

# fizikai szemle



2010/3

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

Szerkesztő:

Füstöss László

Műszaki szerkesztő:

Kármán Tamás

A folyóirat e-mail címe:

szerkesztok@fizikaiszemle.hu

A lapba szánt írásokat erre a címre kérjük.

A folyóirat honlapja:

<http://www.fizikaiszemle.hu>

A címlapon:

A marsi Tharsis Montes három  
vulkánja (Arsia, Pavonis és Ascræus  
Mons), valamint a legnagyobb hegy,  
az Olympus Mons balra fenn.  
A csatornákat vajon nem víz, hanem  
láva folyás okozta?  
Írásunk a 108. oldalon.

## TARTALOM

<i>Németh Judit, Szabados László:</i> Természetes, hogy a Világegyetem alkalmas az élet számára?	73
<i>Hraskó Péter:</i> Jánossy Lajos relativitáselmélet-felfogásáról	77
<i>Sávoly Zoltán:</i> Totálreflexió s röntgenfluoreszcencia spektrometria	79
<i>Oláb-Gál Róbert:</i> Bolyai János hőelméleti vázlat	82

### A FIZIKA TANÍTÁSA

<i>Radnóti Katalin, Adorjánné Farkas Magdolna:</i> Mit tanítsunk fizikából az általános iskolában?	84
<i>Kovács László:</i> Szubjektív tanszéktörténet	91

### VÉLEMÉNYEK

<i>Papp Zoltán:</i> Sugárvédelem a középiskolában és az érettségien: jól van úgy, ahogy van?	95
<i>Tél Tamás:</i> Bologna vagy tanárképzés?	100

### HÍREK – ESEMÉNYEK

104

*J. Németh, L. Szabados:* Is it self-evident that life may occur in a Universe like ours?  
*P. Hraskó:* L. Jánossy's views on relativity theory  
*Z. Sávoly:* Total-reflection X-ray fluorescence spectrometry  
*R. Oláb-Gál:* The sketch of a heat theory proposed by J. Bolyai

### TEACHING PHYSICS

*K. Radnóti, M. Adorján-Farkas:* What part and kind of physics should be taught in elementary school?  
*L. Kovács:* History of my Physics Department – as I personally see it

### OPINIONS

*Z. Papp:* Radiation protection – are its issues properly presented in secondary school teaching and exams?  
*T. Tél:* Bologna or training of teachers?

### EVENTS

*J. Németh, L. Szabados:* Ist es selbstverständlich, dass es im unserem Weltall Leben geben kann?  
*P. Hraskó:* L. Jánossy's Stellungnahme zur Relativitätstheorie  
*Z. Sávoly:* Spektrometrie der Totalreflexions-Röntgenfluoreszenz  
*R. Oláb-Gál:* Umriss einer Wärmetheorie nach J. Bolyai

### PHYSIKUNTERRICHT

*K. Radnóti, M. Adorján-Farkas:* Was sollte in der Grundschule über „Physik“ gelehrt werden?  
*L. Kovács:* Geschichte meines Physik-Lehrstul – subjektiv gesehen

### MEINUNGSÄUSSERUNGEN

*Z. Papp:* Strahlenschutz im Mittelschul-Unterricht und bei den Prüfungen: ist alles in Ordnung?  
*T. Tél:* Bologna oder die Ausbildung von Lehrern?

### EREIGNISSE

*Ю. Немец, Л. Сабодои:* Следует ли интересоваться тем, почему возможна жизнь в нашей вселенной?  
*П. Храшко:* Взгляды Л. Яноши по теории относительности  
*З. Шаволь:* Спектрометрия рентген-флуоресценции  
*Р. Оля-Гал:* Очерк теории теплоты Яноша Бояи

### ОБУЧЕНИЕ ФИЗИКЕ

*К. Радноти, М. Адорьян-Фаркас:* Чему следует обучать учеников элементарных школ по физике?  
*Л. Ковач:* Личная версия истории моей кафедры

### ЛИЧНЫЕ МНЕНИЯ

*З. Пapp:* Радиационная защита, как предмет обучения и экзаменов в средней школе – все ли в порядке у нас?  
*Т. Тэл:* Болонья или же образование учителей?

### ПРОИСХОДЯЩИЕ СОБЫТИЯ

**Fizikai Szemle**  
MAGYAR FIZIKAI FOLYÓIRAT

megjelenését anyagilag támogatják:



**nka**  
Nemzeti Kulturális Alap

**mym**  
paksi atomerőmű

**NCA**  
Nemzeti Civil Alapprogram



# Fizikai Szemle

## MAGYAR FIZIKAI FOLYÓIRAT

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

LX. évfolyam

3. szám

2010. március

## TERMÉSZETES, HOGY A VILÁGEGYETEM ALKALMAS AZ ÉLET SZÁMÁRA?

Németh Judit, ELTE TTK Fizikai Intézet  
Szabados László, MTA KTM Csillagászati Kutatóintézet

*Az Univerzumban az a legérthetlenebb, hogy megérthető. Albert Einstein híres mondásának a mélysége ma már feltárul a Világegyetem szerkezetével és fejlődésével foglalkozó szakértők előtt, sőt még az érdeklődő laikusok is beláthatják, hogy a mondásban mennyi igazság rejlik (noha természetesen az igazi megértéstől messze vagyunk). A megérthetőség (amennyiben létezik) egyik oka az, hogy az anyag és a fizika törvényei az egész Világegyetemben ugyanazok, mint itt a Földön, ahogyan ez már Newton óta ismert, és a legtávolabbi galaxisokban is ugyanolyanok az atomok, azok gerjesztett állapotai és a kémia törvényei, mint a földi rendszerekben. A másik ok az, hogy a szükséges törvények és maga a rendszer is egyszerűek és könnyen felfoghatóak. Érdekes azonban megemlíteni, hogy noha a fizika és kémia törvényei azonosak a Földön és a Világegyetemben, az Univerzum fejlődése nemcsak az általános törvényszerűségektől, hanem több apró részlettől, bizonyos mennyiségek meghatározott értékétől is függ, és ha néhány fontos, vagy néha akár jelentéktelennek tűnő adat értéke néhány százalékkal más lenne, a Világegyetem egészen másképpen fejlődött volna, és élet nem alakulhatott volna ki. (Ezeknek az adatoknak egy részére több kiváló kozmológus is rámutatott.) Néhány ilyen fontos adatot fogunk a következőkben áttekinteni a teljesség igénye nélkül.*

### A Világegyetem anyaga és az abban fellépő kölcsönhatások

Bevezetőként, a későbbiek világosabb megértése céljából tekintsük át röviden a Világegyetem anyagát és az abban fellépő kölcsönhatásokat. A következőkben az Univerzum alkotórészei közül csak azokat soroljuk fel, amelyek fontosak lesznek számunkra, és

nem célunk az összetett részecskék alkotórészeinek felsorolása, ha azokra a későbbiekben nincs szükségünk (pl. a protonok és neutronok esetén nem beszélünk a kvarkokról, de az atomokról megemlítjük, hogy atommagból és elektronokból állnak).

A Világegyetem anyagának egy része, akárcsak a Nap vagy a Föld anyaga, neutronokból és protonokból áll. Ezeket nevezik barionoknak. A barionok erős kölcsönhatásban vesznek részt, az erős kölcsönhatás tartja össze az atommagokat. A Világegyetem fontos alkotórészei a barionok mellett az elektronok. A töltött részek elektromágneses kölcsönhatásban vesznek részt, amely három nagyságrenddel gyengébb, mint az erős kölcsönhatás, ez tartja össze az atomokat. Fontos szerepük van még a neutrínóknak is, ezek tömege csekély, és csak a gyenge kölcsönhatásban vesznek részt (az előző részekkel együtt). Valamennyi részecske a tömegének megfelelő mértékben részt vesz a gravitációs kölcsönhatásban. Amíg az erős kölcsönhatás csak  $10^{-13}$  cm-en belül hat (ezért olyan kicsik az atommagok), az elektromágneses és a gravitációs kölcsönhatás hatótávolsága végtelen. Az elektromágneses kölcsönhatás százezer-szer erősebb a gyenge kölcsönhatásnál és  $10^{36}$ -szor erősebb a gravitációs kölcsönhatásnál. (A feles spinű részeknek vannak antirészei, egy részecske és egy antirészecske összetalálkozva szétsugározhat, de ezzel itt nem foglalkozunk.)

A galaxisokat alkotó csillagok mozgásából megállapították, hogy sokszor annyi gravitációs anyag van az egyes galaxisokban, mint amennyi a barionos anyag. Ez utóbbi értékét a primordiális (korai) magreakciókban kialakult atommagok (deuteron, hélium, lítium) mennyiségének meghatározása révén kapták meg. A többlet-anyag csak gravitációs kölcsönhatásban vesz részt, elektromágnesesben nem, nem bocsát ki fényt, ezért sötét anyagnak nevezték el. A sötét anyagot

nehéz közvetlenül megfigyelni, de az utóbbi években létét galaktikák ütközésénél kimutatták a csillagászok. Az eddigi kutatásokból az is kitűnik, hogy a gravitációs kölcsönhatásban a döntő szerep a sötét anyagé.

## A Világegyetem fejlődése

A későbbiek megértése végett néhány fontos részletet említünk a Világegyetem fejlődésével kapcsolatban. A huszadik század jelentős részében az az elképzelés uralkodott, hogy a Világegyetem egy nagyon kis, forró pontból fejlődött ki, ezt nevezik Ősrobbanásnak. Az Ősrobbanás után az Univerzum tágult, és mint minden forró rendszer, a tágulás során egyre hűlt. A forró anyagban a neutronok és a protonok (barionok) egyforma számban léteztek, mert a hihetetlen nagy hőenergiához képest elhanyagolható ezek nyugalmi energiájának különbsége.

Az Ősrobbanás-elképzelést legjobban a mikrohullámú háttérsugárzás igazolja. A forró Világegyetemben a különböző anyagformák csatolódtak egymáshoz, a sötét anyag a gravitációs kölcsönhatás révén kapcsolódott a barionokhoz, a neutronok a magerők révén a protonokhoz, a protonok az elektromos kölcsönhatás révén az elektronokhoz, az elektronok a Compton- és Thomson-szórás révén a fotonokhoz, tehát az egész anyagrendszer azonos hőmérsékletű volt. A hűlés során azonban ez a csatolódás megszűnt, a fotonok és az elektronok egymástól függetlenül fejlődtek és hűltek. Az egész Univerzumban minden irányban egyenletes, rendkívül kis fluktuációjú feketetest-sugárzás, a kezdeti fonsugárzás maradványa található, amelynek hőmérséklete jelenleg 2,73 K. Ezt a sugárzást nevezik kozmikus mikrohullámú háttérsugárzásnak.

Vizsgáljuk meg a Világegyetem tágulását leíró mozgásegyenleteket. Közismert, hogy ehhez az Einstein-egyenleteket kell használni, de a mi céljainknak a sokkal egyszerűbb Newton-egyenletek is megfelelnek. A Newton-egyenletek szerint a teljes  $E$  energia, a kinetikus és potenciális energia összege:

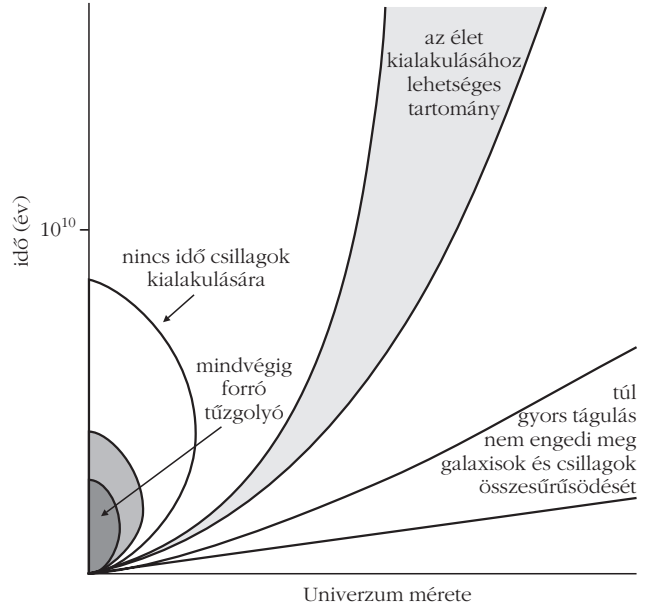
$$E = E_{kin} + E_{pot} \quad (1)$$

Ha a teljes energia éppen zérus, azaz a kinetikus energia megegyezik a negatív potenciális energiával, a Világegyetem nem tágul, és nem is húzódik össze, statikus. A potenciális energia azon értékét, ahol ez bekövetkezik, kritikus energiának nevezik. Az egyszerűség kedvéért bevezették a

$$\Omega = \frac{\rho}{\rho_{krit}} \quad (2)$$

jelölést, ahol  $\rho$  a Világegyetem anyagának a sűrűsége. Ha  $\Omega > 1$ , az Univerzum összehúzódik, ha  $\Omega < 1$ , tágul (1. ábra).

Az Univerzumot hosszú időn át statikusnak tartották. Ez a meggyőződés annyira mélyen gyökerezett az emberiségben, hogy Einstein – szembesülve, hogy



1. ábra. Lehetséges univerzumok különféle pályagörbéi. Bár  $\Omega$  mostani értéke bizonytalan, a kezdeti feltételeknek pontosan hangoltnak kell lenniük ahhoz, hogy az Univerzum a megengedett tartományba kerüljön. E hangolás nélkül a tágulás vagy annyira gyors, hogy nem alakulhatnak ki galaxisok, vagy annyira lassú, hogy az Univerzum összeroppan, még mielőtt ideje lenne bármilyen érdekes evolúcióra. [4]

egyenleteinek megoldása vagy egy táguló, vagy egy összehúzódó Világegyetemre vezet – definiált egy új tagot, a kozmológiai állandót azért, hogy statikus Világegyetemet kapjon.

## A Világegyetem jellemzése

A statikus világbé elképzelést tapasztalati adatok döntötték meg. A csillagászati távcsövek és a megfigyelési technika javulásával Edwin Hubble 1929-ben arra az eredményre jutott, hogy a Világegyetem tágul. A tágulást a galaxisokból érkező fény vöröseltolódásából határozta meg. A csillagokban, illetve az interstelláris anyagban a gerjesztett állapotú atomok a rájuk jellemző frekvencián sugároznak. Ha ezeket a Földön mért laboratóriumi értékekkel összehasonlítjuk, azt kapjuk, hogy a fotonok hullámhossza megnyúlt, a sugárzás a vörös felé tolódott el, tehát a kibocsátó csillag távolodik tőlünk (ha a csillag közeledik, kékeltolódás jön létre). (Természetesen, amint említettük, alapvető az a feltevés, hogy a Világegyetemben ugyanolyan atomok vannak, mint a Földön, és azok ugyanúgy sugároznak.) Minél gyorsabb a távolodás, annál nagyobb a vöröseltolódás. A legtöbb galaxis fénye a vörös felé tolódik el, tehát távolodnak tőlünk: azaz az egész Világegyetem tágul. A tágulás során nincs kitüntetett középpont: kevés kivételtől eltekintve minden galaxis távolodik mind-egyiktől, függetlenül attól, hogy hol helyezkedik el. Legjobban ezt egy léggömbhasonlattal lehet érthetővé tenni. Fessünk egy luftballonra pontokat, majd fújjuk fel a ballont. Bár a pontok nem mozdulnak el a

gömb felületén kijelölt helyükről, mégis minden pont távolodik a többitől. A távolodás sebessége a felfújás mértékétől függ, tehát akár a fénysebességnél is gyorsabb lehet. Mivel mindegyik pont mozdulatlan a felületen, nem a pontok mozognak, hanem maga a ballon tágul gyorsan, és ez nem mond ellent Einstein törvényének. A fény, miközben az azt kibocsátó galaktikától hozzánk érkezik, egy megnyúló téren halad át, a vöröseltolódás mértéke tehát a csillag távolságára és a tér tágulására jellemző adat. A tágulás során természetesen az Univerzum hűlt is: a kezdeti forró állapot helyett az átlaghőmérséklet ma csak 2,73 K-nél magasabb az abszolút zérus foknál. Ez nagyon kis érték, de a Világegyetem nagyon hatalmasra nőtt: még így is minden köbméterben 412 milliárd foton van, míg a barionok átlagos sűrűsége csupán mintegy 0,2 köbméterenként.

A Világegyetem kezdeti állapotát és a tágulást az Ősrobbanás elmélete írja le, de hangsúlyozzuk, hogy itt szó sincs felfújásról vagy robbanásról. A tágulást nem a nagy nyomás okozta, hanem az Ősrobbanás előtti állapot következménye. Ez határozza meg a kezdeti tágulás sebességét. A tágulás további mértékét, amint az az második egyenlethől látható, a gravitációs anyag mennyisége szabja meg, ami lassítja a tágulást.

## Az élet kialakulásának feltétele

Ha azt akarjuk megvizsgálni, mennyire alkalmas Univerzumunk az élet kialakulására, nézzük meg először, milyen feltételek szükségesek az élethez. A legfontosabbak talán a következők:

1. A fizika törvényeinek meg kell engedniük a stabil, komplex szerkezetek kialakulását.

2. Az Univerzumban lennie kell az élőlények felépítéséhez szükséges alkotóelemeknek (pl. szénnek, víznek).

3. Az élet kialakulásához szükséges idő alatt ne változzanak bizonyos külső feltételek, például a hőmérséklet.

## Ellentmondásos véletlenek?

A következőkben felsorolunk néhány olyan adatot, vagy jelenséget a Világegyetemben, amelyek első látásra jelentéktelennek vagy véletlennek tűnnek, ugyanakkor ezek megváltoztatásával nem alakulhatott volna ki az élet. (Hangsúlyozni kell, hogy mindig csak egy adatot változtathatunk meg, és a felsorolt „véletlenek” nem fontossági sorrendben vannak feltüntetve.)

1. Az Univerzum kezdeti tágulási sebességét, mint említettük, a gravitációs anyag mennyisége befolyásolja. Ha túl gyors lenne a tágulás, akkor a gravitációs vonzás nem lenne képes a galaxisok kialakítására, nem lennének csillagok és bolygók, azaz az élet nem alakulhatna ki. Ha pedig túl lassú, akkor a Világegyetem hamar összeroppanna az erős gravitációs vonzás miatt (*1. ábra*).

2. A gravitáció erősségére vonatkozó megszorítást már *Galilei* tett. Azt mondta: mérhetetlen nagy fákat nem hozhat létre a Természet, mert az ágak leszakadnának a saját súlyuk alatt. Az élővilágban rendkívül fontos a méret. Ha egy ember méretét megdupláznánk, a lába nem nőne meg kellő mértékben, és nem bírná el a testét. Pedig a gravitáció nagyon gyenge, például az elektromos kölcsönhatás erősségéhez képest:  $10^{36}$ -szor (ezt a számot nevezzük *N*-nek) gyengébb. Mivel csak egyfajta gravitációs erő van, a gravitációs hatások összegeződnek, míg elektromos erő kétféle van, vonzó és taszító (a töltések előjelétől függően), és ezek egymás hatását semlegesíteni tudják, így a gravitáció szerepe nagyobb méretekben hihetetlenül fontos, földi és égi méretekben ez a döntő. Természetesen azt gondolhatjuk, ha a gravitáció erősebb vagy gyengébb lenne, másféle élőlények alakultak volna ki a Földön, és ez elvileg lehetséges is. Azonban, ha a gravitáció gyengébb lenne, a Föld messzebb lenne a Naptól, és nem kapna elég meleget, ha erősebb lenne, túl közel kerülne hozzá, és ezért túl magas lenne a hőmérséklet. Ha *N*  $10^{36}$  helyett csak  $10^{30}$  lenne, vagyis a gravitáció 6 nagyságrenddel erősebb lenne, a tárgyakkal nem kellene olyan nagyra nőniük ahhoz, hogy a tömegvonzás versenyre kelhessen a többi erővel. Egy erős gravitációjú világban még a rovarokat is csak vastos lábak bírják el. A gravitáció a hozzánk hasonló méretű objektumokat összenyomná. Még nagyobb problémát okozna azonban az, hogy a Naptól nem kapnánk elég hosszú ideig meleget, így az idő rövid lenne a biológiai élet kifejlődésére. A gravitáció az Univerzum rendező ereje. Nagy és hosszú életű alakzatok csak azért létezhetnek, mert a gravitáció gyenge.

3. A Föld korát már a 19. században legalább 1 milliárd évre becsülték a geológusok meg a biológusok. *Kelvin*, a kiváló fizikus azonban már akkor kiszámolta, hogy ennyi idő alatt régen ki kellett volna mérülnie a Nap belső hőjének (ha az összehúzódásból származik), kell tehát, hogy valami akkor még ismeretlen energiaforrása legyen. Azóta tudjuk, hogy ez a forrás az atomenergia.

A Nap magjában a hidrogén héliummá alakul. Ez a magreakció akkor következik be, ha a csillag hőmérséklete néhány millió fokal. Azért szükséges ilyen magas hőmérséklet, mert az első magreakció, amely végbemegy, két proton deuteronná való egyesülése. A protonok közt elektromos taszítás hat, és ahhoz, hogy ennek ellenére egyesüljenek, nagyon magas hőmérséklet és sűrűség kell, össze kell nyomódnia a rendszernek annyira, hogy az alkotórészek közt a magerők (amelyek, mint említettük, sokkal erősebbek, ugyanakkor sokkal rövidebb hatótávolságúak, mint az elektromos erő) hatni tudjanak. Ha a magerők hatótávolsága rövidebb lenne, a magreakciók kialakulásához még sokkal nagyobb hőmérsékletre lenne szükség, a forró csillag sokkal hamarabb elhasználhatná energiáját, tehát rövidebb ideig szolgáltatna hőt a Föld számára, nem lenne elég idő az élet kialakulásához.

4. A legkönnyebb ismert elemek: H(1p), He(2p,1n), He(2p,2n) (ezt hívják alfa-résznek), Li(3p,4n), Be(4p,5n) (a zárójelben a protonok, illetve a neutronok száma van). A Be(4p,4n) azonnal elbomlik 2 He-ra, a B(5p,4n) nem tud kialakulni, a Be után következő legkisebb protonszámú, stabil elem a szén, C(6p,6n). A Be rendkívül rövid élettartama alatt befoghat egy harmadik He-ot, de ennek valószínűsége nagyon kicsi. *Fred Hoyle* megjósolta, hogy a C(12)-ben három alfa-rész találkozásánál kell lennie egy gerjesztett (kvantummechanikai) rezonanciaállapotnak, amely nagyságrendekkel megnöveli a C(12) kialakulásának valószínűségét. Ezt a rezonanciát megtalálták a keresett értéknél. Ha nem lenne éppen ennél az energiánál ez a rezonanciaállapot, nem alakulhattak volna ki a nehezebb elemek. Azt, hogy milyen energiánál van ez a rezonancia, az erős és elektromágneses kölcsönhatások együttese határozza meg. Ha ez a viszony akár csak 1%-kal megváltozna, nem alakulna ki C és így a nehezebb elemek sem.

5. Az anyag tömegéről néha azt mondják, hogy a tömeg kőbe zárt energia. Ezen állítás jelentése az  $E = mc^2$  összefüggésből érthető meg: minden tömeg energiának felel meg. Ha a részecskék egyesülnek, a kialakult rendszer tömege kisebb lesz, mint az alkotórészeké együttesen (egy deuteron tömege kisebb, mint egy proton és egy neutron tömegének összege). Ahhoz, hogy a részecskéket alkotóelemeikre bonthassuk, a hiányzó tömegnek megfelelő energiát közölni kell a rendszerrel, ezt az értéket nevezik kötési energiának. Egy deuteron kötési energiája 1,44 MeV, egy He atommagé, ami két neutronból és két protonból áll, 12,85 MeV. A deuteron gyengén kötött mag, könnyű tehát elbontani. Az egy részecskére eső kötési energia körülbelül 4,5-szer kisebb, mint a héliumban. Ennek az az oka, hogy a deuteron csak két részecskéből áll, a részecskék nincsenek körülveve minden irányból rájuk vonzást gyakorló részecskékkel. A 2 protonból és 2 neutronból álló héliumatommag tömegének 7 ezreléke energiává alakul:  $\Delta m = 0,007$  (deuteron képződésénél, mint említettük, ez az érték sokkal kisebb, viszont nehezebb magok kialakulásánál majdnem ugyanakkora, csak kicsit nagyobb). Kérdés, fontos-e ez az adat? Mi történe, ha  $\Delta m$  értéke 0,006 lenne? Azonnal látható, hogy egy proton nem kötődhetne egy neutronhoz, a deuteron nem lenne stabil, He nem alakulhatna ki, tehát nehezebb magok és így élet sem képződhetne. De baj lenne akkor is, ha  $\Delta m = 0,008$ -nál nagyobb lenne, mert akkor nem maradhatott volna fenn hidrogén, ugyanis két proton közvetlenül is össze tudna kapcsolódni, nem kellene egyiknek neutronná átalakulnia, a vonzó magerők legyőznék az elektromos taszítást. Nem maradt volna a csillagoknak elég idejük az energiatermeléshez. Másrészt ha nem lenne H, az élet számára rendkívül fontos víz (H<sub>2</sub>O) sem alakulhatott volna ki.

6. A nagyobb tömegű csillagok fejlődésük során vagy neutroncsillaggá, vagy fekete lyukká alakulnak. Eközben rengeteg szénatom keletkezik. A csillag végső állapota előtt felrobban (ezt a jelenséget nevezik szupernóva-robbanásnak). A robbanás során az anyag jelentős része közepén maradvá kompaktszil-

laggá alakul, míg másik része erről a sűrű középponti részről visszapattan, robbanás következik be. A robbanás során a visszapattanó anyag szétszóródik a csillagközi térben, miközben rendkívül felfényesedik. A visszalökődésnél fontos szerepet játszik a gyenge kölcsönhatás. Az összeomlásnál a protonok és a neutronok szorosan összepréselődnek. A robbanás során a gyenge kölcsönhatás révén a protonok neutronokká alakulnak pozitron és neutrínó kibocsátása mellett. Hihetetlenül nagyszámú neutrínó lép ki, amit Japánban meg is figyeltek a Nagy Magellán-felhőben bekövetkezett, SN1987A jelű szupernóva robbanásakor. A csillag magjának sűrűsége olyan nagy, hogy még a neutrínók is nehezen jutnak át rajta, de nagy számuk és energiájuk miatt nagy nyomást gyakorolnak az anyagra, ami segít kilökní az Univerzumba az összeomló törzsre rászakadó anyagot. Ha a gyenge kölcsönhatás gyengébb lenne, a robbanás során keletkezett neutrínók nem lennének képesek kilökní az anyagot. Ha erősebb lenne, erősebben kölcsönhatnána a törzs anyagával, és nem lépnének ki, nem segítenének a csillag köpenyének lefújásában, nem jutna ki például a szén az Univerzumba.

7. A gyenge kölcsönhatás szintetizálja a korai, forró Világegyetemben a He mennyiségét. A neutron a gyenge kölcsönhatás miatt 615 s alatt protonná bomlik (a neutron 0,1%-kal nehezebb, mint a proton). A Világegyetemenk mintegy 100 s-ra volt szüksége olyan mértékű lehűléshez, hogy a nagyenergiájú fotonok már ne bombázzák szét a deuteronokat. Ha a gyenge kölcsönhatás kicsit erősebb lenne, a neutronok gyorsabban bomlottak volna el, és nem alakult volna ki kellő mennyiségű deuteron és így He, ez viszont csökkentette volna az élet számára nélkülözhetetlen mennyiségű szén kialakulását. Ellenben, ha a gyenge kölcsönhatás gyengébb lenne, a neutronok és protonok aránya a közel 1 helyett (ennyi kell az atommagok kialakulásához) jóval kisebb lenne. Ennek oka a következő: az első másodperc végén a magas hőmérséklet még egyensúlyban tartotta a protonok, neutronok, elektronok és neutrínók keverékét. (Olyan magas volt a hőmérséklet, hogy a neutronok bomlása miatti energiafelszabadulás elhanyagolható volt.) A hőmérséklet csökkenésével azonban a neutronok bomlása miatt a neutron-proton arány 1:6 lett. Ha a gyenge kölcsönhatás gyengébb lett volna, ez az arány magasabb lenne, a hidrogének számához képest túl sok lenne a hélium (1:1 arány esetén minden hidrogén héliummá alakult volna). A Nap mint fúziós reaktor működik, energiája a hidrogén héliummá alakulása révén jön létre, innen származik a kisugárzott energiája. Ha kevesebb hidrogén lenne, rövidebb ideig tudná melegíteni a Földet, tehát nem lenne idő az élet kialakulására. Ezenkívül a hidrogén az oxigénnel vizet alkot, az pedig elengedhetetlen az élet számára. A gyenge kölcsönhatás erőssége éppen jó!

