

fizikai szemle



2008/1

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

Főszerkesztő (mb.):

Szatmáry Zoltán

Szerkesztőbizottság:

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

Szerkesztő:

Füstöss László

Műszaki szerkesztő:

Kármán Tamás

A folyóirat e-mailcíme:

szerkesztok@fizikaiszemle.hu

A lapba szánt írásokat erre a címre kérjük.

A folyóirat honlapja:

<http://www.fizikaiszemle.hu>

A címlapon:

Teller Ede, Király Vilmos grafikája.

TARTALOM

<i>Teller Ede:</i> Hazajöttem	1
<i>Hargittai István:</i> Furkósbot és szürkemedve – Teller Ede a Szabad Világ védelmében	2
<i>Bencze Gyula:</i> Egy marslakó, de nem a Földön kívülről!	11
<i>Szatmáry Zoltán:</i> Teller Ede és az atomenergia	17
<i>Veres Árpád:</i> Találkozásom Teller Edével	20
<i>Szemeyei István:</i> Tíz év múltán Teller Edével	21
<i>Sólyom Jenő, Erio Tosatti:</i> Fazekas Patrik, 1945–2007	22

A FIZIKA TANÍTÁSA

<i>Patkós András:</i> Pillantás PISA-ra	25
A fizika tanítása érdekében – ELFT–OKM levélváltás a kerettantervről	28
<i>Füstöss László:</i> A 2007. évi Eötvös-verseny eredményhirdetése	34

VÉLEMÉNYEK

<i>Lovas István:</i> Miért nem kapott Nobel-díjat Teller Ede?	37
---------------------------------------------------------------	----

KÖNYVESPOLC

HÍREK – ESEMÉNYEK	40
--------------------------	----

<i>E. Teller:</i> At home again	
<i>I. Hargittai:</i> The club and the grizzly bear: Edward Teller – Defender of the Free World	
<i>J. Bencze:</i> Martian, but born on Earth	
<i>Z. Szatmáry:</i> E. Teller and atomic power	
<i>Á. Veres:</i> Meeting with 65 year-old E. Teller	
<i>I. Szemeyei:</i> Ten years after	
<i>J. Sólyom, E. Tosatti:</i> Patrik Fazekas, 1945–2007	

TEACHING PHYSICS

<i>A. Patkós:</i> The PISA program 2006	
The correspondence of the Eötvös Physical Society and the Ministry of Education concerning teaching curricula	
<i>L. Füstöss:</i> The Eötvös Contest of 2007	

OPINIONS

<i>I. Lovas:</i> Why E. Teller was not awarded the Nobel prize	
----------------------------------------------------------------	--

BOOKS, EVENTS

<i>E. Teller:</i> Wiederum zu Hause	
<i>I. Hargittai:</i> Keule und Braunbär – Eduard Teller hilft die freie Welt zu verteidigen	
<i>J. Bencze:</i> Marsbewohner, aber auf der Erde geboren	
<i>Z. Szatmáry:</i> E. Teller und die Atomenergie	
<i>Á. Veres:</i> Meine Begegnung mit dem 65 jährigen E. Teller	
<i>I. Szemeyei:</i> Zehn Jahre danach	
<i>J. Sólyom, E. Tosatti:</i> Patrik Fazekas, 1945–2007	

PHYSIKUNTERRICHT

<i>A. Patkós:</i> Das PISA-Programme 2006	
Der Briefwechsel der Eötvös-Gesellschaft mit dem Unterrichts-Ministerium bezüglich der Lehrpläne	
<i>L. Füstöss:</i> Der Eötvös-Wettbewerb 2007	

MEINUNGSÄUSSERUNGEN

<i>I. Lovas:</i> Warum E. Teller nicht Nobelpreisträger wurde	
---------------------------------------------------------------	--

BÜCHER, EREIGNISSE

<i>Э. Теллер:</i> Снова дома	
<i>И. Харгиттай:</i> Дубина и медведь: Э. Теллер, защитник свободного мира	
<i>Д. Бенце:</i> Марсиан, а уроженец Земли	
<i>З. Сатмари:</i> Э. Теллер и атомная энергия	
<i>А. Верес:</i> Встреча с Э. Теллерым	
<i>И. Семейей:</i> Десять лет спустя	
<i>Е. Шойол, Э. Тосатти:</i> Патрик Фазекаш, 1945–2007	

ОБУЧЕНИЕ ФИЗИКЕ

<i>A. Patkós:</i> О программе PISA прошедшего года	
Переписка Физического Общества им. Этвеша с Министерством Общественного Образования о рамках обучения	
<i>Л. Фюштёш:</i> Итоги конкурса им. Этвеша 2007. года	

ЛИЧНЫЕ МНЕНИЯ

<i>И. Ловаш:</i> Почему же Э. Теллер не стал премированным нобелевской премии	
-------------------------------------------------------------------------------	--

КНИГИ, ПРОИСХОДЯЩИЕ СОБЫТИЯ

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

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

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

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

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

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

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

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

Fizikai Szemle

MAGYAR FIZIKAI FOLYÓIRAT

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

LVIII. évfolyam

1. szám

2008. január

HAZAJÖTTEM

Nem könnyű megszólalnom, de beszélnem kell. Ez hihetetlen esemény számomra. Mélyen hálás vagyok, egész különösen hálás.

Azzal indultam Magyarországra, hogy itt is azzal foglalkozzam ami engem legjobban érdekel. Hallottam, hogy ez a valami itt nagyon fontos.

A mi századunkban hatalmasan nagy változást jelent, hogy az atomokat megértettük. A fizikából és a kémiából egy tudományt csináltunk. Elvben. Ezt pedig reménységgel kell köszöntenünk. Nem pedig félelemmel, mint azt világszerte sokan teszik. Különösen nekünk a feladatunk, hogy meglássuk az utat, az óvatos utat, ami úgy vezet tovább, hogy félelemre ne is legyen ok.

Amire gondolok most, az természetesen az atomenergia. Tegnap Paksra látogattam. Nincs kétségem, hogy Magyarország számára nagyon fontos az atomenergia, de fontos az egész világnak. Atomenergia nélkül nem szűnhet meg az óriási különbség a hala-



dott és az elmaradott országok között. Az atomenergia révén kilátás nyílik egy harmonikus világ felépítésére. De ez nem megy óvatosság nélkül. Ezen kell munkálkodnunk. Magam is ezen dolgoztam évtizedek óta, mert fontos és mert érdekel. Az energia Magyarország számára nagyon lényeges. Ha nem ijedünk meg, ha értelmesen fogunk dolgozni, akkor e téren Magyarország vezető helyet foglalhatna el a világban.

Hazajöttem. Nagy megrázkódtatás volt számomra. Megkérdezték, hogy mit érzek. Nem tudtam elmondani. Oly sokat érzek, hogy azt most nem tudom szavakba foglalni. Talán két hét múlva majd képes leszek rá. Érzésem egy része a lelkesedés. A nagyobb jövő reménye. Annak a reménye, hogy a magyar szó sokat jelentsen, nemcsak a magyaroknak, de mindenkinek. A modern világ számára különösen fontos vezérlő elv a szó, amely máról holnapra megváltoztathatja, félelmetesen változtatja a világot. De ne változtassa félelmetesen! Változtassa úgy, hogy az emberek sejszék, érezzék, megértsék, hogy félelem nélküli lehet a jövőnk a szónak legszebb értelmében. Köszönöm.

Teller Ede

1990. december 3-án, a Magyar Tudományos Akadémia rendkívüli közgyűlésén *Kosáry Domokos* adta át a tiszteleti tagságot jelentő oklevelet *Teller Edének*, aki a fenti szavakkal köszönte meg a kitüntést. Az írás megjelent a *Fizikai Szemlében* (41/1 (1991) 1).

Alapkérdés

A cikk főcíme egy anekdotára utal. *Teller Ede*, bár fiatal korában elszenvedett balesete következtében műlábat viselt, nem adta fel hegymászási szenvedélyét. Már az 1970-es években történt, hogy egy kiránduláson, ahol feltűnhetek a félelmetes szürkemedvék (*Ursus horribilis*) Teller magához vett egy jókora botot, mondván, hogy majd azzal védekezik a medvék ellen. Egyik kirándulótársa megjegyezte, hogy a bot nem lenne elég hatékony a védekezésre, mire Teller így válaszolt, „Ezt én is tudom, de remélem, hogy a medvék ezt nem tudják.” Ezt a történetet annak illusztrálására szokták elmesélni, hogy Teller a csillagháborús tervet alkalmasnak tartotta a Szovjetunió megfélemlítésére, annak ellenére, hogy tisztában volt a terv megvalósíthatatlanságával. Az anekdota ilyen értelmezése azonban nem teljesen hittel érdemlő, mert Teller valóban hitt a *Ronald Reagan* elnök által 1983 márciusában meghirdetett Stratégiai Védelmi Kezdeményezésben. A következmények fényében azonban meg lehet érteni – erre az alábbiakban visszatérünk –, hogy miért válhatott népszerűvé az említett történet.

Az előbbieket azt is jelzik, hogy Teller nem akármilyen súllyal szerepelt a huszadik század történelmét meghatározó eseményekben. Valószínűleg kevesen vitatják, hogy a század legbefolyásosabb tudósa volt, de abban is széleskörű az egyetértés, hogy személyisége rendkívül ellentmondásos volt. Annak megítélésében, hogy befolyása az emberiség sorsára áldásos volt-e vagy éppen káros és romboló, megoszlanak a vélemények [2]. Van, aki szerint a hidrogénbomba Teller által szorgalmazott és vezetett kifejlesztése a párhuzamosan megvalósított szovjet hidrogénbombával együtt a béke óre volt, és évtizedekre lehetővé tette, hogy a két szuperhatalom sakkban tartsa egymást. A Nobel-díjas fizikus óriás *Isidor Rabi* viszont úgy nyilatkozott, hogy Teller „veszélyt jelent minden számára, ami csak fontos nekünk... Teller nélkül jobb lenne ez a világ... az emberiség ellensége”. *Manfred Eigen* Nobel-díjas kémikus arra hívta fel a figyelmet, hogy „az 1989-es politikai változások után Teller szerepét át kell értékelni annak a hatásnak az ismeretében, amelyet a Szovjetunió megszűnésében jelentett”.

A cikk alapjául a 2008. január 15-én a Honvéd utca és a Szalay utca sarkán álló épület falán (itt laktak Tellerék 1913 és 1926 között) elhelyezett Teller-emléktábla leleplezésénél a szerző által tartott visszaemlékezés és a 2008. január 16-án Magyar Tudományos Akadémia Teller-emlékülésén a szerző által tartott előadás szolgált. A vonatkozó források megtalálhatók a szerző könyvében: Hargittai I. *Az öt világformáló marslakó*. [1] Csak az ezen túlmenő forrásokat adjuk meg tételeken ebben az írásban.

Teller egyik találó mondása szerint a múltat megismerhetjük, de nem változtathatjuk meg (a folytatás, a jövőt nem ismerhetjük, de megváltoztathatjuk).¹ Teller munkásságának megítélésében azonban a múltat még nem tekinthetjük teljesen feltártnak és ezért üdvözölni kell az erről szóló vitákat. Teller megítélése az Egyesült Államokban is változóban van, Magyarországon pedig különösen szükség van munkásságának árnyaltabb áttekintésére. Az előző politikai rendszer által szinte kiátkozott és háborús uszítóként megbélyegzett tudóst az 1990-es évek elején kritikátlanul tekintették a szabadság bajnokának. Teller valóban roppant befolyásos védelmezője volt a Szabad Világnak, de ezt a megállapítást csak körültekintő elemzéssel lehet hittel érdemlően elfogadtatni.

Rövid életrajz

Kezdjük életének rövid áttekintésével. Teller Ede Budapesten született 1908. január 15-én és Budapesten élt 18 éves koráig. Szülőföldje életének első nyolc évtizedében nem volt kegyes hozzá. Bár a nagy hírű Minta (ma Trefort) Gimnáziumba járt, az iskolát nem szerette, kezdetben barátai sem voltak, és tanárai nem értékelték a szokásosnál mélyebb és szélesebb érdeklődését. Egyetemi tanulmányait 17 évesen kezdte a Budapesti Műszaki Egyetemen, de amikor 18 éves lett, Németországba távozott. Ebben szerepet játszott az antiszemitizmus és a jövő kilátástalansága. Édesapja nyomatékosan figyelmeztette: „Magyarországon nincsen számodra hely.” Ha távozásakor Teller nem is volt fizikai létében fenyegetve, elmondható, hogy egy volt azok között a nagy magyar tudósok között, akiket zsidóságuk miatt elűdöztek előbb Magyarországról, majd Európából. Hogy mi várt volna rá, ha Magyarországon marad a Horthy-korszakban és a nyilas uralom idején, arra világosan lehet következtetni abból, ahogyan elpusztították hűgának férjét, nagybátyját és Teller feleségének bátyját, aki a Mintában osztálytársa és egyik legjobb barátja volt; százezrek végeztek Auschwitzban vagy munkaszolgálatban, vagy úgy, hogy beelölték őket a Dunába. A kommunista diktatúra idején, 1951-ben Teller Budapesten maradt

¹ *Orosz István* történész akadémikus hívta fel a figyelmet arra, hogy Tellernek ez a mondása mennyire egybecseng a következő gyönyörű Széchenyi-idézettel, amely szerint „A Mult elesett hatalmunkból, a Jövendőnek urai vagyunk.” (Gróf Széchenyi István: *Hitel. A Taglalat és a Hitellel foglalkozó kisebb iratok*. Szerkesztette Ifj. Iványi-Grünwald Béla, Budapest, 1930, 492. old. [Magyarország Újabbkori Történetének Forrásai]). Orosz professzor elképzelhetőnek tartja, hogy Teller a Minta Gimnázium diákjaként olvashatta Széchenyi *Hitel* című könyvét, amelynek az idézett mondat a zárgondolata.



Teller Ede Göttingenben (LLNL szívésségéből)

családját kitelepítették, és amikor *Sztálin* halála után visszatérhettek, ismét mindenükből kifosztva kellett újrakezdeniük életüket. Teller unokaöccse az 1956-os forradalom nyomán, a család többi tagja 1959-ben hagyta el Magyarországot.

Teller Németországban előbb vegyészmérnökséget tanult, majd *Werner Heisenberg* fizikus doktorandusza lett Lipcsében, és már 22 évesen doktorált. Göttingenben tanított, majd *Hitler* uralomra jutása után előbb Koppenhágába, majd Londonba ment, végül 1935-ben, már mint professzor, Washingtonban kötött ki. Részt vett a Manhattan-tervben és a háborút követően is folytatta tevékenységét Los Alamosban, bár főállásban a Chicagói Egyetemen dolgozott. Vezető szerepet játszott abban, hogy az Egyesült Államok – a Szovjetunióval párhuzamosan – kifejlesztette a hidrogénbombát. Kezdeményezte az Egyesült Államok második fegyverfejlesztési laboratóriumának megnyitását a kaliforniai Livermore-ban. 1954-ben a *Robert Oppenheimer* megbízhatóságát vizsgáló bizottság előtt a Manhattan-terv legendás volt vezetője ellen tett vallomást és ezzel elvesztette az amerikai fizikusok nagy részének barátságát. A Kaliforniai Egyetem professzoraként, majd a Stanford Egyetem Hoover Intézetének főmunkatársaként dolgozott tovább. Egyre nagyobb szerepe lett vezető amerikai katonai és konzervatív politikai körökben, mint befo-

lyásos tanácsadó és mint az úgynevezett csillagháborús terv legismertebb propagálója. Megkapta a legmagasabb amerikai állami kitüntetések és az idősebb *Bush* elnökségének végéig megtartotta befolyását. 2003. szeptember 9-én halt meg.

Nagy tudós

Teller Ede különösen termékeny kutatói pályafutása az 1920-as évek végétől az 1950-es évek elejéig tartott, tehát bő két évtizeden keresztül. Ez alatt az idő alatt sok eredménye született a magfizikában és a fizikai kémiában. A fizikusok körében elsősorban magfizikai eredményei ismertek, de a fizikai kémiában is maradandó eredményei voltak. Ezek közül hármat említ meg. Az 1930-as évek elején tanulmányozta a molekulák belső forgását, vagyis egy atomcsoportnak egy másikhoz viszonyított elfordulását valamelyik kémiai kötés, mint forgástengely körül. Abban az időben általános volt a nézet, hogy az ilyen elfordulás szabadon, akadályozó energiát nélkül történik. Teller és *Bryan Topley* azonban felismerte, hogy már a legegyszerűbb esetben, az etánmolekulában is a két metilcsoport egymáshoz képest történő elfordulásához energiát kell leküzdeni. Ez a felfedezés ösztönzően hatott a további molekulaszervezet-kutatásokra. Másik fontos példa a Jahn–Teller-effektus, amely arra az esetre vonatkozik, amikor nagy szimmetriájú, de elektronszerkezetük miatt instabil molekulák szimmetriacsökkenés révén stabilabbá válnak. E felfedezés jelentősége a korszerű anyagtudományban még ma is egyre nő. A harmadik példa a gázok többrétegű adszorpciójára felállított BET-egyenlet, amelynek névadói (*Stephen*) *Brunauer István*, *Paul Emmett* és Teller. Az egyenlet az effektív felület nagyságának meghatározására szolgál és ma is kiterjedten alkalmazzák. Amikor Teller Edével 1996-ban munkás-

A kémikus (LLNL)



ságáról beszélgettünk, megemlítette, hogy ha valamiért, a BET-egyenletért kellett volna Nobel-díjat kapnia. Igaz, később kérte, hogy a megjelenő interjúból [3] hagyjuk ki ezt a megjegyzését. Ez szokatlan kérés volt Teller részéről, mert általában ragaszkodott ahhoz, hogy megnyilatkozásait szó szerint közöljék, vagy sehogyan sem.

Teller Ede nagy tudós volt, de nem a legnagyobbak között tartják számon. A tudományos kutatók hírneve egyébként is – kevés kivételtől eltekintve – tisztavirág-életű. Ennek alapvető oka, hogy amit az egyik kutató nem fedez fel, azt előbb vagy utóbb valaki más felfedezi, tehát az egyéni dicsőségnek sokkal kisebb jelentősége van, mint például a művészeti alkotásokban. A BET-egyenletet például más kutatók is felállították volna, ha Tellerék ezt nem teszik meg. Tellernek még „szerencséje” is volt a hírnév tartóssága szempontjából, mert sok összefüggésben szerepel a neve. Jellemző, hogy mindig társakkal együtt jelenik meg a Teller név, részben, mert szinte mindig másokkal együtt dolgozott felfedezéseiben, részben pedig azért, mert társai tevékenységét önzetlenül elismerte. A tudományt Teller annyi eredménnyel gazdagította, ami akár több életműre is elegendő lett volna. Azonban, amikor 1990-ben először látogatott haza, az ünneplés elsősorban nem a nagy tudósra, hanem a Szovjetunió ellen vívott hidegháború győzedelmes bajnokának szólt.

