika oktatása, új tanterv kidolgozása és a tanárképzés helyzete volt. Ezzel kapcsolatban kerültek elő rendszeresen a Science on Stage, a nemzetközi együttműködések és a fizikatanári ankétok, amelyek mind magukon viselték a gazdasági válság nyomát. Az ez év augusztusi Vándorgyűlés előkészületei megfelelőek. Az elnök végül felhívta a figyelmet *Sugárvédelem* című tanácskönyv megjelenésére.

Ezután került sor – a közgyűlés egyhangú egyetértésével – a Szavazatszámláló Bizottság felkérésére.

Ezt követően tartotta meg *Kádár György* főtktkári beszámolóját. A Közgyűlés elé terjesztette a Társulat Közhasznúsági jelentésének tartalmi beszámolóját, majd Gazdálkodási és számviteli beszámolóját, valamint a 2009. évi költségvetési tervet.

A tartalmi beszámolóban a közhasznú tevékenységek hivatalos csoportosítása szerint a következő témakörökben végzett társulati munkáról számolt be:

- tudományos tevékenység, kutatás;
- nevelés és oktatás, képességfejlesztés, ismeretterjesztés;
- kulturális tevékenység, kulturális örökség megővése, környezetvédelem;
- az euroatlanti integráció elősegítése.

Ennek keretében ismertette a Társulat szakcsoportjainak és területi csoportjainak széleskörű, szakmai tekintetben kiemelkedően igényes rendezvényeit.

#### *Gazdálkodási és számviteli beszámoló:*

Sajnos a 2009-es évre költségvetési támogatásban nem részesültünk. A vagyonunk 2 367 eFt-tal csökkent. Ezután következett a mérleg ismertetése, az eredménykimutatás a 2008. évről.

#### *Tartalmi beszámoló a közhasznú tevékenységről:*

- Szakcsoportok programjai (például: Sugárvédelmi továbbképző, Közép- és Általános Iskolai Fizikatanári Ankét, Őszi Iskola stb.)
- Tudományos tevékenységek, kutatások (például: Csillagászat és Civilizáció, Marx György emlékülés, CERN-látogatás stb.)
- Nevelés és oktatás, képességfejlesztés (például: Középszintű Fizikatanári Ankét – Kaposvár, Általános

Iskolai Fizikatanári Ankét – Szekszárd, CERN – Genf, Tanulmányi versenyek: Öveges, Eötvös, Mikola, Szilárd Leó stb.)

– Ismeretterjesztés: ezen a téren jelentős volt a területi csoportok tevékenysége (például: Debreceni Fizikus Napok, Varázstorony vetélkedő). A *Fizikai Szemle* önálló megjelentetése mellett a *KöMaL* előállításában is részt veszünk.

– Kulturális tevékenységek (például: Természettudományi kultúra terjesztése, a *Sükösd Csaba* által szervezett *Coppenhagen*-előadás, szerződés az Akadémiai Kiadóval a társulati tagok kedvezményes vásárlási lehetőségeiről.)

– Kulturális örökség megővése keretében Eötvös Loránd emléktáblájának és sírjának koszorúzásában tevékeny részvétel.

– Euroatlanti integráció elősegítése: az EPS munkájában, a CERN-ben, a Science on Stage előkészítésében a Társulat képviselteti magát.

*2009. évi Pénzügyi beszámoló és 2010. évi Költségvetési terv:*

A 2009-es negatív eredmény: –2 367 000,- Ft.

A 2010-es várható eredmény: 61 250,- Ft.

A társulat anyagi helyzete sajnos aggasztó. Jó hír, hogy a MOL a tanulmányi versenyeket és a tanári továbbképzéseket jelentős összeggel kívánja támogatni.

Ezt követően került sor a felügyelőbizottság jelentésére. *Ádám Péter* megállapította, hogy a tavalyi tervtől eltért a beszámoló. Ennek oka az, hogy az MTESZ-től a tervezett pénz nem érkezett meg. A főkönyv vezetése naprakész, a könyvelés jó. A beszámolót és a tervet elfogadásra javasolja. A vezetőségnek a gazdálkodást át kell gondolnia. Az elnökség – a nyári szünet kivételével – havi rendszerességgel megtartotta üléseit.

Szavazásra került sor, aminek eredményeképpen:

– Közhasznúsági jelentés elfogadva.

– 2010. évi terv elfogadva.

– Felügyelőbizottság jelentése elfogadva.

A szavazást vita követte az eddig elhangzottakról:

*Härtlein Károly* szóvá tette, hogy a Fizibusz és a Csodák Palotája megemlézése elmaradt, pedig fontos és jelentőségteljes a munkájuk.

*Ujvári Sándor* szerint a Paksi Atomerőmű Zrt. és a Nukleáris Társaság által nyújtott támogatást is meg kellene említeni.

*Hadbázy Tibor* elmondta, hogy 30 éves az Őszi Fizikus Napok rendezvény a Szabolcs-Szatmár-Bereg megyei területi csoport szervezésében. A társulat tagjai sokat segítenek a Tudomány Napja megrendezésében is.