8. A deuteron kialakulásának gyorsasága a csillagokban más szempontból is fontos kérdés. A csillagban kezdetben nincsenek neutronok, deuteron csak akkor tud kialakulni, ha 2 proton annyira meg tudja közelíteni egymást, hogy az erős kölcsönhatás már hasson közöt-

tük, és az egyik proton neutronná alakulhasson. Ehhez a csillag magas hőmérséklete és nagy sűrűsége szükséges. A neutron protonná alakulását a gyenge kölcsönhatás szabályozza, ami tényleg gyenge:  $n = p + e^- + \nu$ . (Minden olyan folyamat, amiben a  $\nu$  neutrínó részt vesz, csak gyenge kölcsönhatás révén mehet végbe.) Ha a folyamat gyorsabban menne végbe, a Nap hidrogénkészlete sokkal hamarabb elfogyna, a csillagreaktor kimerülne, és a Földre nem jutna elég hosszú ideig energia ahhoz, hogy az élet kialakuljon.



Még sorolhatnánk példákat arra, hogy a részecskék tömegének és a kölcsönhatások erősségének pontos, behangolt értéke mennyire fontos az életre alkalmas Világegyetem kifejlődésére. (Például mi lenne, ha a neutron tömege kisebb lenne, mint a protoné? Mit mondhatnánk akkor az élet kialakulásáról? Tessék végiggondolni!) De talán elég példát tekintettünk át. Azonban az élet feltételei az egész Univerzumunkban adottak. Könnyen lehetséges, hogy vannak más csilla-

goknak is olyan bolygói, ahol valamilyen élet kialakult, hiszen hihetetlenül nagyszámú csillag van a Világegyetemben (csak a Tejútrendszerben legalább 200 milliárd), és ezeknek számos bolygója van.

A Világegyetemről azt állíthatjuk, hogy alkalmas az élet kialakulására, legalábbis egy helyen látunk erre példát. Lehet, hogy vannak más Világegyetemek (multiverzum), amelyek egy részében kialakulhat az élet, más részében nem? A fizika törvényeiről szeretnénk azt hinni, hogy azok mindenütt ugyanolyanok, de az állandók lehetnek mások. Van más csillag bolygóján, vagy más Univerzumban élet? Ki tudja?

#### Irodalom

1. P. Davies: *A megbundázott Világegyetem*. Akkord Kiadó, Budapest, 2008.
2. Németh Judit: Mi az a sötét energia? *Fizikai Szemle* 54/1 (2004) 1.
3. Németh Judit: A Világegyetem fejlődése. *Magyar Tudomány* 2003/10, 1248.
4. M. Rees: *Csak bat szám – Az Univerzumot alakító erők*. Vince Kiadó, Budapest, 2001.

## JÁNOSSY LAJOS RELATIVITÁSELMÉLET-FELFOGÁSÁRÓL

Hraskó Péter

Pécsi Tudományegyetem, Elméleti Fizika tanszék

Ha fizikatanárok társaságában feltennénk azt a kérdést, hogy tulajdonképpen mi az idő, valószínűleg azzal utasítanak el, hogy az ilyen metafizikai problémákat hagyjuk inkább a filozófusokra. De ha valóban nem tudnak (és nem is akarnak) foglalkozni ezzel a kérdéssel, akkor hogyan merészelik felírni a táblára az

$$s = \frac{1}{2} g t^2$$

képletet? Mi az a  $t$ , amit itt négyzetre kell emelni?

Ha így tesszük fel a kérdést, egy fizikus szerintem már semmiképpen sem háríthatja el magától. Ez ugyanis nem metafizika, mert a választ a képlet *ideális körülmények között történő ellenőrzési módjának* leírása tartalmazza. Az ideális körülmények miatt természetesen csak gondolatkísérletről lehet szó, de ha ezt a gondolatkísérletet nem fogalmazzuk meg a kellő részletességgel, akkor nem tudhatjuk, milyen ideálhoz kell közelítenünk a reális kísérleteinket.

Minél pontosabban kívánjuk ellenőrizni az

$$s = \frac{1}{2} g t^2$$

képletet (vagy bármilyen hasonló jellegű  $s = f(t)$  összefüggést), annál pontosabb órákra van szükségünk, annál sűrűbben kell őket elhelyezni a trajektória mentén (a kontrollálatlan késési idők kiküszöbölése érdekében), és annál pontosabban kell szinkronizálni őket egymással. Ennek alapján megállapíthatjuk, hogy az  $s$

$= f(t)$  típusú képletekben szereplő  $t$  időt<sup>1</sup> *a vonatkoztatási rendszerünkben sűrűn szétbelyezett, helyesen szinkronizált, nyugvó ideális órák mutatnák, ha valóban ott volnának*. Ez a megfogalmazás fejezi ki, hogy mit is értünk a képleteinkben szereplő  $t$ -n. Az  $s = f(t)$  képlet valóságos ellenőrzésénél arra kell törekednünk, hogy néhány elegendően pontos és többekévéb jó szinkronizált óra segítségével minél jobban megközelítsük ezt az ideált.

Nem tudok róla, hogy a relativitáselmélet létrejötte előtt a fizikai  $t$  időnek ezt a fogalmát (definícióját) bárki írásba foglalta volna, de a „mulasztást” annak tudom be, hogy a természettudósok előtt az időnek ezek a tulajdonságai valószínűleg olyan természetesek voltak, mint a lélegzetvétel. Az explicit megfogalmazás csak akkor vált szükségessé, amikor Einstein rájött, hogy a helyes szinkronizálással, amely a fenti megfogalmazás fontos eleme, lehetnek problémák. Korábban nyilvánvalónak tekintették, hogy az órákat a szétbelyezésük előtt egy közös helyen kell egymással szinkronizálni. Ez az eljárás azon a hallgatóságos feltételezésen alapult, hogy ideális esetben az órák szétvitele közben szinkronizáltságuk nem romlik el. Egy ilyen feltételezést elvben tapasztalatilag is lehet ellenőrizni úgy, hogy a közös helyről az egyik órát elvisszük a számára kijelölt helyre, majd visszavisszük a közös kiindulópontba. Ha ezután még mindig szinkronizálva lesz a több-

<sup>1</sup> A relativitáselméletben ezt koordinátaidőnek hívjuk.

bi folyamatosan ott lévő órával, akkor ez a szinkronizálási eljárás korrekt.<sup>2</sup> A relativitáselmélet (későbbi) terminológiáját használva az eljárás lehetősége tehát azon múlik, hogy *a tapasztalat szerint* létezik-e ikerparadoxon vagy sem. Ez teljesen egyértelmű kritérium, mert nem igényli különböző helyen lévő órák előzetes szinkronizációját.

De mi van akkor, ha a tapasztalat azt mutatja, hogy ez az eljárás csak közelítően érvényes, mert akármi-lyen óvatosan mozgassuk is az órákat, a széthelyezés következtében a szinkronizáltságuk – esetleg csak nagyon kis mértékben – mégis mindig elromlik? Einstein arra jött rá, hogy ebben az esetben az órákat *a széthelyezésük után* fényjelekkel lehet szinkronizálni, feltéve, hogy a fénysebesség egyik inerciarendszerben sem függ a terjedési iránytól (izotrópia). Az éterhipotézis szerint ez nincs így, mert a fénysebesség csak az éterhez képest nyugvó inerciarendszerben izotróp. Azonban ezt a hipotézist is lehet kísérletileg ellenőrizni távoli órák előzetes szinkronizálása nélkül,<sup>3</sup> és a kísérlet megcáfolhatja az éterhipotézist.

Mint látjuk, az a kérdés, hogy mit értünk az  $s = f(t)$  képletben szereplő  $t$  időn egyáltalán nem metafizikai természetű, mert megválaszolása a tapasztalat alapján történhet. Jelenlegi ismereteink szerint csak a tárgyalt két lehetőség az, amit empirikusan ellenőrizni kell ahhoz, hogy a helyes választ megadhassuk. A szükséges pontosságú technikai lehetőségek hiánya azonban évtizedekig megakadályozta, hogy a szinkronizáltság közvetlen megfigyelésével meggyőzően választani lehessen közöttük. Következésményeik alapján azonban lehetett dönteni, mert az első szinkronizálási eljárás a newtoni fizikára, a második a relativitáselméletre vezet, és bőséges tapasztalati anyag bizonyította, hogy ez utóbbit kell helyesnek nyilvánítanunk. A hetvenes évek óta pedig a NASA jóvoltából már nagy-pontosságú kísérlet bizonyítja, hogy az ikerparadoxon valóban létező jelenség (*GP-A kísérlet*).

Jánossy Lajos nagyon határozottan fogalmazza meg álláspontját ezekről a kérdésekről a *Relativitáselmélet a fizikai valóság alapján* című könyvében (Akadémiai Kiadó, 1973) a 21–22. oldalon:

„20. A távoli órák szinkronizálásának szükségességéből származó nehézség a következő módon oldható meg. A  $P_A$  és  $P_B$  órákat kezdetben egymáshoz közel állítjuk fel, és ebben a helyzetükben szinkronizáljuk. Az így szinkronizált órákat óvatosan egymástól távoli, végleges helyükre, az  $A$  és a  $B$  pontok közelébe visszük. Ha az órákat megfelelő elővigyázatossággal mozgatjuk, remélhetjük, hogy a szinkronizáció nem romlik el, amíg végleges helyzetüket elérik, és így a 17. pontban leírt kísérleteket<sup>4</sup> ezekkel az órákkal véghezvihetjük.”

Mint látható, Jánossy abból *indul ki*, hogy az órákat a széthelyezésük előtt egy közös helyen *kell* szinkronizálni, és bizonytalanságban hagy afelől, hogy ezen eljárás helyességét tapasztalatilag ellenőrizhetőnek tartja-e vagy sem. A *remélhetjük, hogy a szinkronizáció nem romlik el* feltételezés utalhatna az ellenőrizhetőségre, de ha így volna, akkor számolnia kellett volna azzal a lehetőséggel is, hogy az eljárás

rást a tapasztalat nem igazolja. Ezért gyakorlatilag bizonyosnak tekinthető, hogy csupán a kellő pontosságú *technikai megvalósítás* reményéről van szó.

A 218–226. pontokban azonban maga is arra a konklúzióra jut, hogy az ikerparadoxon létező jelenség, és az ember azt várná, hogy kertelés nélkül feltegye a kérdést, hogyan egyeztethető össze ez a következtetés a 20. pontban elfogadott szinkronizálási eljárással. Einstein radikális megoldása – mint tudjuk – az volt, hogy a szinkronizálást *nyugvó órákra* kell alapozni, és a relativitáselmélet kidolgozásával azt mutatta meg, hogy ez megtehető anélkül, hogy ellentmondásba kerülnénk a logikával vagy a megfigyelt jelenségekkel. Jánossy azonban kitér a nyílt konfrontáció elől. Csupán annyit tesz, hogy megmutatja, amikor a mozgási sebességgel nullához tartunk, az ikerparadoxon maga (az utazó és az otthon maradt testvér életkorkülönbsége) szintén nullához tart.<sup>5</sup>

Az ikerparadoxonnak ez a matematikai tulajdonsága azonban a 20. pontban javasolt szinkronizálást egyáltalán nem teszi egyértelművé. A szinkronizálás tényleges megvalósításához ugyanis az órákat nullától különböző sebességgel kell mozgatni, ezért az idődilatáció, amely az ikerparadoxon oka, még az ideális órák egyértelmű szinkronizálását is lehetetlenné teszi: *nem* „remélhetjük, hogy a szinkronizáció nem romlik el”.

A könyve címének a megválasztásával Jánossy azt a meggyőződését fejezte ki, hogy a relativitáselmélet Einstein-féle felfogásával ellentétben ő a „fizikai valóság alapján” áll. Valójában azonban a fizikai valóságot annak 19. századi felfogásával azonosította. A kiinduló kérdésünkre (mi az a  $t$ , amely az  $s = 1/2gt^2$  képletben szerepel?) „metafizikus” választ adott, mert az a szinkronizálás, amelyhez ragaszkodott, még ideális órákkal sem valósítható meg.

<sup>2</sup> J. Harrison kronométereinek működését pontosan ezen elv alapján tesztelték. A kronométert 1761–62-ben elvitték Plymouth-ból Jamaikára, onnan vissza Plymouth-ba. A mesés 20 000 font jutalom elnyerésének az volt a feltétele, hogy az öt hónapig tartó kemény tengeri utazás alatt a kronométer pontatlansága nem lehet több, mint amennyit a földrajzi hosszúság fél fok pontossággal történő meghatározása megenged.

<sup>3</sup> Lásd *Relativitáselmélet alapjai* című könyvem (Typotex, 2009) 2.2 szakaszát.

<sup>4</sup> A teljesség kedvéért ezt a pontot is felidézünk:

„17. A fény terjedési sebességét *eluben* (a szerző kiemelése) a következő módon lehetne meghatározni. Kibocsátunk  $A$  pontból egy rövid fényjelet, és annak  $B$  pontba érkezését megfigyeljük. Legyen  $A$  és  $B$  pontok közötti távolság  $l$ , akkor

$$c = \frac{l}{t_2 - t_1},$$

ahol  $t_1$  a fényjel kibocsátásának,  $t_2$  pedig a fényjel érkezésének időpontja. Ilyen méréseket a gyakorlatban nem lehet egyszerű módon végrehajtani, hiszen ahhoz, hogy a  $t_1$  és  $t_2$  időértékeket pontosan meg tudjuk határozni, szükségünk van két,  $P_A$  és  $P_B$  órára, amelyek egyike az  $A$  pontban, míg a másik a  $B$  pontban van felállítva. Ezen órákat olyan pontossággal kell szinkronizálni, hogy a leolvasott kis időkülönbség,  $t_2 - t_1$  pontosan megállapítható legyen. Az első megoldandó – és nem triviális – probléma tehát az órák szinkronizálása.” (20–21. old.)

<sup>5</sup> Első pillanatban ez triviálisnak látszó következtetés, de nem az, mert ugyanakkor az utazás időtartama végtelenné válik (tehát  $0 \times \infty$ -re emlékeztető határozatlanság jön létre).



# TOTÁLREFLEXIÓS RÖNTGENFLUORESZCENCIA SPEKTROMETRIA

Sávoly Zoltán  
Eötvös Loránd Tudományegyetem<sup>1</sup>

*A totálreflexiós röntgenfluoreszcencia spektrometria az elemanalitika egyik korszerű módszere. A röntgenfluoreszcencia jelenségét használja ki. A mintát besugározzuk valamilyen röntgenforrással, és a minta maga is röntgensugárzás forrásává válik. Az egyes elemek által kibocsátott sugárzás hullámhossza az adott elemre, intenzitása annak mennyiségére lesz jellemző. Kibhasználva a teljes visszaverődés jelenségét, a hagyományos röntgenfluoreszcencia spektrométereinknél sokkal jobb analitikai paraméterekkel jellemzett eszközt használhatunk elemanalitikai feladataink megoldására.*

## Alapfogalmak

A *Fizikai Szemlében* gyakran olvashatunk a röntgensugárzásról, annak analitikai kémiai alkalmazásáról szóló cikket is jelentetett már meg a lap [1]. Most a röntgenspektrometria egyik speciális területéről, a *totálreflexiós röntgenfluoreszcencia spektrometriáról* lesz szó. A *röntgensugárzás* az elektromágneses sugárzás egy formája, amelynek hullámhossza 0,1 nm és 10 nm közötti. Ha egy atom valamely belső elektronhéjáról elektront távolítunk el, akkor egy *lyuk* keletkezik. Ez az állapot energetikailag kedvezőtlen, hiszen lesz olyan elektron, ami nem a lehető legalacsonyabb energiájú állapotban van. Ezen kedvezőtlen helyzet megszüntetése érdekében a magasabb energiájú állapotban lévő elektron „beugrik” a lyukba, és a rendszer visszakerül stabilabb, alacsonyabb energiájú állapotába. A folyamat során felszabaduló energia két formában nyilvánulhat meg; megjelenhet elektromágneses sugárzás formájában (röntgensugárzás), vagy az energia átadódhat az atom egy másik elektronjának, kiszakítva azt az atommag vonzásából, egyúttal mozgási energiát adva neki (Auger-effektus). Az utóbbi folyamat esetén persze újabb lyuk keletkezik, amelynek betöltődésekor a folyamat megismétlődhet (Auger-kaszád). A röntgensugárzás energiája elegendő ahhoz, hogy elektront távolítson el egy atom belső elektronhéjáról, következésképpen röntgensugárzással is kiváltható röntgensugárzás. Az ultraibolya-látható spektroszkópiából ismerjük ezt a jelenséget: ha egy atomot vagy molekulát ezekkel a sugárzásokkal gerjesztünk, és az atom (molekula) alapállapotba való visszajutásakor ilyen sugárzást bocsát ki, *fluoreszcenciáról* beszélünk. Ennek megfelelően *röntgenfluoreszcenciáról* akkor beszélünk, ha egy atom röntgensugárzás hatására maga is röntgensugárforrássá válik. Fontos azonban megjegyezni, hogy az előbb említett jelenség és a röntgenfluoreszcencia között van egy

fontos elvi különbség. Bár molekula- és atomfluoreszcencia esetén sem egyezik meg az elnyelt és a kibocsátott sugárzás hullámhossza, mert az átadott energia egy része más módon távozik, mégis azt mondhatjuk, hogy a két sugárzás szoros kapcsolatban áll egymással. A röntgenfluoreszcencia esetén ilyen kapcsolat nem áll fenn, a beeső röntgensugárzásnak csak azt a feltételt kell teljesítenie, hogy energiája legalább akkor legyen, amekkora egy belső elektron eltávolításához szükséges. Ha ennél nagyobb energiájú a beeső sugárzás, akkor a „maradék” energia a kiszakított elektron gyorsítására fordítódik. A kibocsátott sugárzás energiája csak a kilökött elektron és a lyukat betöltő elektron eredeti energiájának különbségétől függ, ez pedig egy-egy adott atomra jellemző. Az előbb említettek logikus következménye, hogy a módszer alkalmazásával analitikai információhoz juthatunk, hiszen a kisugárzott röntgensugárzás energiája jellemző lesz a vizsgálandó elemre, intenzitása pedig annak mennyiségére. A következő fejezetekben áttekintjük a módszer technikai jellemzőit, alkalmazásának lehetőségeit. Előtte azonban fontos néhány szót ejtenünk a *totálreflexió* jelenségéről.

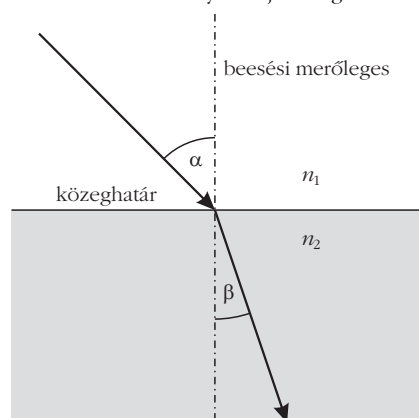
Ha a fény (elektromágneses sugárzás) két eltérő törésmutatójú közeg határára érkezik, ott megtörik, és a belépő, valamint a kilépő sugár *beesési merőlegessel* alkotott szöge különböző lesz (1. ábra).

A törésmutatókat és az  $\alpha$  szöget ismerve  $\beta$  kiszámolható a Snellius–Descartes-törvény segítségével:

$$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta \quad (1)$$

A szinuszfüggvény tulajdonságai alapján nyilvánvaló, hogy ha a sugárzás kisebb törésmutatójú közegbe érkezik, akkor nagyobb szögben fog kilépni. Ebben az esetben (1) segítségével meghatározhatunk egy *határszöget* (azt a beesési szöget, melyhez 90°-os kilépési szög tartozik). Ennél nagyobb beesési szög esetén a fény nem

1. ábra. A fénytörés jelensége.



<sup>1</sup> A szerző V. éves vegyészhallgató.

hatol be a másik közegbe, hanem a beesési szöggel megegyező szögben visszaverődik. A törésmutató függ az elektromágneses sugárzás frekvenciájától is. Míg például látható fény esetén a terjedési sebesség vákuumban (és pl. levegőben) nagyobb, mint valamilyen sűrűbb közegben (pl. víz, kvarclap), ez a tendencia röntgensugárzás esetén – itt nem részletezett okok miatt – fordított. A röntgensugárzásnál a törésmutató egynél kisebb minden közegre. Ha röntgensugárzás érkezik levegőből valamilyen sűrűbb anyagba (ami természetesen optikailag ritkább közeg a röntgensugárzás számára), akkor felléphet a totálreflexió jelensége. A törésmutató-értékek egytől való kis eltérése miatt azonban ez csak nagyon nagy beesési szögeknél valósul meg. A H. Compton már 1923-ban beszámolt a röntgensugárzás teljes visszaverődéséről [2]. Azt találta, hogy sík felületű minta röntgensugárzást visszaverő képessége meredeken megnövekszik, ha a beeső sugárzás a minta felületével  $0,1^\circ$ -nál kisebb szöget zár be (kritikus szög). A totálreflexiós röntgenfluoreszcencia elemanalitikai alkalmazására azonban a hetvenes évekig várni kellett [3].

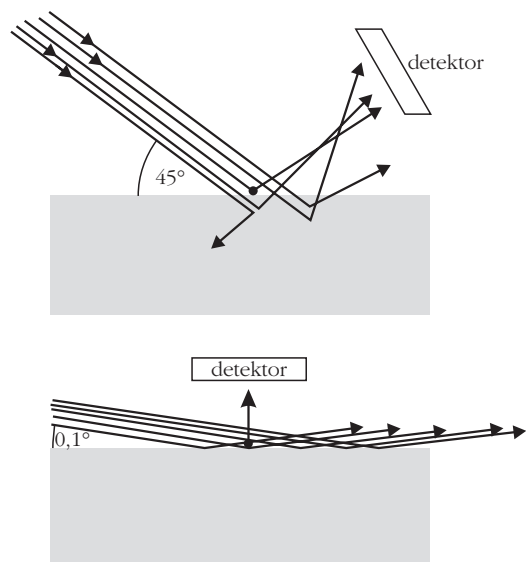
A 2. ábrán szemléltetjük a totálreflexiós röntgenfluoreszcencia spektrometria (TXRF-spektrometria) előnyeit a hagyományos röntgenfluoreszcencia spektrometria-hoz (XRF-spektrometria) képest.

A mintahordozó felületére oldat formájában felvitt, az oldószer elpárolgása után visszamaradt mintát fekete tömött körrel jelöltük mindkét esetben. Az alsó ábrán jól látszik, hogy a detektorba gyakorlatilag csak a fluoreszcens sugárzás hatol be, a mintáról szóródott sugárzás nem. A mintát nem csak a beeső sugárzás, hanem a teljes visszaverődést szenvedett is gerjeszti. A detektor közel helyezhető a mintához, biztosítva ezzel a fotonok nagy térszögből történő gyűjtésének lehetőségét.

## A TXRF-spektrométer felépítése

A TXRF-spektrométer főbb részei a 3. ábrán láthatók. A következőkben ezen fontos egységek jellemzőit foglaljuk össze röviden.

Ahogy már az előbbieken említettük, *karakterisztikus röntgensugárzást* úgy hozhatunk létre, hogy egy elektront eltávolítunk az atom egy belső héjáról. Radioaktív izotópok bomlása után is létrejöhet röntgensugárzás. Bizonyos folyamatokban ugyanis elektron távozhat a belső héjokról. Ha az atommag egy elektront fog be, akkor *elektronbefogásról* beszélünk. Ez a folyamat a radioaktív  $\beta$ -bomlás egyik formájának tekinthető. Ha egy atommagban a protonok száma túl nagy a neutronokéhoz képest, akkor az atommag igyekszik megszüntetni ezt az állapotot, ekkor egy proton neutronná alakul. Ilyenkor két folyamat képzelhető el, az egyik során pozitron keletkezik, a másik esetben a proton elektront befogva alakul neutronná. Radioaktív bomlás után a keletkező atommag gyakran gerjesztett állapotban van, az alapállapotba jutás során vagy  $\gamma$ -fotont bocsát ki, vagy az energia egy elektron kilökésére fordítódik (*belső konverzió*).

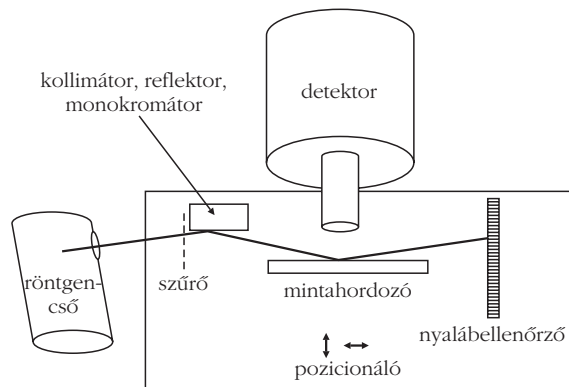


2. ábra. Az XRF- (fent) és TXRF-spektrometria összehasonlítása.

A hagyományos XRF-spektrometriában radioaktív izotópokat is szoktak használni röntgenforrásként, a TXRF-spektrometriában ez nem jellemző.

Amennyiben *Röntgen* 1895-ben kezdődött vizsgálatai alapján kifejlesztett röntgen-csővel állítjuk elő a sugárzást, akkor folytonos spektrumú *fékezési sugárzás* is keletkezik a karakterisztikus mellett. A cső katódja wolframból készült izzószál, ebből hevítés hatására elektronok emittálódnak, amelyeket elektromos erőter gyorsít. Az elektronok eljutnak az anódig, becsapódáskor energiát veszítenek – így keletkezik a fékezési sugárzás –, majd onnan elektronokat kiváltva az anód anyagára jellemző karakterisztikus röntgensugárzást keltenek. A katód is és az anód is vákuumban helyezkedik el, a katódot nagy negatív potenciálon tartják, a vízűtési anódot pedig földpotenciálon. A keletkező sugárzás az anód felületéhez képest  $6^\circ$ -os szöget bezárva lép ki a beríliumablakokon keresztül. Ezekből négy van, két pontfókuszú és két vonalfókuszú. Hagyományos XRF-mérésekhez az előbbieket, TXRF-mérésekhez az utóbbiakat használják. Az anód a hatékony hűtés érdekében egy réztömbből áll, amelyet különböző fémréteggel vonnak be, például wolframmal, és ekkor wolfram anódról beszélünk. A TXRF-spektrometriában közkedvelt a forgóanódos röntgen-cső is. Elsősorban olyan

3. ábra. A TXRF-spektrométer felépítése.



készülékeket alkalmaznak, melyekben wolfram és molibdén anódú csövek vannak, a mérés előtt kiválaszthatjuk, hogy melyiket kívánjuk használni. Ezen forrásokat laboratóriumi készülékekben használják, manapság már elterjedőben vannak a *szinkrotron tárológyűrűk* mellé telepített XRF- és TXRF-mérőállomások. Nem kívánunk részletes tájékoztatást adni sem a szinkrotronokról [5–6], sem atomspektrometriai alkalmazásairól [7–8]. *Szinkrotronsugárzás* akkor keletkezik, amikor közel fénysebességgel mozgó részecskéket mágnesekkel kicsit eltérítenek pályájukról. Az így keletkezett sugárzás *intenzitása* nagy ( $10^6$ – $10^{12}$ -szerese a hagyományos röntgensöves sugárzásénak), energiatarományja széles, folytonos eloszlású, jól *kollimált*, pályasíkban *lineárisan polarizált*. Így egy rendkívül nagy intenzitású, jól hangolható (monokromátorral kiválasztható az optimális gerjesztési energia) sugárforráshoz jutunk. A szinkrotronsugárzás polarizáltsága következtében a háttérintenzitás nagymértékben csökkenthető.

A kibocsátott sugárzás módosítására szolgál a *szűrő*, a *reflektor* és a *kollimátor*. A jel-háttér arány jelentősen növelhető *rétegzett monokromátor* alkalmazásával. Bizonyos esetekben a monokromatikus sugárzás előállítására nélkülözhetetlen.

A röntgenfluoreszcencia spektrometriában két fő detektortípust különböztetünk meg. *Energiadisziperzív detektor* esetén a fluoreszcens röntgenfotonok energiáját mérjük, félvezető detektor esetén például oly módon, hogy a foton energiájával arányos számú elektron-lyuk pár keletkezik, így a különböző energiájú fotonokat kell összeszámolnunk, ezért egy elektronikus egység felelős. A *hullámhosszdisziperzív detektorban* egy analizátor változtatható szöveget zár be a kilépő sugárzással, és adott beesési szög esetén csak egy adott hullámhosszúságú sugárzást enged tovább, amely eljut egy *proporcionális* vagy egy *szcintillációs detektorba*. A Bragg-törvény értelmében az átengedett sugárzás  $\lambda$  hullámhossza:

$$\lambda = \frac{2d \sin \theta}{n}, \quad (2)$$

ahol  $d$  a kristály rácsállandója,  $\theta$  a beesési szög,  $n$  egy természetes szám.

A TXRF-spektrometriában az energiadisziperzív detektálást alkalmazzák, általában Si(Li)-detektorokat használnak. A detektor méretét illetően kompromiszumra van szükségünk, hiszen a kisebb térfogatú detektornak jobb a felbontóképessége, a nagyobb detektor azonban nagyobb térfogatból tudja a fotonokat begyűjteni.