Hidrogénbomba

Teller küzdelme a totalitárius hatalmak ellen a 2. világháborút közvetlenül megelőző időben kezdődött. Mint *Szilárd Leó* segítője, szerepet játszott az atombomba lehetőségére az amerikai elnök figyelmét felhívó Einstein-levél létrehozásában. Elszántságának kialakulásában szerepe volt annak a személyes élménynek is, amit *Franklin D. Roosevelt* elnöknek a tudomány és felsőoktatás képviselői előtt tartott beszéde jelentett számára. Erre a beszédre 1940 májusában került sor. Az elnök az emberi jogokról, a demokrácia áldásairól és a tudományos haladásról beszélt. Felhívta a tudomány képviselőit, hogy tegyenek meg mindent a tudomány, a kultúra, az amerikai szabadság és az egyetemes emberi civilizáció védelmében. Teller ekkor úgy érezte, mintha az elnök egyenesen hozzá intézné szavait, és nem mellékes az sem, hogy Teller valószínűleg azon kevesek közé tartozott ezen a több ezres összejövetelen, akik tudtak az atombomba lehetőségéről. Teller úgy érezte, Roosevelt elnök szimbolikusan ekkor jelölte ki számára azt az utat, amelyet a következő évtizedekben bejárt.

Kevesen vannak, akik bírálják azt a szerepet, amelyet Teller az amerikai atombombaprogram elindításában játszott. A témához közelállók nehezményezik viszont, hogy az első atombombák előállításában nem végzett olyan odaadó munkát, mint sokan mások. Ennek az volt az oka, hogy már akkor jobban érdekelt a hidrogénbomba lehetősége.



Andrej Szaharovval, a szovjet hidrogénbomba atyjával, 1988. november (*Physics Today*, 1989. febr.)

Azon kevesek közé tartozott, akik korán felismerték a szovjet agresszió veszélyét, és rögtön a háború befejezése után a nukleáris fegyverek azonnali továbbfejlesztéséért szállt síkra. Ezt azért fontos hangsúlyozni, mert Németország kapitulációját követően az amerikai politikusok és sok fizikus is úgy gondolta, hogy az amerikai atommonopólium még sokáig fenn tartható. Alábecsülték a Szovjetunió mozgósítási elszántságát és a szovjet tudósok képességeit. Teller ebben kivételt képezett *Neumann Jánossal*, *Wigner Jenővel* és *Szilárd Leóval* (!) együtt. Jól ismerték ugyanis a totalitárius rendszerek könyörtelenségében rejlő tartalékokat, és egyúttal nagyra becsülték a szovjet fizikusok tehetségét.

Itt egy pillanatra meg kell állnunk. Felvetődhet a kérdés, hogy ha az Egyesült Államokban hatalmas vita alakult ki a hidrogénbomba kifejlesztését illető morális kérdésekről, akkor feltételezhető-e, hogy a szovjet tudósok fenntartás nélkül támogatták a szovjet hidrogénbomba kifejlesztését? Tudunk legalább egy kivételről; *Lev Landau*, aki Tellernek Lipcsében nemcsak kollégája volt, de barátja is, rabszolgának tekintette magát és csak a kényszer hatására dolgozott a szovjet nukleáris programban. A többséget azonban a beléjük oltott hazafias kötelezettségtudat, a külföldi agresszió veszélye – éppen akkor ért véget a hatalmas szovjet véráldozatokkal járó 2. világháború – mind az odaadó munkára ösztönözte. Az egyik vezető szovjet tudós, a nemrég Nobel-díjjal kitüntetett *Vitalij Ginzburg* visszaemlékezéseiből tudhatjuk, milyen hazafias érzés fűtötte őket ebben a tevékenységben. Ma már Ginzburg azt hangsúlyozza, hogy az emberiség szerencséje, hogy nem Hitler és nem Sztálin jutott először nukleáris fegyverekhez.

Az 1949-ben a nukleáris fegyverekről szóló amerikai vitákban Teller mindenkinél aktívabban küzdött azért, hogy a hidrogénbomba kifejlesztését hivatalosan is gyorsított program keretében valósítsák meg. Az elnöki döntésig sok rétegen keresztül szűrték meg a véleményeket. A vezető fizikusok közelebb voltak a döntéshozáshoz, mint amilyen helyzetben akkor még Teller volt és úgy tűnt, hogy szélmalomharcot vív. Mai szemmel olvasva félelmetesek azok a bizottsági állás-

foglalások, amelyek az amerikai hidrogénbomba megépítése ellen érveltek. Még folytak ezek a viták, amikor kiderült, hogy a szovjetek – ellopott amerikai tervek alapján – már megépítették első, robbantásra alkalmas atomerendezésüket. Ma már azt is tudjuk, hogy saját tehetségükre építve ekkor már a szovjet hidrogénbomba munkálatai is beindultak. Erről azonban sem az amerikai fizikusok, sem pedig az amerikai döntéshozók nem tudtak. Teller erőfeszítéseinek jelentőségét akkor értékelhetjük igazán, ha figyelembe vesszük, milyen fontos és befolyásos személyiségek mennyire elszánt véleményével kellett megütköznie.

Az amerikai Atomenergia Bizottság mellett vezető tudósokból állították fel az Általános Tanácsadó Bizottságot Robert Oppenheimer, a Los Alamos-i laboratórium volt tudományos igazgatójának elnökletével. A tanácsadó testület e témában tartott 1949. decemberi ülésén többségi és kisebbségi vélemény született, és mindkettő ellenezte a hidrogénbomba kifejlesztését. Egy-egy mondatot emelek ki a két véleményből. A többségi vélemény szerint „ha úgy határozunk, hogy nem fejlesztjük ki a szuperbombát [a hidrogénbombát hívták így], különleges alkalmunk lesz a példamutatásra abban, hogy a háború totalitását korlátozzuk...” (kiemelés tőlem). A kisebbségi vélemény szerint, amelyet a 20. század két fizikus óriása, *Enrico Fermi* és Isidor Rabi jegyzett, „helyes lenne felkérni a világ országait, hogy csatlakozzanak hozzánk ünnepeles esküvel, amelynek értelmében nem fejlesztenek ki és nem építenek ilyen fegyvert” (kiemelés tőlem). Az Általános Tanácsadó Bizottság után az Atomenergia Bizottság is – többségi szavazással – elutasította a hidrogénbomba kifejlesztésének gondolatát, és ilyen értelemben adott tanácsot *Truman* elnöknek.²

Az elnök háromtagú tanácsadó testületében azonban – jórészt Teller tevékenységének köszönhetően – már ezzel ellentétes véleményre jutottak. Ebben a testületben csak az Atomenergia Bizottság elnöke szavazott a bomba ellen, a külügyminiszter és a hadügyminiszter mellette foglalt állást. Teller számára is sorsdöntő győzelem volt, amikor az amerikai elnök 1950. január 31-én meghirdette a hidrogénbomba megépítésének programját, majd ugyanaz év márciusában titkos direktívát is kiadott, hogy felgyorsítsa a munkálatokat.

Fontos hangsúlyozni, hogy a tudósok szinte egy emberként siettek Los Alamosba az elnöki hívó szóra, hogy részt vegyenek a programban, függetlenül attól, hogy a vitában melyik oldalon foglaltak állást. A hidrogénbomba kifejlesztésében Teller fizikusként is vezető szerepet játszott, de nem az egyedüli vezető szerepet, mint ahogyan azt itthon sokan feltételezik. A

² Legendák keringenek arról, hogy ezekben a testületekben olyan sok magyar tudós kapott helyet, hogy akár magyarul is folytathatták volna a megbeszéléseket. A valóságban ezeknek a testületeknek 1949-ben még egyetlen magyar tagja sem volt. Neumann János és Wigner Jenő 1952-ben lett az Általános Tanácsadó Bizottság tagja, majd Neumannt 1954-ben kinevezték az Atomenergia Bizottság tagjává. Később, rövid ideig Teller Ede is tagja volt az Általános Tanácsadó Bizottságnak.

termonukleáris reakció gondolatát először Enrico Fermi vetette fel egy Tellerrel folytatott beszélgetésben még 1941-ben. Amikor már huzamosabb ideig úgy tűnt, hogy nincs megfelelő megoldás a hidrogénbomba kivitelezésére, először a lengyel–amerikai matematikus, *Stanislaw Ulam* ötlete volt, hogy a hidrogénbombához használt lítiumdeuteridet lökéshullámokkal kellene összenyomni. A lökéshullámok ilyen alkalmazása azonban bonyolult feladat, mert a hatékonyság érzékenyen függ a lökéshullámok alakjától. Ekkor támadt Tellernek az az ötlete, hogy az anyagot a segéd-atombomba felrobbantásával keletkező sugárzással nyomják össze. Ezt kiszámítani is könnyebb volt, és Teller munkatársai azt találták, hogy sugárzással a kellő mértékben össze lehet nyomni az anyagot [4]. Ma sem teljesen tisztázott Teller és Ulam részesevé a legfontosabb megoldások kidolgozásában, mert a vonatkozó dokumentumok titkosságát mind a mai napig nem oldották fel. Úgy tűnik azonban, hogy Teller sohasem tudta megbocsátani Ulamnak, hogy eredeti ötletével majdnem „elorzta” előle a megoldási kulcs megtalálásának dicsőségét, bár általános az a vélemény, hogy a megoldás döntő részben Teller érdeme volt. Ide tartozik, hogy amikor 1979-ben Tellert infarktus érte, az esetleg reá leselkedő halál tudatában feljegyzést diktált. Ebben azt sugallta, hogy Ulam részvétele a hidrogénbomba kifejlesztésében nem volt fontos [5]. Teller ezután még 24 évet élt, de sohasem változtatta meg ezt a kicsinyes hozzáállását. Hasonlóan lekicsinylően írt egy másik tudósról, a politikai ellenfelének számító és a huszadik század egyik legnagyobb kémikusának tartott *Linus Pauling*ről 2003-ban, ekkor a már valóban bekövetkező halála előtt néhány héttel írt levelében [6]. Egyébként a hidrogénbomba gyakorlati megvalósítását vezető kutató a részben magyar származású *Richard Garwin* volt [7].

A Castle Bravo hidrogénbomba robbantása 1954. február 29-én a Bikini korallzátonynál (<http://nuclearweaponarchive.org>)



Harmadik száműzetés

Teller számára a hidrogénbombáról szóló vita a magányosság kínzó megpróbáltatását is jelentette. Nem először és nem is utoljára tapasztalta meg ezt a magányosságot. Tellerről kétféle, egymástól élesen eltérő kép alakult ki. A nyilvános Teller arrogáns és keményfejű, magabiztos, aki óriási belső tartalékokkal rendelkezik és minden vitát megnyer, amelyben részt vesz. Közlebről megismerve azonban egy másik Teller képe is élénk tárul. Ennek a képnek megfelelően Teller vágyott arra, hogy kortársai elfogadják és elismerjék, mindent megtett azért, hogy a felette állók elégedettek legyenek vele, és tele volt kétségekkel saját magát illetően. Mindezzel nem akarom azt sugallani, mintha Teller személyiségét félreértették volna. Saját eszközeivel is építette ugyanis a szélesebb közvéleményben róla kialakult képet. A Nobel-díjas fizikus *Donald Glaser* egy alkalommal együtt repült Tellerrel és az egész úton kellemesen beszélgettek. Amikor azonban elhagyták a repülőgépet és tömeg vette őket körül, Teller egy pillanat alatt átalakult, hangosan kezdett beszélni és attól kezdve egyértelműen a közönségnek játszott.

Teller szinte kritika nélkül tisztelte a rangban felette állókat és a törvényeket. Ez, legalábbis részben, kedvenc nagyapjának intelmeiből eredt, aki az *Őszöveségre* hivatkozva arra tanította, hogy a törvényeket *fenntartás nélkül* be kell tartani. Ez a tanítás ellentétben volt azokkal a nemes amerikai hagyományokkal, amelyek szerint az ember még parancsra se cselekedjen olyat, ami ellenkezik a lelkiismeretével. Teller ebben az értelemben sohasem vált igazi amerikaiává. Ezért nem vezet kellemes gondolatokra azon elmélkedni, hogy vajon hogyan működött volna Teller, ha a náci hatalomátvételnél nem nyugat felé, hanem keletre veszi útját. Ha kis mértékben is, de volt keleti irányú tudósemigráció szovjet vagy távol-keleti célponttal.

Teller legjobban németországi éve alatt érezte magát, ahol tagja volt a német fizikusok – akkor a világ vezető fizikusai – közösségének és a német kultúrát is magáénak mondhatta. Ugyancsak jól érezte magát a George Washington Egyetemen az 1930-as évek második felében, ahol *George Gamow*val együtt felvirágoztatták a fizika tanszéket és minden évben konferenciára gyűjtötték maguk köré a legjobb elméleti fizikusokat. Tellert ekkor még mindenki segítőkésznek ismerte és olyannak, akit őszintén érdekel mindenki más problémája is, nemcsak a magáé.

A Manhattan-terv idején Los Alamost nem tudta megszeretni, mert sok nála fontosabb fizikus társaságában számára csak másodrendű szerep jutott, amit nem is vállalt. Csak kis mértékben vett részt az atombomba munkálataiban, és néhány munkatársával már akkor is a hidrogénbombán dolgozott. Nem volt jobban a tudományos igazgató Robert Oppenheimerrel, de tiszteletben tartotta véleményét. Oppenheimer beszélte le Tellert 1945 júliusában arról, hogy aláírja az atombomba bevetése ellen tiltakozó petíciót. Eb-



Robert Oppenheimer Richard Groves tábornokkal a Trinity kísérleti telepen, 1945. július (LANL)

ben az időben vizsgáztatást Neumann János látogatásai jelentettek számára. A háborút követően, mivel nem látta biztosítottak a Los Alamosban folyó munka intenzív folytatását, elfogadta a Chicagói Egyetem professzori kinevezését. Többé azonban nem tért vissza a háború előtti idők békés élete, mivel egyre inkább bekapcsolódott a politikába. A hidrogénbomba megvalósításán kívül meghatározó szerepe volt a második amerikai fegyverfejlesztő livermore-i laboratórium létrehozásában.

Végül Teller az Oppenheimer 1954-es biztonsági meghallgatásában játszott szerepéért maradt végletesen magára. El is háríthatta volna a tanúvallomást, vagy beszélhetett volna Neumannhoz hasonlóan diplomatikusan. Ehelyett vallomásában egyértelművé tette, hogy – az egyébként valóban ellentmondásos viselkedésű – Oppenheimert biztonsági kockázatnak tartja. Nem sokkal később, a fizikusok körében legnagyobb tekintélynek örvendő Isidor Rabi nyilvánosan utasította el Teller kézfogásra nyújtott kezét és gúnyosan gratulált Tellernek úgy mond „ragyogó” tanúvallomásához, amellyel ravasz módon egyértelművé tette Oppenheimer megbízhatatlanságát. Ez a negatív gesztus jelezte Teller harmadik száműzetésének kezdetét. A magyarországi, majd németországi száműzetés után ebben az esetben Teller saját magatartása okozta ezt a harmadik, és az előbbieknél fájdalmasabb kirekesztést.

Tellert élete végéig elkísérte az Oppenheimer-ügyben tett vallomásának negatív megítélése. Emlékírtaiban [8] megpróbálta más fényben feltüntetni mindazt, ami történt, de utólagos véleményére egyértel-

műen rációfól az általa pontosan idézett vallomás. A tanúvallomásban arra a kérdésre, hogy Oppenheimert biztonsági kockázatnak tartja-e, a következőt válaszolta: „...úgy érzem, hogy országunk létfontosságú érdekeit szívesebben látnám olyan valakinek a kezében, akit jobban értek, és akiben, ennek megfelelően, jobban megbízom”. Egy hasonló kérdésre a tanúvallomás egy későbbi részében Teller ezt válaszolta: „Amennyiben a kérdés a bölcsességre és az ítélőképességre vonatkozik, akkor az 1945 óta tanúsított cselekedetei alapján azt mondanám, hogy helyesebb lenne a biztonsági igazolást megtagadni.”

Emlékirataiban Teller azzal magyarázza állásfoglalását, hogy meggondolatlan volt. Ismeretes azonban Tellernek az FBI előtt tett korábbi vallomása, amelyben hasonlóan vélekedett, tehát nehéz lenne elfogadni azt a védekezést, hogy a pillanat hatása alatt mondott olyat, amit nem gondolt alaposan végig. Őszintébbnek hangzik az, amit barátjának és korábbi tanítványának, a később Nobel-díjjal kitüntetett *Maria Goepfert-Mayer*nek írt saját gerincére vonatkozóan, nem sokkal az Oppenheimer-meghallgatás után: „Úgy tűnik, hogy eddig jól megvoltam nélküle. Most olyan fájdalmat érzek, amely a kifejlődésével lehet kapcsolatban. Azon is töprengök, vajon a gerincem a jó irányban növekszik-e?” Ezeket a fájdalmas, szinte önkínzó szavakat olvasva fogalmat nyerhetünk Teller önmagával szemben érzett kétségeiről.

Már említettem Teller magányosságát a hidrogénbombáról folytatott kezdeti viták idején. Ha valaki megérthette e magányosság súlyát, az Szilárd Leó volt; arra az időre emlékeztette, amikor ő maga elindult az amerikai vezetést figyelmeztető Einstein-levél megszervezésének útján. Szilárd az 1949-es vitákat idézte fel egy 1954-ben elmondott előadásában. A következő kérdést tette fel, „Hogyan történhetett meg, hogy Amerika majdnem elvesztette a hidrogénbombaért folytatott versenyt?” Szilárd szerint, ha Teller nem lett volna, akkor a dolgok tragikusan alakulhattak volna. Hozzátette azonban, hogy a hidrogénbomba amerikai kifejlesztésére csak egyetlen mentség lehet, mégpedig az, hogy ezzel akadályozzák meg a hidrogénbomba bárki más által történő bevetését. Ez a kívánság azután a Kölcsönösen Garantált Megsemmisítés

Kennedy elnök látogatása a Lawrence Livermore Nemzeti Laboratóriumban, 1962. (LLNL)



(*Mutually Assured Destruction, MAD*) politikájában öltött testet, ami azt jelentette, hogy a két szuperhatalom hidrogénbombákkal tartotta sakkban egymást. Egyébként Albert Einstein már 1945-ben felismerte a nukleáris fegyverek jelentőségét a béke megőrzése szempontjából, amikor kijelentette, hogy az atomenergia rákényszerítheti az emberiséget arra, hogy rendbetegye nemzetközi kapcsolatait.

Azzal párhuzamosan, hogy Teller kiszorult az amerikai fizikusok közösségéből, egyre inkább része lett az amerikai fegyveres erők és a hadiipar vezető köreiből. A kutatók szokásos, tekintélyt nem tisztelő és kételkedő környezetéből olyan közegbe került, amelyben már nem számíthatott arra, hogy ötleteit és meggondolásait kritikusai nagyító alatt ízekre szedik és megbírálják. Ez Teller számára kétszeres csapdát jelentett. Nem voltak intellektuálisan egyenrangú vitapartnerei és kutatótársai, viszont olyanok vették körül, akik a szolgálati hierarchia szabályai szerint kritikátlanul jártak el vele kapcsolatban. Mindez a Stratégiai Védelmi Kezdeményezés (*Strategic Defense Initiative, SDI*), közismertebb nevén csillagháborús terv tája során tragikus következményekkel járt. Teller akkor már nem tudományos alaposágú érveléssel, hanem a propaganda eszközeivel, alaptalan ígéretekkel és tekintélyelvű döntésekkel operált. Teller befolyása nemcsak azokban az években érvényesült, amikor a hozzá politikailag közelebb álló republikánusok voltak hatalmon, hanem a demokrata adminisztrációk idején is. *Johnson* elnök adott a szavára, *Kennedy* elnöknek pedig komoly ellenállást jelentett mindaz, amit Teller képviselt a kísérleti atomrobbantások leállításával kapcsolatos vitákban. Akár barát volt Teller, akár ellenfél, egyre kevésbé lehetett megkerülni a legfontosabb nemzetbiztonsági ügyekben.