*Csőrgő Tamás* arról számolt be, hogy Magyarország három LHC-kísérletben vesz részt. Az egyik együttműködési szerződést a CERN képviselőjével Visznek falujában írták alá gyöngyösi és viszneki diákok rendezvénye keretében. A magyar falvakban él a tehetséggondozás, a falusi iskolákat fenn kell tartani. A társulat álljon az ilyen falvak mellé és támogassa őket.

*Ósz György* beszámolója szerint az Öveges József Fizikaverseny is sikeresen zajlott Győrben. *Göncz*



A megválasztott elnök, Kollár János

*Kinga* brüsszeli utat ajánlott fel a kis falvakból érkezett nyerteseknek.

*Szénási Istvánné*, a Magyar Tehetséggondozó Alapítvány titkára a Tehetség Műhelyekben megindult a munkáról tájékoztatta a Közgyűlést.

*Patkós András* a Jelölőbizottság előterjesztését ismertette az új elnök megválasztásáról. Elmondta, hogy *Heszler Péter* a Jelölőbizottság ötödik tagja 2009 novemberében meghalt, helyére új tagként *Heiner Zsuzsannát* választották. Patkós előadta, hogy a megválasztott új elnök először 1 évig alelnöki pozíciót fog betölteni, *Sólyom Jenő* 4 éves szolgálat után pedig mentesül alelnöki feladataitól. Horváth Zalán helyettese, a majdani elnök megválasztására tehát most kerül sor. Elnöknek a magyar fizika egy jeles képviselőjét kellene megválasztani, a bizottság azt a hagyományt folytatta, hogy az MTA tagjaiból választották ki a jelölteket. Patkós András elmondta, hogy a fiatalabb akadémikusok 4 tagjával vette fel a kapcsolatot, de végül 1 jelöltet terjesztenek elő. A jelölt *Kollár János*, az MTA levelező tagja, aki az MTA SZFKI-ban dolgozik. Kollár János jelöléséhez nem volt hozzászólás, így a jelölést elfogadták.

A Jelölőbizottság előterjesztését követő szavazás három dologról szólt:

– Az új elnök (Kollár János) elfogadásáról;

– Az Eötvös-éremre jelölt személy elfogadásáról;

– A Jelölőbizottság ötödik tagjának (Heiner Zsuzsanna) elfogadásáról.

A küldöttigazolványok leadásakor minden résztvevő megkapta szavazólapját, ezzel szavazhattak. A szünet ideje alatt a Szavazatszámoló Bizottság összesítette az eredményeket, majd a folytatódó közgyűlésen ismertette: Kollár János 59 igen, 2 nem; Patkós András 59 igen, 3 nem; Heiner Zsuzsanna: 59 igen, 0 nem.

Az Eötvös-éremet Patkós András kapta. A díjazott a kapott elismerést megköszönte.

Kollár János elsőnek a Jelölőbizottság megtisztelő felkérését méltatta. Megköszönte a bizalmat és kifejezte reményét, hogy eleget tud tenni az elvárásoknak, valamint, hogy jól és eredményesen tud majd együtt dolgozni a társulattal.

A zárszóban Horváth Zalán megköszönte a részvételt és bezárta az ülést. „Legközelebb a Vándorgyűlésen találkozunk.”

# Eötvös-verseny 2010

Az idei Eötvös-versenyt 2010. október 15-én, pénteken délután 15<sup>h</sup>-tól 20<sup>h</sup>-ig rendezi meg az Eötvös Loránd Fizikai Társulat.

Részt vehetnek rajta mindenekelőtt a 2010-ben középiskolát végzett diákok, valamint mindazok, akik jelenleg is középiskolai tanulók. Nemcsak magyar állampolgárságú versenyzők indulhatnak, hanem Magyarországon tanuló külföldi diákok, valamint külföldön tanuló, de magyarul értő és beszélő diákok is, ha 2010-ben érettségiztek, vagy jelenleg is középiskolai tanulók.

A megoldásokat magyar nyelven kell elkészíteni; a rendelkezésre álló idő 300 perc, minden segédeszköz használható, de mobiltelefont a versenyre bevinni tilos!

Előzetesen jelentkezni nem kell, elegendő egy személyazonosság igazolására szolgáló okmánnyal (személyi igazolvány, fényképes diákigazolvány vagy útlevél) pontosan megjelenni az alábbi helyszínek valamelyikén:

*Budapest:* Eötvös Egyetem Természettudományi Kar, XI. kerület Pázmány Péter sétány 1/A.

*Békéscsaba:* Belvárosi Általános Iskola és Gimnázium, Haán Lajos utca 2–4.

*Debrecen:* Fazekas Mihály Gimnázium, Hatvan utca 44.

*Eger:* Dobó István Gimnázium, Széchenyi út 19.

*Győr:* MTESZ Székház, Szent István utca 5.

*Kecskemét:* Katona József Gimnázium, Dózsa György út 3.