A *mintahordozó* szigorú elvárásoknak kell megfeleljen. Nagy reflektivitásúnak, sík felszínűnek és kis felületi érdességűnek kell lennie. Ezen kívül fontos, hogy tiszta és kémiailag ellenálló legyen (agresszív anyagokat is lehessen vizsgálni, vagy lehessen tisztítani agresszív tisztítószerrel) és karakterisztikus vonalainak ne essenek a mérendő tartományba. Ezen feltételeket nehéz egyszerre teljesíteni. Az ömlesztett kvarc mintahordozó jó megoldásnak mutatkozik. Használunk plexiből készült hordozókat is, utóbbi előnye az előb-

bihez képest alacsony ára, hátránya a kisebb ellenálló képesség. A *mintapozicionáló* és a *nyalábellenőrző egységek* feladata a megvilágítási szög beállítása és állandó értéken tartása.

## A TXRF-spektrometria analitikai jellemzése

Most részletesen csak a TXRF-spektrometria fő alkalmazási területe, az *elemanalízis* jellemzésével foglalkozunk. Elemanalízishez  $\mu\text{g}$  mennyiségű minta elegendő. A folyadék állapotú minta 5–50  $\mu\text{l}$ -nyi mennyiségét juttatjuk a mintahordozóra. A kvarclapot hidrofób bevonattal látják el. A lap tisztaságát használat előtt méréssel ellenőriznünk kell. A szilárd mintát valamilyen módszerrel oldat formába hozzuk (oldás, feltárás, roncólás, extrakció). A folyékony mintát homogenizálás és a belső standard (lásd később) hozzáadása után cseppentik fel a lapra, majd elektromosan fűthető főzőlap, vagy infravörös lámpa segítségével az oldószert elpárologtatják (részárító dúsítás). Így egy vékonyréteg alakul ki a mintahordozó felületén.

A minőségi analízis alapja a *Moseley-törvény*, amely szerint a karakterisztikus röntgensugárzás energiája a rendszám négyzetével növekszik. Egy adott elem röntgenvonalaikat aszerint jelöljük, hogy az elektron mely héjről löködtött ki (K, L, M) és hogy mely héjről származó elektron került a lyukba (kis görög betűk és számok). A minőségi analízis során meg kell állapítani az egyes csúcsok energiáját, majd hozzájuk kell rendelni a szóba jöhető elemeket. Fő- és mellékkomponensek azonosításánál legalább két karakterisztikus csúcsonak meg kell jelennie, és ezek intenzitásaránya is meg kell egyezzen az elméleti értékkel. Ekkor biztonsággal mondhatjuk, hogy az adott elem jelen van a mintában. Nyomnyi mennyiségben jelenlévő komponenst általában csak a legintenzívebb vonala alapján lehet azonosítani, a többi ugyanis rendszerint beleolvad a háttérbe.

A TXRF-spektrometriában a hordozóra felvitt réteg tulajdonságai következtében érvényesül a következő egyenlet:

$$\frac{c_i}{c_j} = \frac{I_i S_j}{I_j S_i}, \quad (3)$$

ahol  $c$  a koncentrációt,  $I$  az intenzitást,  $S$  a relatív érzékenységet jelöli, ami az egységnyi koncentráció növekményre jutó intenzitásváltozást jelenti, és ismert koncentrációjú minták intenzitásának mérésével meghatározható. Az  $i$  és  $j$  indexek két különböző elemet jelölnek. Ha ismert koncentrációjú belső standardot adunk a vizsgálandó mintához, akkor a relatív érzékenységeket ismerve és a mért intenzitásokat felhasználva az ismeretlen elem koncentrációja meghatározható. Az abszolút kimutatási határ 1 és 500 pg közötti. A mérési idő növelésével a fotonszámlálás szórása csökkenthető. Főkomponensek esetén 60–300 s, nyomnyi mennyiségek esetén 1000–3000 s az ideális mérési idő. A TXRF-spektroszkópia elemanalízis esetén is számos érdekes feladat megoldására alkalmas, például: biofilmek elem-

akkumulációs folyamatainak vizsgálata [9], városi aeroszol elemösszetételének meghatározása [10], biológiai szövetminták [11], vagy művészettörténeti szempontból fontos tárgyak vizsgálata [12].

A TXRF-spektrometria további fontos alkalmazási területei a *vékonyrétegek vizsgálata* és a *felületi szennyezések meghatározása gőzfázisú roncsolás alkalmazásával*. Mindkettő a félvezetőipar által használt, szilícium egykristályból szeletelt lapok szennyezettségvizsgálatánál jut jelentős szerephez. Az első esetben a szilíciumlapot roncsolásmentesen vizsgálhatjuk, a második módszer során a szennyezéseket egyetlen oldószercseppbe gyűjtjük [13].

## Irodalom

1. Osán J., Török S.: Röntgen-mikronyaláb alkalmazása környezeti analitikában. *Fizikai Szemle* 48 (1998) 77.
2. A. H. Compton: A Quantum Theory of the Scattering of X-Rays by Light Elements. *Physical Review* 21 (1923) 483.
3. H. Aiginger, P. Wobrauschek: Total-reflection x-ray fluorescence spectrometric determination of elements in nanogram amounts. *Analytical Chemistry* 47 (1975) 852.

4. W. C. Röntgen: On a new kind of rays. *Nature* 53 (1896) 274.
5. H. Winick, S. Doniach (szerk.): *Synchrotron Radiation Research*. Plenum, New York, 1980.
6. H. Onuki, P. Elleaume: *Undulators, wigglers and their applications*. Taylor & Francis, 2003.
7. K. H. A. Janssens, F. C. V. Adams, A. Rindby: *Microscopic X-Ray Fluorescence Analysis*. Wiley, Chichester, 2000.
8. K. Tsuji, J. Injuk, R. E. Van Grieken (szerk.): *X-ray spectrometry: recent technological advances*. Wiley, Chichester, 2004.
9. K. Kröpl, G. Záray, É. Ács: Investigation of lead and nickel contaminated natural biofilms. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy* 58 (2003) 2177.
10. H. Bayer, A. Von Bohlen, R. Klockenkämper, D. Klockow: Choice of suitable material for construction of a battle type impactor to minimize systematic errors in sampling of airborne dust. *Mikrochimica Acta* 119 (1995) 167.
11. I. B. Nagy, I. Varga, F. Hudecz: Preparation of indium-115-labeled diethylenetriaminetraacetic acid monoacetamide peptides purified by 8-hydroxyquinoline. *Anal. Biochem.* 287 (2000) 17.
12. R. Klockenkämper, A. von Bohlen, L. Moens, W. Devos: Analytical characterization of artists pigments used in old and modern paintings by total reflection x-ray-fluorescence. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy* 48 (1993) 239.
13. G. Záray (szerk.): *Az elemanalitika korszerű módszerei*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 2006.

# BOLYAI JÁNOS HŐELMÉLETI VÁZLATA

Oláh-Gál Róbert  
Babeş-Bolyai Egyetem,  
Csíkszereda, Románia

„A' meleg tartja össze a' testeket, mint a' szeretet,  
jószág a' szellemeket egyesíti.”  
*Bolyai János*

150 éve, hogy elhunyt Bolyai János. Kézirati hagyatéka ma sincs teljesen feldolgozva. Kéziratainak olvasói mindig találnak benne érdekes és eredeti megállapításokat, amelyeknek sokszor igen tanulságos a művelődéstörténeti háttere. A *Fizikai Szemle* mindig igyekezett beszámolni a Bolyai-kutatás jelentősebb eredményeiről [1–3]. 2008-ban röviden ismertettük Bolyai János egyik leghosszabb fizikai eszmefuttatását [4], amelynek háteréről már *Gábos Zoltán* professzor is fontos megállapításokat közöltek. Most Bolyai Jánosnak egy újabb eszmefuttatását közöljük szöveghű olvasatban. Ez a szöveg, Bolyai János leghosszabb fizikai eszmefuttatásával szemben könnyen érthető. A kultúrtörténeti háttere pedig az, hogy többször idézi *Paul Traugott Meißner* (1778–1864), a híres szász tudóst (*1. ábra*). A Bolyai-monográfiák erről eddig nem írtak. Meißner felfedezései sok szempontból is közel állnak a magyarokhoz. Egyik legkedvesebb anekdota, hogy Meißner sikertelen kísérletei a tartós gyufa előállítására készítette *Irinyi Jánost* (1817–1895), tehetséges hallgatóját, hogy előállítsa a gyufagyártás receptjét [5–6].

Meißner erdélyi szász származása miatt is közel állott a Bolyaiakhoz. Medgyesen született és ott is végezte elemi és középiskolai tanulmányait. Mivel apját korán elvesztette, a középiskola elvégzése után azonnal munkába kellett álljon, így 1793-ban Segesváron lett gyógyszerészsegéd. Miután egy kis pénz

megtakarított, 1797-ben Bécsben kémiai tanulmányokat folytatott, utána németországi tanulmányútra ment, és két évig volt felügyelő a Bad Aussee-i gyógyszerésztárban. Később Pesten gyógyszerészeti oklevelet szerzett. Feleségének hozománya egy brassói gyógyszerésztár volt, és így lett patikus Brassóban. 1811-ben eladták a patikát és Bécsbe költöztek, mert Meißner meghívták az akkor létesült Bécsi Műegyetemre a kémia tanárának. Meißnernek eredeti elmélete volt a hőről, a fényről és az elektromosságról. Ezt ismerték a Bolyaiak is. Ehhez kapcsolódik az alábbi kézirat. A Bolyaiak könyvtárában két Meißner-mű is megvolt [7]. Meißnernek igen értékes technikai felfedezései voltak, ő a gőzzel való központi fűtés egyik feltalálója. Ezt meg is valósította a híres bécsi villamosok fűtésében. Innen származik a „bécsi sparhelt” elnevezés. Bécsben ma egy utca a Meißner nevet viseli.

Fontos megállapítani, hogy *Bolyai Farkasra* hatott Meißner hőelmélete, hiszen ő is komoly kísérleteket végzett a fűtés hatékonnyá tétele érdekében. Ismertesek Bolyai Farkas által készített kemencék és *Kemence-tana* [8].

Olvassuk akkor Bolyai János vázlatát a hőelméletről:

„Tűz-tan próba<sup>1</sup>

A' főni föltételből magyarázatból, ha helyes, megáll: önként következik: hogy ahol égés van, onnan távozva a' hæv,<sup>2</sup> ha egyéb szerek nem akadályoztatik

<sup>1</sup> Teleki-Bolyai Könyvtár: BJ 1311/1, 1<sup>v</sup>, 2, 2<sup>n</sup>, 3, 3<sup>n</sup>.

<sup>2</sup> hő



1. ábra. Paul Traugott Meißner, Josef Kriehuber 1845-ben készült litográfiája, részlet

lassanként apad, még pedig annyira és mind-addig: hogy bizonyos távra eső helyek az égés előtti hőmértéküket megtartsák; az azoknál távultabbak pedig némileg hűljenek; ugyanis oly sok tűz mennyi egy lángban egybegyűl, másként nem teremhet elő: mint ha a' távultabbi helyekből a' tűz egyrésze oda-nem-tődül. Mit is hőmérők által erősen érdekes lesz megkísérteni, próbálni. E' hűpothesis azon ugyan ismeretes tannal is jól egyezni: hogy a' meleg' növekedése minden más testet a' meleget tudni illik kivéve, kitágít, feszít, nyújt, ami növelni igyekszik vagyis ezen esemény azon föltételből jól kimagyarázható; mint az is: hogy friss légben mind az élőlény élete mind a' tűz legjobban elevenebb; romlottban pedig mind hamar kiálszik; ugyan is mint az electrica anyagnak, a' melegnek is vannak jobb és rosszabb vezetője, s' többi. Így a' fejtér öltöny tán a leghivesebb, a' fekete caeteris paribus<sup>3</sup> legmelegebb. A' friss lég tehát nem táplálja a tüzet, hanem –. Egykor régen azt is gondoltam volt: hogy hátha a' tűz mind bizonyos saját nemű és rendkívül sebesen szaporodó 's növekedő állatokból állana, 's az által terjeszkedne, harapoznék oly irtózatossan? De ez csakugyan alig ha úgy van; 's nehezen is van a' tűznek állatilag, 's a [...]<sup>4</sup> élő része: hanem az hihetőleg csak egy pusztá durva anyag – a' világon, de mely nélkül semmi élet nem volna. A' természet és vegytanászok szigorú vizsgálata alá bocsátva, 's általam apróra nem véve még.

Egyébirányt mind ez most csak könnyű-szerrel idevetett eszme, csak úgy is akar nézetni, vétetni; ha ráérek, más alkalommal tán apróbban, élesében veszem a' dolgot, 's tán némileg még számítás alá is a'

meleg 's tűz terjedése ' módját. A' Crell mathesisi journal-jában van valami efféle két orosz tisztól, egy vas rúdra nézve. A' phlogiston,<sup>5</sup> antiphlogistonról olvass egyebütt, 's vesd össze evvel. A' régiek örökké égő tűznek, melyet mint mondják a' Catakombákban még az újabb időkben is kaptak, titkát is miképpen lehetne a' főnebbi eszméből kifejteni? – A' folyó képzetét, 's arról, hogy üres űr van? vagy nincs? Láss egyéb iratomban. – Meißner a' vegytanájában a' meleg anyagot, „araeon”-nak nevezi.

Csakugyan az elégeése valamely testnek nem az azon testben létező meleg' sokaságától származik, hanem az abbani melegnek belőlei kirohanása, vagy is annak az ő' melegétől megfosztódása által. Így hűl a' fa hamuvá, megégetett mészkő, ha hamar meg nem oltatik, a' levegőnek kiteve, porrá; minden más kő is hihetőleg porrá; a' hidrogén- és oxigén-gasnak egy electricus szikra általi elégetése származéka a' víz, melyből még több meleg el menve, jéggé válik, vagy is megfagy; a' jég is még több melegtől megfosztatván, hihetőleg porrá válnék, 's végre tán minden anyag gas-szá. A' meleg tartja össze a' testeket, mint a' szeretet, jóság a' szellemeket egyesíti. És a' meleg ugyan szüntelen egyenlő hő-mértékre vagy – fokra ügyökszik magát tenni a' testekben; például egy hő vas-gömb mellé egy hideget téve, a' meleg mind addig tolul, omlik által amabból ebbe: míg egyvelegségűek lesznek; még pedig tán úgy: hogy bármely különböző nemű testekben is egyenlő súlyú részek egyenlő meleg-tömeeggel ügyökezzenek bírni.

Egyébarányt, a' tűznek meleg és világosságából állását illetőleg, azt hiszem és tartom: hogy, bár is a' tűz világít is, melegít is, meleg és világosság soha külön nem lehetnek, vagy is egymástól elválhatlanok, mint például a' rész a' lényegtől az ő' szagja vagy illata és színe; α, [Bolyai János lábjegyzete: 's a' tudat; érzet és akarat egymástól a' valóságban elvithatlanok, bár is lehet róluk külön is szólni; –] miszerént a' tűz valósággal elemi is marad, bár is meleg is, világos is. Hallottam is már atyámtól: hogy azon hét színes sugárhasábhossz, melyre Newton a' fejtér világosság sugarát hasította, vagy is inkább oszlatta, az újabbak egy nyolcadik hasábot is mellékeltek, azt meleg-hasáb vagyis fekete-hasábnak nézvének; 's a' Meißner' derék javaslata szerint nem köpenyegezett kementcéknél is a' meleg' sugárzása, mely is egyenesen történeken erősen ártalmas, kivált a' főnek. De e' kifejezet: »Meißner szerint nem köpenyeges« kétes; midőn éppen ellenkezőleg úgy is lehet magyarázni vagy érteni: hogy Meißner a' nem-köpenyegezést javasolta; 's helyesebben »nem Meißner szerint köpenyegezett«-et kellett volna írnom: de itt is kétség maradna fön β, [Bolyai János lábjegyzete: az eddigi határozatlan, elvetlen, pusztá, tévelygő írásmód mellett] az irányt, ne hogy nem-Meißner az az más valaki értessék. Egyéb irányt nem tudom sikerült valóban a' prisma által a melegnek a' színektől külön-választása, vagy nem? Legalább erősen érdekes jól megvizsgálni, mit tán

<sup>3</sup> caeteris paribus (latin)= a többi változatlanul hagyásával

<sup>4</sup> kiolvashatatlan, talán „bealján”

<sup>5</sup> phlogiston= gyulladás

csak egy finom vagy érzékeny egyszer a' szín-hasábokban, máskor azok mellé helyezett hév-mérő által lehet kipuhatólni, ha a' hévség' foka észrevehetőleg nagyobb lenne a' hasábok mellett, mint közöttük. Hogy a' nap maga sötét test volna, mint a' planéták, és csak légkör módjára lenne világosság tömeggel körül-véve, 's a' világosság maga meleg nélküli volna, 's a' földön csak a' légkörbeni sűrűlódás és más szerekkel egybeegyedés által és után származnék a' meleg – mi véleményt egy érdekes mathematicai földírat' írója leghihetőbbnek illet vagy vall: mind-az a' főlebbi szerént, nem hihető; hanem természetesebb és hihetőbb az: hogy a' nap egy erősen hév és valóssággal még égő test – mily hihetőleg földünk; holdunk, 's a' többi első és másod' rendű és rangú planéták is voltak – tehát tűzét, melegét, világát mindaddig közli a' hidegebb 's már annyiban vénebb az az kevesebb élet-erővel bíró testekkel, míg itt is, mint az erőműveknél az egyensúly vagy súlyegyen, 's a' szellemvilágban a' köz-megnyugvás, vagy-is meg-elégedés, boldogság elő-nem-áll, mi is valaha kétségen kívül meglesz. A' napban észrevett foltok is erősen mind e' mellett bizonyítanak. Az égitestek' lapossága öszvenyomultsága a' pólusoknál is arra mutat: hogy azok valaha hígak, tehát hihetőleg égők voltak.”<sup>6</sup>

A Bolyai-kutatóknak igazi „csemege”, hogy Bolyai János fenti vázlatát egy olyan papíron van, amelyen eredetileg Bolyai János ajánlatot kapott a gazdaasszo-

<sup>6</sup> Bár a kéziratban nincsen keltezés véleményünk szerint az 1852 körül íródhatott.

nyatótól a napi menüre nézve. E szerint Bolyai János napi étke nagyon szegényes volt:

„Kedden délben árva laska, estve túros puliszka  
Szerdán délben fuszulyka, este puliszka

Reggel köménymag leves

Csütörtökön délben báránka tokány, estve kását  
tejjel

Pénteken Délben árva laska, estére túros puliszka  
Szombaton délben, reggel puliszkát tejjel, krumpli  
laskát estve pujiksát túróval

Vasárnap reggel köménymag levest.”<sup>7</sup>

Ilyen szerény koszt mellett alkotta matematikai és üdvtani elméleteit.

#### Irodalom

1. Gábos Z.: A Bolyai-Lobacsevszkij-féle gravitációs törvény. *Fizikai Szemle* 50/1 (2000) 13.
2. Kiss E.: Bolyai János kutatásai a komplex egészek elméletében. *Fizikai Szemle* 50/4 (2000) 111.
3. Prékopa A.: 200 éve született Bolyai János. *Fizikai Szemle* 52/9 (2002) 269.
4. Oláh-Gál R.: Bolyai János egyik leghosszabb fizika tárgyú kéziratáról. *Fizikai Szemle* 58/9 (2008) 302.
5. Szathmáry L.: *A gyufa története a XIX. század végéig*. Kis Akadémia, Budapest, 1935.
6. <http://www.sulinet.hu/tart/fncikk/Kjc/0/7703/gyufa.html>
7. Deé Nagy A.: A Bolyaiak könyvtára. in *Egy balbatatlan erdélyi tudós, Bolyai Farkas*. (összeállította: Gazda I.) Akadémiai Kiadó, Budapest, 2002, 200.
8. Oláh A.: Bolyai Farkas – a kemencemester. in *Egy balbatatlan erdélyi tudós, Bolyai Farkas*. (összeállította: Gazda I.) Akadémiai Kiadó, Budapest, 2002, 569–579.

<sup>7</sup> Ez az ajánlat a gazdaasszony nagyon helytelen írása BJ 1311/1<sup>v</sup>, a papír bal felső sarkában.

## A FIZIKA TANÍTÁSA

# MIT TANÍTSUNK FIZIKÁBÓL AZ ÁLTALÁNOS ISKOLÁBAN?

Radnóti Katalin, ELTE TTK Fizikai Intézet

Adorjáné Farkas Magdolna, Arany János Általános Iskola és Gimnázium

Az Oktatási és Kulturális Minisztérium pályázatot írt ki új koncepciójú fizika, kémia és biológia kerettantervek írására, amelyet két oktatási szakértői csoport nyert el. Csoportunkban jelen cikk írói készítették el az általános iskolák számára szánt kerettantervet. Vázoljuk a tanterv alapgondolatait, és rövid részletekkel illusztráljuk azt.

### A fizika tantárgy tanítási céljai

A fizikatanítás régebbi céljai ma is érvényesek, azonban a 21. századra újjal bővültek. A legtöbb természeti jelenséget a fizika segítségével lehet megmagyarázni,

tehát az egészséges gyermeki kíváncsiság kielégítése a fizikatanítás egyik alapvető célja. Emellett a fizikaórákon vezetjük be azokat az alapfogalmakat, amelyek a többi természettudományos tantárgy számára is fontosak. A természetben megfigyelhető jelenségek leírásán túl a tanulók a fizikaórákon sajátíthatják el a kísérletezés alapelemeit és érthetik meg azt, hogy a természettudományok igen fontos módszere a kísérletezés és a megfigyelés. A természettudományok közül a fizika a leginkább alkalmas arra, hogy az ok-okozati viszonyok feltárásán keresztül fejlessze a diákok logikai képességét, és fokozatosan megalapozza a természettudományos gondolkodást. A tanulók lényegében először a



fizika tanulása során találkozunk a tudományos modellalkotás módszerével. A tanulók szemléletformálása szempontjából az is igen fontos, hogy a fizikatanár rávilágítson arra, hogy a természetben vannak olyan jellemző mennyiségek, amelyek a természeti változások során is megmaradnak, például a tömeg, a lendület, az energia vagy a töltés.

A fizika tanításának fontos célkitűzése az, hogy segítse az eligazodást *napjaink technikai környezetében*, amelyek mindennapi életünk részét képezik. Minden diák számára teremtsen meg a mai modern világunkban egy, a technika vívmányait elfogadó és értelmesen használó társadalom alapját képező világkép kialakulásának lehetőségét. A társadalom számára létfontosságú, hogy azok a politikusok, közgazdászok, akik a kisebb vagy nagyobb közösség életét meghatározó kérdésekben döntenek, ezt természettudományos megalapozottsággal tegyék. Gondoljunk például egy új erőmű vagy üzem létesítésére. A természettudományok, és ezek között főként a fizika feladata az, hogy fejlessze a kritikus gondolkodást, különösen a napjainkat jellemző áltudományos nézetekkel szemben. Minél több jelenségre tudjon tudományos magyarázatot kínálni, kvantitatív előrejelzéseket adni, és bemutatni a tudományos megismerés módszereit.

Arról is beszélnünk kell a fizikaórákon, hogy mivel foglalkozik ma a fizika, illetve mivel foglalkoznak napjainkban a mérnökök és a fizikusok. Ma is léteznek új kutatási területek: a mikrofizikában az elemi kölcsönhatások egységes elméletének létrehozására törekednek, az ezzel szorosan összefüggő makrofizikában pedig az Univerzum kialakulásának és fejlődésének jobb megértése a cél. E néhány példa is azt mutatja, hogy egyáltalán nem lehet a fizika, mint tudomány befejezettségéről beszélni, és oktatása során ezt hangsúlyosan meg kell jeleníteni. Fontos, hogy ráébredjenek a tanulók arra, hogy ma is érdekes és érdemes fizikusként dolgozni.

A fizikusok munkáját vizsgálva az látható, hogy a hagyományos értelemben vett fizikai témákon kívül nagyon sokan foglalkoznak olyan kutatással és alkal-

mazással, ami a fizika és más természettudomány – például a kémia, a biológia, az orvostudomány vagy a geológia – közötti határterületre esik, sőt az egész emberiséget érintő globális környezeti kérdésekkel, mint az üvegházhatás, az ózonlyuk, a savas eső. Annak is tanúi lehetünk, hogy a fizikában kidolgozott kutatási módszerek, speciális eszközök, műszerek számos természettudományon kívüli alkalmazásban kapnak szerepet. Ilyen például a régészetben a radioaktív kormeghatározás, de vannak alkalmazások a művészettörténetben, sőt a közgazdaság-tudományban is. Vagyis napjaink *fizikai kutatásait és alkalmazásait a sokrétűség jellemzi*.

*Marx György* 1969-ben a természettudományok fejlődését a következőképp fogalmazta meg:

„A természettudományok különböző pontokról indultak el, különböző jelenségkörök törvényeit kezdték kutatni. Évszázadok folyamán a matematikus, csillagász, fizikus, kémikus, biológus, pszichológus más-más mélységeig hatolt be, mindegyikük egy-egy független, önmagában is csodálatos világot tárt fel. Éppen a mi nemzedékünk osztályrésze, hogy szemtanúja lehet a részletek egymásba kapcsolódásának. A képek összeillenek. Egysége által még lenyűgözőbben bontakozik ki előttünk az a színjáték, amelynek mi nézői és egyúttal szereplői is vagyunk.”

Fontos bemutatni azt is, hogy miként „működik” a tudomány, hogyan ismerhetjük meg a világot. Érdekes kérdés lehet annak taglalása, hogyan is kezdődött világunk megismerése, hogyan vetődtek fel az úgynevezett „jó kérdések”, amelyek a későbbiekben hasznosnak bizonyultak a probléma megoldásában, sőt továbbfejlesztésre is alkalmasak voltak. A fizika esetében e vonatkozásban kiemelkedően fontosnak tartjuk *Galilei* alakját és vele kapcsolatban a modellalkotás, az elvonatkoztatás szerepét. Az ő megközelítése szerint a jelenségeket célszerű olyan leegyszerűsített körülmények között, gondolatkísérletek segítségével vizsgálni, amelyek a valóságban nem figyelhetők meg: például magára hagyott test mozgása, szabadesés vákuumban. Miután így megvizsgáltuk a jelenséget, akkor már érdemes figyelembe venni a jelenség valódi lefolyásakor érvényesülő tényleges hatások szerepét. Elengedhetetlen a matematika alkalmazása már a vizsgálat megtervezésekor: mi fog történni, például hová „kell” leesnie a golyónak, ha ténylegesen parabola alakú a pálya. Később számításokkal ellenőrizni kell, hogy ténylegesen az történt-e, amit vártunk. Vagyis az elmélet és a kísérlet egymást kiegészítő szerepe érvényesül a jelenségek vizsgálatában és értelmezésében. Ez a gondolatmenet annyira sikeres napjainkban is, hogy nemcsak a természettudományi, de sok esetben a társadalomtudományi és gazdasági, pénzügyi jelenségek elemzése, tanulmányozása során is alkalmazzák.

Tovább követetve a fizika, mint tudomány kialakulását, a *Galilei* nyomán kialakuló newtoni fizika fejt ki világosan az ok-okozati viszonyok figyelembe vételét a jelenségek leírásában, értelmezésében, sőt az elkövetkezendő történések mintegy „megjósolásában”.

Ez a newtoni fizika fontos üzenete, amelyet sok példán keresztül kívánunk bemutatni. Azt javasoljuk, hogy később, a középiskola humán tantervű osztályaiban a tanulók elsősorban kvalitatív vizsgálatokat végezzenek, valamint érdekes jelenségeket tanulmányozzanak, és a mindennapi életben és a kutatásban alkalmazott eszközök jelentőségét elemezzék (pl. úrtávcső, vagy a műholdak szerepe az időjárás előrejelzésében, a helyzetmeghatározásban stb.). Emelt szintű oktatásban, ezekhez kapcsolódva, természetesen a „szokásos” kvantitatív megközelítések is szerepet kapnak az ismert számítási feladatok segítségével, de minden esetben konkrét, érdekes, életszerű viszonyok között, amelyek a legújabb kutatásokat is figyelembe veszik. Vagyis nemcsak a hagyományos értelemben vett mechanikai környezetben, hanem például napjaink fontos új kutatási területeit is érintve, mint például a különböző részecskék ütközési folyamatai az LHC detektoraiiban, vagy a részecskék mozgásának követése fúziós kutatásoknál stb.

A fizikaórákon nemcsak szaktárgyi ismereteket kívánunk tanítani, hanem egy általánosan alkalmazható gondolkodásmód, szemléletmód kialakítását tűzzük ki célul és ehhez keressük a példákat.

Néhány fontos téma: Milyen energiaforrásokat használtak a régi korok emberei és melyek állnak napjainkban rendelkezésre? Milyen aktuális kutatások folynak ebben a témában? Milyen lehetséges környezeti következményekkel kell számolnunk az energia kívánt változatának előállításánál? Reális lehetőség-e a globális felmelegedés? Milyen eszközöket használnak napjainkban például az építkezéseken, hogyan készülnek a modern felhőkarcolók? Hogyan kommunikáltak az emberek régen és ez miként alakult át napjainkra? Hogyan közlekedtek régen és ma?

A fenti témák feltehetően érdekesek a gyerekek számára, és ezekhez a példákhoz kapcsolódva lehet bevezetni a fizikai fogalmakat: például az egyszerű gépek, és ezek megjelenése napjaink gépeiben, a szilárdságtan elemei, az építkezés anyagai, a legfontosabb elektromosságtani ismeretek – az épületek külső és belső világításának elemzésén keresztül. A közlekedés témakör a mozgás leírásához kapcsolódó legfontosabb fogalmak feldolgozását teszi lehetővé.