Csillagháború

Jogosnak tűnik az a vád, amely szerint Teller a csillagháborús tervet „becsempészte” a Fehér Háza a helyett, hogy elképzeléseit a szokásos tudományos vitáknak tette volna ki. Ugyanakkor az is igaz, hogy a hidrogénbombáról szóló vitákban keserű tapasztalatokat szerzett tudóstársai naivitásáról és a szovjet politikával kapcsolatos túlzott jóhiszeműségéről. Reagan elnök 1983. március 23-án mondta el emlékezetes beszédét a csillagháborús tervről. Az egyenes adásban közvetített eseményen jelen volt Teller is sok más híres kutatóval együtt. Köztük volt *Charles Townes*, a lézer Nobel-díjas társfelfedezője, mert a nagy hatékonyságú röntgen-lézereknek fontos szerepet szántak az ellenséges rakéták megsemmisítésében. A következő években azonban a csillagháborús terv tudományos koncepcióját többször is meg kellett változtatni, mivel az előző, biztosnak kikiáltott megoldásokról sorra kiderült, hogy nem lehet őket megvalósítani. Ezekben az években Teller inkább egy fantasztikus elképzelés szinte gátlástalan propagálójaként lépett fel, semmint meggondolt és szkeptikus tudós.

A csillagháborús terv védelmezői szeretik Reagan elnök 1983-as beszédét Roosevelt elnöknek a Manhattan-terv elindítására vonatkozó utasításához, valamint Truman elnöknek a hidrogénbomba kifejlesztésére vonatkozó 1950-es döntéséhez hasonlítani. A különbség azonban két szempontból is jelentős. Az 1983-as világpolitikai helyzet nem hasonlítható sem a 2. világháborús körülményekhez, sem pedig a hidegháború egyik legkritikusabb szakaszához. Másrészt a hidrogénbombára vonatkozó döntést megelőzően, 1949-ben lezajlott elkeseredett viták nem tartották vissza az eredetileg a bomba ellen állást foglaló legkiválóbb tudósokat attól, hogy az elnöki döntés nyomán 1950-ben azonnal és minden kényszer nélkül csatlakozzanak a programhoz. A csillagháborús tervben való részvételtől viszont az 1980-as években nagyon sok kutató – országos méretű mozgalom keretében – távol tartotta magát az Egyesült Államokban.

A tudományos kudarcok ellenére a csillagháborús terv politikai és általános katonai koncepciója az idők során nem változott. Reagan elnök azt hirdette, hogy a kölcsönös garantált megsemmisítés helyett a valóban vonzó hangzó garantált túlélést kell megvalósítani. Ennek megfelelően a védelmi hadászatra helyezte a hangsúlyt a támadó, visszacsapást biztosító fegyverkezés helyett. A MAD politikája azonban – bármilyen rettenetesnek hangzik is – évtizedekre biztosította a két szuperhatalom közötti békét. Ennek megfelelően a Szovjetunió joggal tekintett úgy a csillagháborús tervre, mint a *status quo* felrúgására. Ez annál is inkább így volt, mert az 1980-as évek közepére a Szovjetunió már nem lett volna képes hasonló programot megvalósítani. Mindazokban a technológiákban, az elektronikában, komputerizálásban és a miniaturizálásban, amelyek a csillagháborús terv alapját képezték, óriási volt az elmaradása. Ennek nem a tudományos kutatásokban való elmaradás volt az oka, hiszen a szovjet fizikusok több, Nobel-díjjal is kitüntetett felfedezést tettek ezekben az években. Inkább az volt az ok, hogy nem alakultak ki a tudományos eredmények technológiai alkalmazásának módszerei és útjai. A korábban bevált recept szerint az életszínvonal további csökkentését már nem lehetett volna magas színvonalú hadászati technológiákra átváltani, arról nem is beszélve, hogy az életszínvonalat már nemigen volt hová csökkenteni.

Az előbbieket magyarázzák azt, hogy miért volt *Mikhail Gorbacsov*, a Szovjetunió elnöke, olyan ellenséges a csillagháborús tervvel szemben, annak ellenére, hogy az amerikai tudományos körök reménytelennek tartották a megvalósítását. *Robert M. Gates* jelenlegi hadügyminiszter, a CIA egykori vezetője a helyzetet – indokolt iróniával – a következőképpen jellemezte: „A többséget alkotó szkeptikusok mellett, akik nem tartották megvalósíthatónak a védelmi ernyő kifejlesztését, volt két kis csoport, amelyek azt lehetségesnek tartották. Az egyik csoportba Ronald Reagan és tanácsadói tartoztak, a másik csoportot a szovjet vezetés alkotta.” [9] A Szovjetunió egyszerűen nem kockáztathatta meg, hogy felkészületlen legyen egy eset-

leg mégis megvalósuló vagy részben megvalósuló SDI esetére. Ezért jött elő a szovjet vezető egy szinte hihetetlen javaslattal az amerikai elnökkel való találkozóján Reykjavíkban, 1986 októberében. Gorbacsov felajánlotta Reagannek, hogy kölcsönösen szereljék le az összes támadó fegyvert és cserébe azt kérte, hogy az SDI-t ne engedjék ki a laboratóriumi kísérletek szintjéről és ne valósítsanak meg belőle semmit a gyakorlatban. A szovjet javaslat az SDI hatalmas sikerét jelentette függetlenül attól, hogy az SDI egyáltalán megvalósítható lett volna, vagy sem. Az évszázad eseménye és eredménye lett volna a támadófegyverek teljes megsemmisítése, arról nem is beszélve, hogy ezzel többszörösen megtérültek volna az SDI-ba már befektetett dollármilliárdok.

Reagan elnök azonban nem fogadta el Gorbacsov javaslatát. Azt mondhatjuk, hogy az amerikai vezető az egész Földgolyó sorsával hazardírozott. Azt is hozzá kell tennünk azonnal, hogy a további események őt igazolták és Reagan megnyerte ezt a rettenetes játszmát, amelynek a végén a Szovjetunió összeomlott. Olyan mértékben, amilyenben az SDI hozzájárult ehhez a folyamathoz, elmondható, hogy a befektetés így is megtért, és ez azt is jelenti, hogy Teller nem csekély szerepet játszott a Szovjetunió szétesésében. Szeretném tehát hangsúlyozni, hogy meg kell különböztetnünk a csillagháborús terv jogos kritikáját a csillagháborús terv pozitív hozadékatól!

A szovjet vezetés tisztában volt Teller szerepével és jelentőségével. A szovjet sajtóban könyörtelen (és természetesen értelmetlen) hadjáratot folytattak ellene. Amikor az 1987-es washingtoni csúcstalálkozó alkalmával Reagan elnök fogadást adott a Fehér Házban és bemutatta Tellert Gorbacsovnak, a szovjet vezető tüntetően nem fogadta el az idős fizikus kézfogásra nyújtott kezét. Amíg 1954-ben Rabi hasonló gesztusa megalázó volt Teller számára, most Gorbacsov magatartását joggal tekinthette elismerésnek.

A bevezetőben említett anekdota a szürkemedvék elleni védekezésre hatástalan furkósbotról azt sugallná, hogy Teller tisztában volt azzal, hogy a csillagháborús terv akkor is hasznos lesz, ha nem működik,

Reagan elnökkel, a Stratégiai Védelmi Kezdeményezés meghirdetéseivel (LLNL)





Egész életében tanított, akár egyetemistákat Berkeley-ben... (LLNL)

mert meg lehet vele zsarolni a Szovjetuniót. Azonban ez a hasonlat minden jel szerint sántít. Az igaz, hogy Teller tett mások szemében irreálisnak tűnő bombasz-tikus ígéretekkel és minden különösebb magyarázat nélkül cserélték ki az egyik hangzatos nevű koncepciót egy ugyancsak hangzatos nevű másik koncepcióval. Az őt közlő ismerők szerint azonban Teller mélyesen hitt a csillagháborús terv megvalósíthatóságában. Általában jellemző volt rá, hogy ha egy elképzelést ki lehetett gondolni, akkor nem fogadta el, hogy a megvalósítást technikai akadályok megghiú-síthatnák. Ebben az esetben tehát nem cinizmusról, hanem szinte vakhítről kell beszélnünk.

Utóélet

Rövid néhány évvel Teller emlékiratainak megjelenését követően és már Teller halála után látott napvilágot *Peter Goodchild Edward Teller: The Real Dr Strangelove* című könyve [10]. Nem ez volt az első eset, amikor Tellert Dr. Strangelove-hoz hasonlították. A kifejezés *Stanley Kubrick* 1964-es filmjére utal, amelynek címe a következő volt: *Dr. Strangelove or: How I Learned to Stop Worrying and Love the Bomb*. A film a nukleáris megsemmisülésről szól, központi figurája pedig a háborús tervektől megrészegült, mindent elpusztítani akaró, volt náci, Dr. Strangelove. Mai ismereteink fényében különösen igazságtalan lenne Tellernek a hidrogén-bombával kapcsolatos vitákban játszott szerepét hábo-rús uszításnak tekinteni, hiszen éppen az ellenkező hatást érte el az amerikai hidrogénbomba megteremtése. Ex-náci pedig semmiképpen sem lehetett. Teller szereplése a csillagháborús terv körül kialakult vitákban már inkább ad okot kétségekre, de azokra jóval a film elkészülte után került sor. Dr. Strangelove megjelenésével más hírességeket is kapcsolatba hozták, és valószínű, hogy Kubrick a figurát több közszereplő tulajdonságait és cselekedeteit ötvözve alakította ki.

Teller mindenesetre még halála után is sokat szerepel különböző kérdésekben és hipotézisekben. Egy példát említek itt meg, amire a fentiekben közvetve



akár érdeklődő iskolásokat Mátraderecskén (PA Rt)

már utaltam. A *Japan Times* 2007. augusztus 14-i számában megjelent egy cikk a 2. világháború idején megvalósított japán atombombaprojektről [11]. Természetesen jól tudjuk, hogy a próbálkozás sikertelen volt, de még így is érdekesek lehetnek a részletek. A cikket annak nyomán írták, hogy megjelent a projekt egykori vezetője, *Yoshio Nishina* iratainak és levelezésének gyűjteménye. A cikk említi egy 1933. április 21-i keltezésű levelet, amelyet egy német fizikus írt Nishinának és amely szerint Edward Teller azt remélte, hogy a náci Németországból történő elmenekülése

A Paksi Atomerőműben (PA Rt)



után Japánban dolgozhat tovább. A cikkben nincs információ a német fizikus kilétéről és ilyen törekvésekről Teller emlékiratai sem tesznek említést. Azonban, mivel az emlékiratokból bizonyos más fontos tények is hiányoznak, az ilyen hiányt még nem tekinthetjük megbízható cáfolatnak.

A cikk és az idézett levél felvetését könnyen tekinthetnénk irreálisnak, de a cikkíró szerint is fontos körülmény, hogy a szóban forgó időben Japán még nem volt tagja – az akkor még csak Németországból és Olaszországból álló – Tengelynek. Érdeemes azt is megjegyezni, hogy ugyanakkor, amikor a Kaliforniai Műegyetem az 1920-as évek végén először kezdte hívni Kármán Tódort, Kármán Japánból is kapott meghívást, amit végül el is fogadott. Saját maga is elismerte később, hogy látogatása során fontos japán repülőgép-fejlesztésekhez adott hatékony segítséget. Az újságíró felteszi a kérdést, hogy vajon Teller csatlakozása Nishina csoportjához jelenthette volna azt, hogy a japánok *elsőknek* építsenek atombombát? Bár válaszunk erre a kérdésre különösebb megfontolás nélkül is tagadó, érdemes egy kicsit elgondolkozni róla. A japán program, Teller és mások részvételétől függetlenül, nem kezdődhetett volna 1939 előtt, hiszen szükség volt hozzá arra, hogy felfedezzék a maghasadást. 1939 után viszont már nem lett volna Japánban elegendő idő és erő ahhoz, hogy előbb elkészüljenek a bombával, mint az Egyesült Államok. Természetesen alakulhattak volna a történések másként is. A maghasadást már 1934-ben felfedezhette volna Enrico Fermi, mint ahogy a jelenség egyik kísérletükben ott is volt, csak félreértelmezték. Szilárd, aki ugyancsak 1934-ben megsejtette a nukleáris láncreakciót, szintén eljuthatott volna annak megállapításához, hogy erre az urán alkalmas, csak nem vitte véghez a szükséges kísérleteket. Nem véletlenül vetette fel Szilárd, hogy a vonatkozó mulasztásokért Fermi is és Szilárd is Béke Nobel-díjat érdemelt volna. Ha a maghasadást már 1934-ben felfedezik, akkor a japánoknak több idejük lett volna a sikeres projekthez, míg a nyugati demokráciák minden valószínűség szerint késlekedtek volna egy ilyen vállalkozás beindításában. Viszont valószínű, hogy ha már 1934-ben felcsillant volna az atombomba reális lehetősége, akkor a náci Németország sokkal nagyobb elszántsággal vetette volna bele magát az elkészítésébe, mint ahogy azt később, már a háború idején tette. Ennek megfelelően megintcsak nem valószínű, hogy Japáné lett volna az elsőség.

Visszatérve Teller Ede működésének jelentőségére, összefoglalóan megállapíthatjuk, hogy a hidegháború korszakában az amerikai hidrogénbomba kifejlesztésében való meghatározó jelentőségű közreműködésével fontos szerepe volt a béke fenntartásában. A csilagháborús terv propagálásában játszott szerepét negatívnak is lehet értékelni, de következményeiben hozzájárult a Szovjetunió széteséséhez és ezzel Kelet-Közép-Európa, beleértve Magyarország függetlenné válásához. Értékelését talán a neki tulajdonított szavakkal jellemezhetjük legjobban, amelyek szerint „minden eszközzel védelmezte a szabad világot”. A

fentiek fényében megérthetjük, miért fogalmazta meg a huszadik század egyik legsokoldalúbb, nagytekinthető fizikusa, *John A. Wheeler*, Tellerről kialakított véleményét a következőképpen: „a taktikáját illetően eltért a véleményünk, de a céljait illetően soha”.

Köszönetnyilvánítás

Megköszönöm *Orosz István* akadémikusnak a Széchenyi-idézetet és a pontos hivatkozást, *Kármán Tamás* szerkesztőnek a címhez adott ötletet és *Jeff Schawland* alezredesnek a *Robert Gates* idézetet.

Irodalom

1. Hargittai I.: *Az öt világformáló marslakó*. Vince Kiadó, Budapest, 2006, és az ott közölt források.
2. Hargittai M., Hargittai I.: Tudósok Tellerről. *Magyar Tudomány* (2003) 1547–1553.
3. Hargittai I., Hargittai M.: Találkozások Heisenberggel, Landauval, Paulinggal és másokkal (beszélgetés Teller Edével és feleségével). *Fizikai Szemle* 48/1 (1998) 21–26.
4. Hargittai I.: Az utolsó hajó Lisszabonból: Beszélgetés Lax Péterrel. *Magyar Tudomány* (2007) 1466–1479.
5. Hargittai M., Hargittai I.: Teller Ede a halál árnyékában. *Magyar Tudomány* (2005) 1001–1009.
6. Hargittai I.: Utolsó levélváltásaim Teller Edével. *Magyar Tudomány* (2003) 1554–1558.
7. I. Hargittai, M. Hargittai: *Candid Science VI: More Conversations with Famous Scientists*. Imperial College Press, London, 2006, pp. 480–517.
8. Teller Ede emlékiratainak magyar fordítása: *Huszedik századi utazás tudományban és politikában*. Huszedik Század Intézet/Kairosz, Budapest, 2002 (a magyar kiadásban, sajnálatosan, lehangyatták a társszerző, Judith Shoolery nevét).
9. R. M. Gates: *From the Shadous: The Ultimate Insider's Story of Five Presidents and How They Won the Cold War*. Simon and Schuster, New York, 2006, p. 263.
10. P. Goodchild: *Edward Teller: The Real Dr Strangelove*. Weidenfeld and Nicolson, London, 2004.
11. Hiroki Sugita (Kyodo News), *Japan Times*, 2007. augusztus 14.



(PARI)

EGY MARSLAKÓ, DE NEM A FÖLDÖN KÍVÜLRŐL!

Bencze Gyula

KFKI Részecske és Magfizikai Kutatóintézet

Teller Ede nevét Magyarországon még az is ismeri, aki az iskolában nem jeleskedett fizikából. Neve hallatán minden vetélkedő műsorban azonnal rávágják a művelt állampolgárok, hogy „a hidrogénbomba atyja”. Csak kevesen tudják, mivel is foglalkozott, és hogy fizikusnak is kiemelkedő volt. Szakmai pályafutása két különálló, de egymással szorosan összefüggő szakaszra osztható. Az első szakaszban, nagyjából 1928 és 1952 között, munkásságában a tudományos kutatás dominált. A második részben, amelyben nagy szerepet játszott a maghasadás 1939-ben történt felfedezése, érdeklődése középpontjába a fizika védelmi célokra történő felhasználása, valamint a Livermore Laboratórium 1952-beli megalapítása és kutatási profiljának kialakítása került. E rövid megemlékezés ezt a két szakaszt igyekszik áttekinteni.

A fizikus Teller Ede

Teller tanulóévei jelentős részét (1917–1925) a Trefort utcai Minta-gimnáziumban töltötte, amely akkoriban egyike volt a legjobb budapesti középiskoláknak. Kiemelkedő képességei már korán megmutatkoztak, mivel 1925-ben fizikából és matematikából is megnyerte a Eötvös-versenyt, matematikából harmadmagával.

Teller apai tanácsra a karlsruhei műegyetemen kezdte meg tanulmányait 1926-ban, és vegyész-mérnöknek készült. Érdeklődése azonban a fizika felé vonzotta, ezért két év után átiratkozott a müncheni egyetemre, ahol a híres *Arnold Sommerfeld* professzor dolgozott. Itt érte egy szerencsétlen közlekedési baleset, amelynek során egyik lábfejét elvesztette. Felépülése után a lipcsei egyetemen folytatta tanulmányait.

Teller Ede tudományos pályafutásának kezdete arra a időszakra esett amikor a kvantummechanika forradalma már lezajlott, és annak eredményei, valamint új szemléletmódja a fizika és a kémia különböző területein izgalmas és ígéretes távlatokat nyitottak.

A lipcsei egyetemen *Werner Heisenberg* irányítása alatt 1928-ban kezdte el kutatómunkáját, és 1930-ban benyújtott doktori disszertációjában a hidrogénmolekula-ion szerkezetének és gerjesztett állapotainak leírására alkalmazta a kvantummechanikát [1]. Teller érdeklődési köre azonban igen széles volt, és egyaránt foglalkoztatta a szabad elektrongáz diamágneses szuszceptibilitásának problémája, valamint a hang diszperziójának elmélete is, amely témakörben *Lev Landau*val közös cikket is publikált egy szovjet fizikai folyóiratban [2].

Az írás a 2008. január 16-án a Magyar Tudományos Akadémián megrendezett Teller-emlékülésen elhangzott előadás rövidített és módosított változata.

A magfizika iránti érdeklődését *George Gamow* keltette fel, akit 1935-ben követett az Egyesült Államokba a George Washington Egyetemre. Az itt töltött egy évtized alatt teljesedett ki Teller életműve a magfizika témakörében, és születtek meg legfontosabb magfizikai eredményei.