*Miskolc:* Miskolci Egyetem, Egyetemváros, Fizika tanszék.

*Nagykanizsa:* Batthyány Lajos Gimnázium, Rozgonyi út 23.

*Nyíregyháza:* Krúdy Gyula Gimnázium, Epreskert utca 64.

*Pécs:* PTE Fizika Intézet, Ifjúság útja 6., A/408. tanterem.

*Szeged:* SZTE, Aradi vértanúk tere 1., II. em., Haarterem

*Szekszárd:* Garay János Gimnázium, Szent István tér 7–9.

*Szombathely:* Szent-Györgyi Albert Középiskola, Pázmány P. krt. 28/A.

*Székesfehérvár:* Lánosz Kornél Gimnázium, Budai út 43.

*Veszprém:* Pannon Egyetem, Wartha Vince utca 1., N 245-ös terem.

*Versenyszervezőség*

## HÍREK ITTHONRÓL

### Varga Dezső 70 éves

Az elektrosztatikus elektron-spektrométer fejlesztés és alkalmazás nemzetközileg elismert szaktekintélye, *Varga Dezső* tiszteletére félnapos szimpóziumot szerveztek az ATOMKI-ban a szóban forgó tárgykörben. Varga Dezső több mint tíz, döntő többségében paramétereit tekintve világvizonylatban teljesen egyedi elektron-spektromé-

tert tervezett és fejlesztett ki munkatársaival és vett részt alkalmazásaikban. A spektrométerek többsége hazai és külföldi intézetekben kerül alkalmazásra.

A szimpóziumi keretében 2010. július 1-jén nyolc előadásra került sor, amelyek bemutatták a spektrométereket és alkalmazásaikat.

### Búcsú Biczó Gézától

*Biczó Géza* 1936-ban született Budapesten. Középiskolai tanulmányait a faszori Evangélikus Gimnáziumban, majd annak megszűnte után, a II. Rákóczi Ferenc Gimnáziumban végezte és ott is érettségizett 1955-ben. Már gimnazista korában feltűnt a *Középiskolai Matematikai Lapok* példáinak sikeres megoldásával, majd később rendszeres munkatársuk lett.

További tanulmányait az Eötvös Loránd Tudományegyetem Fizikus Szakán végezte, ahol 1960-ban fizikus diplomát szerzett.

1960 késő őszen került az MTA akkori Központi Kémiai Kutatóintézetbe, ahol velem együtt dolgozott. Jól kiegészítettük egymást, mert Géza kiváló matematikai képzettséggel rendelkezett, míg én a vegyészmérnöki diploma megszerzése után autodidakta módon képez-

tem magam tovább elméleti fizikából és matematikából. A Műegyetemről egy biológiai intézetbe kerültem, ahol bizonyos fokig megismerkedtem a molekuláris biológiával is. Abban az időben került sor a DNS kettős spirál Watson–Crick-féle modelljének felállítására.

Kutatási területünk a biopolimerek, elsősorban a DNS elektronszerkezetének meghatározása volt kvantumkémiai és szilárdtestfizikai módszerek kombinációjának segítségével. Magyarországon csak 1960 táján bukkantak fel az első elektronikus számítógépek, a szovjet gyártmányú Ural I. és Ural II., amelyek csak nehézkesen, gépi nyelven voltak programozhatók. Ezért az első években csak igen egyszerű módszerekkel tudtuk a periodikus DNS-láncok sáv szerkezeit számolni.

Igyekeztünk felkészülni a jövőre, s így először szemempirikus módszerekkel, majd a kísérletből származó paramétereket nem tartalmazó nem-empirikus Hartree–Fock-módszerrel levezettük, hogyan kell periodikus 1D, 2D, és 3D rendszerek sávszerkezeteit meghatározni. Gézának erről szóló dolgozata egy belga kutatócsoporttal egyidőben, de tőlük függetlenül, az azóta elhunyt *G. Del Re* professzorral és velem együtt a *Physical Review*-ban 1968-ban jelent meg. Ez a dolgozat elég nagy figyelmet keltett, mai napig hivatkoznak rá.

Együttműködésünk kiszélesedett, több új munkatárs került az újonnan alapított Elméleti Kémiai Csoport-hoz. Az akkor elkezdett különféle új témákban (drug design, DNS vezérlőképessége, DNS exciton spektruma stb.) Géza aktívan részt vett.

Ilyen módon Gézának körülbelül 60-65 dolgozata jelent meg egyedül, vagy társszerzőkkel. Ezen a ponton meg lehet kérdezni, hogy ilyen eredményes tudományos tevékenység mellett miért nem pályázott legalább az akkori kandidátusi fokozat elérésére. A válasz erre igen egyszerű: Géza a legbecsületesebb, legtisztább lelkű emberek közé tartozott, akikkel a sors összehozott. Mivel nem értett egyet az akkori politikai urallommal, nem volt hajlandó orosz nyelvből és marxizmus-leninizmusból vizsgát tenni. Ez pedig előfeltétele volt a tudományos fokozat elnyerésének. Mélyen vallásos volt, s hitét nem tudta összeegyeztetni a „hivatalos” világnézettel.