Tantervünkben minden esetben ajánlunk tanulóit tevékenységeket, egyéneket, párokat, illetve nagyobb csoportok számára, és sok projektjellegű feldolgozásra is teszünk javaslatot. A változatos tevékenységek a differenciálást is elősegítik.

## Hogyan tanítsuk a fizikát?

- A téma tanításának kezdetén diagnosztikus értékelés keretében feltárjuk a gyerekek előzetes tudását. Ez történhet például úgy, hogy az előző témából írandó dolgozat végén vagy külön felteszünk egy-két kérdést, amely segíti tájékozódásunkat. De történhet beszélgetés keretében, esetleg mindkét módszerrel. Osztályzatot semmiképpen ne adjunk ilyenkor a gyere-

rekeknek, hiszen nem olyan dolgokat kérdezzük tőlük, amelyeket már tanultak! Ezt követően a válaszok függvényében tervezzük meg a gyerekek számára az adott témával kapcsolatos fogalmi váltás eléréséhez szükséges tanulási környezetet. Milyen jelenségeket fognak megvizsgálni, melyik esetben milyen munkaformában fognak dolgozni, mit fog a tanár elmagyarázni, és mit lehet esetleg már a gyerekektől elvárni stb. Tantervünkben ezt nagyon hangsúlyosan meg kívánjuk jeleníteni. Minden nagyobb témakör kifejtése előtt számba vesszük a lehetséges félreértelmezéseket és azok kezelési lehetőségeit.

- Azt gondoljuk, hogy alapvető elvek felfedezését nem lehet elvárni a gyerekektől. Például nem tudják „kitalálni” a Newton-törvényeket, az anyag részecsketermészetét stb. Ezeket a tanárnak kell alternatív magyarázatként felkínálni a gyerekek számára. Ha már megvannak a szükséges elméleti keretek, akkor lehet „felfedeztetni” is a gyerekekkel, például különböző jelenségek magyarázatát az éppen tanult elméletrendszer felhasználásával. Például amikor megismerik az anyag részecskéket, és azt kell megmagyarázniuk, hogy miként változik az anyagok térfogata melegítés vagy hűtés hatására. Persze ne gondoljuk, hogy ebben a tanár számára viszonylag egyszerűnek tűnő esetben nem lehet néhány gyerekeknek érdekes elképzelése, amelyek megjelennek a gyerekek csoportos beszélgetéseiben. Az órákon hallhatunk például olyan magyarázatot a gyerektől, hogy megnőnek a részecskék a hő hatására. Ez a magyarázat kicsit keveréke az éppen frissen tanult részecskeszemléletnek és a gyerekek előzetes tudását jelentő folytonos anyagképnek. Ilyen és hasonló esetekben a tanár legyen türelmes a gyerekekkel, és mutassa meg azt, hogy az éppen tanult új elmélet, nevezetesen itt a részecskeszemlélet, mennyivel több jelenség leírásához használható. Bár az említett konkrét esetre az ő megoldásuk sem rossz, de valójában nem az történik, hanem a részecskék gyorsabban, tágasabban mozognak, ez okozza a hőtágulást. A feldolgozás során meg lehet beszélni azt is, hogy a tudomány története során sokáig és sokan azt gondolták, hogy az anyag folytonos természetű. Tehát egyáltalán nem baj, ha néhány gyerek is hasonlóan vélekedett a feldolgozás kezdetén.

Ebben a szakaszban nagyon sokféle munkaformát alkalmazhatunk a tanórákon, továbbá a különböző projektek megvalósításának is ez az időszaka. Fontos továbbá, hogy világosan lássák a tanulók, miként is jutottak el az új ismerethez. Hogyan gondolkodtak korábban és hogyan gondolkodnak több tanórával később (metakogníció).

- Ha úgy gondoljuk, hogy már az új tananyag körülbelül háromnegyed részét feldolgoztuk, akkor érdemes formatív értékelést is közbeiktatni az egész osztály számára. Ez történhet az ismert röpdolgozat formában. De ne osztályozzuk feltétlenül, például csak annak írjuk be az osztályzatot, aki kéri. Néhány, valóban kulcsfontosságú kérdésnél a jelenség megmagyarázását kérjük a tanulóktól. Ennek szerepe az,



hogy tájékoztassa a tanárt, és természetesen a tanulókat arról, hogyan állnak a téma feldolgozásával, hogy az alapvető új elképzelést a gyerekeknek valóban sikerült-e megérteni és alkalmazni, vagy esetleg alapvető hiányosságok maradtak. Az eredmény függvényében folytatjuk a feldolgozást, gyakorlást a témáig. Ez a tanári reflexió fontos eleme: a diákok aktuális állapotának felmérése, majd az eredmények függvényében a további feladatok megfogalmazása.

Külön kell beszélnünk a *kísérletek lebonyolítási lehetőségeiről*.

- Az első lépés a problémafelvetés, például van-e a vezető drótnak is ellenállása az áramkörben?

- A következő lépések során – például csoportmunkában – a gyerekek konkretizálják a problémát, megfogalmazzák magát a kérdést, majd elgondolkoznak azon, miként is lehetne a választ megtudni. Meg kell kérdezni a természetet. Ennek módja a kísérlet. Tehát a gyerekeknek *meg kell tervezniük* a kísérletet.

- A gyerekek megtervezik a kísérletet. Hipotéziseket fogalmaznak meg a kísérlet várható lefolyásával kapcsolatban.

- Amennyiben a tanár engedélyt ad rá, a gyerekek elvégzik a kísérletet.

- A gyerekek levonják a következtetéseket. Teljesült-e az előzetes hipotézis, vagy azt el kell vetni. Ebben a szakaszban is érdemes először csoportmunkában dolgozni, amit közös megbeszélés követ.

Természetesen nem kell, és nem is lehet minden esetben ilyen szigorúan, a pontok által jelzett időrendi sorrendben végezni a feldolgozást. De az minden bizonnyal látható, hogy a gyerekek egy ilyen feldolgozás során aktívan vesznek részt a munkában, amely elősegíti fizikai ismereteik kibővítését.

## Az általános iskolai fizika tanítási céljai

Célunk, hogy a klasszikus természettudományos tartalmakat új szemléletű, alkalmazásközpontú, komplex módon mutassuk be, ötvözve a természettudomány társadalmilag releváns, a mindennapjainkat meghatározó kérdéseinek ismeretével. Mindezt a klasszikus tartalmaknak a mindennapok világából vett témakörök, csomópontok köré szervezésével képzeljük el.

A demokrácia nem lehet sikeres, ha az ország polgárai teljesen tájékozatlanok a társadalom szempontjából lényeges természettudományos kérdésekben, mint amilyen a globális felmelegedés, az energiaforrások, a géntechnológia, az atomfegyverek, az ózonpusztulás stb. Ha az átlagpolgár ismeretei nem megfelelőek ahhoz, hogy tudatosan tevékenykedjen a fizikai ismereteket igénylő esetekben, akkor az egész Föld könnyen technikai katasztrófa áldozata lehet. A társadalmi témák tanulásakor éppen ezért fontos aktuális cikkeket keresni a napi sajtóból, amelyen mind a nyomtatott, mind az elektronikus sajtót kell érteni. Ez komoly motivációs lehetőséget is rejt magában.

Fontos, hogy a diákok ne csak a szigorúan vett tankönyvet használják a tanulás során, hanem olvas-

sanak *ismeretterjesztő cikkeket* az adott témával kapcsolatban. Érdemes utánanézni, hogy van-e az *iskola könyvtárában* CD a témával kapcsolatban, illetve az interneten milyen további érdekességekhez, ismeretekhez lehet jutni.

A *televízió* napjainkban már nagyon sok csatornán közvetít számunkra műsorokat. Ezek egy része kifejezetten ismeretterjesztő csatorna, mint például a Spektrum TV, a National Geographic, a Discovery stb. Az egyes műsorok tartalmáról érdemes elgondolkozni, esetleg vitát rendezni a tanórán, hogy az megfelelt-e várakozásuknak, úgy jelenítette-e meg az adott témát, ahogyan azt a diákok elképzelték, új megvilágításba helyezte-e addigi tudásukat stb.

A diákok képességfejlesztését kívánjuk a tanítástanulás középpontjába állítani, ezért fontos célként fogalmazzuk meg a szakmai ismeretek mellett a természettudományos kutatási módszerek sajátosságainak aktív megismerését. Ilyen a „jó kérdések” megfogalmazása egy adott témával kapcsolatban, amelyre empirikus adatgyűjtést lehet tervezni. A diákok képesek legyenek kísérletek megtervezésére, önálló elvégzésére, az így kapott, valamint a témával kapcsolatos, de máshonnan származó adatok gyűjtésére és mindezek elemzésére, értékelésére, következtetések levonására, illetve további kérdések, vizsgálatok megfogalmazására. Fontos, hogy a diákok eredményeiket be tudják mutatni, mert ezáltal fejlődnek kommunikációs képességeik, amelyhez hozzátartozik a beszéd-, a vitakultúra fejlesztése, a témához való hozzászóláskor a megfelelő kérdések megfogalmazása, mások véleményének meghallgatása, a logikus érvrendszer felállítása. Fontos, hogy a beszámolóik esetében a tanulók figyeljenek a fogalmak, a megfelelő szimbólumok és a mértékegységek pontos használatára, valamint arra, hogy rendszerezett, jól tagolt írásműveket (cikk, esettanulmány, poszter) készítsenek, logikus összefoglalással, táblázatokkal és grafikonokkal, grafikon-elemzésekkel. Fontos a rendelkezésre álló technikai eszközök (IKT) használata, és képesség a csoportos munkára.

Fontosnak tartjuk, hogy a tanulók megismerjék a természettudományos ismeretek kialakulásának folyamatát, vagyis a tudománytörténetet. Minden esetben át kell gondolni egy adott tudományos felismerés társadalmi hatásait, például hogy napjainkban milyen lenne az életünk nélküle. Általában a tudományos felismeréseknek az emberiség életében betöltött szerepéről is gondolkodni kell.

Egy-egy tudós életrajzával, illetve az új tudományos eredményekkel kapcsolatban a következő kérdések is hangsúlyosak:

- Milyen fontos történelmi események történtek abban a korban?

- Mi volt felfedezésének újszerűsége? Hogyan vették fel a témával kapcsolatos kérdések? Miként kezdték el vizsgálni?

- Milyen további új felismerésekben segített, illetve milyen addigi uralkodó nézetet váltott fel a felismerés? Hogyan fogadta a tudományos közösség a felismerést?

- Milyen társadalmi-gazdasági haszna volt a felfedezésnek?
- Mely felismerés gyakorlati alkalmazásának lehetnek az emberre nézve káros következményei?
- Hogyan lehetett ezeket a múltban és hogyan lehet majd a jövőben elkerülni?
- Megoldás lehet-e az, ha törvényekkel leállítjuk a tudományos kutatást, illetve egyes részterületek kutatását (pl. genetika, nukleáris technika)?

A legutóbbi évek nemzetközi felmérései alapján a természettudományok tanítása során fontos feladat az ország tanulóinak teljesítményével kapcsolatos eredményekre való reflektálás. Ezek arra hívják fel a figyelmet, hogy sok tekintetben meg kell változtatnunk a fizika tantárgy tanításával, a tanított tananyag tartalmával, tanítási módszereivel és tanulásával kapcsolatos elképzeléseket, amelyekre már utaltunk. A hagyományos elméleti jellegű ismeretek és az azokat gyakorlati feladatmegoldások mellett sokkal nagyobb szerepet kell kapjon az önálló kísérletek, vizsgálatok megtervezése, a saját elképzelések megfogalmazása, majd azok összevetése a vizsgálat eredményeivel. Ide tartozik még az adott jelenség esetében szükséges adatok felvétele, azok táblázatba rendezése, grafikus megjelenítése, különböző adatok keresése, szövegek értelmezése, viták és a vitához tartozó különböző nézőpontok megértése, érvek gyűjtése, esettanulmányok készítése, vagyis egy rendkívül komplex tevékenységrendszer biztosítása. Elképzelésünk szerint az általános iskolai évfolyamok (7. és 8.) esetében a fizika tanulása nem a hagyományos, tudományos témakörök diszciplináris feldolgozásából, hanem sokkal inkább a fent említettek tevékenységekből állna. Ezeket persze a későbbi évfolyamokon is érdemes alkalmazni.

Az általános iskolai tananyag megváltoztatását az indokolja, hogy hazánkban a tankötelezettség a diákok 18 éves koráig tart, így nem szükséges az általános iskolában minden, az eddigi gyakorlatban szokásos témát megtanítani és lezárt ismereteket adni. Ezért a 7. és 8. évfolyamokon nem a megszokott diszciplináris tárgyalásmódot követjük, amelyhez életszerű példák kapcsolódnak, hanem ezt a sorrendet mintegy megfordítjuk. Sok érdekes, életszerű példát tárunk a tanulóknak, amelyeknek persze vannak fizikai vonatkozásai. Sokkal nagyobb szerepe lehet tehát a gyakorlati vonatkozásoknak, illetve lehetőség van a fogalmak „érelésére”.

A tantervben megjelenő témakörök feldolgozása elsősorban a gyerekek érdeklődésének felkeltését, illetve fenntartását szolgálja. Sok érdekes tevékenységet javasolunk a diákok számára. A hagyományosnak mondható kísérletezés mellett fontos szerepet szánunk a könyvtári és az internetes gyűjtőmunkának, először mindenképpen tanári irányítással, hogy a diák képes legyen kiválasztani a megfelelő oldalakat, honlapokat. Az integrált szemléletet meglehetősen tágan értelmezzük. A többi természettudományos tantárgy keretében felmerülő témákon kívül hangsúlyos szerepet kapnak a társadalmi jellegű problémák is. Célunk,

hogy a diákok teljes személyiségét alakítsuk az összes kulcskompetencia fejlesztésén keresztül.

A tantervben sok, a hagyományostól eltérő témát is javasolunk, különösen a 7. évfolyamon. Több esetben dolgozunk fel a modern fizika témakörébe eső tartalmakat is: például az elektromágneses spektrumról, vagy az Univerzum kutatásáról szerepelnek ismeretek, természetesen az életkori sajátosságok figyelembe vételével. Az eddigiekhez képest hangsúlyosabb szerepet adunk a csillagászat témakörébe eső tartalmaknak, mivel azt gondoljuk, hogy ezek érdekesek a gyerekek számára. Az ismeretterjesztő irodalom témái között is előkelő helyet foglal el a csillagászat.

Az új tartalmak természetesen csak akkor kaphatnak helyet, ha több, a korábbi tantervekben szereplő régi témakört elhagyunk, illetve csak nagyon röviden említjük. Ilyenek például az egyszerű gépek és a hagyományos elektromosságtani fejezet egy része, a dinamika jelentős része, valamint az energia témakör egy része. Ezek a témakörök a középfokú oktatásban kapnak több helyet. Nem célunk továbbá az sem, hogy a hagyományos témakörökhöz tartozó alapfogalmak mindegyikét precízen bevezessük. Sokkal inkább *a fogalmak előkészítését tűzzük ki célul*, mint például a gyorsulás, a lendület, az erő, vagy a feszültség.

Fontosnak tartjuk, hogy már a fizikatanulás kezdetétől több egyszerű példán keresztül bemutassuk a természettudomány jellegzetes munkamódszerét, az empirikus vizsgálódást, és az azt megelőző hipotézisalkotást és modellalkotást. Hasznosnak tartjuk, ha a tanulók megismerik néhány, a tudomány fejlődése szempontjából fontos elképzelés kialakulásának folyamatát.

Az egyik újdonság az, hogy az optika témakörével kezdünk. De valójában azt gondoljuk, hogy szinte bármelyikkel lehet kezdeni, mivel nem épülnek szorosra egymásra az egyes egységek, amelyeket nevezhetünk divatos kifejezéssel moduloknak is. Az egyes nagyobb modulokon belüli kisebb egységek, bizonyos mértékig, szintén felcserélhetők. (Egyedül a nyomás esetében célszerű azt akkor hagyni, amikor már az erővel kapcsolatos kérdéseket feldolgozták a gyerekek, mivel számukra csak akkor lesz értelmezhető a nyomás fogalma.)

Úgy gondoljuk, hogy az általános iskolában még nem érdemes a hagyományos számításos feladatokkal foglalkozni. Ezek helyett sokkal több vizsgálati feladat, kísérletek megtervezése, kivitelezése, mérési adatok felvétele és az ezekkel kapcsolatos számítások és elemzések kaptak helyet. Munkánk során több külföldi, elsősorban angol nyelvterülethez tartozó tankönyvet tanulmányoztunk, amelyekben ezt a szemléletet láttuk. A kísérletek, vizsgálatok elvégzéséhez különböző csoportos tevékenységeket ajánlunk, az eddiginél sokkal nagyobb szerepet szánva a kulcskompetenciák fejlesztésének érdekes és változatos tartalmakon keresztül. Tantervünkben sokféle tevékenységet ajánlunk, könnyebbeket és nehezebbeket is, illetve egy-egy témakör többféle megközelítési

lehetőségeire is mutatunk példát, lehetőséget kínálva a választáshoz és a differenciált fejlesztéshez. Több ajánlott tevékenység akár projektté is fejleszthető, a gyűjtőmunkák eredményeiből poszterek készíthetők, kiállítások szervezhetőek. Azt sem tartjuk szükségesnek, hogy ezekben az egész osztály részt vegyen. Ha egy-egy témával néhány gyerek foglalkozik csak, az is értékes. Ellenben az eredményeik legyenek nyilvánosak. Esetleg más témakörrel más gyerekcsoport foglalkozik részletesebben, igény szerint. Fontos, hogy a tevékenységek során kiderüljön mind a diákok, mind pedig a tanár számára, hogy kik azok a diákok, akik mélyebben érdeklődnek a természettudományos témák iránt. Nekik érdemes többféle, akár nehezebb feladatot, tevékenységet elvégezniük. A diákok csak így tudnak dönteni arról, hogy középiskolai tanulmányaikat milyen szinten kívánják majd folytatni, valamint szeretnének-e tanulmányi versenyeken részt venni. A magasabb szintű javasolt témákat, tevékenységeket és követelményeket dőlt betűvel jelöltük.

A tanterv eredményes megvalósításának feltétele, hogy újszerű értékelési módszereket alkalmazzanak a pedagógusok. Mivel a gyerekek sok és sokféle egyéni, illetve csoportos tevékenységet végeznek, így ezek is értékelendők. A hagyományos értelemben vett osztályozás mellett fontosnak tartjuk, hogy a diákok egymás tevékenységét és saját eredményeiket is értékeljék.

Fontos szerepet szánunk az úgynevezett diagnosztikus értékelésnek, annak feltárására, hogy egy-egy témakörrel kapcsolatban várhatóan milyen a *diákok előzetes tudása*, illetve milyen jellegzetes félreértelmezések fordulnak elő. Az egyes fő témakörökkel kapcsolatban megemlítjük a várhatóan megjelenő jellegzetes, a kutatások során eddig feltárt félreértelmezéseket, és feladatokat ajánlunk ezek tisztázásához. Azonban nem biztos, hogy ezek mindegyikét sikerül az általános iskolai évfolyamokon tisztázni, ellenben *itt kell elkezdeni a szükséges fogalmi váltások létrejöttéhez vezető tevékenységeket*, elemző diagnosztikus beszélgetéseket. A leginkább kritikus a mozgással kapcsolatos jelenségek értelmezése, azonban nem valószínű, hogy végbe tud menni az arisztotelészi kép felváltása a newtonival, ez nem is cél, de elkezdődik ez a folyamat.

## Az általános iskolai tantervben szereplő fejezetek

Mi mekkora? (1)

Hogyan látjuk a világot? (9)

Hideg – meleg (8)

Keletkezheth-e energia a semmiből? (3)

Mozgások körülöttünk (14)

Nyomás (7)

Elektromosság mindenhol (4)

A fejezeteknél általában nem a hagyományosan használt *optika*, *bőtan* stb. címekeket használtuk. Ezekkel a címekekkel is szeretnénk a tanulók érdeklődését felkelteni. Zárójelben a fejezethez tartozó kisebb té-

makörök számát jelöltük, amelyre azt is lehet mondani, hogy körülbelül 1-2 óra tananyaga.

Írásunk további részében tantervünkben mutatunk be néhány részletet. Minden fő fejezet előtt röviden vázoltuk a feldolgozás célját, a tanítási tartalmak leírását pedig négy oszlopba rendeztük. Az első oszlopban a hagyományos tanítási tartalmak szerepelnek, a másodikban a követelmények, a harmadikban a feldolgozáshoz ajánlott tevékenységek, mintegy szinkronban a követelményekkel. Ez a szerkezet azért fontos, hogy a tanár egymás mellett lássa, egy adott követelmény teljesítéséhez milyen tevékenységrendszerrel célszerű alkalmaznia. Ez az oszlop szinte minden esetben a leghosszabb, mivel igyekeztünk változatos tevékenységeket felsorolni, amelyek egyben alkalmasak a differenciálásra. Gondoltunk a tehetséggondozásra is, az ehhez tartozó tevékenységeket dőlt betűvel jelenítettük meg. Szakértői csoportunk középiskolai reál osztályok számára is készített tantervet. A dőlt betűvel írt tevékenységeket azoknak a tanulóknak szántuk, akiket érdekel a fizika és akik – reményeink szerint minél nagyobb számban – majd ezekbe az osztályokba jelentkeznek. Továbbá ebben az oszlopban kaptak helyet az eddigi szakirodalomban feltárt tévképzetek (amelyektől a különböző adatgyűjtések szerint a magyar tanulók sem mentesek) és azok kezelési lehetőségeire való utalások. A negyedik oszlopban a különböző tantárgyakkal való kapcsolódási lehetőségeket jelöltük. Ezen és a következő oldalon – a különböző témakörökből válogatva – az oszlopos szerkezetű tantervből mutatunk részleteket.

### *Mozgások körülöttünk*

Az általános iskolai mechanika tananyag célkitűzése a gyerekek jelentős részénél fellelhető alapvetően arisztotelészi mozgásszemlélet felváltásának elkezdése elsősorban a kinematika témakörébe tartozó példák elemzésével, és a newtoni fizika alapfogolatainak bemutatása néhány példán keresztül. Ennek elérésére szerepel tantervünkben a hétköznapi életben megfigyelhető mozgások leírása, például a közlekedésnél, a sportoknál, vagy az állatok mozgása. Miért mozognak a testek, miért állnak meg, miért gyorsulnak fel, miért kanyarodnak, miért változik meg a tárgyak alakja? Az erő fogalmát a lendületfogalom felhasználásával vezetjük be. Azért választottuk ezt a tárgyalásmódot, mert azt reméljük, hogy a tanulóknál így korrigálhatók az erő fogalmával kapcsolatban kialakult tévképzetek. Az egyik jellegzetes tévedés az, hogy az erőt a testhez és nem pedig a kölcsönhatáshoz kötik. Tehát a gyerekeknek van egy olyan természetes fogalmuk, amely a test mozgásállapotához kapcsolódik. Ehhez a meglévő elképzeléshez célszerű hozzákötni a lendület fogalmát, majd pedig az erő fogalmat úgy használni, mint ami megváltoztatja a test lendületét. A test lendülete a környezettel való kölcsönhatás eredményeképpen változhat meg, és e kölcsönhatás leírására használjuk az erő fogalmát. Az erő definícióját azonban nem adjuk meg, de sokféle helyzetben használjuk a fogalmat.

**Hogyan látjuk a világot?** témakörből kiemelt részletek

A témakör tanítási tartalmi problémák	Követelmények, kompetencia-fejlesztési lehetőségek	Javasolt tevékenységek	Kapcsolatok
<p>Mit látunk a csillagos égen? Nap, Hold, csillagok, bolygók, galaxisok, gázködök.</p> <p>A Naprendszer szerkezete és a róla alkotott kép kialakulása, bolygók és holdjaik, fogyatkozások és fázisok.</p> <p>Mindent tudunk-e már a világról? Modellek és szerepük a megismerésben, mint az analógiák egyik fajtája. A tudományos kutatás mint folyamat.</p>	<p>Tudja, hogy a csillagok elsődleges fényforrások, míg a bolygók és a holdak csak visszaverik a Nap fényét. El tudja mondani a Naprendszer szerkezetét, tudja, hogy a Nap is egy csillag. El tudja magyarázni és egyszerű modellen bemutatni a fogyatkozások és a fázisok létrejöttét. Tudja, hogy a modellek alkalmazása a természettudományos megismerés fontos eszköze. A tanuló legyen tisztában azzal, hogy az Univerzumról alkotott kép miként alakult az emberiség történetében, és hogy napjainkban is folytatódhatnak a kutatások. A beszélgetések és a gyűjtőmunkák során fejlődnek az állampolgári és kommunikációs kompetenciák.</p>	<p>Tanulmányozzák a Nap, a Naprendszer bolygóinak és azok holdjainak jellegzetességeit, ezek megismerési módszereit. Modellezzék a fogyatkozások és a bolygómozgásokat! (Fontos e két jelenség egymástól való elkülönítése.) Gyűjtőmunka arról, hogy milyen elképzelések voltak az emberiség történetében az Univerzumról (geocentrikus és heliocentrikus elképzelések). Ptolemaiosz, Kopernikusz, Galilei, Kepler munkásságának feldolgozása differenciált csoportmunkában. Egyúttal annak tisztázása, hogy mi a bolygó és mi a csillag. Életrajzi szövegek elemzése (forráskeresés), portrék megtekintése. Időszalag készítése megadott szöveges források és képek alapján. Képek és leíró szövegek párosítása. A felfedezések és jelentőségük rövid leírásának párosítása, tablóképzés. Gyűjtsék össze az Univerzum kutatásának eszközeit. Hol található nagy teleszkópok? Ezekben milyen optikai eszközök találhatóak? Beszélgetés a tudományos kutatásról, annak szükségességéről, módszereiről, a tudományos ismeretek alakulásáról.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• földrajz</li> <li>• csillagászat</li> <li>• történelem</li> </ul>
<p>Mitől függ az éghajlat alakulása? Mi a fény szerepe az éghajlat alakulásában? Éghajlat, évszakok.</p>	<p>A tanuló legyen képes elmagyarázni az éghajlati övek és az évszakok létrejöttét a napfény beesési szöge alapján, egyszerű modellek használatával.</p>	<p>Az éghajlati övek és az évszakok magyarázata csoportmunkában. Tisztázása annak a tévképzetnek, hogy akkor van a legmelegebb, amikor a legközelebb van a Föld a Naphoz.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• földrajz</li> <li>• csillagászat</li> </ul>

**Hideg – meleg** témakörből kiemelt részlet

A témakör tanítási tartalmi problémák	Követelmények, kompetencia-fejlesztési lehetőségek	Javasolt tevékenységek	Kapcsolatok
<p>Hőtágulás és kísérleti vizsgálata különböző halmazállapotú anyagok esetében, gyakorlati vonatkozások feltérképezése.</p>	<p>Képes legyen a hőtágulás kísérleti vizsgálatára különböző halmazállapotú anyagok esetében.</p> <p>A jelenség részecskeképpel való magyarázata.</p>	<p>Szilárd, folyadék és gáz halmazállapotú anyagok hőtágulásának vizsgálata differenciált csoportmunkában. Hipotézisek megfogalmazása arról, hogy melyik esetben várható a legnagyobb mértékű változás. Analogiák keresése a részecskeképhez, például homok, liszt... A gyerekek alkossanak analogiákat. Beszélgetés a modellalkotás folyamatáról, az egyes változások leírásához használható modellekről. A folytonos anyagkép és a részecskeszemlélet közötti különbségek számbavétele, a modellek alkalmazhatósági határainak megbeszélése.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kémia, részecskekép</li> </ul>

**Keletkezhet-e energia a semmiből?** témakörből kiemelt részlet

A témakör tanítási tartalmi, problémák	Követelmények, kompetencia-fejlesztési lehetőségek	Javasolt tevékenységek	Kapcsolatok
Csak a Földön, illetve a Naprendszerben vannak-e különböző energiaátalakulások? Mi a helyzet a világűrben? A Földön milyen nagyenergiájú folyamatokat tudnak előidézni speciális berendezésekben?	Képes legyen példákat felsorolni arra, hogy az Univerzumban milyen nagy energiaátalakulási folyamatok mennek végbe: például szupernóva-robbanás. Elemi szinten tudja, hogy a nagy részecskegyorsítókban ilyen jellegű folyamatokat tanulmányoznak; például CERN-ben az LHC.	Gyűjtőmunka az Univerzumban végbemenő folyamatokról. Beszélgetés a tudományos kutatásról, annak szükségességéről, hasznáról.	<ul style="list-style-type: none"> <li>csillagászat</li> <li>űrkutatás</li> <li>társadalomismeret</li> </ul>

**Mozgások körülöttünk** témakörből kiemelt részlet

A témakör tanítási tartalmi, problémák	Követelmények, kompetencia-fejlesztési lehetőségek	Javasolt tevékenységek	Kapcsolatok
Közlekedés régen, napjainkban és a jövőben.	Értse meg, hogy a közlekedés fejlődése hatással van a társadalmi változásokra.	Gyűjtőmunka a közlekedés és az űrkutatás eszközeiről.	<ul style="list-style-type: none"> <li>történelem</li> <li>közlekedési eszközök fejlődése</li> <li>űrkutatás</li> <li>társadalomismeret</li> </ul>

**Irodalom**

G. Blake, D. Brown, J. Hayward, J. Locke, K. Ward: *AQA Science. Applied Science*. (Sorozatszerk. L. Ryan) Nelson Thornes Ltd., 2006.  
S. Holyman, P. Routledge, D. Sang: *FUSION, Science 11–14*. (Sorozatszerk. L. Ryan) Nelson Thornes Ltd., 2008.  
J. K. Hackett, R. H. Moyer, D. K. Adams: *Merril Science*. Merril Publishing Company, USA, 1989.  
Korom E.: *Fogalmi fejlődés és fogalmi váltás*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 2005.