Teller *Memoárjában* erről a periódusról a következőképpen emlékezik meg: „1935-ben a kvantummechanika még újdonság volt az Egyesült Államokban. Fő feladatom előadások tartása volt a témakörben, hasonló ahhoz, amelyet a University College-ben tartottam; olyan kevés matematikát használtam amennyit csak lehetett...”

Gamow azért választott engem a George Washingtonra, mert jó másodhegedűs voltam: a legőrültebb ötleteit is figyelmesen végighallgattam. *Betbe* leki-csinyló volt vele, *Placzek* mindig félbeszakította őt, hogy hagyja abba, én sokkal kezelhetőbb ellenfél voltam.” ([3] 123. old.)

Teller Ede legfontosabb magfizikai tárgyú kutatásait az alábbiakban lehet röviden összefoglalni:

1. A béta-bomlás elmélete, „spin-flip” folyamatok és új kiválasztási szabályok, „Gamow–Teller-átmenetek” [4].
2. Neutronok szóródása hidrogénen [5].
3. Termonukleáris reakciók hatáskeresztmetszetének energiafüggése [6].
4. Müonok befogása és bomlása anyagban [7].
5. Atommagok dipól óriásrezonanciái [8].
6. A d+d reakció elméleti vizsgálata [9].
7. Az elemek keletkezése csillagokban [10].

George Gamow



A béta-bomlás elméletének kidolgozása *Fermi* névéhez fűződik (1934), aki feltételezte, hogy az elektron és a neutrínó nincs jelen az atommagban, csak a bomlás során keletkezik. Míg az atommag dinamikáját az erős nukleáris kölcsönhatás szabja meg, a bomlásért egy gyenge kölcsönhatás felelős, amelyet a bomlás leírásánál perturbatív módon lehet tárgyalni. *Fermi* eredeti megfogalmazásában a bomlási folyamatban az atommagok spinje nem játszik szerepet, ezért az átmenetknél az atommagok spinje nem változhat meg. *Gamow* és *Teller* felvetették annak lehetőségét, hogy a bomlási folyamat közben „spin-flip” is lehetséges, ez a körülmény pedig kibővítette a bomlási folyamatok lehetőségét.

A *Gamow*–*Teller*-átmenetek új kiválasztási szabályokat hoztak magukkal, ez pedig lehetővé tette egy sor olyan kísérleti adat kielégítő értelmezését is, amely nem illett bele a *Fermi*-féle eredeti elméleti keretbe. *Gamow* és *Teller* 1936-ban publikált cikke [4] fontos lépés volt abban a folyamatban, amely lehetővé tette a gyenge kölcsönhatás természetének a megértését és elvezetett végül a gyenge és elektromágneses kölcsönhatás *Glashow*, *Salam* és *Weinberg* által kidolgozott egyesített elméletéhez.

Teller sokirányú érdeklődését jelzi, hogy nagyjából egyidőben a termonukleáris reakciók hőmérsékletfüggésének szerepét is tanulmányozta *Gamow*-val a csillagok energiatermelésében, a fiatal (későbbi Nobel-díjas) *Julian Schwinger*rel pedig alacsony energiájú neutronok szórását vizsgálta fázisanalízis segítségével molekuláris hidrogénen. [5, 6]. Ezen vizsgálatok célja a nukleon–nukleon kölcsönhatás spinfüggésének felderítése volt, amely az orto- és para- (hidrogén) állapotokon való szórás révén tanulmányozható.

Később egy kis kitérőt tett a részecskefizika területére is. *Fermi*vel és *Weiskopf*ffel közösen publikált cikkeiben a mezonok anyagban történő lassulását és azt követő bomlását vizsgálva kimutatta, hogy a müon nem lehet azonos a *Yukawa* által feltételezett π -mezonnal, az erős kölcsönhatást közvetítő részecskével [7, 11].

Teller továbbra is figyelemmel kísérte és kihívásként kezelte a magfizika aktuális problémáit, különös tekintettel a kísérletek által felvetett kérdésekre. 1937-ben *W. Bothe* és *W. Gentner* 17 MeV energiájú fotonokkal kiváltott, úgynevezett fotonukleáris reakciók gerjesztési függvényét vizsgálva azt találta, hogy abban magas, 15–30 MeV energiánál széles, rezonancia-szerű csúcsok jelennek meg. A mért hatáskeresztmetszetek több nagyságrenddel nagyobbak voltak, mint az a korabeli elméleti elképzelések szerint várható volt. 1947-ben *G.C. Baldwin* és *G.S. Klaiber* (γ, f) reakciók hatáskeresztmetszetében találtak is ilyen rezonanciákat. Az óriásrezonanciákat később aztán töltött részecskés reakcióknál is azonosították, ahogy nagyobb energiájú részecskényalábok is elérhetővé váltak a kísérletezők számára.

A jelenség magyarázatára *Goldhaber* és *Teller* újszerű elképzeléssel állt elő [8]. Feltételezték, hogy a mag protonjai és neutronjai kétféle folyadékként dipólrezgéseket végeznek egymással azonos vagy ellentétes fázis-

ban mozogva. A feltevés szerint a proton- és neutronfolyadék az oszcilláció során megőrzi gömbszimmetrikus alakját és súrlódásmentesen áthatol egymáson. A főképpen egyszerű kvalitatív megfontolásokon alapuló *Goldhaber*–*Teller* féle hidrodinamikai modell helyesen reprodukálta a rezonancia gerjesztési energiájának az A tömegszámától való függését:

$$E_{\text{gerj}} = 34 A^{-1/6} \text{ MeV.}$$

Ez az eredmény azt mutatja, hogy *Goldhaber* és *Teller* a jelenség lényegét helyesen ragadta meg, nevezetesen hogy az óriásrezonancia a protonok és neutronok kis amplitúdójú, koherens oszcillációjával jön létre. Az óriásrezonanciák későbbiekben kidolgozott mikroszkopikus elmélete szerint a rezonancia a héjmodell keretében egyszerű részecske–lyuk gerjesztések koherens szuperpozíciójaként jön létre, és minden magban megtalálható.

A nukleon–nukleon kölcsönhatás részletes tulajdonságainak vizsgálata a 40-es évek végén is a figyelem középpontjában volt, ebből természetesen *Teller* sem maradhatott ki. *Konopinski*vel közös vizsgálataiban a $d+d$ reakciót tette vizsgálat tárgyává [9]. Az eredményekről készült cikk érdekessége, hogy a reakciót jellemző megfigyelhető mennyiségekből igyekezett következtetést levonni a $d-d$ effektív kölcsönhatás tulajdonságaira vonatkozóan – mindezt jó tíz évvel *Feshbach* projekciós operátor módszerének, valamint majd húsz évvel az N -test probléma egzakt *Jakubovszkij*-féle integrálegenleteinek megszületése előtt.

Feltétlenül figyelmet érdemel még *Teller* és a későbbi Nobel-díjas *Maria Goepfert-Mayer* munkája az elemek eredetéről [10]. A különböző elemek gyakoriságára vonatkozó kísérleti adatok arra utalnak, hogy a könnyű és nehéz elemek más-más mechanizmussal jönnek létre. A cikk a nehéz elemek eredetét vizsgálja azzal a feltételezéssel, hogy a neutronban igen gazdag magfolyadékból – „polineutron” – jönnek létre maghasadással. Ez a neutronfolyadék spontán nem bomlik, méretére vonatkozóan azonban az egyetlen feltevés, hogy nem haladhatja meg a csillag méretét, amelyben az elemek eloszlását vizsgálják. Néhány egyszerűsítő feltevés mellett a $62 \leq Z \leq 78$ tartományra végeztek modellszámításokat. Érdekes megjegyezni, hogy néhány évtizeddel később, a sokrészecske-probléma egzakt matematikai elméletének kidolgozása után felvetődött a kérdés, hogy vajon létezik-e multineutron – több neutronból álló rendszer kötött állapota – annak ellenére, hogy a neutron–neutron kölcsönhatás nem elég erős kéttest kötött állapot létrehozására. *Alfred Ivanovics Baz* és munkatársai a Kurcsatov Intézetben a kérdést az úgynevezett K -harmonikusok módszerével vizsgálva arra a félkvantitatív következtetésre jutottak, hogy ha létezik is ez a rendszer, legalább 100 neutronból kell állnia [12].

Teller Ede magfizikai munkásságát összegezve látható, hogy figyelme középpontjában mindig aktuális problémák álltak. Cikkeit inkább az ötletesség, mint a matematikai apparátus briliáns alkalmazása jellemezte. Módszereiben célratoró volt, egyszerűsítő feltevés-

seivel mindig sikerült a lényegét megragadnia. A Gamow–Teller-átmenet és az óriásrezonanciák Goldhaber–Teller-modellje örökre beírta Teller nevét a magfizika történetébe. Magfizikai munkássága szorosan összekapcsolódik azzal az egy évtizeddel, amelyet a George Washington Egyetemen töltött.

A „hidrogénbomba atyja”

A neutron és az atommagok erős kölcsönhatásának tanulmányozása során Enrico Fermi és munkatársai 1934-től egy sor radioaktív elem keletkezését regisztrálták. Hasonló kísérleteket végzett Párizsban *Irène Curie* és *Pavle Savić*. *Otto Hahn*, *Fritz Strassmann* és *Lise Meitner* Berlinben már 1937-ben legalább kilenc radioaktív termék jelenlétét bizonyította, a gond ezen reakciótermékek azonosítása volt. A két kémikusnak, Hahn-nak és Strassmann-nak sikerült a termékek között a báriumot azonosítani, amiről 1939 januárjában számoltak be a *Naturwissenschaft* című folyóiratban. Néhány héttel később ezt követte a *Nature* hasábjain az időközben külföldre menekült Lise Meitner és unokaöccse, *Otto Frisch* cikke, amelyben szintén az urán szétbomlásával foglalkoztak. A „maghasadás” elnevezés valójában Lise Meitnertől és unokaöccsétől ered.

Az atombombához vezető út ma már jól ismert, és az alábbiakban lehet röviden összefoglalni:

- 1936. – *Szilárd Leó*, a nukleáris láncreakció gondolata (alapötlet: ${}^9\text{Be}(n,2n){}^8\text{Be}^* \rightarrow 2\alpha$).
- 1939. – Hahn és Strassmann, a maghasadás felfedezése.
- 1939. – Németországban megalakul az Uranverein.
- 1942 – Szilárd Leó kezdeményezésre megindul a Manhattan-projekt.
- 1942. december, Chicago – működni kezd az első „atommáglya”.
- 1942. – Los Alamosban megindul a bombaprojekt.
- 1945. július 16. – Trinity kísérleti robbantás, Jornada del Muerto, Alamogordo mellett.
- 1945. augusztus 6., Hiroshima – „Little Boy” az első uránbomba bevetése.
- 1945. augusztus 9., Nagasaki – „Fat Man” az első plutóniumbomba bevetése.

A 2. világháború után a Los Alamosban dolgozó kutatók nagy része – feladatuk, az atombomba létrehozásának sikeres teljesítése után – visszatért az egyetemi életbe. Sokan közülük úgy tartották – köztük Hans Bethe is – hogy az Egyesült Államoknak nem kellene több tömegpusztító fegyvert kifejlesztenie, és ezzel példát kellene mutatni a Szovjetunióknak. Ezzel szemben Teller, *Lawrence* és *Luis Alvarez* azzal érveltek, hogy elkerülhetetlen a hidrogénbomba kifejlesztése az amerikai nép védelme érdekében. Teller Maria Goepfert-Mayer segítségével számításokat végzett a „szuperbomba” megvalósíthatóságára, azonban az eredmények az alapvetően optimista interpretálásuk ellenére sem voltak meggyőzőek. Sokan, köztük *Oppenheimer* is, úgy gondolták, hogy ésszerűbb az erő-



Stanislaw Ulam, Richard Feynman és Neumann János

fejlesztéseket egy taktikai atomfegyver-arszenál létrehozására fordítani, mint a kétséges eredménnyel járó „szuper” kifejlesztésével bajlódni. 1946-ban ezért aztán Teller is visszatért a Chicagói Egyetemre.

A helyzet gyökeresen megváltozott, amikor 1949-ben a Szovjetunió végrehajtotta első kísérleti atombomba-robbantását. Az eredmény felkészületlenül érte a nyugati politikai köröket. *Truman* elnök késelelem nélkül reagált az eseményre és 1950. január 31-én elrendelte, hogy haladéktalanul kezdjék meg a „szuper” bomba kifejlesztését.

1950-ben tehát Teller visszatért Los Alamosba és újult erővel látott munkához. Hasonló problémák foglalkoztatták *Stanislaw Ulam* lengyel emigráns matematikust is. A lemergi származású Ulam a híres *Stefan Banach* tanítványa volt. *Neumann János* meghívására utazott ki az Egyesült Államokba, Princetonba. Amerikai tartózkodása alatt rohanta le 1939-ben Németország Lengyelországot, így kényszerült amerikai emigrációba. Neumann János ajánlására kezdett dolgozni a Manhattan-projektben és került Los Alamosba.

A szuperbomba életútja is igen tanulságos:

- 1942. – Fermi felveti a fúziós láncreakció gondolatát.
- 1942. Los Alamos – Teller elkezd dolgozni a „szuperen”.
- 1945. – a háború befejeződik, a Manhattan-projekt sikerrel zárul.
- 1949. – az első szovjet atombomba-kísérlet.
- 1950. – Truman elnök utasítására megindul a „szuper” létrehozása.
- 1950. – a „klasszikus szuper” sikertelensége után megszületik a „Teller–Ulam-design”
- 1951 tavasza – a sikeres „Greenhouse” teszt
- 1952. november 1., Eniwetok korallzátony – „Mike”, az első kísérleti robbantás.
- 1952. – megalakul a Lawrence Livermore Laboratórium.
- 1954. Bikini korallzátony – a második atmoszférikus kísérleti robbantás, a „Castle Bravo” robbantásánál a cseppfolyós gázt már szilárd LiD-del helyettesítették.

• Megindul a Teller–Ulam-vita.

A Teller által megálmodott „klasszikus szuper” elve azon alapul, hogy a hidrogén nehéz izotópjai között végbemenő fúziós reakciók valószínűsége a részecskék kö-

zötti Coulomb-taszítás miatt igen kicsi, ezért az ütközés energiáját – ha úgy tetszik, a fúziós üzemanyag (deutérium és trícium) hőmérsékletét – nagymértékben meg kell növelni. Ezt a célt valószínűleg meg egy hagyományos hasadási bomba, amely gyutacsaként makroszkopikus méretekben gyűjtaná be a fúziós reakciót. Ulam és munkatársa, *Cornelius Everett* számításai, amelyeket Fermi is megerősített, azonban kimutatták, hogy Teller eredeti elképzelése hibás, a becsült trícium mennyiségénél lényegesen többre van szükség, de még ebben az esetben is akkora lenne a fúziós energiaveszteség, hogy önfenntartó folyamat nem indulna be.

A nehézségekből a kiutat az az ötlet mutatta meg, amely szerint a hasadási bomba által keltett robbanás következtében a fúziós üzemanyag óriási mértékben összenyomódik, és ezáltal annak begyűjtása jóval könnyebben megvalósítható. A megoldás kulcsa a primer és szekundér fokozat különválasztásában rejlik. Bár Ulam eredeti ötlete a primer bomba által keltett lökéshullámot használná fel kompresszióra, Teller hamar felismerte, hogy azt a primer robbanás keltette elektromágneses sugárzás jóval hatékonyabban megvalósítja. Ennek alapján született meg a Teller–Ulam-eg gondolás, amely azután az amerikai hidrogénbomba alapját képezte. A részletek természetesen ma is szigorúan titkosak, ezért a témával foglalkozó irodalom ma is csak találgatásokra hagyatkozhat [13].

A „szuper” ötletének, a Teller–Ulam-eg gondolásnak szerzőségére vonatkozóan igen változatosak a vélemények. Teller 1955 februárjában a *Science* folyóiratban megjelent *The Work of Many People* című cikkben ismertette a hidrogénbomba megszületésének körülményeit, és azt hangsúlyozta, hogy a hidrogénbomba sok ember munkájának eredménye. A személyével kapcsolatos találgatásokra reagálva hozzátette: „A nyilvánosság elé tárt történet azonban gyakran egészen más. Egy-egy briliáns ötlet kapcsán túlságosan gyakran is csak egyetlen személy neve kerül említésre. Ez a kép egyaránt hamis és igazságtalan. Sokkal közelebb kerülünk a való élethez és a felfedezés izalmához, ha inkább sok tudós elme kölcsönhatását hangsúlyozzuk.” [14]

Sokak szerint a működő hidrogénbomba ötlete Ulamtól ered, de ezt Teller határozottan cáfolta 1999-ben egy interjúban: „Enyém az ötlet, nem Ulamé. Sajnálom, hogy ilyen nyersen kell válaszolnom. Ulam indokoltan volt elégedetlen a régi módszerrel. Eljött hozzám egy részötlettel, amelyet én már jóval korábban kidolgoztam, de az emberek nem hallgattak rám.” [15]

Nem segíti a helyzet tisztázását, hogy memoárjaiban a *Science*-beli cikkéről a következőket írta [3]: „A cikkben még azt is elismertem, hogy Ulam javasolta a kompressziót, bár erre már hetekkel azelőtt rájöttem, mielőtt Stan felvetette volna. Az ő érdeme abban rejlett, hogy megszabadított attól, hogy *Bradbury* utasításának megfelelően más tervekkel is foglalkozzam. Ennek ellenére nem volt ellenemre a cikkben ez a kegyes hazugság, hogy lecsendesítsem a háborgó érzelmeket. Valamivel később, amikor világossá vált, hogy Los Alamos át akarja írni a történelmet, megkér-

tek, írjak alá egy szabadalmi kérelmet és esküdjek meg, hogy Ulam és én vagyunk a terv eredeti megalkotói. Mivel hónapokkal azután, hogy a számítások elkezdődtek Ulam még mindig nem értette meg a tervemet és kijelentette, nem fog működni, indokoltan éreztem, hogy tartózkodjam a hamis esküktől. Nem írtam alá, és ennek eredményeképpen a szabadalmi kérelem soha nem is került benyújtásra.”

A tényekhez tartozik, hogy Teller emlékirataiban bevallotta, nem nagyon szívelte Ulamot: „Stan Ulam, egy lengyel matematikus, egy ideig a háborús csoportomban dolgozott. Stan röviddel a háború után ott hagyta Los Alamosot, de egy kicsivel több mint egy év után visszatért. Eredetileg Neumann Jancsi ajánlásával jött hozzám, de kellemetlen társaságnak találtam őt. Nagyon nagyra tartotta magát, és igen nagy erőfeszítéseket tett, hogy demonstrálja, mennyire okos (ami furcsa volt, mert nyilvánvaló volt a zsenialitása). Bár a háború alatt és az utána következő időszakban kapcsolataink igen korlátozottak voltak, allergiás lettem rá. A viselkedése világossá tette, hogy az ő ellenérzései irántam még erősebbek voltak.” ([3] 296. old.)