Géza igen aktívan sportolt, súlyt emelt és futott, igyekezett magát jó egészségben, erőben tartani. Ehhez hozzátartozott az egészséges táplálkozás is, ami a 60-as évek elején nem volt könnyű dolog. Imádta a természetet, és tréningjei során befutotta az egész budakörnyéki hegyvidéket. Rendszerint kora reggel indult el hazulról, és ilyenkor több alkalommal magánóra vette az erdei madarak csicsérgését.

Családommal 1972-ben elhagytam az országot. Géza ezután alapított családot, két fiát és lányát Ildikóval, feleségével együtt nagy szeretettel nevelte fel. Távozásom után Gézával csak ritkábban találkozhattam. Két hónapot töltött Erlangenben, amikor Pesten jártam többször találkoztunk, valamint nemzetközi szimpóziumokon is összefutottunk. Így a *P.-O. Löwdin* által szervezett Sanibel Szimpóziumon is, ahol Géza nagy sikert aratott szellemes rajzokkal ékesített posztereivel.

Gézától és *Rajczy Pétertől* is tudom, hogy négyéves előkészítés után egy új nemzetközi társaságot, az *International Society for Molecular Electronics and Biocomputing*ot alapított, egy akkor egészen új szakterületen. A Társaság hamarosan 100–200 fő közötti tagsággal rendelkezett. Első elnöke Géza, titkára Péter volt. A társaság tagjai között több nemzetközileg jól ismert kutató volt, így *H. Kubn*, *J. M. Lehn*, aki szereskémiából kapott Nobel-díjat, *G. MacDiarmid*, akít

az erősen vezető polimerek felfedezéséért tüntettek ki Nobel-díjjal, *H. C. Petty* és *J. Zys*.

A Társaság első Szimpóziumára 1987-ben került sor Budapesten, majd 1989-ben Moszkva, 1992-ben Balatonszéplak, 1993-ban Gaithersburg (Maryland, USA), 1994-ben Goa (India), 1995-ben Okinawa (Japán) és végül 1997-ben Nanking (Kína) következett. Mindegyik találkozó írásos anyagát (proceedings) kiadták. Mindezekben Géza aktívan részt vett megnyitó előadóként, szervezőként és a paneldiskussziók tagjaként.

A paneldiskussziók anyagából látszik, hogy a társaság „Molecular Electronics” profilja – polimerek és más szerves vagy szervetlen molekulák kombinációjából létrehozott rendszerek elektronikus célokra való felhasználása – már hamar kialakult. Viszont a „Biocomputing” definíciója körül még csak a különböző lehetőségekről tárgyaltak. A diskussziók visszatérő kérdése volt, hogy a további fejlődéshez egyszerűen a természettől kell-e ellesni a különböző lehetőségeket, vagy a természettől átvett megoldásokat új, kreatív gondolatokkal kell kiegészíteni. A résztvevők többsége az utóbbi fejlődési út mellett tört lándzsát. Jó példa erre, hogy amíg a madarak repülés közben mozgatják a szárnyukat, addig az ember

által alkotott repülőgépek szárnyai merevek, csak a hozzájuk szerelt lapocskák mozgatása teszi irányíthatóvá a repülőt. A mai merevszárnyú jetek 8 óra alatt tesz meg a Frankfurt–New York utat, míg a különböző testrészeiket mozgató madaraknak erre a pihenőket leszámítva körülbelül 60 órára van szükségük.

Géza egyik kutatási területe a 70-es évektől kezdve az elég nagy matematikai apparátust igénylő transzfer mátrix módszer, amelyet szilárdtestek felületi állapotainak meghatározására használt fel. Másik fő témája periodikus láncok átmeneti állapotainak vizsgálata volt, ilyen átmeneti állapot jön létre egy félvégtelen periodikus láncban, ha az exponenciálisan lecsengő, a felületi állapothoz tartozó, és a lánc belsejét leíró periodikus hullámfüggvény lineáris kombinációját írjuk fel. További vizsgálataiban a két módszer különböző, nagy matematikai apparátust igénylő kombinációival, és az ebből várható új jelenségekkel foglalkozott. Ez volt tárgya utolsó, befejezetlenül maradt dolgozatának is.

Az Eötvös Társulat Gézát 1986-ban Bródy-díjjal tüntette ki, elsősorban a Társulat megalapítása terén szerzett érdemeiért.

Biczó Gézával egy rendkívüli egyéniséget, szigorú etikai alapon álló, széleslátókörű matematikai fizikust vesztettünk el. Ha súlyos betegsége okozta korai halála nem ragadta volna el közülünk, biztosan még sok, eredeti gondolattal gazdagította volna a tudományt. Egy jó barát és tiszteletre méltó ember távozott körünkől.

Őrizzük meg emlékét kegyelettel.

*Ladik János*





## 14. Európai Szkeptikus Kongresszus

Budapest, 2010. szeptember 17–19.