Marx Gy.: *Jövönk az Univerzum*. Magvető Kiadó, Budapest, 1969.  
Nahalka I.: *Hogyan alakul ki a tudás a gyerekekben*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2002.  
Radnóti K., Nahalka I. (szerk.): *A fizikatanítás pedagógiája*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2002.  
*Science and Technology. The Ontario Curriculum Grades 1–8*. A tanterv letölthető a Kanadai Oktatási Minisztérium honlapjáról: <http://www.edu.gov.on.ca>.

# SZUBJEKTÍV TANSZÉKTÖRTÉNET

Kovács László  
Nyugat-Magyarországi Egyetem, Szombathely

*Marx György*től kölcsönöztem a címet, hisz vele kezdődik a történet. Marx professzor úr 1983 tavaszán egy este felhívott telefonon, s megkérdezte: „Akarsz tanszékvezető lenni?” „Igen” – volt a meglepett hangú, de határozott válasz. Így szerettem volna kezdeni a *Vélemények* rovatba szánt, *Hogyan lettem tanszékvezető?* című írásomat. Azonban úgy alakult, hogy helyette egy átfogóbb tartalmú és objektívebb hangvételű cikk jelent meg a *Szemle*ben.<sup>1</sup>

Intézményünk 2009-ben ünnepelte fennállásának félévszázados jubileumát. Díszes évkönyv jelenik meg ebből az alkalomból. Egy évkönyv lehet bármilyen terjedelmű, az intézmény egyes egységeire nem sok hely jut – az 50 éves múltra visszatekintő tanítóképzés és mi is csak két oldalt kaptunk. Szerencsénkre rendelkezésünkre áll a *Szemle*, ahol leírhatom azt, ami az évkönyvbe nem fért bele.

## Oktatás, nevelés

1983 szeptemberében 22 matematika-fizika szakos hallgató, 1984-ben pedig közel ugyanennyi technika-fizika és kémia-fizika szakos hallgató kezdte meg

tanulmányait az újonnan megalapított Fizika Tanszéken, amelynek folyosóját, előterét egyre bővülő fizikus arcképcsarnok és fizikus szobrok díszítik. A fizikusokról elnevezett laboratóriumok folyamatos felszerelése után a Felsőoktatási Fejlesztési Alaptól nyert 3 millió forintból 1989-ben *Almási István* és *Molnár László* tervei alapján korszerűsítettük az előadótermet, a kutató és a hallgatói laboratóriumainkat.

A Fizika Tanszéken kezdettől fogva azért dolgoztunk, hogy a leendő fizikatanárokkal megszerettessük a fizika tudományát és a tanítás művészetét. Felsorolom a célunk eléréséhez alkalmazott legfontosabb sajátos, egyéni módszereinket. Munkánk alapja a hallgatók tisztelete és az emberséges bánásmód. Ezt azért fontos hangsúlyozni, mert kis országunkban több olyan tanszék is ismerünk, ahonnan elvándoroltak a hallgatók, ahol elnéptelenedtek szakok az oktatók embertelen bánásmódja miatt.

Az *Öveges-délután*okon – *Haramia László* és *Molnár László* ötlete alapján – a harmadéves hallgatók saját készítésű, egyszerű kísérleteiket mutatták be. Nagyon

<sup>1</sup> Kovács L.: Új fizika tanszék a szombathelyi Tanárképző Főiskolán. *Fizikai Szemle* 39 (1989) 232–234.



Almási István bemutatót tart szovjet Komszomol küldöttségnek a régi előadóteremben, 1985.

hangulatosak és eredményesek voltak ezek a délutánok. *Szeleczy László* volt levelezős hallgatónk a Győr melletti Péren, ahol *Öveges József* gyermekkorát töltötte, már tizenkét éve rendez sikeres *Kis fizikus* regionális vetélkedőt az 1997-ben *Övegesről* elnevezett általános iskolában. A zsűri tagjai kezdettől fogva tanszékünk oktatói (*Molnár László*, *Szunyogh Gábor*, *Boncz Ildikó*, *Kovács László*), akik minden alkalommal kísérletbemutatót is tartanak.

Egy rózsadombi általános iskolába került hallgatónk lelkesen mesélte, hogy még az ottani gyerekeket is meg tudta szelídíteni azzal, hogy *Öveges-kísérleteket* kellett nekik bemutatniuk.

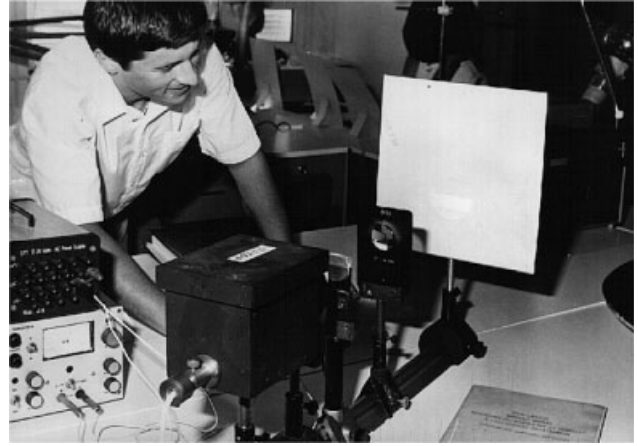
Folyamatos volt a *hallgatói laboreszköz-építés*. Almási István az elektronikus áramkörök építésének titkaiba, Molnár László az optikai berendezések készítésébe tudta igen eredményesen bevonni a leendő kollégákat. Az elkészült egyedülálló eszközökkel sikeresen szerepeltek hallgatóink és kollégáink diákköri konferenciákon, fizikatanári ankétokon. Hallgatóink számos cikkben ismertették az új berendezéseket, önállóan vagy tanárunkkal közösen.

Évenként ismétlődtek a magashegyi és tengerparti *terepmérések*, kutatóintézeti, egyetemi fizika tanszéki és erőmű-látogatások. A főiskolák közül egyedül nálunk létesült a ma is működő C szintű radioaktív *izotóplaboratórium*. A tanárképző főiskolák között elsőként mi vezettük be kötelező tárgyként a csillagászatot, a környezetvédelmet, a fizikátörténetet és az elméleti fizikát. (Amikor a középiskolákban megtudták, hogy nálunk kötelező az elméleti fizika, lényegesen csökkent a hozzájuk jelentkezők száma.)

Megjelentettük a szükséges előadási és laboratóriumi jegyzeteket (Almási István, Molnár László, Boncz Ildikó, Kovács László).

A *számítógépes kultúra* alkalmazásának és terjesztésének úttörői voltunk. 1985-ben és 86-ban a számítógép-vezérlésű műszereinkről és méréseinkről nemcsak szerte az országban, de Szlovákiában, Lengyelországban és Finnországban is tartottunk bemutatókkal kísért előadásokat. Erről szóló tanulmányainkat finn, lengyel és német folyóiratok is közölték.

Széleskörűen alkalmaztuk a *videotechnikát*. Saját készítésű, optikáról és radioaktivitásról szóló videofilmjeinket országosan is terjesztették.



Zsuponics László kísérleti bemutatója 1988-ban.

Eleinte hármast látunk el.

1. Pótoltuk a hiányzó középiskolai ismereteket, az évek múlásával erre egyre nagyobb szükség volt.

2. Kísérletek bemutatására alapozva tanítottuk a felsőoktatási tananyagot. Az idő előrehaladtával – a hallgatók képességeinek és szorgalmának rohamos csökkenése miatt – ezt egyre kevesebb eredménnyel tudtuk elvégezni.

3. A tudományos ismeretek átadásakor megmutattuk, hogy ezek iskolai vetületét hogyan lehet eredményesen tanítani. Erre csak addig volt szükség, amíg be nem indult a bolognai folyamat. 2006-ban megfeszített munka után, nagy küzdelem árán jogot nyertünk a hároméves általános képzésre *fizika alapszakon*.

A hallgatóknak lehetőségük van nálunk *tanári* vagy *csillagász szakirány* választására. Ha valamelyik szakirányt elvégezték, akkor az MA vagy az MSc további két éves képzésben választhatják majd újra a fizikatanári vagy a csillagász szakirányt, s akkor nem kutató fizikusok, hanem tanárok vagy csillagászok lesznek.

Most már tehát hallgatóinkból lehet akár Nobel-díjas fizikus is. Lehetne, ha lett volna fizikaszakos BSc hallgatónk, de az elmúlt három tanévben nem volt. Picit javult a helyzet 2009 szeptemberében. Idézek a jubileumi évkönyvükbe szánt, nem általam írt szövegből: „Jelenleg fizika alapszakos, természettudományos szakos hallgatók, műszaki menedzser és tanító szako-

Zsuponics László és Petneházi Ágnes számítógépes összeállítási, 1988.





Guericke magdeburgi féltekék-kísérlet a Ferences kertben 2003-ban (Fotó: Czika László)

sok fizika alapozó képzését végzi, és így mintegy 220 hallgatója van a tanszéknek. Célunk mesterképzés indítása is fizika szakon.”

Régebben kezdettől fogva tanárkollégáknak tekinthettük hallgatóinkat. A tanszékünkön végzett mintegy háromszáz tanár legnagyobb része ma is ott áll a katedrán, s több mint a fele – elvégezvén az egyetemet – közpiskolai katedrán.

A kísérleti fizikára alapozott igen eredményes oktatómunkájáért két volt levelezős hallgatónk, *Pál Zoltán* 2006-ban és *Szelec László* 2008-ban, megkapta az Eötvös Loránd Fizikai Társulat legmagasabb tanári kitüntetését, a Mikola-díjat.

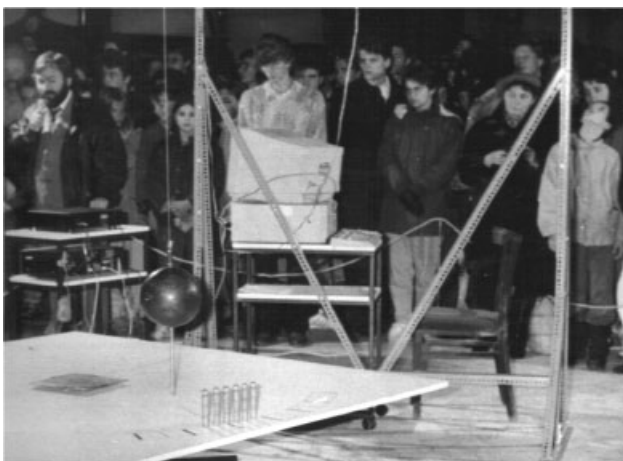
*Tudományos diákköri munkánk* eredményességét jelzi, hogy 1985-ben két országos díjazású számítógépes pályamű készült, 1987-ben a három országos bemutatású munkából két tudománytörténeti előadást díjaztak és 1989-ben hat elektronikus témájú dolgozatot küldhettünk országos megmérettetésre.

*Soós Sándor* 1991-ben OTDK munkájával az oktatástechnológia szekcióban Pro Scientia érmet nyert, témavezetője Almási István.

Fizika szakos hallgatóink közül kollégáink lettek a tanszéken: *Boncz Ildikó*, *Gaál László* tanársegéd, *Soós Sándor*, *Lovasi Balázs* demonstrátorok, intézményünk más tanszékein: *Németh Gyula*, *Velics Gabriella*.

Országos tudománytörténeti pályadíjasok: *Nagy Krisztina*, *Zsoldos Tamásné Bogdán Beáta*, *Némethné Pap Kornélia*. Utóbbi kettő és *Viola István* tudomány- és technikatörténeti könyvek szerzői.

Foucault-inga kísérlet a szombathelyi székesegyházban, 1991.



Amint arra már utaltunk is, a nálunk tanultak alkalmazásaként többen szerveznek városi és regionális fizikaversenyeket (*Kecskés Bertalan*, *Szelec László*), illetve felkészítik, elviszik tanulóikat helyi és országos versenyekre.

2005-ben a természettudományi kar tudomány napi teljes műsorát mi adtuk. Az előadásra meghívtuk egykori legjobb diákjainkat és a tervezett csillagászati szakirány leendő oktatóit.

## Kutatás, népszerűsítés

Az oktatók tudományos és oktatásméleti munkájának legfontosabb területei: kvantumoptika, kvantum-informatika, a régészetet segítő földellenállás-mérés, az úszólápok vízminőségre gyakorolt hatásának kutatása, a fizikatanítás módszertana, tankönyvírás és a fizikatörténet.

A tanszék jelenlegi vezetője, *Németh István* a New York-i Hunter College-ban *Bergou János* vezetésével a *Quantum Optics Research Group* tagja, *Kovács László* Kanadában a Manitobai Egyetemen *Arthur Stinner* irányítása alatt álló *History of Science in Science Education* csoport tagja, s vezetője volt 10 éven át az OTKA által finanszírozott *20. századi magyar fizikusok és tanárok* nemzetközi kutatócsoportnak.

További külföldi partnereink: az Oldenburgi Egyetem (Németország) tudománytörténeti és módszertani tanszéke, valamint a müncheni Deutsches Museum levéltára, kutató intézete.

A hallgatókkal közösen írt cikkek, könyvek, főiskolai és országos pályadíjak, külföldi ösztöndíjak, hazai és nemzetközi konferencia-előadások jelzik az eredményeket. Az országosan, sőt nemzetközileg is jegyzett, *Studia Physica Savariensia* tanszéki könyvsorozatnak 1995 óta eddig 13 kötete jelent meg (sorozatszerkesztő *Kovács László*). A kutatásokat és a könyvkidást a nyertes OM, OMFB és OTKA pályázatokból finanszíroztuk. A legkiválóbb szakdolgozatok, konferenciánk kibővített anyaga és más fizikatörténeti művek képezik a sorozat magyar, illetve angol nyelvű köteteit. *Molnár László* fizika tankönyv-családjait szerette az országban használni.

## Legfontosabb rendezvényeink

### Nemzetközi konferenciák

*Kunc Adolf Emléknepok*,<sup>2</sup> 1991 (*Molnár László*);  
*History of Science in Teaching Physics*, 1994;  
*Fifth International Conference for History of Science in Science Education*, Keszthely, 2004.

<sup>2</sup> *Kunc Adolf* (1841–1905) a szombathelyi premontrei főgimnázium kanonok tudós tanára, igazgatója, majd csornai prépost. Behatóan foglalkozott csillagászati témákkal, a telefontal és Szombathely történetével.



Terepmérés 2007-ben az Írottón

### Hazai rendezvények

Országos csillagászati szeminárium és kiállítás, 1985 (oktatási és demonstrációs eszközök a csillagászat tanításához, Molnár László);

Országos felsőoktatási szak módszertani szeminárium, 1990 (játékos, gondolkodtató fizikaoktatás, Kovács László);

Országos Fizikai és Informatikai Napok, 1995 (*Tasnádi Péter*).

### Tanszéki rendezvények

A Foucault-inga kísérlet bemutatása a Kunc Adolf Emléknapi keretében a szombathelyi székesegyházban, 1991 (Molnár László, Almási István, Soós Sándor, Gaál László);

Óriás Naprendszer-modell bemutatása a Fő téren a teljes napfogyatkozás évében, 1999 (Molnár László);

A magdeburgi két féltékés, 16 lovas Guericke-kísérlet a Ferences kertben és a Guericke emlékkiállítás a Megyei Művelődési és Ifjúsági Központban, 2003 (Kovács László);

Az Einstein-féle fénystaféta megszervezése, 2005;

A Fizika Tanszék múltja és jövője – tudomány napi rendezvény, 2005.

*Helyi szervezői* voltunk a Pozitron Annihilációs Világkongresszusnak 1991-ben (ekkor *Teller Ede* is járt tanszékünkön), és 2003-ban az Eötvös Társulat Vándorgyűlésének.

*Házigazdák* voltunk a főiskolák matematika, fizika és számítástechnika oktatóinak XVI. és XXVI. országos konferenciáinál, 1992, 2002 (Almási István).

Több ízben adtunk helyet OTDK fizika szekció üléseknek: 1991 (Almási István), 1995 (Tasnádi Péter), 2009 (Németh István).

A régió természettudományos műveltségének szélesítése érdekében végzett tevékenységünk legfontosabb területei: csillagászati és kísérletes fizikai középiskolai délutánok (Szunyogh Gábor, Boncz Ildikó, Molnár László, Almási István), fizika diákolimpiai szakkör (Almási István, Kovács László), tanártovábbképző és ismeretterjesztő előadások, könyvbemutatók.

Aktívan részt vettünk a városi, a megyei és az országos tudományos egyesületi munkában. A Szom-

bathelyi Tudományos Társaságban két rendes és három tiszteleti tagunk számos előadást tartott, és a Társaság kiadásában öt könyvet jelentetett meg. A megyei MTESZ eddig három megyei díjjal jutalmazta kollégáink tevékenységét. Az Eötvös Társulat az említett Mikola-díjakon túl kitüntette oktatóinkat is: Eötvös érem (Kovács László, 1999) és Eötvös plakett (Molnár László, 2008). Szerényebb mértékben Intézményünk is adott kitüntetésekét oktatóinknak – Arany Katedra Díjat Almási Istvánnak, A Tudományért-díjat és aranygyűrűt Kovács Lászlónak.

Számos esetben szerepeltünk a helyi és az országos televízió hálózat csatornáin: a *TV2 Tudóra* tudománytörténeti műsoraiban 1997–98-ban Kovács Lászlót szakértőként, a *MTV 2 Iskolautca* műsoraiban 1999-ben Molnár Lászlót kísérletbemutatóként láthatta a közönség. A londoni 2004. évi Gábor Dénes megemlékezésről és a müncheni Deutsches Museumban 2005-ben tett látogatásunkról és fizikai mérésünkről a tanszék segítségével készült városi tv-filmeket országosan is vetítették.

A legfontosabb tanár-továbbképzési fórum, az *általános iskolai és a középiskolai fizikatanári ankét* meghívott előadóinak, kísérletbemutatóinak, műhelyvezetőinek, eszköz- és poszterkiállítóinak mintegy a harmadát megalakulásunk óta folyamatosan tanszékünk oktatói képezik (Molnár László, Almási István, Boncz Ildikó, Kovács László, Tasnádi Péter). 1984-ben mi mutattunk először számítógépes kísérleti összeállításokat Miskolcon, egyetlen főiskolai kiállítóként szerepeltünk 1987-ben Kaposváron a középiskolai ankéton. Kőszegen és az Írottón relatív nehézségi gyorsulás mérést mutattunk az ankét résztvevőinek 2007-ben, Pascalról tartottunk előadást a szekszárdi ankéton 2009-ben.

Elnézést kérek az olvasótól a monoton felsorolásért, de még így is vállalnom kell a kihagyottak szemrehányásait. Akinek a nevek és helyszínek keveset mondanak, talán az is kiveheti a leírtakból, hogy mi mindenre foglalkozhat egy főiskolai fizika tanszék. Pedig a Tanszék számára ez még csak fél jubileum – remélem, hogy az ezután következő fele még színesebb lesz.

Boncz Ildikó és Molnár László a Fizika Tanszék kari tudomány napi rendezvényén 2005-ben





# SUGÁRVÉDELEM A KÖZÉPISKOLÁBAN ÉS AZ ÉRETTSÉGIN: JÓL VAN ÚGY, AHOGY VAN?

Papp Zoltán  
Debreceni Egyetem – ATOMKI  
Kihelyezett Környezetfizikai Tanszék

A sugárvédelem fogalma megjelenik a magyar közoktatás tananyagában. De vajon jó-e, hogy megjelenik, jól jelenik-e meg, szükséges-e megjelenése? Szerintem mindhárom kérdésre nem a válasz. E véleményemet az alábbiakban próbálom indokolni. Ehhez nézzük meg először, hogy mi a „sugárvédelem” szó jelentése az általános és a szakmai közvélekedés szerint.

## Mi a sugárvédelem?

A *Magyar értelmező kéziszótár* tömör megfogalmazása szerint a sugárvédelem: „sugárátalmak elleni védekezés” [1]. A *Környezetvédelem lexikon* szócikke ennél csak kevésbé bővebb és nagyjából azonos értelmű: „az ionizáló sugárzás káros hatásának korlátozására irányuló intézkedések sorozata” [2]. E meghatározások abból a tapasztalatból indulnak ki, hogy az ionizáló sugárzás az élő szervezetekre káros hatást gyakorol, és megfogalmazzák e hatás korlátozásának, illetve az ellene való védekezésnek az igényét. Mindkét definíció szerint a sugárvédelem e káros hatás korlátozására, kivédésére irányuló *cselekvés*. Egy kevésbé rangos internetes értelmező szótár, a *Lapoda lexikon* értelmezése nagyjából egybecseng az előbbiekkkel [3]: „A munka- és környezetvédelem egyik ága, a környezetre, elsősorban az életfolyamatokra káros sugárzások megelőzésével, felderítésével foglalkozik.” E meghatározás kevésbé hangsúlyozza a cselekvés mozzanatát, jobban megengedi azt, hogy a fogalomba beleértjük a cselekvést megalapozó tevékenységeket is. A *Wikipédia* magyar nyelvű változatában [4] egyelőre nem szerepel a „sugárvédelem”.

Az angol nyelvű, általános tematikájú nagy értelmező szótárak közül az *Encyclopedia Britannica* online-változatában [5] és a *Merriam-Webster's Online Dictionary*-ben [6] nem található meg a „sugárvédelem” angol megfelelője, a „radiation protection”. Az utóbbitól független *Webster's Online Dictionary* [7] az angol nyelvű *Wikipedia* [8] meghatározását vette át, ami szerint „Ra-

diation protection, sometimes known as radiological protection, is the science of protecting people and the environment from the harmful effects of ionizing radiation, ...” (A sugárvédelem, vagy másképpen radiológiai védelem annak tudománya, hogyan védjük az embereket és a környezetet az ionizáló sugárzás ártalmas hatásaitól, ...). Ez a definíció eltér a fenti magyar forrásokétól, hiszen eszerint a sugárvédelem egy tudomány(ág). A tudományos-technikai fogalmaknak egy tekintélyes szakszótára, a *McGraw-Hill Encyclopedia of Science and Technology* online változatának [9] „radiation protection” szócikke alatt a következő olvasható: „Precautionary actions, measures or equipment implemented to guard or defend people, property and natural resources from the harmful effects of ionizing energy.” (Az embereknek, az értékeknek és a természeti erőforrásoknak az ionizáló energia ártalmas hatásaitól való megvédése vagy megőrzése érdekében hozott, illetve rendszeresített óvintézkedések, rendszabályok és felszerelés.) Ez tartalmilag a magyar nyelvű forrásokéhoz áll közelebb, mert a gyakorlati oldalt hangsúlyozza az elméleti, tudományos megalapozással szemben.

A téma egyik hazai szakértője néhány éve a *Fizikai Szemlé*ben megjelent írásában [10] foglalkozott a sugárvédelem jelentésével. Így fogalmazott: „A sugárvédelem a sugárzások káros hatásainak mérésével, megítélésével, az esetleg fellépő ártalmak megelőzésével, illetve csökkentésével foglalkozik. Ezért a sugárvédelem alapvetően a következő két, egymástól erősen eltérő szakterülethez kapcsolódik:

- a sugárzások és anyag közötti kölcsönhatás, azaz elsősorban a sugárzások fizikai, kémiai, biológiai hatásaival (...) foglalkozó természettudományi terület,
- védelmi jellegű terület, ahol...”.

További források felkutatásával a sugárvédelem jelentéstartalmát még pontosabban feltárhatnánk, de az már az eddigiekből is látszik, hogy a fogalom meghatározásai különböző helyeken nem teljesen egybehangzóak. A fentiekből úgy tűnik, mintha a sugárvédelemnek lenne egy szűkebb és egy tágabb értelmezése is. A szűkebb értelmezés szerint a sugárvédelem nagyjából az ionizáló sugárzások ártalmas hatásaitól való védekezést (intézkedések, tevékenységek, felszerelések stb.) jelenti. Tágabb értelmezése szerint azonban hozzá tartoznak még a védekezést megalapozó és támogató kiegészítő tevékenységek is (ismeretek gyűjtése, tudományos kutatás, szervezetépítés, módszerek és eszközök fejlesztése stb.). Úgy tűnik

A *Fizikai Szemle* szerkesztőbizottsága az 1972-ben meghirdetett VÉLEMÉNYEK sorozatát az olvasók kérésére tovább folytatja ez évben is. A szerkesztőbizottság állásfoglalása alapján „a *Fizikai Szemle* feladatát vállalja el, hogy teret nyit a fizikai kutatásra és fizika oktatására vonatkozó véleményeknek, ha azok értékes gondolatokat tartalmaznak és építő szándékúak, függetlenül attól, hogy egyeznek-e a lap szerkesztőinek nézetével, vagy sem”. Ennek szellemében várjuk továbbra is olvasóink, várjuk a magyar fizikusok leveleit.

továbbá, hogy az általános közvélekedés inkább a szűkebb értelmezést preferálja, a tágabb értelmezés pedig a sugárvédelemmel foglalkozó szakmai közönségben elterjedtebb.

## A sugárvédelem helyéről

Ahhoz, hogy a sugárvédelem fogalmának közoktatás-beli szerepléséről megalapozott véleményt alkothassunk, a továbbiakban vizsgáljuk meg azt is, hogy az átlagember életében milyen szerepe van a sugárvédelemnek. Ennek csak a sugárvédelem szűkebb jelentésével kapcsolatban van értelme. Konkrétan azt kérdezhetjük, hogy hol és mikor indokolt védekeznünk az ionizáló sugárzás ellen, és mit érdemes vagy kell erről tudnunk.

A válaszok kereséséhez az első fontos, figyelembe veendő körülmény az, hogy hol és mikor van jelen ionizáló sugárzás környezetünkben. A témával foglalkozó szakemberek már mintegy száz éve tudják, hogy mindenütt és mindig! A környezeti ionizáló sugárzások a 20. század előtt kizárólag természetes eredetű (részben földi, részben földön kívüli) forrásokból származtak. A 20. században az ember nukleáris technológiája segítségével némileg megnövelte e sugárzások mennyiségét, de túlnyomó hányaduk ma is természetes (az ember tevékenységétől független) eredetű. A természetes ionizáló sugárzások földi forrásai, a radioaktív izotópok a környezet minden anyagában ott vannak, és a világűrben érkező kozmikus sugárzás is mindig elér mindenhová. Környezetünkben nem találunk egyetlen olyan helyet sem, amit ne járna át állandóan ionizáló sugárzás. Már csak azért sincs esélyünk menekülni előle, mert saját testünkben is jelentős mennyiségben vannak (túlnyomóan természetes eredetű) radioaktív izotópok. Ezek állandóan ionizáló sugárzásokkal bombáznak bennünket belülről.

Az ionizáló sugárzás tehát mindenütt és mindig jelen van. Akkor hát mindenütt és mindig védekezni kell ellene? Nem, dehogyan is! A sugárzás *mennyiségétől* függ, hogy indokolt-e védekezni. A várható egészségi ártalom ugyanis a sugárzás mennyiségével nő, és – egyszerűen fogalmazva – védekezni csak ott kell, ahol a sugárzás *veszélyesen nagy* mennyiségben van jelen. De hogyan dönthető el, hogy a sugárzás helyi mennyisége veszélyesen nagy-e vagy sem? Ez nem egyszerű ügy, mert a veszély a sugárzás mennyiségével folytonos és sima függvény szerint nő, és szubjektív megítélésen alapuló megegyezés tárgya, hogy a veszély mely szintjét tartjuk még megengedhetőnek, illetve már korlátozandónak.

A veszély relatív dolog. Életünk során számtalan különféle forrásból leselkednek ránk kisebb-nagyobb veszélyek, és mi felnőtt korunkra megtanuljuk ezeket egymáshoz viszonyítani. Valamelyest érezzük, hogy mi a kevésbé, és mi a jobban veszélyes. A veszély mértékét az emberi populációra átlagolt elvesztett életevekben, vagy az életminőség romlásának a populációra átlagolt fokában számszerűsítjük. A bennünket érő

hatások közül azokat tekinthetjük köznapi értelemben veszélyesnek, amelyek e mutatóik értékét tekintve a többiek tömegéből feltűnően kiemelkednek.