Ulam önéletrajzi kötetében ezzel szemben nem nagyon foglalkozik ezzel a kérdéssel, inkább a Los Alamos-i életbe ad humoros betekintést. Ezt példázza a következő idézet „Az egyetlen dolog, ami megszakította a munka, a diszkussziók, az esti összejövetelek, családi látogatások és vacsorameghívások ismétlődését és váltakozását, az volt, amikor a csoportunk hente egyszer összejött pókerezni. A csoportba tartozott *Metropolis*, *Davis*, *Calkin*, *Flanders*, *Langer*, *Long*, *Konopinski*, *von Neumann* (amikor éppen a városban volt), néha *Kistiakowski*, Teller és mások. Kis tételekben játszottunk; a játék gyermeksége, valamint a heves érzelmnyilvánításokkal és kissé durva stílussal fűszerezett frivol diszkussziók a Los Alamos lényegét képező nagyon komoly és fontos dolgok közepette üdítő, friss fürdőnek tündek.

Ebben a játékban az, akit nem érdekel komolyan a játék maga, csupán pihentető foglalatosságnak szánja, nem fog igazán jól szerepelni. *Von Neumann*, Teller és jómagam a licitálás és a lejátszás alatt teljesen más dolgokról gondolkodtunk, következőképpen nagy gyakorisággal mi veszítettünk. *Metropolis* egyszer elmondta, mekkora győzelem volt számára tíz dollárt nyerni *Neumann Jánostól*, a játékelméletről szóló híres könyv szerzőjétől! A könyvet megvette öt dollárért, a maradék öt dollárost pedig a belső fedőlapra ragasztotta a győzelem szimbólumaként. Nem tudósok és nem matematikusok számára talán nem teljesen világos, hogy az ember fejben képes intenzív elméleti munkát végezni, míg közben valami teljesen prózai tevékenységet folytat.” ([16] 196. old.)

A kötetet kísérő utóiratban felesége, *Françoise* reflektál inkább a vitára: „Nagyban folytak a technikai és politikai viták, amikor a problémán rágódva Stan hirtelen egy teljesen új és izgalmas módszerre bukkant. »Rájöttem, hogyan fog működni a dolog.« »Milyen dolog?« – kérdeztem. »A szuper« – válaszolta. »Teljesen más séma, és meg fogja változtatni a történelem menetét.«

Teller azonnal felismerte, hová vezethet az új út, és gyorsan nekikezdték a jól ismert jelentés megírásának. Két részből állt, ahogy Stan elmondta, mert Teller hozzáadta – Stan szavaival – saját párhuzamos sémáját, ami megváltoztatta Stan eredeti elképzelését. Ettől kezdve az volt a benyomásom, hogy Teller Stant félretolta, és többé nem állt vele szóba.” [17]

Hans Bethe, aki szintén résztvevője volt a hidrogénbomba-projektnek, ezzel szemben mértéktartó objektivitással nyilatkozott: „A történeti hűség kedvéért azt hiszem pontosabb úgy fogalmazni, hogy Ulam volt (a hidrogénbomba) atya, mivel ő adta a megtermekenyítő ötletet, Teller volt az anya, mert ő maradt a gyerekekkel. Ami engem illet, azt hiszem én voltam a bábaasszony.” A tényekhez tartozik, hogy Hans Bethe már 1954-ben megkísérelte eloszlatni a hidrogénbomba története körüli félreértéseket, és *Comments on The History of the H-Bomb* címmel írt cikkében igyekezett fényt deríteni számos tévhitre. A cikk tényleges publikálására a titkosítás feloldása miatt azonban csak 1982-ben kerülhetett sor, amikor végre megjelenhetett a *Los Alamos Science* folyóiratban [18].

Új adalékokat szolgáltat a Teller–Ulam-vitához Teller egy 1979-ből származó, publikálatlan nyilatkozata, amelyet *Hargittai Magdolna* és *Hargittai István* dolgozott fel és értékelt [19].

Mindenesetre a Teller–Ulam-elgondolás sikerrel állta ki a próbát. Az első, 1951 tavaszán végrehajtott „Greenhouse” nevű teszt után 1952. november 1-jén az Eniwetok korallzátonyon végrehajtott „Mike” nevű első kísérleti robbantás sikerrel járt, és a sajtó Teller Edét kezdte ünnepelni, mint „a hidrogénbomba atyját”. Teller a robbantást már a kaliforniai Berkeley-ből kísérte figyelemmel, és hamarosan az új fegyverlaboratórium, a Livermore Laboratórium munkatársaként lobbizott a hidrogénbomba mellett a legmagasabb politikai körökben. A második atmoszférikus kísérleti robbantásra a Bikini korallzátonyon 1954-ben került sor.

A teljes történethez tartozik, hogy az első hidrogénbomba még cseppfolyós deutériumot használt fúziós anyagként, ezért a Mike súlya meghaladta a 80 tonnát. A két évvel később, 1954-ben a Bikini korallzátonyon végrehajtott Castle Bravo robbantásnál a cseppfolyós gázt már szilárd LiD-del helyettesítették. A további kutatások során aztán főleg a Lawrence Livermore Laboratórium munkájának eredményeképpen sikerült kisméretű, könnyen hordozható robbanófejeket kifejleszteni.

Amerika „legbefolyásosabb tudósa”

A Livermore Laboratórium megalapítása után Teller kapcsolatai egyre romlottak kollégáival és a Los Alamos Nemzeti Laboratóriummal. Ehhez nagyban hozzájárult az Oppenheimer-ügyben játszott szerepe is, ez azonban már egy másik történet.

Teller fokozatosan elszigetelődött a fizikusok közösségében, és egyre inkább a nagypolitika körében keresett magának fegyvertársakat. Hamarosan egy új

szerepben, a politikus szerepében jelentkezett, és az egyik legbefolyásosabb tudóssá vált az Egyesült Államokban.

1958–1960 között a Lawrence Livermore Laboratórium igazgatójaként, majd 1960–1975 között igazgatóhelyettesként különböző, kissé kalandor projektekbe vitte bele laboratóriumát, mint például a Plowshare-terv, a röntgenlézer-projekt, valamint a „csillagháborús terv”. Ezek közül azonban egyik sem járt sikerrel, és a nagy tervek mára már feledésbe merültek. Ezen időszak részletes elemzése *William J. Broad Teller háborúja* című könyvében található [20]. Teller 1975-ben vonult nyugalomba a Lawrence Livermore Laboratórium emeritus igazgatójaként és a Hoover Intézet tudományos tanácsadója volt haláláig.

Pályafutásának második részében többek között az atomenergia alkalmazásának szószólójává is vált, és alapvető fontosságú szerepet játszott az atomerőművek biztonsági kérdéseinek minél szélesebb körben való ismertetésében. *Alvin Weinberg*, az Oak Ridge Laboratórium egykori igazgatója, az atomreaktorok elméletének kiemelkedő kutatója a következőképpen összegezte Teller szerepét e fontos kérdésben: „Teller Ede volt az első ember, aki hangoztatta, hogy a reaktorbiztonság abszolút követelmény, mert anélkül az atomenergia nem terjedhet el és javasolta Reaktorellenőrző Bizottság megszervezését, aminek ő lett az első elnöke. Teller ajánlotta egy összefüggés elfogadását a reaktor teljesítménye és a reaktor körüli biztonsági zóna kiterjesztése között. Hogy a Teller által lefektetett biztonsági elvek szerint épült reaktorok közül egy sem követelt emberáldozatot, az nagy meglepéssel töltheti el az atomenergia ma már öreg úttörőit.” [21]

A rendszerváltás után Teller többször is hazalátogatott, és az ilyen alkalmakat felhasználva mindig megosztotta véleményét a hazai szakemberekkel a reaktorok biztonsága, illetve az atomenergia felhasználása terén [22, 23]. Fontos még megemlíteni, hogy neves szószólója volt a színvonalas természettudományos oktatásnak is. Már 1958-ban a *Time* magazinnak adott interjújában [24] hangsúlyozta, hogy a modern társadalmakban alapvető fontosságú a tudomány alapjainak az ismerete, és kemény kritikával illette a témában az amerikai társadalmat. „Nem tudok olyan középiskoláról az országunkban, ahol a tanuló alapos matematikai és tudományos alapképzésben részesülhet – akkor sem, ha ő akarja, akkor sem, ha egy esetleges *Einstein*ről lenne szó.” Az amerikai viszonyok ismeretében Teller azt is hozzátette: „A baseball szurkolók nélkül nem tudna létezni, de hol vannak a tudomány szurkolói?”

Teller Ede, az ember

Milyen ember volt Teller Ede? Hogyan lehetne összegezni és értékelni életművét?

Hargittai István Teller Edéről írt színdarabjában [25] így fogalmazza meg véleményét: „Ha a darabból az olvasónak (netán nézőnek) kétségei maradnak Teller

Ede megítélésében, akkor az híen tükrözi a szerző kétségeit. Teller az én szememben az a hős, aki meg akarja menteni az emberiséget, talán meg is menti, de eközben az akaratát a megmentett akaratára fölé próbálja helyezni és a megmentett nem tud fenntartás nélkül elismeréssel adózni neki tettéért. Alapvetően ebben látom Teller Ede tragédiáját.”

William Broad a következőképpen fogalmaz [20]: „Az atomkorszaknak aligha volt nála befolyásosabb tudósa, talán az egész évszázadnak sem. Nevét rendszeresen együtt emlegették a tudomány óriásainak nevével, mint Einstein, Bohr és Fermi. Ráadásul példátlan politikai befolyása volt. Elnökök jöttek, elnökök mentek nagy hatalmú munkatársaikkal együtt. Tudományos felkészültségű államférfiak emelkedtek fel és váltak kegyvesztetteké. Ám Teller évtizedeken át maradt a színen, bombákat épített, kifejtette véleményét a kongresszus előtt, tábornokokat és elnököket látott el tanácsaival. Befolyása egy egész korszakra nyomta rá bélyegét...”

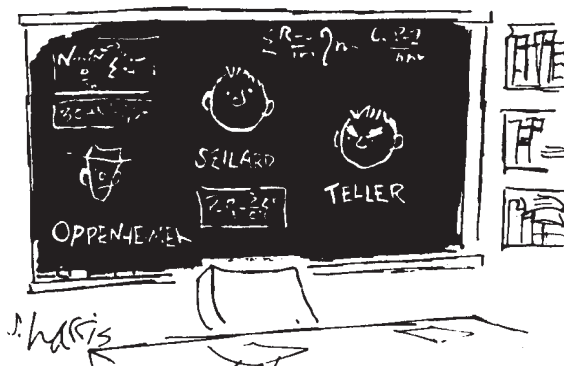
Hogy milyen volt Teller mint tudós? Idézzük John Maddox nekrológiát a neves Nature folyóiratból: „Amit a barátai mondanak Tellerről, az mind igaz: vilámgyors gondolkodású és szeniális, képzelőereje lélegzetállító, fizikai energiája csodálatos volt. Intellektuális bátorsága félelmetes volt – szinte kihívta maga ellen a kritikát. Bírálóinak – akik valószínűleg többségben vannak – szintén igazuk van abban, hogy fondorlatos és manipulatív volt. Intellektuális bátorsága a meggondolatlansággal és a provokációval volt határos, intoleranciája pedig azokkal szemben, akik nem értettek vele egyet, megbocsáthatatlan volt. Mindannyian egyetértenek azonban abban, hogy kivételesen tehetséges fizikus volt.”

Alvin Weinberg, az atomenergetika nagy öregje szerint: „Teller az egyik legokosabb ember, akivel találkoztam. Nagyon gyorsan vág az agya, rendkívüli a fizikai intuíciója. Ami nem jelentheti azt, hogy jó néhányszor ne tévedett volna. Előáll dolgokkal, amelyek később befuccsólnak. Képzletgazdag és eredeti. A reaktorok biztonságának teljes egészében ő a feltalálója.”

Hargittai Magdolna és Hargittai István abban a kivételesen helyzetben voltak, hogy az idős Teller Edével sokat beszélgethettek, és talán Teller Edének, az embernek legjobb ismerőit. Ők így fogalmaztak [19]: „Teller Ede nyilatkozata 1979-ben érzékelteti azt a felelősséget, amelyet Teller a Szabad Világ hatékony védelméért viselt, és annak a tudományos és politikai tevékenységnek a súlyát, amit e védelem érdekében kifejtett. Ugyanakkor megmutatkozik ebben a nyilatkozatban az az emberi kicsinyesség is, amelytől még ez a mégoly nagy tudós sem tudta függetleníteni magát.”

Sidney Harris, a kiváló amerikai karikaturista, a tudományos folyóiratok kedvenc illusztrátora egy remek rajzzal örökítette meg, hogyan látta ő Teller Edét. A rajz a Természet Világa folyóirat számára magyar szöveggel is elkészült, befejezőképpen érdemes felidézni itt is.

EINSTEIN TÁBLÁJA, AHOGY HÁTRAHAGYTA AZ UTÓKORNAK



Irodalom

1. Teller E.: Über das Wasserstoffmolekülion. *Zeits. f. Physik* 61 (1930) 458–480.
2. Landau L.D., Teller E.: Zur Theorie Der Schalldispersion. *Phys. Zeits. d. Sowjetunion* 10 (1936) 34.
3. Teller E., Shoolery J.: *Memoirs: A Twentieth-Century Journey in Science and Politics*. Perseus Publishing, Cambridge, Massachusetts, 2001.
4. Gamow G., Teller E.: Selection Rules for Beta-Disintegration. *Phys. Rev.* 49 (1936) 895.
5. Schwinger J., Teller E.: The Scattering of Neutrons by Ortho- and Parahydrogen. *Phys. Rev.* 51 (1937) 775 (Letter to Editor), és *Phys. Rev.* 52 (1937) 286–295.
6. Gamow G., Teller E.: The Rate of Selective Thermonuclear Reactions. *Phys. Rev.* 53 (1938) 608.
7. Fermi E., Teller E., Weisskopf V.: The Decay of Negative Mesotrons in Matter. *Phys. Rev.* 71 (1947) 314–315.
8. Goldhaber M., Teller E.: On Nuclear Dipole Vibrations. *Phys. Rev.* 74 (1948) 1046–1049.
9. Konopinski E.J., Teller E.: Theoretical Considerations Concerning the D + D Reactions. *Phys. Rev.* 73 (1948) 822–830.
10. Goeppert-Mayer M., Teller E.: On the Origin of Elements. *Phys. Rev.* 75 (1949) 1226–1231.
11. Fermi E., Teller E.: The Capture of Negative Mesotrons in Matter. *Phys. Rev.* 72 (1947) 399–408.
12. Baz A.I., Bragin V.N.: Do multineutrons really exist? *Physics Lett.* B39 (1972) 599.
13. Makra Zs.: Az atomfegyverek fizikája I–II. *Fizikai Szemle* 35 (1985) 428, 473.
14. Teller E.: The work of many people. *Science* February 25, 1955, 267–275.
15. Blomberg S.A., Panos L.G.: *Edward Teller, Giant of the Golden Age of Physics*. Charles Scribner's Sons, New York, 1990.
16. Ulam S.M.: *Adventures of a Mathematician*. University of California Press, Berkeley and Los Angeles, 1991
17. Ulam F.: *Postscript to Adventures*. University of California Press, 1991.
18. Bethe H.A.: Comments on The History of the H-Bomb. *Los Alamos Science* 6, Fall 1982.
19. Hargittai M., Hargittai I.: Teller Ede a halál árnyékában, *Magyar Tudomány* 2001/8, 1001. old.
20. Broad W.J.: *Teller háborúja*. Osiris Kiadó, Budapest, 1996.
21. Weinberg A.M.: Atomenergia – magyar találmány? *Fizikai Szemle* 42 (1992) 413–415.
22. Teller E.: A reaktoroknak jól kell működniök... *Fizikai Szemle* 42 (1992) 130.
23. Teller E.: Veszedelem és alkalom. *Fizikai Szemle* 43 (1993) 1.
24. Teller E.: Knowledge is Power. *Time* 1958. nov. 18.
25. Hargittai I.: *Teller Ede tragédiája*. Studia Physica Savariensia XII., Berzsenyi Dániel Főiskola, Szombathely, 2004.

Az atomenergia történetében gyakran szerepelnek magyar nevek: *Szilárd Leó*, *Wigner Jenő* és *Teller Ede*. Hogy ezt emlegetjük, nem egyszerűen a nemzeti büszkeség következménye, ők valóban kimagasló szerepet játszottak. A reaktorok alapműve *Weinberg* és *Wigner* 1959-ben megjelent könyve: *Neutronok láncreakciójának fizikai elmélete* [1]. Weinberg volt a chicagói kritikussági kísérlet 50. számú résztvevője, később Oak Ridge igazgatója. Nemcsak magyarországi látogatásán, hanem mindenütt fenn hirdette, hogy „gyakorlatilag mindent a magyarok találtak ki”.

Wigner Jenő tervezte a Hanfordban (Washington állam) működő reaktorokat, amelyek megtermelték az atombombákhoz szükséges plutóniumot. Ezért Wignert szokták az első reaktormérnöknek nevezni. Szilárd Leó mindig néhány évvel megelőzte a korát. Ő ismerte fel elsőnek a láncreakcióban rejlő katonai és energetikai lehetőségeket, az ő ösztönzésére indult el az amerikai atombombaprogram. Fermivel karöltve közreműködött az első atommáglya létrehozásában, és a továbbiakban is vezető szerepet játszott. A háború végén ő figyelmeztetett elsőnek az atomkorszak várhatóan vészterhes fejleményeire, ő vetette fel elsőnek a nemzetközi ellenőrzés szükségességét.

Teller Edét a hidrogénbomba atyjának tartják, amiben sok igazság van. Vezető szerepe volt az amerikai hidrogénbomba létrehozásában. Kevésbé közismertek azonban az atomerőművek biztonsága területén hozzá kapcsolható eredmények. Az 1950-es években tagja volt az Egyesült Államok Atomenergia Bizottságánál működő, a nukleáris biztonságért felelős bizottságnak, amely máig érvényes alapelveket mondott ki. Jelen írásban elsősorban ezekről lesz szó.

Ha kinyitunk egy modern szakkönyvet a reaktorbiztonság alapelveiről, nem az alábbi alapelveket fogjuk megtalálni benne. Ennek az az oka, hogy az atomenergetika elmúlt 60 évében történt reaktor- és atomerőművi balesetek tanulságai az alapelvek többszöri újrafogalmazását és kibővítését eredményezték. Ez azonban nem jelenti azt, hogy a Teller és társai

által kimondott elvek és szabályok bármelyike is érvényét veszítette volna. Mivel témánk Teller szerepének kidomborítása, visszamegyünk az 1950-es évekbe, és az akkori szemléletnek megfelelően fogalmazunk. Helyenként – természetesen – elkerülhetetlen lesz előre nézni a jelenkorba.