Danubius Hotel Flamenco – 1113 Budapest, Tas vezér utca 3–7.

Szeptember 17., péntek

- 10.00 Regisztráció
- 13.00 A kongresszus megnyitása
- 13.15 *Szabó Gábor*: Fényterápia a fizikus szemével; kit terhel a bizonyítás kényszere?
- 14.00 *Willem Betz*: Az Európai Unió és az alternatív gyógyászat
- 14.45 *Michael Heap*: Alternatív medicina és politika Nagy-Britanniában
- 16.00 *Andy Wilson*: Kollektív homeopátiás „túladagolás”: a 10.23 kampány története
- 16.45 *Massimo Polidoro Houdini*: Egy bűvész a szellemek birodalmában
- 17.30 *Luigi Garlaschelli*: A torinói lepel titkai

Szeptember 18., szombat

- 09.00 *Amardeo Sarma*: Megváltoztassuk-e a tudomány szabályait, hogy a Pszít és a CAM-ot igazolni tudjuk?
- 09.45 *Simon Singh*: Trükk vagy terápia. Keresztüzből az alternatív gyógyászat
- 10.30 Beszélgetés „CAM Workshop”
- 11.15 *Vágó István*: Áltudomány a médiában
- 11.45 *Almár Iván*: A sajtó pánikreakciója az égi és földönkívüli jelenségekkel kapcsolatos hírekre
- 12.15 *Attila Nyerges*: Miszticizmus a jelenkori Romániában
- 14.00 *Kampis György*: Evolúció, teremtés

- 14.45 *Gerald de Jong*: Egy evolúciós ismereteket bővítő többszereplős on-line játék
- 15.30 Beszélgetés „Evolúció workshop”
- 16.15 *Tomasz Witkowski*: A divatos nonszensz még mindig itt van. Sokal-féle átverés a pszichológiában
- 16.45 *Sándor Klára*: Nyelvek, családok és gének: egy metafora hatalma
- 17.15 *Klaus Schmeb*: A Voynich-kézirat

Szeptember 19., vasárnap

- 09.00 *Tim Trachet*: Csodák és szentté avatások
- 09.30 *Joe Nickell*: Szigorúan bizalmas! Titkos paranormális kutatások
- 10.30 *Christopher C. French*: Rendhagyó pszichológia
- 11.45 *Röst Gergely*: Miért olyan népszerűek a hatástalan kezelések? Egy egyszerű matematikai modell tanulságai
- 12.15 *Maciej D. Zatonski*: Gyógyítás – művészet, tudomány vagy átverés?
- 12.45 Kérdések és válaszok
- 13.00 *J. Beth Ciesielski*: Közoktatás Romániában
- 13.30 *Beatrice Mautino, Stefano Bagnasco*: Csodák megfejtése a tudomány tanulásával (és vice versa)
- 14.15 A kongresszus lezárása

Az előadások angol nyelven hangzanak el, további információkért látogassa meg a [www.szkeptikustarsasag.hu](http://www.szkeptikustarsasag.hu) honlapot.

## Az atomoktól a csillagokig – fizikai előadássorozat az ELTE TTK-n

Idén szeptembertől folytatódik az immár 6. éve tartó *Az atomoktól a csillagokig* címmel középiskolásoknak szóló ismeretterjesztő előadássorozat a fizika frontvonalába tartozó fizikai érdekességekről, újdonságokról az Eötvös Egyetem Természettudományi Kara Fizikai Intézetében.

A 2010–2011. év őszi programtervezete:

- 2010. szeptember 30.: *Dávid Gyula*: Az Univerzum anyagai. Bevezetőt mond *Kürti Jenő*, a Fizikai Intézet vezetője
- 2010. október 14.: *Skrapits Lajos*: A gravitációs kút és az inga: Eötvös Loránd és elődei világhírű kísérletei a Pesti Tudományegyetemen (ünnepi előadás az Eötvös Egyetem fennállásának 375. évfordulója alkalmából)
- 2010. október 28.: *Farkas Illés*: Miben különbözünk az egértől? Szabályozási hálózatok a molekuláris biológiában
- 2010. november 18.: *Varga Dezső*: A legkisebb részecskék a világ legnagyobb gyorsítójában

2010. december 2.: *Dankházi Zoltán*: Laptop: a fekete doboz

2010. december 16.: *Csanád Máté*: A tökéletes kvark-folyadék

Az előadások délután 5 órakor kezdődnek az Eötvösteremben (Budapest XI., Pázmány Péter sétány 1/a, földszint 0.83).

Az előadássorozattal kapcsolatos részletesebb információk, az elhangzott és a közeljövőben tervezett előadások címei, előadói és rövid ismertetései, sőt minden, a sorozat kezdete óta elhangzott előadás anyaga, köztük a legtöbb előadás videofelvétele is megtalálható a <http://www.atomcsill.elte.hu> internetes honlapon.

A második félév programját a Szemle novemberi számában közöljük.