Veszélyesnek ítélető-e ilyen alapon a környezeti ionizáló sugárzás természetes eredetű hányada, amit gyakran természetes háttérsugárzásként emlegetnek? A tudomány ebben még nem jutott végleges álláspontra, de ma az a többségi vélemény, hogy a természetes háttérsugárzás általában (annak átlagos szintjén) nem veszélyes, mert az élőlényeknek az evolúció során módjuk volt hatékonyan alkalmazkodni ehhez a környezeti körülményhez. Nem lehetetlen ugyan, hogy ha az ionizáló sugárzás a környezetből egyszer csak eltűnne, akkor az ember átlagos élettartama és életminősége némileg növekedne, de akár ennek ellenkezője is elképzelhető. Ebben a tudomány még bizonytalan. Az viszont ennél bizonyosabbnak tűnik, hogy ha az ember megpróbálná különféle módon csökkenteni a természetes háttérsugárzás rá gyakorolt hatását (pl. sugárzásárnyékoló ruházat viselésével, a belélegzett levegő megszűrésével, a radioaktív izotópoknak a táplálékból való kivonásával stb.), az más utakon nagyobb életév-veszteséget, illetve életminőség-romlást okozna neki, mint amennyi a sugárzás hatásának csökkenéséből eredő esetleges nyereség/javulás lenne. A természetes háttérsugárzás mennyisége nem mindenütt egyforma, helyről-helyre változhat, néhol az átlag sokszorosa is lehet. Ilyen helyeken a tőle származó veszély olyan mértékűre nőhet, ami már indokoltá tehet védelmi intézkedéseket.

Szükség van-e tehát védelemre a természetes háttérsugárzás ellen? A fentiek szerint általában, annak átlagos (vagy ehhez közeli) szintjén, nem indokolt, nem érdemes védekezni ellene. Sugárvédelemre olyan helyeken lehet szükség, ahol az ionizáló sugárzás mennyisége – leginkább valamilyen emberi tevékenység nyomán – az átlagos természetes szint sokszorosára nő. Ezek a helyek a legtöbb esetben valamilyen (a nukleáris technika módszereit alkalmazó vagy röntgensugár-forrásokat használó) *sugárveszélyes munkahelyek*, ahol az ott dolgozók vagy az alkalmilag odalátogatók vannak kitéve időlegesen a természetnél sokszor nagyobb mennyiségű ionizáló sugárzásnak.

Az átlagembert jórészt (egyes orvosi műveletek és ritka sugárbaeseti helyzetek kivételével) csak a természetes háttérsugárzás éri. Kell-e akkor neki találkoznia a sugárvédelemmel, és ha igen, hogyan?

A „sugárvédelem” szóösszetétellel való találkozás a „sugár” és „védelem” szavak ennyire szoros kapcsolata miatt a kevés tárgyismerettel bíró laikusban könnyen kialakíthatja azt a téves vélekedést, hogy az ionizáló sugárzás általában (mennyiségétől függetlenül) veszélyes, félni való dolog. Ezért ettől a találkozástól a lakosság körében kedvezőtlen reakciók várhatók. Szerintem a laikus lakossággal való kommunikációban kerülni kellene a sugárvédelem szó használatát! Ha ez mégis szükségessé válik, akkor a szót csak szűkebb értelmében szabadna használni, éreztetve, hogy a sugárzás ellen védekezni csak olyan helyeken szükséges, ahol a sugárzás a természeteshez képest sokszoros mennyi-

**Az OKM gimnáziumi fizika kerettantervének kapcsolódó része [11].**

Magfizika	
Az atommag szerkezete	A nukleonok (proton, neutron), a nukleáris kölcsönhatás jellemzése. Tömegdefektus.
A radioaktivitás	Alfa-, béta- és gamma-bomlás jellemzése. Aktivitás fogalma, időbeli változása. <i>Radioaktív sugárzás környezetünkben, a sugárvédelem alapjai.</i> A természetes és mesterséges radioaktivitás gyakorlati alkalmazásai.
Maghasadás	A maghasadás jelensége, láncreakció, sokszorozási tényező, atombomba, atomerőmű. Az atomenergia felhasználásának előnyei és kockázata.
Magfúzió	A magfúzió jelensége, a csillagok energiatermelése. A hidrogénbomba.

A dőlt betűkkel való kiemelés a cikk szerzőjétől származik.

ló sugárzások ebben az *A radioaktivitás* alfejezet cím alatt jelennek meg, mint „radioaktív sugárzás”. A tanterv megfogalmazója az idevonatkozó *Radioaktív sugárzások környezetünkben* formájú első feléhez közvetlenül kapcsolta hozzá az *a sugárvédelem alapjai* második felet. A sugárvédelmet itt bizonyára annak tágabb jelentésében értette, de így a mondat egésze szerencsétlen módon azt sugallja, hogy a környezetünkben előforduló „radioaktív sugárzás” ellen védekezni kell. A helyénvaló megfogalmazás valami ilyesmi lehetett volna: ionizáló sugárzások környezetünkben és ezek hatásai. Tekintve, hogy a környezetben előforduló ionizáló sugárzások jelentős hányada nem radioaktivitásból keletkezik, szerencsésebb lett volna a róluk szóló mondatot egy külön kis alfejezetbe kiemelni (az *A radioaktivitás* után), amelynek címe ez lehetett volna: Ionizáló sugárzások.

Az OKM háttérintézményeként működő Oktatási Hivatal úgynevezett részletes érettségi követelményeket ad közre [12]. Ezek szabályozzák tartalmilag az érettségi vizsgákat és az azokra való felkészülést. Ennek fizika tantárgyi fejezete a számon kért témák között témacímként nevezi meg a sugárvédelmet (lásd a *2. táblázatban*) úgy, hogy ez alá sorolja be részfogalomként a háttérsugárzást. Nyilván itt is arról van szó, hogy a sugárvédelem szót a témához kapcsolódó ismeretek összefoglaló megnevezésére használják, azonban ez az eljárás túlságosan kiemeli a védelem mozzanatát, amit kiterjeszt a háttérsugárzásra is, azt sugallva, hogy a háttérsugárzás ellen is védekezni kell. A követelmények kifejtésében a háttérsugárzás eredetének megfogalmazását szerencsétlen módon itt is közvetlenül követi a védelem szükségességének ismertetése.

A *Sugárvédelem* témacím helyett itt *Ionizáló sugárzások* kellett volna használni. Emellett a logika megkövetelné, hogy a témák között első helyre az ionizáló sugárzások meghatározása kerüljön, ezt kövesse a háttérsugárzás és eredete, és majd csak ezek után kerüljenek sorra a sugárterhelés és a dóziszfogalmak. A követelmények kifejtésének elején is az ionizáló sugárzások meghatározásának kellene lennie (a sugárzások közül melyek tartoznak ide és melyek nem). Ezt a háttérsu-

ségben van jelen (pl. egyes orvosi műveleteknél). Nem lenne szabad sugárvédelemről beszélni a lakosságnak az ionizáló sugárzások tulajdonságaival, a sugárzás és az anyag kölcsönhatásával, vagy a természetes háttérsugárzással kapcsolatban.

Az jó, ha a lakosság tud a természetes háttérsugárzás létéről és mértékéről, mert ez segítheti abban, hogy ne féljen túlzottan a radioaktivitástól és az ionizáló sugárzásoktól. Az viszont rossz következményekkel jár, ha gondatlan ismeretközléssel félelmet keltünk a lakosságban általában az ionizáló sugárzásokkal és közvetve azok forrásaival szemben. Hiszen a természetes háttérsugárzástól nem lehet mentesülni (ellentétben pl. a cigarettafüsttel), és ha a lakosság fél ennek hatásától, a szorongás jobban betegítheti, mint maga a sugárzás. Másrészt a lakosságban alaptalan ellenérzések, félelmek keletkezhetnek az ionizáló sugárzásokkal „szennyezett” technológiákkal szemben, mint amilyen az atomenergetika, és ez jelentős akadályt emelhet a fenntartható gazdasági fejlődés útjába.

## Sugárvédelem az iskolában?

Sajnos a magyar közoktatásban a tankönyvek és a tanárok gyakran a nélkül használják bonyolult fogalmakat, hogy azokat maguk és a diákok számára definiálják. Így könnyen előfordulhat, hogy téves értelemben, indokolatlanul vagy gondatlanul használják azokat. Különösen nagy a veszélye ennek az olyan tananyagoknál, amelyek csak nemrég kerültek be a közoktatásba. Úgy tűnik, hogy a sugárvédelem is áldozatául esett ennek.

A fentebb leírtak szerint jó, ha a középiskolás diákok tanulnak az ionizáló sugárzásokról, azok forrásairól és környezeti jelenlétéről, a természetes háttérsugárzásról. Tanuljanak az atommagról, a radioaktivitásról, a nukleáris technikáról, atomenergetikáról is! De kell-e, szükséges-e beszélni nekik sugárvédelemről, és ha igen, hogyan?

A sugárvédelem és annak alapozó ismeretei ma jelen vannak a magyar középiskolai tananyagban, de sajnos rossz tartalommal és formában. A közoktatást tartalmilag szabályozó fő dokumentumok előszeretettel, óvatlanul és gondatlanul használják a „sugárvédelem” szót annak tágabb értelmében, úgy, mint a kapcsolódó, a szűkebb értelemben vett sugárvédelmet megalapozó ismeretek összefoglaló megnevezését. A ma használt tankönyvek jelentős hányada sem jár el kellő körültekintéssel ebben a vonatkozásban.

Az Oktatási és Kulturális Minisztérium (OKM) a közoktatás tartalmát saját kerettanterv [11] közreadásával és más kerettantervek akkreditálásával szabályozza. Az OKM saját kerettanterve ma már csak egyike a több mint 20 érvényben lévő (akkreditált) kerettantervnek, mégis kiemelkedő jelentőségű, mert elsőként adták közre, és így igazodási pontként szolgál(t) a többi kerettanterv kidolgozásánál. Az OKM által gimnáziumok számára kiadott fizika kerettanterv kapcsolódó részlete látható az *1. táblázatban*. Az ionizáló

**A fizika részletes érettségi követelmények  
kapcsolódó része [12]**

TÉMÁK	VIZSGASZINTEK	
	Középszint	Emelt szint
<b>4.4 Sugárvédelem</b>	Ismerje a radioaktív sugárzás környezeti és biológiai hatásait.	
Sugárterhelés	Ismerje a sugárterhelés fogalmát.	
Háttérsugárzás	<i>Tudja megfogalmazni a háttérsugárzás eredetét. Tudja ismertetni a sugárzások elleni védelem szükségességét és módszereit.</i> Ismerje az embert érő átlagos sugárterhelés összetételét. Ismerje az elnyelt sugárdózis fogalmát, mértékegységét, valamint a dózisegységérték fogalmát, mértékegységét.	
Elnyelt sugárdózis		
Dózisegységérték		

A dőlt betűvel való kiemelés a cikk szerzőjétől származik.

gárzás mibenlétének és eredetének megfogalmazása kellene, hogy kövesse (a 2. táblázatban az első dőlt betűs mondat). Utána jöhetne a környezeti és biológiai hatás, a sugárterhelés, a dóziszfogalmak, és legfeljebb csak a legvégére szabadna tenni a védelem szükségességét és módszereit (a 2. táblázatban a második dőlt betűs mondat) egy kiegészítéssel (*intenzív ionizáló*) világossá téve, hogy ez nem vonatkozik a háttérsugárzás természetes összetevőjére.

Nem meglepő, hogy a fenti dokumentumok gondatlan szóhasználata és szerkesztése a tankönyvekben is visszaköszön. A közelmúltban megnéztem hét használatban lévő középiskolai tankönyv [13–19] idevágó részét. Közülük fenti szempontjaim szerint egyetlen találtam jónak. Ebben a „sugárvédelem” szó nem szerepel, a természetes radioaktivitást és háttérsugárzást viszont egy teljes oldalnyi terjedelemben ismerteti. Hármat ítéltem rossznak, mert ezek kiemelten, fejezetcímekben, kiterjesztő értelemben használják a „sugárvédelem” szót, miközben a természetes háttérsugárzásról (annak mibenlétéről, eredetéről) semmit sem írnak. A maradék hármat a közepes kategóriába soroltam annak alapján, hogy előfordul ugyan bennük a „sugárvédelem” szó, de nem hangsúlyosan, és emellett vagy nem esik szó bennük a háttérsugárzásról, vagy csak kevés, illetve nem jó megfogalmazásban.

A sugárvédelem szót leíró tankönyvek egy részében a védekezés szükségességéről és módszereiről is szó esik (az érettségi követelményekkel összhangban), vagyis a szűkebb értelemben vett sugárvédelem is előkerül. Mégpedig többnyire nagyobb súllyal és terjedelemben, mint a természetes radioaktivitás, a háttérsugárzás. Csakhogy a diákokban valamely ismeretkörrel kialakuló öszsképet erősen befolyásolja az egyes ismeretek tananyagbeli relatív súlya is, aminek jó esetben arányban kellene lennie az ismeretek tudományos/társadalmi fontosságával. Ha a dolgot ilyen szemmel nézzük, világossá válik, hogy a (szűkebb értelmű) sugárvédelem egy tudományos/társadalmi szempontból pehelysúlyú terület, amit közoktatásunk jelenleg erősen túlhangsúlyoz. Az ionizáló sugárzások mibenléte, eredete, a háttérsugárzás sokkal fontosabb

ismeretek a sugárvédelemnél, hiszen ezek mindenkit közelről érintenek, a tananyagban mégis elsikkadnak, nem kapják meg a jelentőségüknek megfelelő helyet.

## A sugárvédelem félreoktatása akadály a fenntartható fejlődés útjában

Az emberiség jelenkori nagy feladata a környezetileg fenntartható gazdasági-társadalmi fejlődés útjának megtalálása. Ezen belül nagyon fontos, hogy a sok mindenhez szükséges egyre több energiát környezetbarát módon tudjuk megtermelni. Hozzáértő szakemberek széles köre szerint az atommaghasadáson alapuló energiatermelés e követelménynek jól megfelelne, a környezetvédők túlnyomó többsége viszont ennek ellenkezőjét hangoztatja vehemensen, a társadalom pedig e két ellentétes vélemény között őrlődik. Az atomenergia felhasználásának kezdeti gyors fejlődése mára a bizalomvesztés miatt megtorpan, a nukleáris technológiát ellenérzések, félelmek kísérik a laikus lakosság körében, alkalmazását igen sokan elvetik. Ezeket jelentős részben ismerethiány, illetve téves ismeretek okozzák, és itt igen nagy a közoktatás felelőssége. Az atomenergia alkalmazásának jövője főleg azon múlik, hogy sikerül-e megszerezni hozzá a társadalom, az egyes emberek támogatását. Ez pedig erősen függ a közoktatásban szereplő tananyagtól [20]!

A sugárvédelemhez kapcsolódó alapozó ismeretek téves értelmű, rossz szerkezetű, hiányos, félreérthető, aránytalan ismertetése nyomán a radioaktivitás és az ionizáló sugárzások a diákok előtt rossz színben jelenhetnek meg. Ennek káros társadalmi következményei lehetnek: alaptalan félelem és szorongás a lakosság körében, indokolatlan ellenérzések a nukleáris technikával szemben, az atomenergia alkalmazásának elutasítása, a környezetileg fenntartható energiatermelés megghiúsulása. Ezért e tárgykor oktatása igen nagy óvatosságot és odafigyelést igényel!

A sugárvédelem a mai magyar közoktatásban sajnos nem jól jelenik meg, és ez a társadalmi tudatban károkat okoz: az ionizáló sugárzásokat, azok hatásait és jelentőségét a magyar lakosság körében nagy tudatlanság és bizonytalanság övezi [21]. Tehát a címben feltett kérdésre válaszolva: nem jó úgy, ahogy van. Minél előbb változtatnunk kellene ezen a helyzeten, hogy az ne vezethessen később rossz társadalmi döntésekhez.

## Sugárvédelem helyett oktassunk háttérsugárzást!

Az oktatásbeli hibákat szerintem könnyebben elkerülhetnénk, ha a „sugárvédelem” szót kitiltanánk a közoktatás tananyagából. Ezt persze nem lehet megtenni, de ha a szakmai körök a fentebb leírtakban egyetérténeek, akkor közös erővel belátható időn belül el lehetne érni némi javulást. A „sugárvédelem” kiszorítása az oktatásból nem jelentené azt, hogy nem beszélünk a diákoknak ionizáló sugárzásokról, azok környezeti és

biológiai hatásairól, háttérsugárzásról, sugárterhelésről, dózismennyiségekről. Viszont a szűkebb értelemben vett sugárvédelmet, annak „szükségességét és módszereit” (ahogy az most az érettségi követelményekben szerepel) szerintem nem lenne szabad az iskolában oktatni, mert ezzel sokkal nagyobb jelentőséget tulajdonítunk ennek a keveseket érintő, speciális, elsősorban munkavédelmi jellegű területnek, mint amit megérdemel, és ez más hibákkal együtt a diákok között társadalmilag káros félreértések, tévképzetek keletkezéséhez vezethet. Sugárvédelem helyett a természetes radioaktivitásról és a mindenkit körülvevő és átjáró háttérsugárzásról kellene a jelenleginél jóval hangsúlyosabban beszélni, ami sokat segíthetne a diákoknak és a lakosságnak a radioaktivitáshoz, sugárzásokhoz, nukleáris technikához való reálisabb, egészségesebb viszonyulás kialakításában.

A közoktatásnak fontos feladatai vannak a fenntartható fejlődés lehetőségének megalapozásában. Mit tehet például a közoktatás az atomenergia alkalmazásának nagyobb társadalmi elfogadottságáért [22]? Milyen ismereteket kellene ehhez közvetítenie? A tankönyveket áttekintve nekem úgy tűnik, ma a szakmában sokan azt gondolják, hogy ha közelebbről megismertetjük a diákokkal a nukleáris technikát, többet beszélünk nekik a maghasadással való energiatermelés alapelveiről és az atomerőművek működéséről, akkor állampolgárként majd jobban elfogadják a nukleáris energiatermelés alternatíváját. Én ebben nem hiszek. Az atomerőmű működési elve és technológiája ugyanis bonyolult. A diákok többsége nem érti meg, nem érzi át ezeket az információkat, és amit az ember nem ért, az inkább bizalmatlanságot kelt benne, mint bizalmat. A közoktatásnak egyébként is mindig arra kellene törekednie, hogy a legegyszerűbb tudáselemeket közvetítse a diákoknak, amelyekre később biztonságosan ráépíthető az egyre magasabb szintű tudás. Vannak olyan egyszerű, éppen az ionizáló háttérsugárzással kapcsolatos ismeretek, amelyek tanítása segíthetne az atomenergia elfogadottságának növelésében, mert hozzájárulhatna az ionizáló sugárzások ártalmaitól való túlzott félelem csökkentéséhez. A ma használt tananyagok azonban nem, vagy csak nagyon esetlegesen juttatják el ezeket az ismereteket a diákokhoz. Melyek ezek?

1. A radioaktivitás és az ionizáló sugárzások fő forrása maga a természet.

2. A radioaktív izotópok környezetünk minden anyagában megtalálhatók, az ionizáló sugárzásoknak mindenütt ki vagyunk téve.

3. Az emberi testben is vannak radioaktív izotópok, egy felnőtt testében körülbelül 8000 radioaktív bomlás történik másodpercenként [23].

4. Egy felnőtt ember testét kívülről minden másodpercben közel 60 000 ionizáló hatású sugárzásrészcseke éri [24].

5. Az ember testét érő sugárhatás (dózis) 85–90%-a természetes forrásból származik, a mesterséges 10–15%-ot szinte teljes egészében orvosi cselekmények okozzák [25].

A háttérsugárzás oktatásában nehézséget okoz, hogy az érzékszerveinkkel nem észlelhető, ezért a tanár által elmondottak esetleg nem lesznek elég meggyőzőek, a diákok azt vagy elhiszik, vagy nem. Ezért fontos lenne, hogy a tanár érzékletesen (mérés-sel) be tudja mutatni a háttérsugárzás jelenlétét és mértékét. Ez a diákok számára meggyőző bizonyíték és maradandó, akár életre szóló élmény lehetne. Vannak erre a célra alkalmas egyszerű, hordozható sugárzásmérő (csipogó) eszközök, amelyek hatásfoka (érzékeny detektortérfogata) elég nagy a háttérsugárzás kimutatásához. Ilyenek azonban ma alig fordulnak elő a magyar iskolákban. Ha valamilyen országos program keretében a középiskolákat fel tudnánk szerelni a célnak megfelelő sugárzásmérő eszközökkel, és ezek segítségével bővebb terjedelemben lehetne oktatni a háttérsugárzást (a sugárvédelem rovására), azzal véleményem szerint több eredményt érhetnénk el a nukleáris energiatermelés lakossági elfogadottságának növelésében, mint bármilyen más módon.

## Irodalom

1. *Magyar értelmező kéziszótár.* (szerk. Juhász J. és mtsai) Akadémiai Kiadó, Budapest, 2006.
2. *Környezetvédelem lexikon I-II.* (főszerk. Láng I.) Akadémiai Kiadó, Budapest, 2007.
3. *Lapoda lexikon.* www.kislexikon.hu
4. *Wikipédia a szabad enciklopédia.* <http://hu.wikipedia.org/wiki/Kezdőlap>
5. *Britannica Online Encyclopedia.* <http://www.britannica.com>
6. *Merriam-Webster's Online Dictionary.* <http://www.merriam-webster.com/dictionary>
7. *Webster's Online Dictionary.* <http://www.websters-online-dictionary.org>
8. *Wikipedia The Free Encyclopedia.* <http://en.wikipedia.org/wiki>
9. *Online version of McGraw-Hill Encyclopedia of Science and Technology.* <http://www.accessscience.com/index.aspx>
10. Kanyár B.: Sugárvédelem Magyarországon – Bevezetés. *Fizikai Szemle* 54/7 (2004) 209–210., <http://www.kfki.hu/fszemle/archivum/fsz0407/kanyar0407.html>
11. *Kerettanterv a gimnáziumok számára.* <http://www.okm.gov.hu>
12. *Érettségi részletes vizsgakövetelmények.* <http://www.oh.gov.hu>
13. Gulyás J., Honyek Gy., Markovits T., Szalóki D., Tomcsányi P., Varga A.: *Fizika a gimnáziumok 11. évfolyama számára.* Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 2003.
14. Halász T., Jurisits J., Szűcs J.: *Fizika 11 – Rezgések és hullámok, modern fizika.* Mozaik Kiadó, Szeged, 2003.
15. Halász T., Szűcs J., Jurisits J.: *Fizika 11–12. – Az emelt szintű érettségire felkészítő tankönyv.* Mozaik Kiadó, Szeged, 2006.
16. Jurisits J., Paál T., Venczel O.: *Fizika a szakközépiskolák 12. évfolyama számára.* Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2004.
17. Paál T.: *Fizika a gimnáziumok 11. évfolyama számára.* Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2004.
18. Tóth E.: *Fizika IV.* Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2002.
19. Zátanyi S., ifj.: *Fizika a gimnáziumok 11. évfolyama számára.* Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2003.
20. Papp Z.: Környezettudományi ismeretelemek iskolai oktatásának fokozódó szükségességéről a fenntartható fejlődés érdekében, a nukleáris energiatermelés széleskörű elutasítása kapcsán. IV. Kárpát-medencei Környezettudományi Konferencia, Debrecen, 2008. március 28–29. (szerk.: Orosz Z., és mtsai.) Debrecen, 2008, 1. kötet, 80–86.
21. Kis T., Papp Z.: A radioaktivitás tanítása, társadalmi hatások. *Fizikai Szemle* 55 (2005) 248–254., <http://www.kfki.hu/fszemle/archivum/fsz0507/kis0507.html>
22. Papp Z., Pappné Patai A.: A közoktatás feladatai és lehetőségei a nukleáris energiatermelés lakossági elfogadottságának növelésében. *Energiagazdálkodás* 49/3 (2008) 14–18.
23. Marx Gy.: Kockázat. *Fizikai Szemle* 40 (1990) 129–138.
24. Sztanyik B. L.: Sugárzás és egészség. *Fizikai Szemle* 42 (1992) 427–432.
25. Köteles Gy.: *Sugáregészségtan.* Medicina Kiadó, Budapest, 2002.

# BOLOGNA VAGY TANÁRKÉPZÉS?

## Tények és szubjektív megjegyzések a természettudományos tanárképzésről

Tél Tamás

ELTE Elméleti Fizikai Tanszék

Az elmúlt időben egyre több helyen jelent meg az a vélemény, hogy a természettudományos tanárképzést sürgősen ki kell venni a Bologna-rendszerből, és kétszakos, egységes ötéves rendszerbe kell áthelyezni. (Az egyszerű szóhasználat kedvéért fogadjuk most el azt, hogy a matematika és informatika tanárokat is természettudományos tanárnak tekintjük.)

A legfontosabb nyilvános dokumentumok a következők:

– Az első, és ezért (is) minden tiszteletet megérdemlő írás *Laczkovich Miklósé*, amely 2009 eleje óta ismert, s 2009. június óta nyomtatásban is olvasható [1].

– *Pálinkás József* előadása 2009. augusztus 27-én a *Fizikatanítás tartalmasan és érdekesen konferencián*, amely a hasonló című kiadványban fog megjelenni, de szerkesztett változata már most is hozzáférhető az interneten [2].

– *Szabó Gábor* előadása ugyanezen a konferencián [2].

– A Bolyai Kollégiumban 2009. októberben tartott országos szintű BSc Műhelykonferencia összefoglalása [3].

– Az Eötvös Loránd Tudományegyetem Fizikai Intézet Professzori Tanácsának állásfoglalása [4] 2010. január 4-én, amelyhez csatlakoztak a Debreceni, a Pécsi és a Szegedi Egyetem fizikai intézetei, valamint az ELTE-n a matematika, kémiai, biológia, környezet-tan és a földrajz oktatásával foglalkozó munkacsoportok.

– *Tasnádi Péter* és *Juhász András* cikke a *Természet Világában* [5].

– Ugyancsak 2010. januárban jelent meg a Bölcsék Tanácsának elemzése [6].

– Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat állásfoglalása, 2010. február elején [7].

E dokumentumok között [7] a tanárképzés és a tanárok helyzetének általános kérdéseivel is foglalkozik, [6] pedig az oktatás minden országos szintű problémájával. A természettudományos tanárképzés Bologna-rendszerből történő kivételének gondolata azonban mindegyikben közös. Ez a téma jelentős sajtóvisszhangot is kiváltott [8].

## Bologna-hátrányok

Mindannyian tudjuk, hogy a természettudományos tanárképzés problémái az utóbbi húsz évben felerősödtek, s ez a hallgatói létszám jelentős csökkenéséhez vezetett. A 2006-ban bevezetett Bologna-rendszer azonban újabb és *birtelen* létszámesést idézett elő, amellyel az egyes tanárszakok a kihalás szélére kerültek, amint a tavaly ősszel indult mesterképzés felvételi

számai világossá tették<sup>1</sup> [5, 9]. Az ELTE TTK adatai szerint a jelenleg V. éves tanárok (a régi képzés utolsó évfolyama) és az ősszel mesterszakra felvett (a régi számolás szerint most IV. éves) tanárok számának aránya az egyes szakokon a következő: biológia 14/3, fizika 8/0, földrajz 15/3, kémia 5/0, környezettan 9/0, matematika 33/16.<sup>2</sup>

Adatok és személyes tapasztalatok alapján megmutatom, hogy (ezen számoktól függetlenül is) a Bologna-rendszernek számos olyan, *csak erre a rendszerre jellemző* vonása van, amely káros a természettudományos tanárképzésre. A legfontosabbak a következők:

## A hallgatók kezdeti érdeklődését rombolja

Az egyetemre történő jelentkezéskor nem lehet tanárszakot megjelölni, a hallgató valamelyik alapszakra (matematika, informatika, biológia, kémia, fizika, földtudomány, környezettan) jelentkezhet csak. Egy év elteltével jelezheti tanári érdeklődését, amikor is alapszakja mellett (amely tanári fő [major] szakja lesz) egy mellékszakot [minor szak] is választ. A következő két évben végig lehetősége van arra, hogy a tanárszakot leadja. A hallgatók ezt latolgatják is, de látják, hogy egy idő után a visszalépés már értelmetlen, hiszen az alapszakjukból, a minor tárgyak miatt arányában egyre kevesebb órát hallgatnak, s így nem tudnak lépést tartani a végig az alapszakon maradókkal. Tanárképzés az első három évben tehát végül is nem létezik!

A BSc képzésben szak módszertani tárgyak (pl. a fizika tanítása, versenyfeladatok megbeszélése) nincsenek, így pedagógiai érdeklődésük csökken, amelyet az elvégzendő 10 kreditnyi pedagógiai tanulmány<sup>3</sup> sem feltétlenül tud kompenzálni. A tanár sza-

<sup>1</sup> Nappali tagozaton főszakosként biológiából 9, fizikából 4, földrajzból 31, kémiából 1, környezettanból 0, matematikából 40, informatikából 10 tanárképzést választó hallgató iratkozott be az egész országban. Az ezen szakokból nyugdíjba menők száma évente 6–700 főre becsülhető [4].

<sup>2</sup> A végzős kétszakos hallgatókat fele-fele arányban rendeltük szakjaikhoz, és ezt a számot viszonyítjuk itt a mesterképzésben adott tudományterületen fő (major) szakos hallgatók számához (lásd *A hallgatók kezdeti érdeklődését rombolja* című alfejezetet).