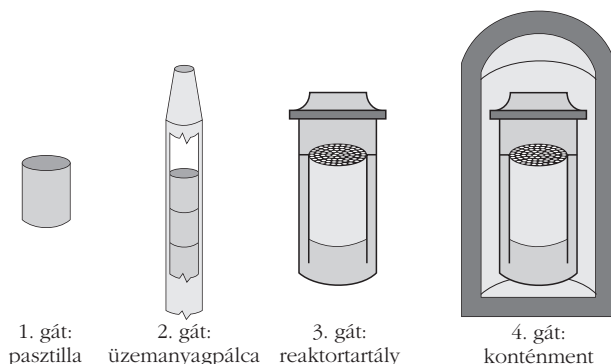
A konténment

Az egyik legfontosabb alapelv szerint egy atomerőművet akkor tekintünk biztonságosnak, ha belőle nem kerül ki a környezetet meg nem engedhető mértékben szennyező radioaktív anyag. Az erőmű felépítéséből következik, hogy a normális üzem során ilyen kibocsátás nem történhet. Nem zárhatók ki azonban üzemzavarok, amelyek során a reaktor hermetikussága megsérül, és emiatt radioaktív anyagok kerülhetnek ki belőle. A várhatóan fellépő nyomások és kiszabaduló anyagtömegek miatt egy közönséges épület nem lenne képes ezeket lokalizálni. Ezért írták elő, hogy minden atomerőművi reaktort egy konténmenttel (védőburkolattal) kell körülvenni, amely a várható nyomásoknak ellenállva a radioaktív anyagokat lokalizálja, és így a környezetet megvédi.¹ Az Egyesült Államokban konténment nélkül nem engedélyeztek atomerőművet. A koncepció helyességét igazolta a TMI-2 reaktor² 1979. március 28-án történt balesete. Az indította el, hogy egy látszólag jelentéktelen szelepet zárva felejtettek. Ennek hatására – bonyolult áttételeken keresztül – a reaktorban nőni kezdett a nyomás, a nyomástartó edény biztonsági szelepe rendben kinyílt, de a nyomás csökkenését követően nem zárt vissza. Az operátor a vezérlőben számos jelzést helytelenül értelmezett, és kikapcsolta az automatikusan, szabályszerűen megindult üzemzavari szivattyúkat. Végeredményben a reaktor aktív zónája megolvadt, nagy anyagi kár keletkezett, de a reaktorból kikerült radioaktív anyagok nem jutottak túl a konténmenten. Személyi sérülés nem történt. Más kérdés, hogy a baleset kiindulása és lefolyása számos hiányosságra derített fényt. Tárgyalásuk azonban Teller-től már messze vezetne.

A konténment szerepét ma a „mélységi védelem” részének tekintjük, amelyből kiindulva mérnöki gátakat építenek ki. Az *1. ábrán* a leggyakoribb, nyomottvízes atomerőművekben szemléltetjük ezeket:

1) *üzemanyagmátrix*: az üzemanyagot (urán-dioxidot) pasztillákba préselik; a hasadási termékek

1. ábra. Mérnöki gátak a nyomottvízes atomerőműben



¹ A magyarosított „védőburkolat” kifejezés nem tudott a magyar szaknyelvben meggyökeresedni. Ezért – nem nagy örömünkre – az angol containment szó kiejtését a magyar fonetika szerint leírva használjuk, mert ez már meghonosodott jövővényszónak tekinthető.

² A Three Mile Island (USA, Pennsylvania) atomerőmű 2. reaktora.

beépülnek az üzemanyagmátrix kristályrácsába, ahonnan csak a gáz halmazállapotú hasadási termékek és egyes illékony anyagok (például jód) kerülhetnek ki;

2) *fűtőelem-burkolat*: a pasztillákat fémből készült, nagy nyomásra és hőmérsékletre méretezett fűtőelem-burkolatba helyezik, hogy a gáz halmazállapotú és az illékony hasadási termékek ne kerülhessenek ki a primerkörü hűtővízbe;

3) *reaktortartály*: a reaktortartály és a primerkörü berendezések nagy nyomásra méretezett fala megakadályozza, hogy a fűtőelem-burkolat esetleges sérülése esetén a hűtővízbe kikerülő radioaktív anyagok kijuthassanak a primer körön kívülre;

4) *konténment*: az egész primerkörü rendszert egy túlnyomásra méretezett épület, a konténment (biztonsági védőburkolat) veszi körül, ami a primerkörü csővezetékek törése esetén kiszabaduló hűtőközeget és annak radioaktív szennyezőit az épületen belül tartja.

Negatív reaktivástényezők

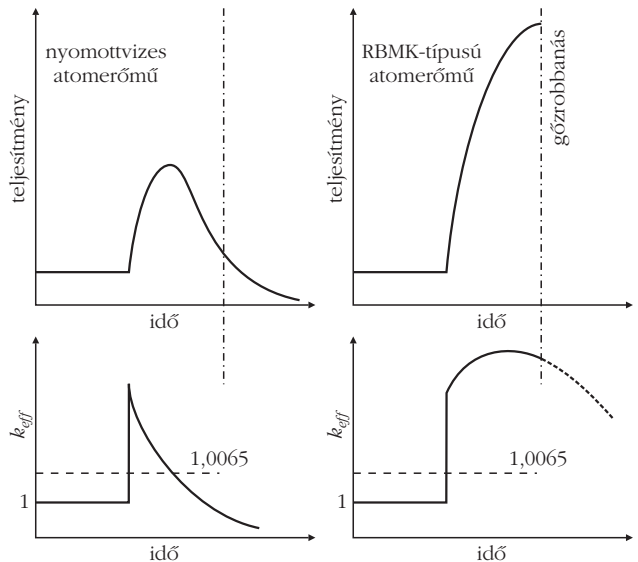
A konténment elsősorban olyan balesetek elhárítására szolgál, amelyekben a reaktor elveszti a hűtőközeget. A reaktorbalesetek másik csoportját a *reaktivitás-balesetek* alkotják: a sokszorozási tényező olyan nagyvá válik, hogy a reaktor a késő neutronok nélkül is kritikus. Csak uránt tartalmazó reaktorokban ez a határ körülbelül 1,0065.³ Ilyen állapotban a reaktor teljesítménye olyan gyorsan nő, hogy azt mechanikus beavatkozó szervekkel (szabályozórudakkal) nem lehet megállítani. Ezt a jelenséget nevezzük megszaladásnak. Csak inherens módon, a reaktor szerkezetébe épített, önszabályozó, negatív visszacsatolások képesek a balesetet megállítani. Ezért Tellerék kimondták azt az alapelvet, hogy minden reaktivástényezőnek negatívnak kell lennie. Mielőtt kifejtjünk, hogyan szolgálja ez a reaktorbiztonságot, néhány dolgot meg kell beszélnünk.

Mindenek előtt definiáljuk a reaktivástényezőket:

$$\alpha_x = \frac{\partial \rho}{\partial x}, \quad \rho = \frac{k_{eff} - 1}{k_{eff}}$$

Ahol k_{eff} a sokszorozási tényező. Az x mennyiség lehet a moderátor vagy az urán hőmérséklete, a reaktor teljesítménye, a hűtőközegben levő gőzbuborékok térfogataránya stb. Ilyen értelemben beszélünk rendre a moderátor vagy az urán hőfoktényezőjéről, teljesítménytényezőjéről, üregegyütthatóról stb.

Mint mondtuk, Tellerék előírták, hogy mindegyik reaktivástényezőnek külön-külön negatívnak kell lennie. A hanfordi reaktorok moderátora grafit, hűtőközege víz volt. A hidrogén abszorpció hatáskeresztmetszete termikus neutronokra 331 mbarn, a grafité pedig 4 mbarn. Emiatt egy ilyen reaktorban a



2. ábra. Egy nyomottvízes reaktor (bal oldal) és egy RBMK (jobb oldal) feltételezett megszaladása

víz ritkulása csökkenti az abszorbeálódó neutronok számát, tehát növeli a sokszorozási tényezőt. Következésképpen az ilyen reaktorok üregegyütthatója pozitív, tehát az Egyesült Államokban ezeket a reaktorokat nem fejlesztették tovább kereskedelmi típusúvá. Nem erre a következtetésre jutottak a Szovjetunióban: a grafittal moderált és vízzel hűtött, plutóniumtermelő reaktorokból sorozatban gyártott típusokat fejlesztettek ki. Ez lett az RBMK-típus,⁴ amelyből az egyik Csernobilban katasztrofális balesetet szenvedett.⁵

A 2. ábra jobboldali rajzain egy olyan reaktor megszaladását mutatjuk be, amelyben az üregegyüttható pozitív. Amikor k_{eff} értéke valamilyen okból hirtelen a biztonságos határ fölé kerül (jobb alsó rajz), a teljesítmény azonnal emelkedni kezd, és a hűtőközeg felforr (jobb felső rajz). A forrás miatt keletkező pozitív visszacsatolás hatására k_{eff} értéke ezzel párhuzamosan tovább nő, a teljesítmény emelkedése gyorsul. Jóllehet egy bizonyos teljesítményemelkedés után hatni kezdenek a mindig meglévő negatív visszacsatolások, tehát k_{eff} növekedése megszűnik, de a teljesítmény tovább nő, mivel k_{eff} értéke még mindig a biztonságos határ felett van. Jóval később ez a reaktor is leállna a negatív visszacsatolások miatt, ha a reaktor ezt ki tudná várni. Sajnos azonban jóval előbb gőzrobbanás következik be, ami szétveti az egész berendezést. A baloldali ábrákon egy nyomottvízes atomerőmű megszaladása látható: amint a teljesítmény növekedni kezd, a sokszorozási tényező azonnal csökken (bal alsó rajz), a növekedés üteme lassul, végül meg is áll. Ha a teljesítménytényező abszolút értéke elég nagy, a megszaladást még az előtt megállítja, mielőtt a reaktor károsodna (bal felső rajz).

⁴ RBMK = Reaktor Bolsoj Moscsnoszti Kanalnogo Tipa (nagy teljesítményű, csatornatípusú reaktor).

⁵ A részleteket illetően lásd Szatmáry és Aszódi e tárgyban írt könyvét [2].

Üzemeltetési szabályok

Mielőtt Tellerék megkezdték működésüket, már több halálos megszaladási beleset történt kísérleti reaktorokban. Ezekből szűrték le azokat az üzemeltetési szabályokat, amelyek a hasonló baleseteket kizárják. E szabályok annyira szerteágazók, hogy csak illusztrációként említhetünk meg néhányat. Kimondták:

- A reaktorban bármilyen műveletet csak kihúzott biztonságvédelmi szabályozórudak mellett szabad végezni. Ekkor bármilyen téves művelet következményeit a rudak beállításával meg lehet állítani – ha eleendően hatékonyak a rudak.

- A reaktorban a neutronfluxust folyamatosan mérni kell, hogy idejében észlelni lehessen a biztonságot veszélyeztető folyamatok megindulását.

- Automata irányítórendszerre van szükség, amely ilyen folyamatok megindulásakor automatikusan bejti a rudakat a reaktorba.

- A biztonságvédelemben szerepet játszó eszközök (neutrondetektorok, szabályozórudak stb.) számát meg kell kétszerezni (háromszorozni), hogy szükség esetén elég legyen, ha csak az egyik működik.

Az utóbbi követelményt ma a redundancia elvének nevezzük: minden, a biztonságot érintő berendezésből többet (hárm-at-négyet) kell beépíteni.

Az irányítórendszerrel kapcsolatban szintén Tellerék mondták ki a „bolondbiztos” alapelvet. A kísérleti reaktorok akkoriban egyszerűen voltak megközelíthetők, és ki kellett zárni, hogy arra illetéktelen személyek a reaktort elindíthassák. Úgy kellett az irányítórendszert tervezni, hogy ha valaki a vezénylőben (egy bolondhoz hasonlóan) találomra elkezd a gombokat nyomkodni, a reaktor ne indulhasson el. E szerint az alapelv szerint a reaktort csak tudatosan, a műveleteknek az üzemi szabályok szerinti egymásutánjával lehet elindítani. Manapság egy reaktor fizikai megközelítését is szigorúan szabályozzák, tehát ennek az elvnek a jelentősége csökkenni látszik. Oktatási célú reaktorok esetében azonban fennáll: minden tanulót potenciálisan „bolondnak” kell tekinteni.

Reaktorok telepítése

Különböző nyilvános szereplései során Teller előszeregettel foglalkozott az atomerőművek telepítésének problémáival. Ő és munkatársai határozták meg, hogy milyen geológiai, szeizmológiai és környezeti feltételeknek kell eleget tenniük azoknak a területeknek, ahová atomerőmű épülhet.

A telephely kiválasztása előtt meg kell vizsgálni a hely szeizmikus tulajdonságait, a múltban előfordult földrengések gyakoriságát, erősségük valószínűségi eloszlását. Meg kell határozni a várható legerősebb földrengéskor fellépő vízszintes gyorsulás értékét, és a megépülő erőmű szerkezetét úgy kell tervezni, hogy ezt elviselje. Vizsgálni kell a hűtővíz rendelkezésre állását. Akkoriban rendszerint folyók közelébe

telepítették az atomerőműveket. Ezért a vizsgálatnak ki kellett terjednie a folyó vízállásának ingadozásaira is. Tellerék foglalkoztak elsőnek azzal a kérdéssel, hogy az erőműnek milyen távol kell esnie a legközelebbi lakott településektől.

Hosszasan lehetne még sorolni azokat a normákat, amelyeket az 1950-es években mondtak ki először. Ezek jelentőségét nem lehet túlbecsülni. Ugyanakkor az Egyesült Államokban kialakult telepítési és tervezési gyakorlat oda vezetett, hogy az atomerőművek első generációjában mindegyik erőmű egyedi tervek alapján készült, a helyi sajátosságoknak megfelelően. Ez a körülmény nagyban rontotta a versenyképességüket, mivel az engedélyezési eljárások elhúzódtak, és emiatt megnöttek a beruházások kamatterhei. Ezt a problémát Európában idejekorán felismerték, és típusterveket dolgoztak ki. Végeredményben több évvel le tudták rövidíteni a beruházáshoz szükséges időt – nagyban javítva ezzel a gazdaságosságát.

Az emberi tényező

Befejezésül utalunk arra, hogy Tellerék zseniális előrelátással felhívták a figyelmet ez emberi tényező fontosságára. Az általuk elemzett csekély számú reaktorbaleset mindegyike kísérleti berendezésekben történt. Előre látták, hogy az atomerőművekben várható üzemzavarok többsége nem (vagy nem csak) mechanikus, illetve elektromos meghibásodásra lesz visszavezethető, hanem az emberi tényező is fontos szerepet fog játszani bennük. Ez az oka annak, hogy amennyire a kor műszaki színvonala lehetővé teszi, a lehető legtöbb műveletet és beavatkozást automatizálni kell.

A már említett TMI-2 reaktor balesete két évtizeddel később világosan megmutatta, hogy az operátorok tévedései az egyébként helyesen működő automatikus védelmi rendszerek hatását is leronthatják. Tellerék korában még nem volt annyira fejlett a számítástechnika, hogy rámutathattak volna a ma érvényes megoldásra:

- Az erőművek mellé kötelező szimulátorokat telepíteni. Másképp ugyanis nem lehet feloldani a következő dilemmát: Az igazán súlyos üzemzavarokkal az operátorok sohasem találkoznak a valóságos erőműben, pedig éppen ezek elhárításához van szükségük a legtöbb tapasztalatra. Egy szimulátorban azonban veszélytelen körülmények között megszerezhetik a nélkülözhetetlen gyakorlatot.

- Egy modern atomerőmű irányítórendszere annyira automatizálva van, hogy bármilyen üzemzavar esetében az első félórán az operátoroknak nincs tennivalójuk. Egyetlen dolguk a folyamatok megfigyelése és az üzemzavar okának a megértése.

Irodalom

1. A.M. Weinberg, E.P. Wigner: *The Physical Theory of Neutron Chain Reactors*. The University of Chicago Press, Chicago, 1958.
2. Szatmáry Zoltán, Aszódi Attila: *Csernobil: tények, okok, hiedelmek*. Typotex, Budapest, 2006.

TALÁLKOZÁSOM TELLER EDÉVEL

Az első fotonukleáris nemzetközi konferenciára előadást nyújtottunk be (Á. Veres, I. Pavlicsek, M. Csűrös: *Possibilities of Photo-Excitation of Even-Even Nuclear Isomers*), amelyet elfogadtak. Ilyen előzmények után vettem részt a konferencián, majd az Amerikai Tudományos Akadémia és az MTA közötti tudóscsere-egyezmény keretében, egy hónapos tanulmányutamon a konferencia után több szakterülettel foglalkozó kutató-laboratóriumot és egyetemet is meglátogathattam.

Teller, a konferencia nyitóelőadója

Az első fotonukleáris reakciót *James Chadwick* és *Maurice Goldhaber* figyelték meg 1933 márciusában (a deutérium bontása $\text{ThC } \gamma$ -sugaraival). A konferencia időpontjával ennek 40 éves jubileumát választották. A négy évtized alatt e tudományterület kibontakozott, számos részterület és alkalmazási lehetőség látott napvilágot. Ezt jól szemlélteti, hogy 24 országból 379 regisztrált résztvevő és 68 meghívott 195 benyújtott előadása hangzott el 25 szekció keretében.

Teller Ede nyitóelőadása előtt a szekció elnöke utalt *Maurice Goldhaber* és *Teller Ede* atommagokban megfigyelhető óriásrezonanciákkal foglalkozó 1948-as munkájára, amely szintén egy kerek, 25 éves évfordulót ünnepelhetett. Megjegyezte, hogy ennek az ugyancsak fotonukleáris reakcióhoz kapcsolódó munkának mindkét „atyja” a hallgatóság között van.

Teller bevezető reagálása: „I always protest violently whenever I hear the name of ‘father’ except when it is connected with my wonderful children of whom I have sadly to confess one is the mathematician and the worse a philosopher.” (Mindig határozottan tiltakozom, amikor valami „atyjának” neveznek. Kivételesen természetesen, amikor csodálatos gyermekeimről van szó. Velük kapcsolatban sajnos meg kell vallanom, hogy egyikük matematikus, a másik pedig rosszabb: filozófus lett.)

Majd elmondta, hogy amikor először hallott *Móricstól* (*Goldhaber*) bizonyos tényeket a neutronemisszió kísérő óriásrezonanciáról, akkor valami megvilágosodott előtte. Olyan elképzelés alakult ki benne, amely szerint a magban lévő valamennyi proton kollektív mozgásba jön a magban lévő neutronok mozgásával szemben. Ehhez persze arra lenne szükség, hogy a nukleonok együtt mozogjanak a térben, de ez nem egészen van így, mert különböznek a természetes vonalszélességeik. „Ezzel gondot is okoztam jó barátoknak, *Móricnak*, mert ezek a nukleonok mind alacsony, mind egészen magas frekvenciákkal gerjeszthetnek. Nekem az alacsony frekvenciás rész oko-

zott gondot” – mondta Teller, mivel különösen a nehéz magoknál a dipólabszorpció 7 MeV körül van. Az elektromos dipól- és kvadrupól-, valamint a mágneses dipólátmenetek kiválasztási szabályait elemezte ezután. Ezekről a konferencián még számos új eredmény ismertetésére is sor került.

Teller az előadások vitáiban az egyik legaktívabb résztvevő volt, tizenkét előadáshoz húsz kérdést, illetve megjegyzést fűzött.

A konferencia jelentős eseménye volt a záró panel vitaülés megrendezése a fotonukleáris terület jövőjéről. Hat jeles személyiséget kértek fel, hogy jósolják meg, mi lesz a következő tíz év kiemelkedő eredménye. Az elhangzottakból itt csak Teller gondolatait idézem:

„Nem lennék különösebben meglepve, ha tíz éven belül a gamma-lézer létrehozásával szembeni nehézségek elhárulnának. De egy ilyen jóslás igen nagy kockázattal is jár, hiszen tíz év múlva talán még szememre hányhatják tévedésemet.” A legnagyobb esélyt Teller kedvenc atommagjának, az ^{235}U -nak adott, tekintettel annak alacsony (78,6 eV) izomernívó-energiájára és a gerjeszthető nívók kedvező kvantumszámaira. Az izomerállapot populációjának a lökészerű legerjesztődéséhez UV-lézer energiacsatolási technikát javasolt. A pumpálási problémák megoldására föld alatti atomrobbantást képzelt el. Így évi egy alkalommal a kiépített nagyintenzitású neutron- és gamma-csatornában más magas színvonalú mérések mellett közelebb kerülhetnénk a gammalézer-probléma megoldásához is.