Minden érdeklődőt – diákot, tanárt, kollégát stb. – szívesen látunk. Az előadások látogatása ingyenes.

*Cserti József*  
a rendezvény szervezője

# Dióhéjban a SPICE = FŰSZER projektről

Az Európai Sulinet (European Schoolnet: EUN [www.eun.org](http://www.eun.org)) az idei tanévet is egy igen izgalmas két éves projekttel üdvözli, amelynek időtartama: 2009. december – 2011. november. A projekt neve: SPICE, magyarul FŰSZER, honlapja: [www.xplora.org/ww/en/pub/xplora/spice.htm](http://www.xplora.org/ww/en/pub/xplora/spice.htm).

## A projekt koordinátora

A projektet az Európai Sulinet (EUN) az Európa Tanács egész életen át tartó tanulás projektje keretében a Cseh Köztársaság és a portugáliai innovációs centrumokkal együtt tervezi megvalósítani a 16 európai ország tanáraiból és szakértőiből alakult csoporttal együtt. A projekt szakértői valamennyi tagországból a közoktatási intézményekben, tanárképzésben és tanár-továbbképzésben dolgozó pedagógusok (általában egy fő/ország), akik az aktuális feladatra sikeresen pályáztak.

## A projekt célja

A projekt célja: érdekes, könnyen átvehető, jó gyakorlatok (tananyagok) létrehozása matematikából, a természettudományos tárgyakból és technikából, valamint a kiválasztott tananyagok tesztelése. A tananyagok közül főleg a kutatásalapú természettudományos oktatásra és az IKT-ra épülő tananyagok kerültek kiválasztásra.

Az előre meghatározott szempontok szerint már kiválasztott tananyagokat mindig a többi ország résztvevői tesztelik, nem azok, akik készítették.

A kiválasztott tananyagokat a szakértői csoport tagjai részletes leírással ellátva az interneten a Moodle (<http://moodle.org/>) ingyenes internetes kurzuskezelő rendszerbe is beépítik. A Moodle keretrendszernek köszön-

hetően a szakértői csoport olyan hatékony online tanulási környezeteket hozhat létre, amelyeket egy adott tananyag tanításakor a többi európai tanárkolléga is átvehet, kipróbálhat, a leírásoknak megfelelően lépésenként reprodukálhatja a kísérleteket, valamint tesztelheti az új fogalom tanítását, begyakoroltatását.

A kiválasztott tananyagok célja, hogy elég interaktívak legyenek, sok multimédia-elemet tartalmazva keltsek föl a tanulók figyelmét, tegyék élménnyé a fizika, kémia, a természettudományos tárgyak tanulását.

## A projektben való részvétel

A tananyagok kipróbálásához mindenki csatlakozhat, majd ötleteit, tapasztalatait zárt tanári fórumokon is megoszthatja a szakértői csoporttal. Amikor a kipróbálásra kerülő tananyagok elkészültek, a szakértői csoport egy újabb felhívást indít útjára, meghívva a tanár kollégákat az anyagok tesztelésére. Ennek várható ideje 2011. január.

## A projekt várható eredménye

A projekt eredményeként a szakértői csoport azt várja, hogy a tanulóknak sikerül egyre jobban felkelteni a természettudományos tárgyak iránti érdeklődést, motiváltabbak lesznek a kísérletezés iránt, és mind az általános iskolában, mind a gimnáziumban jobban elgondolkodnak a pályaválasztásukkal kapcsolatban. Reméljük, hogy néhány év múlva a projekteknek köszönhetően újra sikerül népszerűvé tenni a természettudományos pályákat.

*Jarosievitz Beáta*

a projekt magyarországi koordinátora

# HÍREK AZ UNIVERZUMBÓL

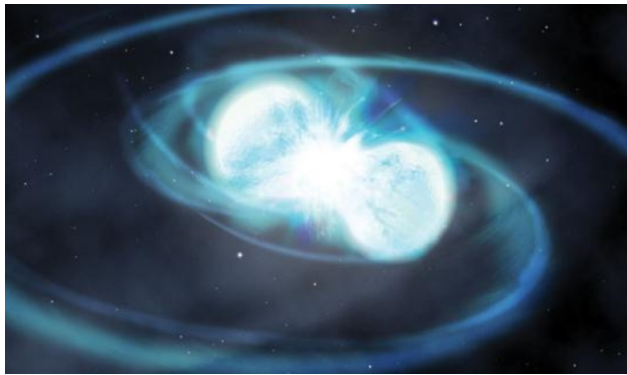
## Szédítő törpekeringő

A két fehér törpéből álló HM Cnc kettőscsillag keringési periódusa spektroszkópiai mérések szerint is csupán 5,4 perc és egyre csökken. A becslések szerint ígéretes célpontja lehet a gravitációs hullámok detektálására tervezett űrberendezéseknek.