<sup>3</sup> Az ELTE-n a következő előadások közül választhat a hallgató: Pedagógiai tapasztalatok, nézetek; Kommunikációs hidépítés ép és fogyatékos emberek között; Pedagógiai problémátörténet; Családi szocializáció és fejlődépszichológia; A gyermek fejlődése és életkori jellemzői; Digitális tananyagok az oktatásban; Társas jelenségek pszichológiája; Pszichológiai jelenségek a filmművészetben; Családi szocializáció; Digitális tananyagfejlesztés; Oktatóprogramok értékelése; Oktatóprogramok tervezése; Tanulástechnológia; Telementorálás. (Érdekes, hogy igazán kedvezőtlen tárgyak, mint például A tanári hivatás szépségei, nem találhatók az ajánlottak között.)

kot választó hallgatók a képzés számukra hátrányos további vonásainak tekintik, hogy BSc szakdolgozatot kell írniuk, és a mesterképzésre (MA) felvételi vizsgát kell tenniük. Az MA tanulmányok hossza az úgynevezett rezidens képzés miatt 2,5 év. Így várhatóan januárban fognak végezni, s akkor legalább fél évig állástalanok maradnak.

Ezek az információk átadódnak az alsóbb éveseknek, s ez vezethet ahhoz, hogy az első BSc év utáni tanári jelentkezések száma, az első, 2007-es év után országosan kevesebb, mint felére csökkent. Fizika BSc-ből a tanárszakot felvevők száma 2007-ben még 33, utána 13, illetve 16 volt. Figyelemre méltó, hogy a 2007-es 33 jelentkező közül az idén mindössze 4 fizika major szakos MA hallgató kerül ki (az arány 1/8). Az összes természettudományi szakra 2007-ben 595, utána 236, majd 247 jelentkező akadt. Mire az MA-hoz eljutnak [9], számuk ennek 1/6-a lesz! Ez az arány idén nyárra 40 természettudományos MA hallgatót vetít előre, a 2009-es 95 helyett.

Jelen pillanatban a matematika helyzete tűnik a legerősebbnek. A major szakot felvevők száma azonban a 2007–2009 években így alakult: 188, 70, 54. Az egyetlen „húzó ágazatban” tehát gyors és egyenletes csökkenés tapasztalható.

Ezek szerint a BSc évek alatt *a hallgatók véleményét alakítanak ki a rendszerről*: a tanári képzést nem tartják vonzónak. A számok mutatják, hogy a következő években *javulás semmiképpen sem várható!*

## A képzés lényegében egyszakos

A BSc évek alatt a major szakból 120, a minorból 50 kreditet kap a hallgató (1 kredit kb. 1 tanulmányi óra). Az arány 42%. Az MA során ehhez már csak 30 major kredit és 50 minor kredit társul a pedagógia 10 (Bsc)+40 (MA)+30 (rezidens félév) kreditjeivel szemben. A hozzáértők között a képzés eddig is a „másfél-szakos” jelzőt érdemelte ki. A helyzet azonban ennél rosszabb, amit a matematika major, fizika minor szakos hallgatóinkkal kapcsolatos következő tapasztalatok is mutatnak:

– Az MA felvételin arra a kérdésre, hogy milyen megmaradási törvényeket ismer, a lendület, a perdület és a tömegközéppont után várunk még egyre. Segítségként említjük, hogy nagyon gyakori, s már az iskolában is sokat hallott róla. Perces várakozás után a bizottságnak kell megmondania, hogy ez az energia megmaradása.

– Félév közben számértéket kell meghatározni. A hallgató egyszer csak azt mondja: „Tanár úr, nekem nincs zsebszámológépem. Engem három éve arra tanítanak, hogy a világ betűkből áll” (t.i. képletekből). Hozzá kell tenni, hogy nem a matematikai oktatással van a baj; major szakjukat jól tudják. Sőt fizikát is tanultak, de a *rendszer* által megszabott óraszámárány olyan, hogy a fizikai *szemlélet* kialakítására nem ad elég időt. Nincs sok esélye annak, hogy egy 21 éves felnőtt ember világképét az MA két évében jelentősen változtatni lehessen. Kimondhatjuk tehát, a bolognai

tanárképzés még csak nem is másfél, hanem *1 plusz epsilon szakos* (az itt közölt adatok ezért mindig a major szakos létszámokra vonatkoznak).

## A pedagógia irracionális túlsúlya

A Bologna-képzésben *egyetlen* tanári (MA) diploma létezik (középiskolai tanár), a szakok, az úgynevezett modulok másodlagos szerepet játszanak. (A lehetséges modulok száma a minisztériumi honlap [10] szerint 150 körüli!) Úgy tűnik, hogy az új rendszerre történő áttérés során a tanárképzést egy pedagógiai érdekcsoport kerítette hatalmába, ami azt a nézetet képviseli, hogy a megnövekedett iskolai nevelési kihívások miatt a tanároknak ma már elsősorban konfliktuskezelési módszereket kell ismerniük, *szakmai képzésük másodlagos*. (A „kerítette hatalmába” szóhasználatot az indokolja, hogy az 1. pont dokumentumaiban megfogalmazott problémákat minden minisztériumi nyilatkozat lesöpri az asztalról s máig is legföljebb a Bologna-folyamat apró korrekcióinak időszerűségéről beszél.) A szakmódszertanon felüli pedagógiai kreditek száma a régi rendszerben 28-ról nőtt 50-re (a rezidens félévet is beszámítva, 80-ra). Mindannyian tudjuk, hogy a tanári pályán a nevelési feladatok igen fontosak, de hogy *csak ez a fontos*, elfogadhatatlan nézet. Pedig a törvényi szabályozás következő két eleméből is világos a hivatalos filozófia:

1) A levelező tanárképzés (mely a főiskolai diplomával rendelkező, s már évek óta tanító tanároknak ad egyszakos egyetemi diplomát) 2009 óta *1 éves*, az eddig futó *3 éves* képzés helyett. Az egy év alatt kapott 60 kreditekből, amelynek fele pedagógiai (ráadásul a szakmódszertan is a 30 szakmai kredit része) *képtelenség* a nappali szakos képzéssel szakmailag egyenértékű diplomát kiadni, de a törvényalkotó nyilván nem a szakmai, hanem a pedagógiai egyenértékűséget tekintette mértékadónak.

2) Léteznek speciális pedagógiai modulok, amelyek csak az MA-ban, azaz két év alatt végezhetőek el. Ezek például akkor vehetőek fel, ha az MA felvételin az egyik eredeti szakjából nem felel meg a hallgató. Így világos, hogy a két egyenértékű szak ideája *fel sem merült* a döntéshozókban, hiszen ezen speciális modulok óraszámát még a minor szakokénál is kisebb. Érdemes felsorolni ezeket a speciális modulokat [10 (171. o), 11]: a multikulturális nevelés tanára, család- és gyermekvédő tanár, játék- és szabadidő-szervező tanár, minőségfejlesztés-tanár, tanulási és pályatanácsadási tanár, az inkluzív nevelés tanára, múzeum-pedagógia-tanár, tehetségfejlesztő tanár, drámapedagógiai tanár, kollégiumi nevelőtanár, a pedagógiai értékelés és mérés tanára, tantervfejlesztő tanár, andragógus tanár, könyvtárpedagógiai tanár (érdekes, hogy pl. drogproblémákkal foglalkozó tanár nincs a listán).

Ha valaki csak a BSc képzés végén dönt úgy, hogy tanár szeretne lenni, azaz elmulasztotta felvenni a minor szakot, akkor az MA-ban egy speciális modult kell választania. Így lesz 5,5 év után például fizika-

multikulturális nevelés tanár. Ha netán fizika-kémia tanárrá szeretne válni, és a kémia szakot komolyan veszi, akkor még legalább 2 évre van szüksége (összesen 7,5 év! – a Bologna-rendszer „könnyű átjárhatóságának” szellemében). Egy MSc végzettségű fizikusnak ugyanezért még 3,5 évet kell tanulnia (összesen 8,5 év).

A természettudományos képzés (a bölcsészképzéssel szemben) mindig is igényelte a szakmai tárgyak egyenrangúságát és *korai elkülönítését* a kutató szakokétól. A Bologna-rendszer ezt lehetetlenné teszi.

Nehezen érthető, hogy azok, *akik azt hirdetik magukról, hogy a tanárjelölteket a fokozott toleranciára és a másság tiszteletére tanítják, hogyan lehetnek ennyire intoleránsak* (a Minisztérium még a probléma létét sem ismeri el) a természettudományos tanárképzés Bologna-okozta válságát bemutató kisebbség iránt.

## Egy lehetséges program

A természettudományos tanárihiány szempontjából a leghatékonyabb megoldást a két egyformán erős természettudományi szakkal rendelkező tanárok megjelenése jelenti, ezért elsősorban a *két természettudományi szakos tanárképzést érdemes kivenni a Bologna-rendszerből, és osztatlan egyívű képzéssé tenni*. A matematika-fizika, fizika-kémia, kémia-biológia stb. hagyományos szakpárookra jelentkező hallgatók az egyetemi jelentkezéskor pontosan tudják, hogy milyen képzésre jelentkeznek, a látszat-szabadság szellemében nem kell három évig várniuk a végső elhatározásig. A korai döntés valóban felelősségteljes, de éppen a nagy társadalmi presztízzsel rendelkező szakmák (pl. orvos, jogász, építész) esetén ezt eddig is elvárta a társadalom, s ehhez csatlakozna most a természettudományos tanárképzés. Ezzel egyben a *Bologna-hátrányok* pontban említett összes probléma megoldására mód nyílik. Az egyetemek az egyívű képzés hatékony lebonyolítására jelenleg még képtelenek, bevezetéséhez gyorsított akkreditációs eljárásra lenne szükség.

## Kérdések, kritikák

Sokan egyetértenek abban, hogy a természettudományos tanárképzést sürgősen meg kell változtatni, de nem feltétlenül olyan drasztikus lépéssel, mint a Bologna-rendszerből való kivétel. Felsorolok néhány tipikus kritikát, s megadom a rájuk vonatkozó rövid válaszomat is.

– *Miért nem találhatók meg a Bologna-hátrányok fejezetben említett adatok az OM vagy az Oktatási Hivatal honlapján?*

Ott a tanári létszámokat következetesen csakis a levelező létszámmal együtt adják meg. A levelező képzés korábban említett problémái mellett fontos látni, hogy az ő esetükben nem új tanárokról van szó,

hanem régóta oktató kollegákról, akik új diplomájukkal ezután is többségükben ugyanazokat az osztályokat tanítják, mint eddig.

– *Miért nem várjuk meg az első MA évfolyam végét (még két év) a döntéssel?*

A lehetséges maximális létszámok a *A hallgatók kezdeti érdeklődését rombolja* című alfejezet alapján ismeretek, a tendencia világos: a helyzet *csak romolhat*.

– *Miért akarjátok visszaállítani a régi rendet?*

Nem akarjuk. Ha egy új rendszer súlyos specifikus hibákkal rendelkezik, akkor azt nem érdemes védeni. A régiből a hasznos elemeket át kell venni, mint amilyen az egyívűség, a két szak összemérhető súlya, és a pedagógia racionális mértékű jelenléte. A tárgyakat és azok színvonalát újra kell gondolni (ha vannak hasznos új Bologna-tárgyak, azokat át kell venni), és gyors szakmai konszenzussal megállapodni.

– *Nem elegendő, ha a természettudományos tanárképzés a TTK-k irányítása alá kerül?*

Nem. Ezzel talán a *A hallgatók kezdeti érdeklődését rombolja* című kérdés megoldódik, de semmi sem történik *a képzés lényegében egyszakos és a pedagógia irracionális túlsúlya* alfejezetekben kifejtett problémával, amíg a Bologna-rendszeren belül maradunk.

– *Nem megoldás az, ha az első BSc év után a természettudományos tanárszakra jelentkező hallgatók végleges döntést hoznak, kiválasztják minor szakjukat, és utána már nem kell MA felvételt tenniük?*

Nem, amíg a minor szak szelleme és a pedagógia túlsúlya megmarad, vagyis amíg a képzés ki nem kerül a Bologna-rendszerből.

– *Miért ne vegyünk ki minden tanárképzést a Bologna-rendszerből?*

A humán tárgyak tanárlétszámai jelenleg jóval magasabbak (az országos létszám mind a magyar, mind történelem esetén 100 körüli), szemben a természettudományos adatokkal [5, 9]. Kihalás az elkövetkező években *csak* a természettudományos tanárképzést veszélyezteti.

– *A tanárképzést egyetlen egységként szabad csak kezelni.*

Ez a tanárképzést jelenleg irányító pedagógiai érdekcsoport *munkahipotézise, egyfajta Bologna-dogma*. A *Bologna-hátrányok* fejezetben éppen azt fejtettük ki, hogy ennek milyen káros hatásai vannak a természettudományokra nézve. A világon semmi sem tiltja, hogy az egyes képzési területek (pl. humán, természettudományi) beszélhassanak abba, mennyi és milyen típusú pedagógiát kapjanak. (Nem is beszélve arról, hogy érdemes volt-e a felső tagozatos és a gimnáziumi tanárképzést egységesíteni).

– *A Bologna-tanterveket az egyetemek állították össze, így az egyetemi autonómia érvényesült. Mi a baj?*

Az, hogy a Minisztérium annak idején *erős kényszerrel* fogadtatta el a Rektori Konferenciával is a Bologna-rendszer kötelező bevezetését, és kiadott (és állandóan változó) rendeleteivel teljes mértékben *megkötötte a szakmák kezét*.

– *Miért nem küzdöttetek a Bologna-rendszer bevezetése ellen?*



Küzdöttünk. Sokáig tartotta magát az a nézet, hogy a tanárképzés nem is kerülhet be a Bologna-rendszerbe, mert nincs kimenete 3 év után és erősen anyanyelvhez kötött [12]. Ezen racionális érv ellenére bekerült. Emlékszem, hogy 2004 táján egy egyetemi gyűlésen megkérdeztem *Mang Béla* államtitkár urat, hogy az egyetemi autonómia szellemében nem lehetséges-e, hogy az egyetemek csak azokon a szakokon vezessék be a Bologna-rendszert, ahol jónak látják. A válasz az volt: nem (minden érdemi indoklás nélkül). Ugyanakkor kezemben volt az angol felsőoktatási államtitkár levele, amelyben a Bristol Egyetem rektorának kérdésére válaszolt, aki aggódott amiatt, hogy mi a teendő, hiszen náluk osztatlan volt a képzés. A válasz lényege az volt, hogy a Bolognai Nyilatkozat *irányelv*, semmiképpen *nem kötelező*, s legfőbb célja az, hogy *jó minőségű felsőoktatást* biztosíts. Amíg tehát az angol oktatás jó, nem kell tenni semmit. Nem is tettek. Mi tettünk, s felsőoktatásunk színvonala azóta (és amiatt) is romlik [6].

## Társadalmi probléma

A probléma olyan súlyos, hogy csak társadalmi szinten oldható meg. Nem hiszem, hogy létezne még egy olyan természettudományos oktatást folytató ország a világon, ahol 2011-ben (legfeljebb) egyetlen kémia-tanár végez. *Ez hungarikum!*

Egyetlen ország sem engedheti meg, hogy természettudományos tanártársadalma kihaljjon, mert ezzel gazdasági felemelkedését és nemzetközi versenyképességét adja fel. Nem lesz, aki a műszaki, orvosi, gazdasági érdeklődést felkeltse a következő generációkban.

Tudomásul kell vennünk, hogy a műszaki, természettudományos kultúra fontosságát a társadalom, s annak nevében a minisztériumi, politikai vezetés határozza meg. Az elmúlt évek folyamatos óraszámcsökkentései, az iskolai kísérletek ellehetetlenítése, a kötelező természettudományos érettségi állandó halogatása bizony azt mutatja, hogy a társadalom (vagy annak vezető rétege) nem értékeli ezt a kultúrát (a tudásalapú társadalom, az életfogytig tartó tanulás és a lisszaboni határozat stb. állandó szajkózása ellenére sem), noha eredményeit állandóan használja.

Ebben a kiélezett helyzetben érdemes még egyszer felhívni a széleskörű figyelmet a problémára. A természettudományos tanárképzés Bologna-rendszerből történő kivétele csak *szükséges* feltétel. Az egyetemek akármilyen jó új tantervek kidolgozásával sem tudják önmagukban megfordítani a trendet. A megoldás *elégé* feltételeihez társadalmi intézkedések is kellenek.

Ilyenek lehetnek például [2–5]:

– A természettudományos tanárok fizetésének emelése. (Angliában az évtized elején erősen csökkent a fizikatanárok száma. *Első lépésként* jelentősen megemelték a fizetéseket.)

– Jó értelemben vett reklám a természettudományok mellett.

– Ösztöndíj és támogatási rendszer az egyívű képzésbe frissen felvett tanároknak.

– Ha ösztöndíj és érdeklődés van, akkor felvételi szűrést (köztük alkalmassági vizsgát) is lehet tartani.

– Jó tanulmányok esetén diákhitel, amely a pályán maradás esetén vissza nem térítendővé változhat.

– Lakástámogatás.

Ezek átgondolt kialakításához a Magyar Tudományos Akadémia, a Magyar Innovációs Szövetség, a mérnöki kamarák, az Orvosi Kamara és minden műszaki és természettudományos kultúra iránt elkötelezett cég és szervezet támogatása szükséges.

Végül egy személyes kérés, javaslat. Kérek minden kollégát, hogy a közelgő országgyűlési választások kapcsán személyesen vagy csoportok (pl. iskolák) nevében keressék meg országgyűlési képviselőjelöltjeiket, és hívják fel figyelmüket az itt leírt problémára, és lehetséges megoldására.

*Ha néhány hónapon belül nem történik érdemi intézkedés, akkor az azt jelenti, hogy (minden szlogen ellenére) a magyar társadalom a műszaki-természettudományos kultúra elbalásában érdekelt, s vezetőinek éleslátása nem terjed addig, hogy megértsék: egy idő után a műszaki, orvostechnikai eredmények átvételére sem leszünk képesek (vagy csak nagyon drágán), és nem fogunk tudni a környezeti problémák ellen sem érdemben lépni.*

## Utóirat

Az írás lezárása után érkezett meg az ELTE Fizika Professzori Tanácsához *Manherz Károly* államtitkár úr 4 oldalas, melléklettel is kiegészített levele, amelyben a [4] állásfoglalásra reagál. Legfontosabb állításai: (1) a jelenlegi helyzetért *nem* a Bologna-rendszer felelős, (2) a tanárképzésből *nem szabad* kiemelni a természettudományos képzést, mert az egyetlen, egységes rendszer, (3) érdemi mérlegelésről az első évfolyamok kifutása *után* lehet csak szó. Ezzel tartalmilag azonos a Magyar Rektori Konferencia Pedagógusképzési Bizottságának és a Nemzeti Bologna Bizottság Pedagógusképzési Albizottságának a Minisztérium honlapján március közepén megjelent állásfoglalása [13]. Ha a többes számot komolyan vesszük, akkor 3 év múlva lenne csak szabad elkezdni gondolkodni a teendőkről. Az erre szánt szokásos idő és a törvényi szabályozás ismeretében mindez azt jelenti, hogy semmilyen változás nem történhet 7 éven belül. Az *Egy lehetséges program* és a *Társadalmi probléma* fejezetek programja, amelyet egyébként a Bologna Bizottság „múltidézés”-nek minősít [13], ezzel szemben néhány éven belül megvalósulhat.

## Irodalom

1. Laczkovich M.: Bologna és a tanárképzés. *Fizikai Szemle* 59/6 (2009) 218.
2. <http://fiztan.extra.hu/konferencia>, bővített körkép: *Új Katedra II.* Különszám (2010) 34.
3. <http://www.bolyai.elte.hu/download/eloadas/muhelykonf/bscmuhely/bsc3/bk-muhely-09-5.pdf>

4. [http://www.mta.hu/index.php?id=634&no\\_cache=1&backPid=417&begin\\_at=60&tt\\_news=120523&cHash=62a0d34dfe;](http://www.mta.hu/index.php?id=634&no_cache=1&backPid=417&begin_at=60&tt_news=120523&cHash=62a0d34dfe;)  
<http://www.matud.iif.hu/2010/02/13.htm>
5. Tasnádi P., Juhász A.: Hagományok és valóság. Szükség van-e tudós tanárookra a természettudományban? *Természet Világa* 141 (2010) 26.
6. *Szárny és teher. Ajánlás a nevelés-oktatás rendszerének újjáépítésére és a korrupció megfékezésére.* Bölcsék Tanácsa Alapítvány, 2009, 105. old, <http://bolcsекtanacsа.solyomlaszlo.hu/>
7. <http://www.elft.hu/documents/TanarokELFT.pdf>
8. Például *Magyar Nemzet*, 2010. január 8., *Népszabadság*, 2010. január 12., *HVG*, 2010. január 30. (és számos rádió-, tv-műsor).
9. Tasnádi P.: Múlt, jelen, jövő. (kézirat) 2010. február, *Felsőoktatási Műhely*, megjelenés alatt.
10. <http://www.okm.gov.hu/felsooktatás/kepzesi-rendszer/kepzesi-kimeneti>
11. *Pedagógusképzés a 21. században, Az ELTE PPK szerepe az átalakuló tanárképzésben 2003–2008.* ELTE PPK, Budapest, 2009.
12. Tasnádi P.: Tanárképzés a természettudományok területén, in: *A tanárképzés helyzete és jövőképe.* (szerk.: Brezsnýánszky L.) Oktatási Minisztérium, OKNT, Budapest, 2004, 27–38.
13. <http://www.okm.gov.hu/felsooktatás>, Képzési és kimeneti követelmények címszó

## HÍREK – ESMÉNYEK

### MAYER FARKAS 1929–2010

2009. november 17-én a Magyar Tudományos Akadémián két fizikatanár vehetett át Rátz Tanár Úr Életműdíjat. Egyikük a 80 éves *Mayer Farkas* bencés volt. Készült egy kis beszéddel is, de nem kérték rá, hát nem erőltette a dolgot. Pedig *Eötvös Lorándot* idézte volna, néhány mondatot a *Jedlik Ányos*ról mondott akadémiai emlékbeszédből, majd így folytatta volna: „...Megértettem Eötvös szavaiból, hogy nem a sokat beszélők, »szavalók« viszik előre a haza, az ország, a világ sorsát, hanem akik kitartóan, csendben dolgoznak... Ez a díj nemcsak engem illet, hanem azt a sok tanárt is, akik a háttérben maradva teszik a dolgukat, és viszik előre az országot. Csak így, hogy lélekbent ők is itt állnak mellettem, fogadhatom el a díjat.” (A tervezett beszéd kéziratát féltve őrzöm.)

Egy hónappal később, amikor a betegség már megtörte fizikai erejét, szellemileg még mindig frissen és lelkesen beszélt Jedlik Ányossal kapcsolatos legújabb kutatásairól. Kéziratából, amelynek összeszerkesztésében már nem tudott részt venni, könyvet jelentetett meg a Jedlik Ányos Társaság, ezt vehették át ott a megjelentek. Sorban álltak a dedikációkért, s ő betegen is fáradhatatlanul dedikált.

Ki volt ez a visszavonultan élő és dolgozó fizikátörténész, tanítványai által szeretve tisztelt pannonhalmi bencés fizikatanár?

Budapesten született, 1929. november 10-én. A bencés szerzetesi ruhát 1948. augusztus 6-án öltötte magára, s a legkeményebb években végezte teológiai tanulmányait Pannonhalmán. 1953 nyarán szentelték

pappá, ez év őszén iratkozott be az ELTE-re, kémiafizika tanári szakra. Az egyetem elvégzése után a Pannonhalmi Bencés Gimnáziumban kezdett fizikát tanítani. Nemsokára diáktothoni nevelőtanár lett, s kevés megmaradó szabadidejét demonstrációs kísérletek összeállításával, saját tervezésű kísérleti eszközök készítésével töltötte. Négy év kivételével, amikor is Győrött tanított fizikát a Czuczor Gergely Bencés Gimnáziumban, 1994-es nyugdíjba vonulásáig Pannonhalmán működött. Tanított kémiát, sőt még földrajzot is, ha arra volt szükség. A természettudomány minden ágára kiterjedő érdeklődése mellett a számítógéppel is hamar megbarátkozott. Tanítványai tiszteletét széleskörű tudásával vívta ki, szeretetüket emberséges magatartásával szerezte meg.



Aktív tanárként nem sok ideje maradt publikálásra, fontosabbnak is tartotta a gyakorlati tanári munkát, mint a cikkírást. Erre csak nyugdíjas éveiben kerülhetett igazán sor. Akkor viszont meglepő termékenységgel ontotta az érdekesebbnél érdekesebb tanulmányokat kutatásairól. A helyzet is hozta, de szívesen vállalta is a Pannonhalmán őrzött Jedlik-hagyaték gondozását és mindenkinek igyekezett segíteni, aki csak ilyen témában hozzá fordult. Az Eötvös Társulat által szervezett középiskolai fizikatanári ankétokon színvonalas előadásokat tartott, amelyeket azután megjelentetett a konferencia-kiadványokban, vagy éppen a *Fizikai Szemlé*ben. Sopronban még a győri bencés gimnázium fizikatanításának történetéről beszélt, Egerben már Jedlik Ányosról tartott előadást. Jedlik-

kel párhuzamosan kutatta *Palatin Gergelyt* is, aki összerakta és továbbfejlesztette Jedlik optikai rácsoakat vonalazó – egy sarlatán által annak idején tönkretett – gépét.

Az 1993-ban alakult Jedlik Ányos Társaság alapító tagja volt, levéltári kutatásait még sokáig használni fogja a hazai fizikatörténet írás. Közvetlen emberi magatartására egyetlen példát említenék, az utolsó levelet, amit kaptam Tőle, néhány nappal a kitüntetése előtt:

## TELBISZ FERENC

1932–2010

2010. január 27-én rövid betegség után váratlanul elhunyt *Telbisz Ferenc*, aki a Központi Fizikai Kutatóintézetnek, illetve utódintézetének, a MTA KFKI Rézszecke- és Magfizikai Kutatóintézetnek – néhány éves megszakítással – több mint ötven éven keresztül munkatársa, az ELTE Információtechnológiai Központ igazgatója, a MATÁV PKI fejlesztési tanácsadója volt.

Telbisz Ferenc 1932. december 6-án született Szerepen. 1951-ben a budapesti Piarista Gimnáziumban érettségizett, az itt kapott nevelés egész életére kihatóan meghatározta életfelfogását. 1955-ben szerzett matematika-fizika tanári oklevelet az ELTE-n. Egyéves tanári működés után 1956-ban a KFKI tudományos munkatársa lett. Kezdetben a Kozmikus Sugárzási, majd a Nagyenergiás Fizikai Főosztályon fizikusként dolgozott, 1971–1973 között a KFKI RMKI Automatizálási és Adatfeldolgozási Osztályát vezette. 1973-tól a KFKI Mérés és Számítástechnikai Kutató Intézet Számítástechnikai Főosztályán csoportvezető, 1985–1990 között a Számítógép Hálózati Osztály osztályvezetője, 1991–1992 között a KFKI Számítógép Hálózati Központ vezetője volt. 1992-től 1996 végéig, nyugdíjba vonulásáig az ELTE Információtechnológiai Központ igazgatója. 1997–2008 között a MATÁV PKI fejlesztési tanácsadója volt, emellett részidejű tudományos munkatársként visszatért a KFKI RMKI Számítógép Hálózati Központjába, ahol 2009. december 31-ig dolgozott.

Fizikusként először a kozmikus sugárzás föld alatti vizsgálatában vett részt és ért el nemzetközileg is elismert eredményeket, majd mérés-technikai és kiértékelési módszereket dolgozott ki nagyenergiás részecskefizikai mérésekhez. Ezután érdeklődése a számítógép-hálózatok felé fordult. Közép- és Kelet-Európában egyedülálló eredmény volt a munkatársaival együtt létrehozott CEDRUS (Conversational EDitor and Remote User Support) rendszer, amely IBM-kom-

„Kedves Gyula Barátom!

Most értem haza a kórházból, közel három hét után. Diagnózis már van, a terápia november végén kezdődik. Kedden lesz a nagy esemény. Úgy tűnik, innen hárman megyünk. A főapát úr külön meghívót kapott. A sofört nyilván beviszi. Az én meghívóm is két személyre szól. Örülnék, ha Te lennél a másik, aki velem jönne a fogadásra.

Szeretettel köszönt és vár barátod, a Farkas.”

*Radnai Gyula*



patibilis nagyszámítógépen a vele összekapcsolt, a KFKI-ban előállított TPA70 számítógépen keresztül interaktív szövegszerkesztést, dokumentációkészítést és feladatkezelést valósított meg. 1985-től a KFKI lokális hálózatának tervezését, kiépítését és az országos hálózathoz való kapcsolását vezette. Jelentős szerepe volt abban, hogy a KFKI 1992-ben a CERN-en keresztül az Internet hálózathoz csatlakozhatott. A KFKI három alkalommal tüntette ki intézeti díjjal: 1973-ban buborékkamrás felvételeket kiértékelő programrendszerért, 1979-ben a CEDRUS-rendszerért, 1987-ben pedig a LOCHNESS lokális hálózat fejlesztéséért.