Ezt a javaslatot és a Teller által elmondottakat a levezető *Hayward* elnök „ez fantasztikus” megjegyzéssel kommentálta.

A gamma-lézer – főleg a lézerpumpa hiányában – még ma sem megoldott. Az 1990-es évektől több kísérlet történt az izomergerjesztés tükrreakciójának a segítségével rövid, nanoszekundomos gamma-kvantumok előállítására, amelyek elvben betölthetnék a lézerpumpa szerepét.

A konferencián olyan lelkes, elismerő hangulatú légkör alakult ki Teller előadásai és vitái alatt, amit itt most leírni sem tudok. A konferencia öt napján egy olyan Teller Edével találkoztam, aki a fizikai jelenségek minél jobb megértésére törekvő kutató egyéniség.

A személyes találkozásainkról

A konferencia szervezői a nyitó szekció első kávészünetében mutattak be Teller Edének, mint az egyetlen Magyarországról érkezett résztvevőt. Ezután a többi kávé- és ebédszünetben, a délutáni rendezvényeken, valamint a záróbanketten többször folytattunk eszmecsere szakmai kérdésekről, itthonról. Úgy éreztem, hogy mint egyetlen magyarországi

A Teller Ede centenáriumi ülésen elhangzott hozzászólás bővített változata.



Teller Ede bal oldalt, Veres Árpád középen, Maurice Goldhaber jobb oldalt a konferenciát záró banketten, 1973. március 29-én.

résztevőre fokozott figyelmet fordított, és segített, ha valami kérdés merült fel bennem.

Teller USA-beli munkájával kapcsolatban azt emlegette, hogy amikor a feszített terv szerint nem tudtak a mérési eredmények alapján továbblépni, akkor mindig „a Johnny” (Neumann János) találta meg az eredményeket jól leíró formulát, s így a kritikus paraméterek helyes megválasztásával folytathatták munkájukat. A Neumann Jánosról szóló dicsérő szavakból úgy éreztem, hogy a nehéz helyzetekből menekülés segítségét honoráló tisztelet nyilvánult meg bennük, mivel Neumann kiváló tulajdonságait még többször is emlegette.

Elmondtam, hogy tíz éve vizsgáljuk a stabil atommagok izomerjeinek fotogerjesztését monoenergiás gamma-sugárforrások Compton-szórt, folytonos energiaeloszlású gamma-kvantumainak segítségével. Mivel itt az intenzitás már négy nagyságrenddel nagyobb, mint az 1939-es rádiumos Goldhaber kísérletnél volt, kaptunk is mérhető izomeraktivitást. Ez felvillanyozta, és biztatott, hogy mondjam el a tapasztalataimat Goldhabernek. A konferencia bankettjén e beszélgetésünket lefényképezték, és meg is jelentették a konferencia szöveggyűjteményében (ld. *fénykép*).

Egyik beszélgetésünk során megkérdeztem, hogy nem tervezi-e hazalátogatását. Azokban az években ugyanis már több kiemelkedő Amerikában élő tudós járt Magyarországon. Teller reakciója:

„Először: engem senki nem hívott. Másodszor: oly régen eljöttem már Budapestről, hogy nincsenek is kapcsolataim. Harmadszor: nem hiszem, hogy az amerikai kormány jelenlegi munkáimnál hozzájárulna a hazalátogatásomhoz.”

Engem akkor ott meglepett a rendkívül heves reakciója, főleg az első ok kihangsúlyozása. Az általa felsorolt indokok alapján úgy éreztem, mintha készült volna valami hasonló kérdésre. Mint tudjuk 1990 után már sokszor járt itthon.

E néhány epizód megemlékezésével szerettem volna emlékezni e centenáriumi ülésen is a közel 35 évvel ezelőtti felejthetetlen találkozásunkra.

Veres Árpád

TÍZ ÉV MÚLTÁN TELLER EDÉVEL

Ülök Teller Ede San Franciscóhoz közeli, Stanford egyetemi lakásában. 90. születésnapja alkalmából tettem a tiszteletemet nála Washingtonból, alapos, hosszúságú „diplomáciai” előkészítések után.¹ Délelőtt 11 órára volt megbeszélve a látogatás, hogy ne lógiak bele a családi ebédidőbe. Indulásként udvariassági szőfordulatokat váltunk, amely szintén észrevétlenül beszélgetésbe megy át. Emberi módon rámszól, hogy ne hadarjak (ami rossz szokásom), de egyből hozzáteszi még emberibben: *tudja, romlik már a hallásom*. Mintegy fél óra múlva már készülődök életrajzi regényének kéziratát lapozgatni előttem, aminek munkacíme: „A Marslakók”, utalva a Manhattan Projekt idején a fura nyelvű és gondolkodású magyar tudósokra Amerikában ráaggatott becenévre. Mivel jó kedélyű, szinte meghitt a beszélgetés hangneme, veszem a bátorságot, és megkérdezem tőle: mire gondolt az atombomba bevetésekor, illetve utána. Egy pillanatra magam is megdöbbenek bátorságomon (illetlenségemen?), mindaddig, míg el nem ér a töprengő, emberi hangú válasz,

igaz, kicsit a kérdésem elől kitérve: *Erre én most nem tudok válaszolni, mint abogyan akkor sem tudtam. Ezt Istennek kell megítélnie. Mindenesetre, nem volt könnyű – sóhajt egy hatalmasat. Majd elővesz három verset. Megdöbbenek az írásokon: a nagy tudós Istenhez fohászodik – s ahogy eddig is fűzte a szót: magyarul. Azóta is keresi a magyarázatot, de Istenhez nem menekülni fut, hanem „beszélget” vele. Gyorsan könnyedebb témára váltok. Egyrészt hogy jövök én ahhoz, hogy Teller Edét és a lelkét faggassam, másrészt a szabatos és egyben szép gondolatokat Istenről és a Mindenhatóról már nem értem. Mintha a relativitáselméletet magyarázná, meg a kvantummechanikát, csak más síkokon. Közben előkerül egy levél, pontosabban egy távirat: az orosz atomtudósoktól a 90. születésnapjára kapott köszöntő, jót kívánó szavak, angolul. S látom lelki szememmel, ahogy e kedves sorokat lefűzi a „Beszélgetéseim Istennel” felíratot viselő dosszié „emberi bizonylatok” mellékletébe. Valahogyan szóba kerülnek a görög filozófusok, meg az ókori Róma szobrai, a régi nyelvek, maradandó és tovatűnt barátságai az életben. Kiderül, hogy amíg volt ideje, s akivel tehetett magyarul levelezett, de mióta az amerikai titkárnőkön keresztül írja leveleit,*

¹ A szerző a Magyar Köztársaság Washingtoni Nagykövetségének tudományos és technológiai tanácsosaként hivatalosan látogatta meg Teller Edét.

kénytelen volt angolra váltani. Szinte sóhajt, s tudom: magyarul álmodik. Letelt a találkozóra kért, egyeztetett egy óra, mennék, s ekkor életem egyik legszebb elismerését, bókját kapom. Második szabadkozásomra, hogy nem lábatlankodnék már tovább itt, a családi ebédidőben, „rámdörren” hihetetlen nagyemberi gesztussal, olyannal, ami csak a legnagyobbaknak adatik meg: *Fiam, azt, hogy fogadtam, annak köszönheti, hogy magyar, az ebédet már maga kapja.* Azóta sem tudtam igazából feldolgozni ezt a fantasztikus marasztalást és a rákövetkező két órát. Csatlakozik *Mici* néni, a matematikus feleség (ami egy külön történet), és jár körbe a szó. Anekdótákat váltunk, sztorizunk, kellemesen beszélgetünk. Kirándulunk térben és időben, időnként úgy érzem: magában a történelemben. Élvezem a 90 éves, Magyarországot vagy 65–70 éve odahagyott ember magyar beszédének ízét, zamatát s anekdotázó hajlamát. Soha, sehol egy angol szó odakeverve, tisztán, szabatosan, szépen beszél anyanyelvén. Azóta is bánom, hogy nem kérdeztem meg tőle, ki volt a magyartanára. Távozásakor, amikor már a titkárnő jön érte, hogy menni kellene a dolgozóba, bemutat *Francise*-nek, akit ugye levélpartnerként már ismertem, hisz az ő közreműködésével szerveztem meg a mostani látogatásomat. S mondja az „Öreg”, szinte pajkosan magyarra tanítva a titkárnőjét, lassan tagolva a nevemet: *Ist-van Sze-menyei*, majd elmagyarázza angolul, hogy mi a különbség a „...menyei” és a „menyei” között a magyar



nyelvben. Kicsit ez így már sok nekem – a magyar nyelv ilyen fokú birtoklásából, meg az engem ért „csillagporból” is. (Amit persze lélekben rögtön továbbítok Magyarországnak.) De azért szinte már menekülök ki a házból. Az ajtóban állva megüti a fülemet egy kedvesen csengő magyar női hang: *Isten áldja! Visszanézek: ott áll fehér kötényben a házvezetőnő, aki az ebédet is készítette.* Ekkor ugrik be, amit az asztalnál nem vettem észre: az ebéd magyar ételekből állt. Ez jut most eszembe, Teller Ede 100. születésnapján. Örülök az ebédnél készült közös fényképeknek, a megőrzött jegyzeteimnek, és az azóta is velem élő szép emlékeknek.

2008. január 15.

Szemenyei István

FAZEKAS PATRIK

1945–2007

2007. május 16-án, termékeny életének 63. évében, alkotó erejének teljében ragadta el a hirtelen jött halál a hazai fizikus közösség egyik kiváló, nagy nemzetközi elismertségnek és tiszteletnek örvendő kutatóját, a Magyar Tudományos Akadémia levelező tagját, *Fazekas Patrikot*.



A II. világháború magyarországi harcainak utolsó napjaiban, 1945. március 29-én született Mosonmagyaróváron. Édesapját nem sokkal ezután egy koncepció perben bebörtönözték, édesanyja nehéz körülmények között egyedül nevelte. Kiváló matematika- és fizikatudása már a középiskolai években sikereket hozott neki. Kiemelkedően szerepelt a *Középiskolai Matematikai Lapok* pontversenyén, cikke jelent meg a fizikarovatban, érettségije évében, 1963-ban

megnyerte a fizika OKTV-t, ezüstérmét szerzett az 5. Nemzetközi Matematikai Diákolimpián és második lett a Kürschák József matematikai tanulmányversenyen. Ezekben a sikerekben a vele született tehetsége mellett nagy szerepe volt iskolájának, a mosonmagyaróvári Kossuth Lajos Gimnáziumnak és tanárainak. A tanárok közül különösen *Majthay Antal* volt nagy hatással Fazekas Patrik későbbi pályájára. Ő tanította fizikára és részben matematikára is, a szakkört is vezette, de tőle az élet sok más területén is sokat tanult: széles műveltséget és emberséget.

Érettségi után az ELTE TTK fizikus szakára iratkozott be, s 1968-ban szerzett kitüntetéses oklevelet. Érdeklődése már hallgató korában az elméleti szilárdtestfizika felé vezetett. Diplomamunkáját a hatvanas években felmerült Kondo-problémával kapcsolatos témáról írta. A feladat egyszerűen megfogalmazható: Mi történik egy fém elektronjaival a fémbe helyezett, mágneses momentummal rendelkező atom körül, ha az elektronok a szennyezést nemcsak potenciálként

érezik, és ezért azon szóródva megváltozhat impulzusuk, hanem a szennyező spinjét a sajátjukkal együtt kölcsönösen átforgathatják? Mint kiderült, a megoldás a legkevésbé sem egyszerű. Bármennyire is gyenge a kölcsönhatás, az extra szabadsági fok, a spin miatt, amely energiabefektetés nélkül forgatható, infravörös divergenciák lépnek fel, és olyan erős korrelációk jelennek meg az elektronok rendszerében, illetve az elektronok és a szennyező között, amelyek matematikai tárgyalására alkalmatlannak bizonyultak a korábban ismert módszerek. A hasonló, sokszor még bonyolultabb, úgynevezett erősen korrelált rendszerek vizsgálata az utóbbi évtizedekben a szilárdtestfizika egyik legizgalmasabb területévé vált, hiszen igazi szenzációt jelentő kísérleti eredményekhez kapcsolódott, mint a nehéz fermionos anyagok vagy a magas átmeneti hőmérsékletű szupravezetők felfedezése. Fazekas Patrik ennek a területnek lett az egyik legkiválóbb, nemzetközileg is elismert kutatója. A *Lecture Notes on Electron Correlations and Magnetism* címmel 1999-ben a World Scientific (Szingapúr) kiadónál megjelent könyvére joggal tekintenek úgy, mint a terület alapművére.

A diploma megszerzése után a Központi Fizikai Kutatóintézet *Zawadowski Alfréd* által vezetett elméleti szilárdtest-fizikai csoportjába került állásba, ahol diplomamunkáját is készítette, s ez maradt szinte egyetlen munkahelye haláláig, noha az intézet szervezete, neve többször változott. A szinte egyetlen kifejezés azért helyénvaló, mert bár ez volt a fő állása, az utóbbi tíz évben másodállásban egyetemi tanárként a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem fizikai intézetében is tevékenykedett. Másrészt többször is töltött hosszabb időt, éveket, külföldi egyetemeken vagy kutatóintézetekben, de külföldi munkavállalásai után mindig ide tért vissza. Így 1972 és 1974 között két évig a cambridge-i egyetemen volt poszt-dok, 1980 és 1984 között négy évig, majd 1988 és 1991 között három évig a kölni egyetemen dolgozott kutatóként, 1991 és 1993 között pedig két évig a triezsi SISSA tudományos munkatársa volt. Különösen élénkek voltak tudományos kapcsolatai japán kutatókkal. Több közös kutatási programnak volt a magyar vezetője.

Már említett könyve mellett legismertebb munkája cambridge-i tartózkodása idején született. A később Nobel-díjat kapott *P.W. Anderson* munkatársaként dolgozott azon a problémán: mi lehet a háromszög-rács rácpontjaiba helyezett spinek alapállapotú konfigurációja, ha azok antiferromágnesesen vannak csatolva. Mivel a spinek frusztrálva vannak, egy háromszögön végigmenve a spinek nem következhetnek mindig ellentétes beállással. Emiatt megnő a kvantumfluktuációk szerepe, s ez új típusú alapállapotot eredményezhet. Ebben a munkában vetették fel először annak a lehetőségét, hogy a frusztrált spinrendszerben a benzolgyűrű rezonáló vegyérték-kötéséhez hasonlóan szingulett párok alakulnak ki a szomszédos spinek között, s ezek egymással rezonálva, újra és újra átrendeződve, csökkentik az alap-

állapot energiáját. Ezzel nemcsak a később megfigyelt és mindmáig élénken vizsgált spinfolyadékok egyik modelljét alkották meg, hanem egy olyan mechanizmusra mutattak rá, amely a magas átmeneti hőmérsékletű szupravezetők esetén is valószínűleg fontos szerepet játszik.

Hosszú időn keresztül foglalkozott a vegyérték-fluktuáló állapot, s ennek határeseteként a nehéz fermionos állapot kialakulásának kérdésével. Formálisan ez a korrelált többsávmodellek tárgyalását igényli, s ma már világosan látható módon összefügg az itineráns ferromágnesség és az orbitális rendeződés problémájával is. Ezen a területen leglényegesebb eredménye az a felismerés, hogy a nehéz fermionok „könnyű” fermionokba való átmenetének a Fermi-térfogat ugrásával, s ennek folyamányaként a lokalizált szabadsági fokok közötti effektív kölcsönhatások megváltozásával kell együtt járnia. Külföldi kollégáival (*A. Müller-Hartmann* és *S. Doniach*) dolgozta ki a Kondo-rácsok fázisdiagramját.

A sokrészecskerendszerek elméletéhez adott lényeges hozzájárulása az eredetileg *Gutzwiller* által bevezetett variációs módszer többirányú továbbfejlesztése. Elsőként használta a módszert a rácshelyek közötti kölcsönhatás figyelembevételére, majd kölcsönható elektronok több, egymással hibridizálódó sávjának szisztematikus leírására, s végül a Kondo-rács formálisan lokalizált szabadsági fokainak a Luttinger-tétel által megkövetelt úgynevezett nagy Fermi-tengerbe való beolvasztására. Munkáinak elismertségét jelzi, hogy felkérésre ő írta meg azon 10 cikk egyikét, melyek a *Gutzwiller-Festschrift* elektronrendszerekről szóló kötetében jelentek meg.

Amikor észrevette, hogy több átmenetifém, ritkaföldfém valamint aktinida esetén azért bizonyult korábban értelmezhetetlennek a megfigyelt átalakulás, mert azok megértéséhez nem elegendő a mágneses momentumok rendeződésének vizsgálata, hanem a pályamozgásból adódó szabadsági fokokat, a spin- és pályakölcsönhatások versengését és a geometriai szerkezet frusztrációját is figyelembe kell venni, érdeklődése a pálya és spin szabadsági fokok összjátéka által kialakított spin-pálya rendeződés felé fordult. Egyrészt mikroszkopikus modellek rendeződési jelenségeire vonatkozóan végzett számításokat, másrészt konkrét anyagokon kapott mérési eredményeket sikerült értelmeznie. Munkatársaival megmutatta, hogy új típusú korrelált elektronállapot alakul ki, amely valószínűségi tárházát adja olyan effektusoknak, amelyek iránt mostanában nagy az érdeklődés (kvantum kritikus pont, nem Fermi-folyadék állapot, spin gap, pálya és spin szabadsági fokok kölcsönhatása stb.). Itthoni és külföldi kísérleti fizikusokkal kialakult szoros együttműködésben több vegyület megfigyelhető viselkedésének értelmezését sikerült megadnia.

Az elektronrendszerek kollektív viselkedésének mérőben új változatait képviselik azok a rendszerek, amelyekben a degenerált héjak nemcsak egyszerű mágneseséget (dipólus-rendeződést), hanem magasabb rendű multipólus-rendeződést is hordozhatnak. Ezekben az

anyagokban a primer rendparaméter egy magasabb rendű multipólus, s a mágneses dipólusok rendeződése csupán indukált, szekunder jelenség, vagy nincs is jelen. Fazekas Patrik munkatársaival együttműködésben több vegyület esetén megmutatta, hogy azok fázisátalakulásai kvadrupólus-, illetve oktopólus-rendeződéssel magyarázható.

A kutatómunka mellett szívesen oktatott. Egy időben az ELTE-n vett részt a rendes szilárdtestfizika-kurzus oktatásában. Ott előbb címzetes docensi, 1991-ben pedig címzetes egyetemi tanári kinevezéssel tüntették ki. 1998-ban kapott egyetemi tanári kinevezést a BME-re. Különösen a mágnességről tartott előadásai jelentettek új szint. Előadását, mint egész személyiségét, az összeszedettség, rendszeresség, megbízhatóság jellemezte. Erről voltak híresek külföldön tartott kurzusai is. Hosszabb munkavállalásai alatt a kölni egyetemen, illetve a trieszti SISSA-ban tartott rendes egyetemi, illetve doktoranduszoknak szánt előadásokat. Emellett a lausanne-i és a marburgi egyetem is meghívta rövidebb kurzusokra.