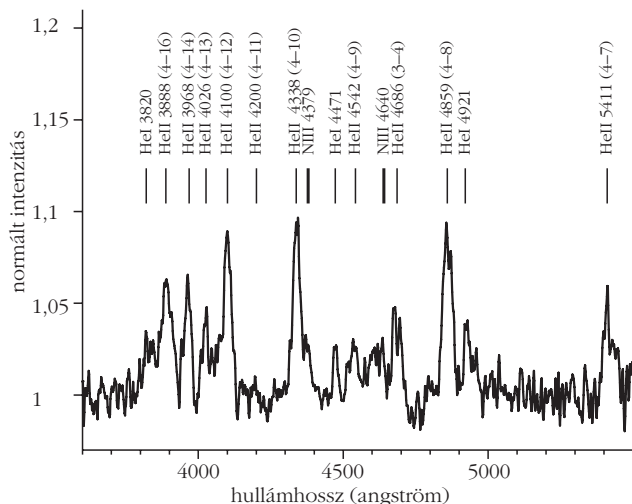
Jelenleg két olyan szoros, kölcsönható kettős rendszer ismert, amelyek – vélelmezett – keringési periódusa 10 percnél rövidebb, az egyik a V407 Vul 9,5 perccel, a másik pedig a HM Cnc 5,4 perccel. Ha a röntgen- és az optikai tartományban detektált rövid időskálájú periodikus változásokat valóban a keringés okozza, akkor a HM Cnc két fehér törpéből kell, hogy álljon, amelyek a gravitációs hullámok általi folyamatos energiavesztés miatt egyre közelebb kerülnek egymáshoz,

miközben a komponensek között valószínűleg stabil anyagátadási folyamat is zajlik (1. ábra). Extrém és egyedi volta miatt a HM Cnc vizsgálatával sokan foglalkoztak már, de természetét illetően még sok a nyitott kérdés. Ezek közül is a legfontosabbak a rendszert alkotó két csillag pontos fizikai természete, valamint a közöttük lezajló kölcsönhatások mértéke.

*Gijs Roelofs* (Harvard–Smithsonian Center for Astrophysics) és munkatársai a Keck I teleszkópot és annak kis felbontású leképező spektrográfját használták, hogy a HM Cnc esetében kinematikai bizonyítékokat szerezzenek a lehetséges elméleti modell(ek)re. A spektrumokban az ionizált hélium emissziós vonalai dominálnak, amelyek féltértékisélessége körülbelül



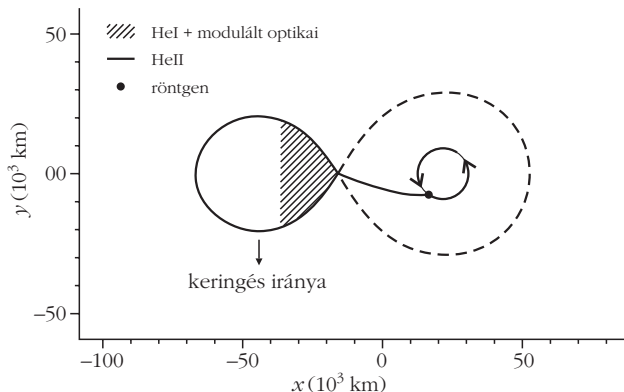
1. ábra. Fantáziarajz a keringés során egymáshoz egyre közelebb kerülő fehér törpékről, amelyek végül egy gigantikus kataklizma közben összeolvadnak. Újabb kutatások szerint valószínűleg ilyen esemény az Ia típusú szupernóva-robbanások nagy része. (D. Andrew Howell)



2. ábra. A HM Cnc színképének részlete a neutrális (HeI) és egyszeresen ionizált hélium (HeII), illetve a kétszeresen ionizált nitrogén (NIII) azonosított vonalaival. (Roelofs és tsai.)

2500 km/s. A mérési adatokban neutrális hélium vonalait is azonosíthatók, de azok jóval gyengébbek, s vannak hidrogén jelenlétére utaló nyomok is. A megfigyelt nitrogénvonalak pedig azt jelzik, hogy a HM Cnc valószínűleg mégsem nitrogénszegény objektum, ahogyan azt korábban gondolták (2. ábra). A több száz rögzített spektrum segítségével Roelofs és kollégái a héliumvonalak radiális sebességének változásai alapján pontosították a kettős periódusát, amelynek új értéke 321,53 s, illetve a periódus változási ütemét. Vizsgálták azt is, hogy esetleg más, hosszabb időskálájú változások is kimutathatók-e a színképvonalakban, de ilyenek nyomát nem találták.