Aktív szereplője volt a szakmai közéletnek. Az Információs Infrastruktúra Fejlesztési Program (IIF) Műszaki Tanácsának 1988-tól 1997-ig, Operatív Bizottságának 1991-től 1993-ig volt tagja. A MATÁV szakértőjeként nemzetközi telekommunikációs szervezetek munkájában vett részt. Sok éven keresztül rendszeresen előadott a számítógép-hálózatokkal foglalkozó hazai szakemberek Networkshop konferenciáin.

Az Internet hazai bevezetésének egyik úttörője, a számítógép-hálózatok országosan elismert és megbecsült, a nemzetközi tendenciákat jól ismerő szakértője volt. Nagy tudású, több tudományterületet áttekintő szakemberként mindig törekedett arra, hogy tudását másoknak is átadja. Feleségével, aki ugyancsak a KFKI-ban dolgozó fizikus, négy gyermeküket a természettudományok és a zene szeretetére nevelték. Az elmúlt év decemberében még összefoglaló előadást tartott a Neumann János Számítógép-tudományi Társaság által rendezett *Nagy Számítástechnikai Műhelyek* rendezvényén a hajdani KFKI-s hálózati fejlesztésekről. Élete utolsó napjait aktívan dolgozott, és az informatika mellett megőrizte érdeklődését a kozmikus fizika alapvető kérdéseiről.

*Zimányi Magdolna*

# A TÁRSULATI ÉLET HÍREI

## Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat 2010. évi Küldöttközgyűlése

Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat 2010. május 15-én, szombaton 10.00 órai kezdettel tartja Küldöttközgyűlését az Eötvös Egyetem Fizikai épületében (Budapest, XI. Pázmány Péter sétány 1/A).

A Küldöttközgyűlés nyilvános, azon bárki részt vehet. A Küldöttközgyűlésen a Társulat bármely tagja felszólalhat, de a szavazásban csak a területi és szakcsoportok által megválasztott és küldöttigazolvánnyal rendelkező küldöttek vehetnek részt. Ezért kérjük, hogy a küldöttek küldöttigazolványukat feltétlenül hozzák magukkal, és azt a regisztrációnál mutassák be.

Amennyiben a küldöttközgyűlés a meghirdetett időpontban nem határozatképes, akkor munkáját 10.30-kor, vagy a napirend előtti előadás után kezdi meg. Az ily módon megismételt Küldöttközgyűlés a megjelent küldöttek számára való tekintet nélkül ha-

tározatképes, de a jelen értesítésben szereplő tárgysorozatot nem módosíthatja.

A hagyományos napirend előtti előadás (kezdetre 10 óra) szerzőjét és címét a szokásos hírközlési csatornákon (posta, *FIZINFO*, *Fizikai Szemle*) később közöljük.

Az Elnökség a Küldöttközgyűlésnek a következő tárgysorozatot javasolja:

1. Elnöki megnyitó; 2. A Szavazatszámoló bizottság felkérése; 3. Főtitkári beszámoló, 3.1 A Társulat 2009. évi közhasznúsági jelentése, 3.2 A Társulat 2010. évi költségvetése, 3.3 Határozati javaslat; 4. A Felügyelő Bizottság jelentése; 5. Vita és szavazás a napirend 3.–4. pontjaival kapcsolatban; 6. A jelölőbizottság előterjesztése új alelnök megválasztására; 7. Vita és választás; 8. A Társulat díjainak kiosztása; 9. Zárászó.

## HTP2010 – Tanártovábbképzés fizikatanároknak a CERN-ben

Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat a CERN-ben dolgozó magyar fizikusok és a CERN tanártovábbképzésekért felelős munkatársai segítségével 2010-ben is megrendezi a fizikatanárok egy hetes továbbképzését a CERN-ben. A továbbképzés *magyar* nyelven történik.

### Időpont

A továbbképzés tervezett időpontja: *2010. augusztus 14. – 2010. augusztus 22.* (szombattól vasárnapig).

### Költségek

A továbbképzésen való részvétel önköltsége (autóbuszos utazás + szállás a CERN-ben és útközben) 130 000,- Ft. Az előző években sikerült támogatókat szerezni a tanártovábbképzés támogatására, amelynek eredményeképpen a résztvevőknek ezt az összeget nem kellett befizetniük, hanem csak az ételmezés, valamint a továbbképzés kulturális programjaival kapcsolatos költségeket kellett viselniük. Nagyon reméljük, hogy ebben az évben is lesznek támogatók, akiknek köszönhetően a fenti összeg jelentősen – esetleg ismét 0-ig – csökkenthető lesz.

### Program

A 2010. évi továbbképzés programja a korábbi évekéhez hasonló lesz. A korábbi évek szakmai programjait a CERN weboldalain lehet megnézni (angol és magyar nyelven) [http://education.web.cern.ch/education/Chapter1/Page3\\_HU.html](http://education.web.cern.ch/education/Chapter1/Page3_HU.html) (Arhives menüpont)

A szakmai programok mellett néhány kulturális és szabadidőprogram is tervbe van véve. Ezek: esti séta Münchenben, a nagy rajnai vízesés megtekintése (oda-felé úton), visszafelé úton Chamonix, kirándulás a

Mont Blanc-ra (Aiguille du Midi csúcs) és a gleccserjégbarlang (Mer de Glace) megtekintése.

Ezek a kirándulások lehetőséget adnak néhány olyan kísérlet elvégzésére, amelyek nem kapcsolódnak ugyan szorosan a CERN-hez, ám a fizikatanításhoz igen. Ezeket a kísérleteket a résztvevő tanárok kisebb csoportokban, önként vállalkozó vezetőkkel hajtják végre.

Ezek a kísérletek:

- Torricelli-kísérlet (CERN-ben, és a Mont Blanc-on)
- Víz forráspontjának meghatározása (CERN, Mont Blanc)
- Hangsebesség mérése (CERN, Mont Blanc)
- Környezeti háttérsugárzás mérése (az út során több helyszínen)
- Földrajzi helymeghatározás a Nap segítségével (az út során több helyszínen)
- Radonkoncentráció relatív meghatározása (CERN)

### Jelentkezés, részvétel feltételei

Ebben az évben – a Középiskolai Fizikatanári Ankét későbbi időpontban történő megrendezése miatt – a továbbképzésre jelentkezés a következő szabályok szerint történik:

1) 2010. március 15. után, kizárólag e-mailben a [sukosd@reak.bme.hu](mailto:sukosd@reak.bme.hu) címre küldött levéllel (korábban érkezett jelentkezéseket nem tudjuk figyelembe venni).

2) Az e-mailben a következő adatok megadása szükséges (a további biztonságos kapcsolat fenntartása érdekében):

- Teljes név;
- Nyáron is figyelt, iskolai szünetben is elérhető *e-mail* cím;

- c. Iskola neve, címe, telefonszáma;
- d. Privát telefonszám (lehetőleg mobil);
- e. Lakcím;
- f. Az a maximális összeg, amelyet részvételi díjként abban az esetben is hajlandó kifizetni, ha nem sikerül elegendő szponzori támogatást szerezni;
- g. Nyilatkozat arról, hogy tagja-e az Eötvös Loránd Fizikai Társulatnak, vagy sem;
- h. Rövid motiváció, és az eddigi tanári tevékenység rövid leírása;
- i. Melyik tanári kísérlet végrehajtásában venne részt szívesen, illetve melyik előkészítést és vezetést vállalja.

3) A jelentkezések alapján két lista készül. Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat (<http://www.elft.hu>) tagjai előnyt élveznek a nem társulati tagokkal szemben, valamint az új jelentkezők azokkal szemben, akik már voltak ilyen továbbképzésen (a korábbi résztvevők ugyanis gyakran újra jelentkeznek).

Ha valaki a jelentkezésével együtt a Társulatba való belépési nyilatkozatot is elküldi <http://www.elft.hu/tarsulatrol/elftbelw6.doc>, azt a listák összeállításakor előzetesen társulati tagnak tekintjük. Ez akkor válik véglegessé, ha a 2010. évi tagdíja április 20-ig megérkezik az Eötvös Társulathoz. A csoportot a két lista alapján állítjuk össze úgy, hogy a társulati tagok listájával kezdjük el a csoport feltöltését, és a maradék helyekre kerülnek be a nem társulati tagok. Azok, akik már voltak ilyen továbbképzésen korábban, a lista végéről kerülhetnek be a csoportba – ha még maradt szabad hely – függetlenül attól, hogy társulati tagok-e vagy sem.

4) A 40 fős részvételi lista mellett „várólistát” is képezzünk arra az esetre, ha valamilyen előre nem látott ok (pl. betegség, komoly családi problémák) miatt valakik kiesnének a listából. (Ekkora létszámnál mindig szokott lenni néhány kieső, így a várólistásoknak is van esélyük a bekerülésre.)

5) A jelentkezők a jelentkezésükkel vállalják, hogy a. amennyiben a részvételi díj nem haladja meg a jelentkezésükkor megadott maximális összeget, az akkor aktuális részvételi díjat 2010. augusztus 15-ig befizetik (addigra kiderül, hogy mennyi támogatást kapunk a szponzoroktól);

b. a továbbképzés valamennyi programján részt vesznek (a többletköltséget jelentő kulturális programokon a részvétel természetesen önkéntes);

c. legalább egy tanári kísérlet végrehajtásában aktív részt vállalnak egy csoport tagjaként vagy vezetőjeként;

d. a visszaérkezést követően 30 napon belül fényképekkel illusztrált szakmai élménybeszámolót írnak;

e. a kísérleti csoport vezetőjének irányítása mellett részt vesznek arról a tanári kísérletről szóló beszámoló elkészítésében, amelyben az út során aktívan részt vettek. Ez a kísérleti beszámoló a visszaérkezést követően ugyancsak 30 napon belül el kell készülnön (mérőcsoportonként egy).

6) A jelentkezések elfogadásáról és a listára kerülésről 2010. április 30-ig e-mailen értesítést küldünk. A listán és a várólistán lévők ezt követően is folyamatosan tájékoztatjuk a továbbképzés szervezésével kapcsolatos minden fontos eseményről.

Sükösd Csaba, ELFT alelnök

## HÍREK ITTHONRÓL

### A hetedik Budapesti Szkeptikus Konferencia

A szkeptikus nem megélhetési kételkedő, hanem egy nyitott szemmel járó polgár, akinek feltűnik, hogy bizonyos állítások ellentétesek tudományosan megalapozott ismereteivel. Az örökmozgók, a száz százaléknál jobb hatásfokkal működő gépek mindenkinek gyanúsak lesznek, aki tanult fizikát és még nem felejtette el teljesen. A biorezonanciára hivatkozó eszközökkel kapcsolatban már nehezebb állást foglalni, mert ahhoz sok biológiát kellene tudni – ilyenkor a weben olyan címeket kell keresni, amelyek elismert szakemberek véleményét tartalmazzák. Még nehezebb a helyzet a mobiltelefonok vagy a távvezetékek egészségkárosító hatását illetően, mert itt még nincs egyértelmű tudományos álláspont – ám ami van, az többnyire elég a felmerülő kérdések tisztázásához.

Az idei, sorrendben a hetedik Budapesti Szkeptikus Konferencia egy alapvető kérdést, a szükséges villamos energia előállításának és felhasználásának, ren-

delkezésre állásának kérdését járta körül négy előadásban. *Varjú György* műegyetemi professzor *Az energiabáló fogságában* címmel a villamosenergia-ellátás országhatáron is túlnyúló rendszeréről beszélt, és hogy ez a rendszer miként határozza meg az erőművek igénybevételét és a megújuló energia felhasználhatóságát, kapcsolatát. A szélenergia hasznosításáról külön előadást hallhattunk *Gács Ivántól*, a BME Energetikai gépek és rendszerek tanszékének docensétől. A *Széllel bélelt energia* cím találoan fejezte ki ennek az energiaforrásnak szeszélyességét, elsősorban a villamos hálózatba illesztés szempontjából. Ugyanebből a szempontból tekintette át *A földben termelt energia* című előadásában *Büki Gergely* professzor a biomassza és a geotermikus energia hazai hasznosítási lehetőségeit, ezen belül a hőszivattyúk előnyeit és korlátait. *Bajsz József*, a Paksi Atomerőmű főosztályvezetője *Nukleáris energia: Vele vagy nélküle?* kérdőjeles című előadásával a villamosenergia-

rendszer (VER) szempontjai és a nemzetközi trendek figyelembe vételével járta körül és válaszolta meg a feltett kérdést.

Ez volt a délelőtti program – délben egy csaknem egyórás film vetítésére került sor *Kétkelkedem, tebát vagyok* címmel. A Cinemart Kft.-nek a Szkeptikus Társaság közreműködésével készült filmje csaknem egy órán keresztül kötötte le a hallgatóság figyelmét. A film legfőbb erénye, hogy rámutat: kétkelkedni fáradtságos és időigényes dolog. Nem elég felhívni a figyelmet az áltudományos érvelés ellentmondásaira, hanem sok utánajárással, méréssel, ellenőrzéssel lehet csak reményünk arra, hogy a pártatlan szemlélőt megmondolásra készítsük. Jól felszerelt laboratóriumok és szakműhelyek segítségével az adalékanyagáról kiderül, hogy tiszta alkohol, a méregtelenítő eszközről, hogy az eredmény szempontjából közömbös, hogy a lábunk benne van-e a gyógyító folyadékban vagy nincs benne. Alapfokú szkeptikus tanfolyam a film, nem kioktat, csupán rámutat néhány turpisságra.

Késő délutánra maradt a kerekasztal-beszélgetés a tudomány kommunikációjáról a médiában. És ahogy a beszélgetéshez a kerekasztal csak képzeletben létezett, a konferencia helyszínén a frissítők csak verbális formában voltak elérhetőek. A rendezők ironikus hangvételű, rövid előadásai révén képet alkothattunk

1) a SULINET nem kevés áltudományos tartalmáról (*Härtlein Károly: Még mindig mondom a magamét*);

2) a 100 csoda kiállítás egyes termékeinek kétséges használhatóságáról (*Füstöss László: Egy kiállítás bangjai*);

3) magukat tudományosnak mondó tévéműsorok áltudomány-pártolásáról (*Orosz László: Bulvártudomány*);

4) és végül a mérnöki avantgárd néhány meghökentető termékéről (*Laczik Bálint: Münchhausen báró és az elliptikus fogaskerekek...*).

A kerekasztal-beszélgetés valóban késő délutánra maradt, amiért elsősorban a rendezők határozatlansága volt hibáztatható, mert nem tartatták be az előadókkal a tervezett időket. Ennek az engedékenységnek esett áldozatul a délre tervezett fórum egy része, ami persze lehet, hogy nyereség volt, mert indoklás nélküli állítások és jóslatok kezdtek eluralkodni a hozzászólásokban a semleges áram védelmétől Paks több millió áldozattal járó, rövidesen várható felrobbanásáig.

Ebédészünet után jöttek a bűvészek, akik ismét bebizonyították, hogy az áltudomány trükkjei könnyebben megfeythetők, mint egy profi bűvész kötéldarabolása vagy zárfelnyitása. Sötétedéskor végre sor került a kerekasztal-beszélgetésre a tudomány kommunikációjáról a médiában. Az áltudományos hírek megjelenéséről kiderült, hogy közös gyökerük a szervezetlenség, hogy a tudományos szerkesztőségek tudta nélkül jelennek meg szenzációs bejelentések, amelyek tudományos szempontból pusztán ökörségek. *Fábri György*, a *Mindentudás Egyeteme* egykori szervezőjének véleménye szerint az amerikai példa mintájára rövidesen nálunk is az internet lesz a tudományos ismeretszerzés alapvető eszköze. Érdemes már most felkészülni a web2 eszközeinek tudományos szempontból nem kifogásolható felhasználására, például rövid videofilmek készítésével mutatni be a legújabb tudományos eredményeket.

A téma mindenkit érdekelt, a hangadók pedig profik voltak, így nem csoda, hogy a helyben éjszakázás rémképének felvázolásával lehetett csak a vitát és egyúttal a konferenciát berekeszteni.

*Füstöss László*

## HÍREK AZ UNIVERZUMBÓL

### Kanyargó lávacsatorna a vörös bolygón

Új adatok azt mutatják, hogy a Mars kanyargó csatornáinak legalább egyikét nem víz, hanem folyékony láva alakította ki.

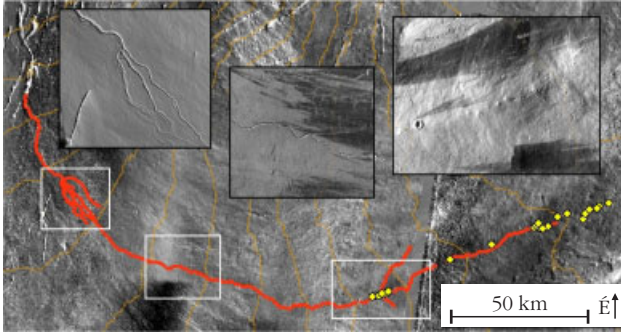
Folyékony láva ugyanúgy képes kanyargó medret kivájni, mint ahogy a víz kialakítja a folyómedret. Egy friss kutatás szerint a Mars egyik kanyargó csatornáját láva hozta létre. Az eredményt március 4-én mutatta be *Jacob Bleacher* a NASA Goddard Space Flight Center által meghirdetett konferencián.

A kutatók között már régóta vitatott kérdés, hogy víz vagy láva alakította-e ki a marsi csatornákat, ezért a legújabb eredmény nagyban befolyásolja az élet valószínűsíthetőségét is a bolygón. Ahhoz, hogy megtudjuk, létezett-e valaha élet a Marson (abban a formában, ahogy mi ismerjük), először is meg kell tudnunk, volt-e vagy most van-e víz a bolygón. A geológus szerint jelenleg vagy a talajban, vagy a pólusokon

jég formában található víz a Marson, néhány kutató viszont úgy véli, hogy a víz csak valamikor a múltban folyt a felszínen.

Ez utóbbi elmélet leginkább azokon a képeken alapszik, amelyeken a víz földi eróziós tevékenységéhez hasonló felszínformák láthatók, például csatornafalak teraszai, kis szigetek a medrekben, összefonódó, majd szétváló csatornácskák. A jelenlegi elméletek szerint a lávafolyások nem képesek ilyen finom szerkezeteket létrehozni.

Bleacher és munkatársai azonban alapos vizsgálat alá vettek egy csatornát az Asraeus Mons vulkán délnyugati részén. Ez az egykori tűzhányó a Tharsis Montes nevű vulkánhármass egyike. A tudósok négy műszer nagyfelbontású képeit használták: a THEMIS (Thermal Emission Imaging System), CTX (Context Imager), a HRSC (High/Super Resolution Stereo Co-



Az Ascræus csatorna (vörös vonal) részletei. A fekete keretes kis képeken néhány érdekes struktúra közelképe látható: balra egy szétágazó csatorna, középsőn egy kígyózó csatorna, jobbra pedig forrás nélküli rések, amelyeket sárga pontok is jeleznek.

lor), valamint a MOLA (Mars Orbiter Laser Altimeter) régebbi képeit. Ezek az adatok minden eddigienél részletesebb képet – lásd a címlapon – adtak a területről a tudósok kezébe.

Mivel az olvadék, ami ezt és egyéb csatornákat az Ascræus Monson kialakította, már régen eltűnt, az eredetét meglehetősen nehéz kideríteni. Mindenesetre a vizuális jelek (kis szigetek, másodlagos csatornák, amelyek szétválnak és egyesülnek, valamint erodálódott sávok a kanyarulatok belső részén) vízre utalnak. A csatorna másik végén viszont egy korábban még nem látott terület tűnik fel. A kutatócsoport egy olyan gerincet talált, amelyből látszólag láva folyt ki. Néhol a csatorna szinte fedett, mintha egy lávakürtő lenne, mellette pedig forrás nélküli rések sorakoznak, azaz olyan nyílások, ahol a láva kitört a kürtőből és kis struktúrákat képezett. Az ilyen képződményeket víz nem képes létrehozni, az pedig, hogy egy csatorna egyik végét láva, a másikat víz formálta, meglehetősen nehezen elképzelhető, egzotikus kombináció

lenne. Bleacherék úgy vélik, hogy akkor már valószínűbb, hogy az egész láva hozta létre.

A lávaformációk jobb megértése érdekében Bleacher a washingtoni Smithsonian Intézet két munkatársával, *W. Brent Garry*vel and *Jim Zimbelmann*nal a Hawaii-szigeten 1859-ben kitört Mauna Loa egy 51 km hosszú lávafolyamát vizsgálta meg. Leginkább arra az 1 km hosszúságú szigetre fókuszáltak, amely a lávacsatorna közepén helyezkedik el és az átlagos lávaszigeteknél sokkal nagyobb méretű. A vizsgálódáshoz olyan speciális GPS-t használtak, amely 3–5 cm-es pontosságú információt képes adni.

A mérések eredményeként a csatornák belsejében teraszos falakat találtak, illetve olyan csatornákat, amelyek megjelennek, majd eltűnnek, esetleg visszatartakoznak a főágba. A falak függőleges magassága körülbelül 9 m. Mindebből az látszik, hogy a korábbi várakozásokkal szemben a láva is képes olyan finom alakzatokat kialakítani, amelyeket eddig kizárólag vízzel hoztak kapcsolatba. Ezek az új eredmények azt sugallják, hogy hasonló csatornákat látva nem lehet egyértelműen vízre következtetni.

További bizonyítékul szolgált a lávafolyam eredetre a Mare Imbrium területén található csatornák részletes képének tanulmányozása is. Ez egy sötét terület a Hold felszínén, amely ősi lávakövekkel feltöltött vulkánkráter. Ezen a képen is olyan csatornákat találtak, amelyek teraszos falai és szétágazó mellék-csatornái voltak.

Bleacher természetesen megjegyezte, hogy csoportjának eredményei nem zárják ki sem a folyékony víz jelenlétét, sem azt, hogy víz alakíthatott ki csatornákat a Marson. Semmiképpen sem szabad azonban lebecsülni az olvadt kőzetek felszínformáló erejét.

Forrás: *Astrobiology Magazine*  
*Derekas Aliz*

## Kozmikus részecskegyorsítókat figyelt meg a Fermi

A Fermi-űrtávcső segít feltárni az Univerzum legnagyobb energiájú részecskéinek eredetét.

Földünket folyamatosan éri a világrűrből közel fénysebességgel érkező, nagyenergiájú kozmikus részecskék zápora. Szerencsére a kozmikus sugárzás részecskéi energiájuk nagy részét elvesztik bolygónk légkörébe lépve, ám éppen ezért földfelszíni detektálásuk csak közvetett módon, speciális detektorokkal valósítható meg. Különösen fontos kérdés, hogy honnan származnak az említett nagyenergiájú részecskék – mivel azonban űrbeli útjuk során a kozmikus mágneses terek többször is eltéríthetik ezeket, ezért a közvetett megfigyelésekből nehéz messzemenő következtetéseket levonni.

Ígéretesebb lehetőségnek tűnik a források közvetlen megfigyelése: amikor a gyorsuló részecskék (főleg protonok) csillagközi gázfelhők atomjaival ütköznek, nagyenergiájú gamma-sugárzás keletkezik. A témával foglalkozó szakemberek már régóta úgy gondolják, hogy a szupernóva-robbanások táguló gázhéjai megfelelő helyszínnek számítanak az ilyen jelenségek lejátszódásához, de eddig csak kevés közvetlen megfigyeléssel sikerült alátámasztani ezt az elképzelést.

A 2008-ban felbocsátott, gammatartományban működő Fermi űrtávcsővel a közelmúltban négy szupernóva-maradványt – három közepesen időseknek számító, 4 ezer és 30 ezer év közötti gázbuborékot, valamint a

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

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

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

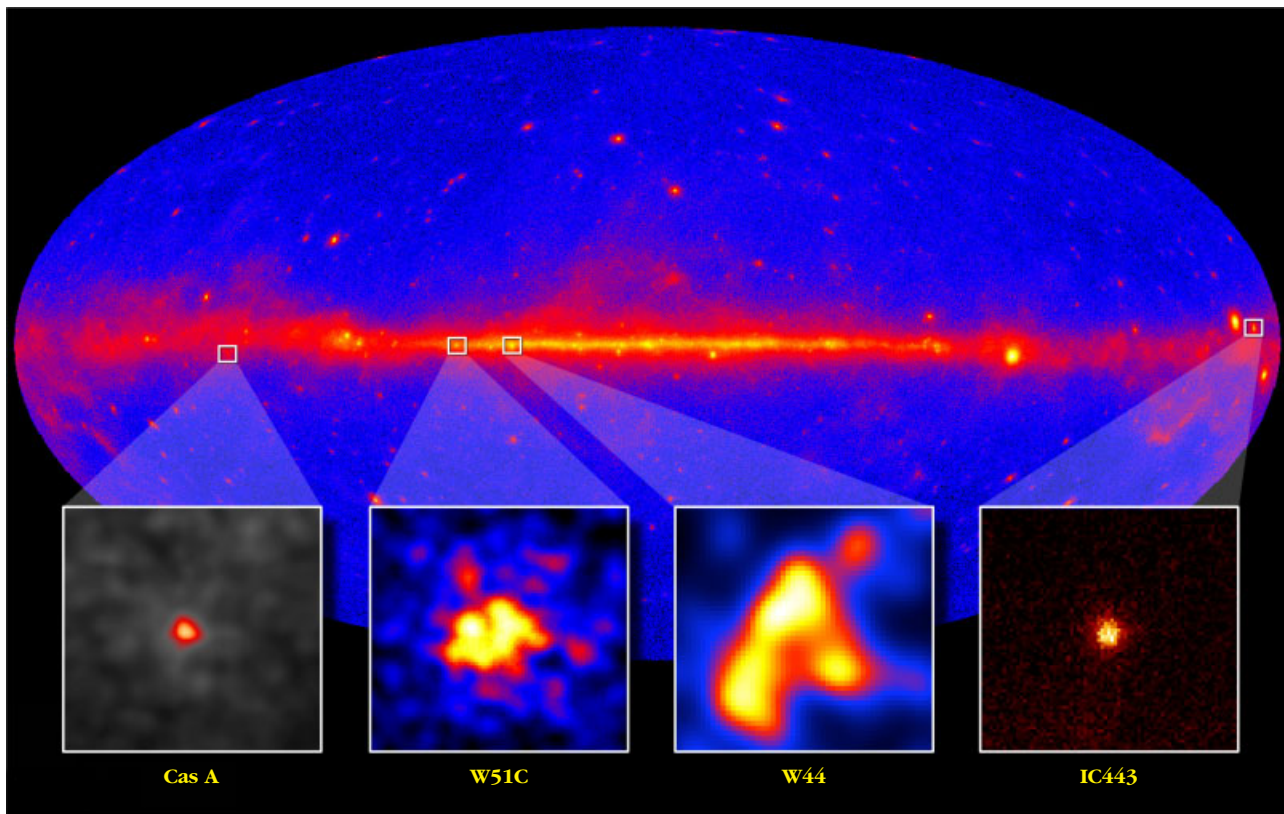
Kéziratokat nem őrzünk meg és nem küldünk vissza. A szerzőknek tiszteletpéldányt küldünk.

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

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

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

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



Montázs a Fermi által megfigyelt szupernóva-maradványokról (NASA)

fiatal, mindössze 330 éves, Cassiopeia A jelű maradványt – vizsgáltak meg. Amellett, hogy a négy objektumról az eddigi legrészletesebb felvételek készültek el az elektromágneses sugárzás legnagyobb energiájú részében (sőt, a három idősebb maradványt most sikerült először felbontani ebben a tartományban), a megfigyelt sugárzás energiaeloszlása is érdekes információkkal szolgált.

Az eredmények alapján úgy tűnik, az idősebb szupernóva-maradványok különösen fényesek a gigaelektronvoltos energiatarományban, de az ennél is nagyobb energiákon relatíve halványak. Ugyanakkor a fiatalabb, Cas A jelű maradvány a nagyobb energiákon is fényesnek látszik. A magyarázat az, hogy a fiatal gázbuborékoknál erősebb lehet a mágneses tér, így a legnagyobb energiájú részecskék is „csapdázódnak”, míg az idősebb maradványoknál a gyengébb mágneses tér csak a kevésbé gyors részecskék megtartását teszi lehetővé. A vizsgálatok arra is rámutattak, hogy a nagyenergiájú kozmikus részecskék nyomait jelző gammasugárzás keletkezésére nemcsak a fentebb említett részecske-ütközések, hanem a fékezési sugárzás (gyorsan mozgó elektronoknak az atommagok megközelítésekor fellépő energiavesztesége) is magyarázatul szolgálhat. A szakemberek

további megfigyeléseket terveznek, hogy nagyobb mintán is tesztelhesék a szupernóva-maradványok kozmikus részecskegyorsításban betöltött szerepét.

Forrás: Astronomy Now, 2010.02.15.

Szalai Tamás

A Cassiopeia A jelű szupernóva-maradvány több hullámhossztartományban készített megfigyelésekből összeállított, színes képe: gammasugárzás (Fermi-űrtávcső, rózsaszín), röntgensugárzás (Chandra űrtávcső, kék és zöld), látható tartomány (Hubble-űrtávcső, sárga), infravörös (Spitzer-űrtávcső, vörös) és rádióhullámok tartománya (VLA, narancs). A Fermi méréseit jelző tartományt fehér körvonallal is kiemeltük. (NASA/DOE/O. Krause/JPL/SAO/Steward Obs.)