Roelofs és munkatársainak a spektroszkópiai adatokon alapuló modelljében a HM Cnc esetében két



3. ábra. A HM Cnc modellje, bal oldalon az anyagot átadó csillaggal. A röntgensugárzás onnan származik, ahol az anyagáram a főkomponens felszínébe ütközik (fekete pont). A HeI 4471 emisszió forrása a donorcsillag főkomponens által megvilágított része (vonalkázott terület), de innen ered az egyéb, látható tartománybeli modulált sugárzás is. A HeII vonalak a főkomponens egyenlítője körüli gyűrűben keletkeznek (vastag fekete vonal). (Roelofs és tsai.)

fehér törpe kering egymás körül (3. ábra). A hélium ellentétes fázisban változó HeI 4471 és HeII 4686 vonalait, illetve feltételezett keletkezési helyük alapján a két komponens tömegarányát is meg tudták becsülni:  $q = M_2/M_1 = 0,50 \pm 0,13$ . Ahhoz azonban, hogy az általuk levezetett periódusváltozást magyarázni lehessen, az anyagot átadó (donor) csillag tömegének a korábban feltételezettnél nagyobbaknak,  $M_2 = 0,27$  naptömeg körülnek kell lennie, amit az említett héliumvonalak segítségével végzett úgynevezett Doppler-tomográfia is megerősített. A tömegarány alapján ez egyben azt is jelenti, hogy a főkomponens tömege  $M_1 \approx 0,55$  naptömeg. Ismeretükben a kettős pályasíkjának inklinációja is megbecsülhető, ez  $i \approx 38^\circ$ .

A HM Cnc távolsága 5 kpc körüli, s bár ez az érték eléggé bizonytalan, a rendszer becsült paraméterei alapján Roelofs és kollégái meghatározták a kettős által generált gravitációs hullámoknak a Földön vagy bolygónk közelében észlelhető amplitúdóját:  $h \approx 10^{-22}$ . Pontosabban, ez a dimenzió nélküli paraméter arról ad felvilágosítást, hogy a gravitációs hullámok milyen arányú torzulást okoznak a téridő szerkezetében annak adott pontján. Az elektromágneses hullámok klasszikus amplitúdójával a  $h$  idő szerinti deriváltja kapcsolható össze. A  $h$  becsült értéke azt jelzi, hogy a gravitációs hullámok detektálására tervezett űrberendezések, például a LISA (Laser Interferometer Space Antenna) számára a HM Cnc az egyik legkönnyebben mérhető forrás lehet.

Az eredményeket részletező szakkikk az *Astrophysical Journal Letters* című folyóiratban jelent meg.

Kovács József



# Természettudomány-tanítási fesztivál Magyarországon

**Csodák Palotája – Budapest, Millenáris Park, 2010. október 2.**

- |             |  |             |  |
|-------------|--|-------------|--|
| 10.00       | Pálinkás József (MTA) nyitóbeszéde   | 12.20–12.40 | Góczi Ildikó és Jarosievitz Beáta: Alice Kémiaországban        |
| 10.15–10.35 | Mészáros Péter: Fifikus fizikus kísérletek   | 12.40–13.10 | Ebédszünet   |
| 10.40–11.00 | Szántay Judit és Gina: Memócéval az alkímisták nyomában                                | 13.10–13.30 | Fükéné Walter Mária: Égen-földön titkot fejtess!               |
| 11.05–11.25 | Piláth Károly: Játék a Wiimote controllerrel   | 13.35–13.55 | Zsigó Zsolt: Csináld magad! Hangkártyán alapuló fizika mérések |
| 11.30–11.50 | Szórád Endre: A gyors égést befolyásoló gyulladási hőmérséklet hatásának szemléltetése | 14.00–14.20 | Kirsch Éva: Atomi életképek                                    |
| 11.55–12.15 | Murányi Zoltán és Vida József: SURVIVOR a túlélés kémikus-fizikus eszközei             | 14.25–14.45 | Kosztju János: Mérési kísérletek a középiskolai fizikaórákon   |
|             |  | 14.50–15.10 | Molnár János: Fizika filmekben                                 |
|             |  | 15.15–15.35 | Farkas Zsuzsanna: Korok és tudósok                             |
|             |  | 15.40–16.00 | Jendrék Miklós: Látható hangok, hallható fények                |
|             |  | 16.05–16.25 | Lang Ágota: LEGO-robotok a fizikaórán                          |
|             |  | 16.30–16.50 | Márki-Zay János: Innovatív fizikai kísérletek                  |
|             |  | 16.55–17.15 | Sebestyén Zoltán: Nem élhetek kísérletek nélkül!               |
|             |  | 18.30       | Eredményhirdetés   |



**További információk:** A korábbi Science on Stage, illetve az azokat megelőző Physics on Stage fesztiválokon a magyar pedagógusok sikeresen szerepeltek, és több értékes díjat is szereztek.

Lásd pl.: <http://www.kfki.hu/fszemle/archivum/fsz0903/FizSzem-200903.pdf> (101. oldal)

<http://www.szinpaddon-a-tudomany.hu>

<http://www.science-on-stage.eu> (angol nyelven)

[http://www.esa.int/SPECIALS/Science\\_on\\_Stage/](http://www.esa.int/SPECIALS/Science_on_Stage/) (angol nyelven)

**Szervező bizottság:** Egyed László, Fodor Erika, Hadházy Tibor, Holzgethán Katalin, Makai Szilvia, Nagy Anett, Nádori Gergely, Sükösd Csaba (sukosd@reak.bme.hu), Ujvári Sándor