Fazekas Patrik meleg szívű, őszinte, rendkívül szerény, magát soha előtérbe nem toló személyiség volt, tudását szívesen megosztotta bárkivel, aki kérdéssel fordult hozzá. Amióta az egyetemen oktatott, egyre több tanítvány vette körül. Az elméleti fizikusok azon csoportjába tartozott, aki szívesen beszélgetett kísérleti fizikusokkal méréseikről, s konkrét anyagok tulajdonságait igyekezett megmagyarázni. Nemcsak jegyzeteiben, hanem fejében is ott volt az ismeret rengeteg anyag elektromos és mágneses tulajdonságairól. De mindemellett nem volt szakbarbár. Igen széles körű volt irodalmi és történelmi műveltsége. Nagy olvasottsága tükröződött beszédének választékos stílusában.

Tudományos pályája, itthoni elismertsége töretlenül ívelt felfelé. 1972-ben szerezte meg az egyetemi doktori címet, majd 1978-ban a kandidátusi fokozatot. Tíz év múlva, 1988-ban lett a fizikai tudomány doktora. 2004-ben az Akadémia XI. osztálya fizikai fődíj kitüntetésben részesítette. A 2007. évi tagválasztás alkalmából lett az Akadémia levelező tagja. Ennek az elismerésnek azonban nem sokáig örülhetett. Kilenc nappal megválasztása után egy valószínűleg régebb óta lappangó, de még a környezete számára is hirtelen jött betegségben megállt a szíve. Halála nagy veszteség az egész magyar és a nemzetközi fizikus közösség számára. Munkájának eredményei, tudományos öröksége azonban itt maradnak közöttünk.

Sólyom Jenő

Fazekas Patrik, régi barátom és testvérem, nincs többé

Először az angliai Cambridge-ben, a Cavendish Laboratóriumban találkoztunk 1972 végén vagy 1973 elején. Ő, azt hiszem, szabályos posztdok volt Budapestről, míg én, bár szintén posztdok-korú voltam, többé-kevésbé saját magam által meghívva érkeztem Rómá-

ból Cambridge-be. Egy szerencsés véletlen folytán végül is Patrik vendéglátójával, Phil Andersonnal dolgozhattam, hat hónapot töltve el akkor az Atlanti óceán két oldalán.

A Patrik és Phil által művelt fizika a „rezonáló vegyértékkötés” nevű nagyon érdekes valami volt, az antiferromágneses háromszögrács spinfolyadék jellegű állapota, mely később a magas átmeneti hőmérsékletű szupravezetők modelljeként lett híressé. Emellett, Patrikkal együtt élveztük a Phil környezetére és a Cavendish Laboratóriumra jellemző fantasztikus tudományos légkört, valamint Cambridge varázsát.

Ennek a világnak egy másik személyisége, akihez Patrik és én is egészen közel kerültünk abban az időben, a Trinity College egy magányos és hallgatótag tagja, *Brian Josephson* volt. Patrik lényeges szerepet játszott a mi felvidításunkban, hiszen hárman gyakran töltöttük együtt az estéket és a hétvégeket londoni korcsolyázással, snowdon-i hegymászással, különösen pedig indiai éttermekben való vacsorákkal.

Az indiai ételek, melyek a magyar és olasz ízléstől is idegenek, a mi belső kapcsolópontunkká váltak. Még évtizedekkel a cambridge-i idő után is, Patrik minden látogatása idején egy estét szenteltünk annak, hogy közösen indiai ételeket készítsünk. Az ehhez szükséges hozzávalókat és receptkönyveket mindig kéznél tartottam. Patrik minden alkalommal Rogon Gosht-ot készített, magam madraszi curryt, vagy legalább valami olyat, amiről azt gondoltam, hogy az. És természetesen minden alkalommal a Rogon Gosht nagyságrendekkel jobb volt, mint a madraszi curry.

Patrik többször is meglátogatott engem és családomat Rómában, szülővárosomban Modenában, és Triesztben, ahol egy évet töltött el feleségével, *Annával*. Az évek során számos fizikai problémán dolgoztunk együtt, és ezek megoldásában mindig döntő volt mély és pontos fizikai tudása. Amikor mágnességet tanított az ICTP diplomára készülő diákjainak és a SISSA doktoranduszainak, előadásai legendává lettek. Akkori előadási jegyzeteiből nőtt ki az a könyv, mely a terület remekműve és a fizikus közönség állandó öröksége.

Az utóbbi években Anna romló egészsége, majd halála őt is nagyon megviselte. Hogy szomorúságából kimozdítsam és együtt élvezzük a fizikát, a múlt évben elértem, hogy újra meglátogatta Triesztet, s ezt terveztük erre az évre is 2007. május 11-ig, amikor utolsó e-mailjét küldte. Úgy láttam, hogy fokozatosan egy új életre rendezkedik be. Sajnos, nem így történt, és Patrik ragyogása nem tartott sokáig.

Patrik alapvetően fontos tudományos munkássága mellett ragyogó intellektusa, ellenállhatatlan humora, őszinte önzetlensége, a fizika és az emberiség iránti elkötelezettsége is hatalmas örökségként maradt ránk. Bár eltávozott, ez az örökség örökre itt marad bennem és mindannyiunkban.

Erio Tosatti
SISSA, Trieszt

PILLANTÁS PISA-RA

Patkós András
ELTE, Atomfizika Tanszék

A Gazdasági Együttműködés és Fejlődés Szervezetébe (OECD) tömörült 30 ország további 17 partnerország részvételével 2006-ban újabb felmérést végzett a 15 éves iskolások körében annak megállapítására, hogy „mennyire felkészültek a jövő kihívásaira, képesek-e hatáson elemezni, megoldást keresni és kommunikálni”? A háromévenkénti felmérés először vizsgálta kiemelt hangsúllyal a résztvevők természettudományi felkészültségét, miután 2000-ben olvasási (szövegértési), 2003-ban pedig matematikai hangsúlyú volt a felmérés. Ebben a feladatsorban 108 kérdés volt természettudományhoz kapcsolódó, szemben a megelőző tesztek 35 ilyen témájú kérdésével. Az eredmények elemzésével kialakult helyzetkép az a vonatkoztatási pont, amelyhez képest értékelni fogják 2009-ben és 2012-ben a 15 éves diákok természettudományi felkészültségének alakulását. Legközelebb 2015-ben lesznek fel részletes újraértékelésre lehetőséget adó természettudományos készségtérképet.

A természettudományos „írástudás” hazai színvonaláért szakmai felelősséget viselő közösség meghatározó részeként a magyar fizikatanároknak és fizikusoknak célszerű alaposabban is megismerkedniük a felmérés részleteivel. Ezt minden érdeklődő megteheti a www.pisa.oecd.org honlapon megjelentetett *Science Competencies for Tomorrow's World* tanulmány két kötetét tanulmányozva. Jelen cikkben a természettudományi tesztre korlátozódva saját olvasatomat szeretném bemutatni a teszt kialakítása során követett célokról és az eredmények elemzéséből levont következtetésekről, remélhetőleg kedvet csinálva másoknak is a tanulságok olvasmányhoz.

A magyar nyilvánosság (a nemzetközihez hasonlóan) mindeddig a 2007. december elején kiadott összefoglaló értékelés leginkább hírszerűen bemutatható adatairól értesült. Eszerint a természettudományi készségek területén is a finn diákok mutatják a legjobb felkészültséget. Hazánk ezen a területen a 13–17. helyezést elérő országok középcsoportjában található, 504 pontjával kissé meghaladva az OECD-országok átlagos teljesítményének 500 pontra beállított értékét. A 15 évesek teljesítményének a család társadalmi helyzetével mutatott korrelációja hazánkban az egyik legerősebb, azaz az oktatásnak ezt tompító funkciója igen kevésbé érvényesül. Összeségében ezen a területen a három évvel ezelőtthez képest nem sokat változott a pozíciónk.

A PISA-vizsgálat kiemelkedő tudatosságú előkészítése, tudományos alaposságú és óvatosságú elemzése a fenténél sokkal gazdagabb tanulságokban, elgondolkodtatóbb egyes részeredményeiben, megérdemli tehát, hogy egy hétvégét böngészésére szánjunk. Lelkileg

is megéri, mert találunk diákjaink természettudományos felkészültségének egyes oldalairól igen pozitív eredményeket is, illetve jobban megérthetjük, hogy e pozitívumok ellenére milyen vonatkozások húzzák vissza összteljesítményüket a középmezőnybe.

A természettudományi PISA-teszt elvi háttéréről

„A természettudományi »írástudás« a tudományos ismereteknek olyan használatát jelenti, amellyel a megértést és a döntések előkészítését is szolgáló kérdéseket tehetünk fel, majd tudományos módszerrel feltárt tényekre alapozott következtetésekre juthatunk a természeti világra és az emberi tevékenységnek azt változtató hatásaira vonatkozóan.”

A PISA-dokumentumban található összefoglaló meghatározást kibontó tesztkérdések a „tt-írástudás” három rétegét kívánták elérni. Közülük a természettudomány alapelveinek és ismereteinek konkrét jelenségekre történő alkalmazása áll legközelebb az iskolai képzéssel megalapozható hagyományos készségekhez. A következő réteget olyan helyzetek értékelése jelenti, amelyekben a sikernek nem feltétlenül előfeltétele a természettudományos megközelítés. Itt a természettudományos és a nem-tudományos értékelési módok közötti különbségtétel készségét kívánták a válaszokból megítélni. E rétegnél a válaszok jó értékeléséhez a természettudományos ismeretanyag túl a tudományos módszerről, a tudományos vizsgálat folyamatáról való tájékozottság elengedhetetlen volt. Végül a természettudományos érvek és gondolkodás használatát vizsgálták társadalmilag releváns kérdésekről történő véleményalkotást és döntések meghozatalát igénylő feladatoknál. Ez utóbbi rétegnél a tesztet készítőik egyértelműen a fenntartható fejlődés, a természeti terhelést csökkentő technikák szempontját fogadták el, annak szemléletét pozitívan érvényesítették.

A három réteget egységben tükröző komplex kérdéseket tettek fel. Az ismeretanyag ellenőrzésénél a szövegértési és a természettudományi készségek jobb elkülönítése érdekében a 2003. évi felmérésnél közvetlenebb, a feladat szövegének értésétől kevésbé meghatározott válaszadásra igyekeztek módot adni. Ennek a tendenciának kísérleti jellegű továbbfejlesztése volt néhány országban a számítógépes feladatközlés alkalmazása animációkkal, szimulációkkal, video-bejátszásokkal. Ebben a kísérletben régiókból Szlovákia vett részt. Egyébként a feladatok kiadása és a válaszadás a hagyományos papír–ceruza–dolgozat formában zajlott.

A természettudományi készségek felméréséhez kapcsolódva először készült vizsgálat a tudomány iránti érdeklődésről és a természettudományoknak az emberi életben betöltött szerepéhez, mint az emberi érdeklődés egyik fejlett formájához való viszonyulásról. A természettudományos tevékenység eredetére, célkitűzéseinek sajátosságaira, a kísérletezés és a mérés szerepére, az adatok tudományos kezelésének követelményeire, az eredmények megfogalmazásának és érvényességi körének jellemzőire vonatkozó vélekedésekre igyekeztek rákérdezni.

Az ismeretek színvonalát mérő kérdéseket a következő témaköröknek megfelelően válogatták: Fizikai rendszerek, Élő rendszerek, A Föld és csillagászati rendszerek, Műszaki rendszerek (a „rendszer” szót a „tudomány” szóval szemben preferálták, az utóbbi szerintük diszciplináris széttagoltságot sugall). A tudományos tevékenység mibenlétére vonatkozó ismereteket a kérdésfeltevés és a magyarázatadás tudományossága kritériumainak tesztelésével kívánták mérni. Végül a tudomány iskolafalakon kívüli szerepével kapcsolatos nézeteket az egészség, a természeti erőforrások, a környezet, a kockázat, valamint a tudomány és technika élvonala kérdésköröket képviselő feladványokkal térképezték fel.

Három alapvető természettudományos készséget kívántak mérni:

- a) A természettudományos kérdések azonosításának képességét;
- b) A természettudományos magyarázatadás, értelmezés képességét;
- c) A természettudományos tények használatának képességét mindennapos környezetben, szituációkban.

Az a) pontra vonatkozó tesztkérdések összeállításánál is fokozatokat használtak: kérdések, amelyek alkalmasak tudományos vizsgálatra, adott kérdéshez kapcsolható tudományos kulcsszavak ismerete, a vizsgálat lépéseinek felismerése. A b) készségnél a természettudományos magyarázatadást konkrét helyzetekben és nem az absztrakt szabályok szintjén igényelték, továbbá az előrejelzés adásának képességét is tesztelték. Végül a c) pontban a tudományos tények kommunikációjának képességét, a tényekből levont következtetések előfeltételeire, a hozzájuk vezető érvelés kereteire (korlátaira) és a természettudományos haladás társadalmi következményeinek felismerésére való képességet igyekeztek minősíteni.

A természettudományi tudás vizsgálatát a fizikának, a kémiának, a biológiának, a földtudományoknak és a csillagászatnak a köznapi életben is releváns, tartós érvényességű és a 15 évesek életkori sajátosságaira is tekintettel lévő ismeretanyagával végezték. A fizika területére jutó ismereteket a *Fizikai rendszerek* csoport kérdései tartalmazták. Ezeket a következő tematikus hangsúlyokkal állították össze (a fordítás az eredeti megfogalmazást tiszteletben tartja, bár néhol kétélyeim vannak a szakmai helyességet illetően):

- Anyagszerkezet (alkotórészek, kötések)
- Anyagi tulajdonságok (állapotváltozás, hő- és elektromos vezetés)

- Az anyag kémiai változásai (reakció, energiaátadás, savak/lúgok)
- Mozgás és erő (sebesség, súrlódás)
- Energia és átalakulás (megmaradása, disszipáció, kémiai reakciók)
- Anyag és energia kölcsönhatása (rádió- és fényhullámok, hang- és szeizmikus hullámok)

A fenti kivonatos áttekintés számomra meggyőzően mutatja, hogy a PISA-teszt 400 ezer iskolással történt elvégzésének megtervezése, lebonyolítása és elemzése a természettudományi nevelésben gyakorlati hasznosságú pedagógia fontos fejlődési állomása. Az elvek vázlatos ismertetése remélhetőleg felkelti gyakorló tanár kollégáim érdeklődését a feltett kérdésekkel való megismerkedésre, annak megvitatására, hogy a kérdésekből valóban hiteles következtetések vonhatók-e le a természettudományos készségek alkalmazási képességére a 15 éves iskolások körében. A mérés adekvátsága iránti bizalmat megelőlegezve továbblépek az értékelési eredmények üzenetének az egysíkú megfogalmazásokon túllépő, szakmai tanulságokat hordozó olvasatához.

A természettudományi PISA-teszt elemzésének eredményeiből

A tudományos teljesítmények jellemzésére 6 szintet állapítottak meg. Az '1' szint alatti eredményt elérők a leg-egyszerűbb tudományos vonatkozásokat magukba foglaló helyzetekben sem tudnak elfogadható teljesítményt nyújtani. A '2' szinttel kezdődik a tudományos ismeretek eredményes alkalmazására lehetőséget adó teljesítmény. A két legalsó ('1' és '1' alatti) szintre kerülő, nagyjából 1/5 résznyi tanulónaknak lényegében nincs esélye, hogy bekapcsolódhasson a korszerű demokratikus döntéshozatalba. *Első táblázat*ként a természettudományi ismeretekhez kapcsolódó teljesítményosztályokba sorolt tanulói hányadokra mutatok jellemző országadatokat (a hányadokat százalékban mérve).

A finn tanulók alsó három szintre került hányada kisebb az egyesült államokbeli tanulóknak az alsó két szintre eső hányadánál is. A magyar tanulók teljesítmé-

Szint	OECD-átlag	Finnország	Magyarország	Egyesült Államok
1 alatti	5,1	0,5	2,7	7,6
1	14,1	3,6	12,3	16,8
2	24,0	13,6	26,0	24,2
3	27,4	29,1	31,1	24,0
4	20,3	32,2	21,0	18,3
5	7,7	17,0	6,2	7,5
6	1,3	3,9	0,6	1,5

2. táblázat

Teljesítmények a Fizikai rendszerek témakörben

Pontteljesítmény	OECD-átlag	Finnország	Magyarország	Egyesült Államok
a tanulók alsó 5%-a határán	337	406	376	312
10%-ának határán	371	439	407	344
25%-ának határán	432	497	465	403
75%-ának határán	568	624	601	561
90%-ának határán	627	680	663	630
95%-ának határán	661	709	692	664
Átlagteljesítmény	500	560	533	485

nye homogénabb az OECD-átlagnál, mind a legjobb két kategóriában, mind a legrosszabb teljesítményű két kategóriában lényegesen kevesebb tanuló teljesített, mint az OECD-átlag. A kérdések tudományos jellegének felismerését ellenőrző kérdéscsoportban sajnos a magyar diákoknak már 18,1%-a került az alsó két szintre és csak 0,1% a legfelsőre. Ennek éppen ellenkezőjét mutatják az USA adatai. A tt-ismeretek kategóriájában a nagyon rossz és a nagyon jó teljesítményűek részhányada egyaránt meghaladja az OECD-átlagot. A tudományos kérdések azonosításában már közelebb állnak a fejlett európai államokbeli teljesítményekhez. Valószínű az amerikai alsóbb fokú iskolarendszer szélsőséges (a lakosság geográfiai településében is megnyilvánuló) szegregáltsága adja a magyarázatot. A legrosszabb a magyar teljesítmény a „tudományos tények használata” műfajban. Itt a gyerekek 19,4%-a kerül a '2' szint alá, míg a finn gyerekek közül ekkor is csak 5,4% ennek a csoportnak a részesedése (USA: 26,1%). A magyar iskola a természettudományt alapvetően önmagában zárt, a köznapoktól elkülönült világgént mutatja be, és a gyerekek többségében ez a viszony rögzül is. Ez nem annyira a kutatói utánpótlásra, mint a szélesebb nyilvánosság és a természettudomány kapcsolatának alakulására van rossz hatással.

A fizikával foglalkozóknak különösen fontos azt tudni, hogyan teljesítettek a magyar 15 évesek a *Fizikai rendszerek* témakörben. Ezt mutatja be a kivonatos 2. táblázat.

Ebben a témakörben a magyar diákok Finnországot (560) és Csehországot (534) követve a harmadik helyre futottak be. A két közép-európai ország Koreával (530), Japánnal (530), Hollandiával (531) alkot egy csoportot. A nem OECD-tag országok közül Észtország (535) és Szlovénia (531) mutat hasonló szintű teljesítményt. Hasonló elemzés, amelyet nem illusztrálunk táblázattal, a *Föld és csillagászati rendszerek* területén Magyarországot (512) Németországgal, Hollandiával rendezi egy csoportba az 530 pont körüli Ausztrália, Csehország, Japán és Korea mögött, amely országok pedig a Finnország (554) és Kanada (540) alkotta élbolyt követik. Végül az *Élő rendszerek*ben nagyjából az előzővel azonos a magyar teljesítmény (509), amelyhez hasonló az ír, a holland, a lengyel, a svéd és a svájci teljesítmény. Ennél

jóval jobb (520 pont feletti) az ausztrál, az osztrák, a kanadai, a cseh, a német, a japán, az új-zélandi és a brit teljesítmény ezen a területen. A finnek minden területen egy osztállyal a többiek előtt járnak!

Az OECD-tanulmány a finn 15 évesek kiugró sikerét finn tanügyi tisztviselőktől származó véleményekkel kommentálja. A következő tényezők segítik életretörésüket:

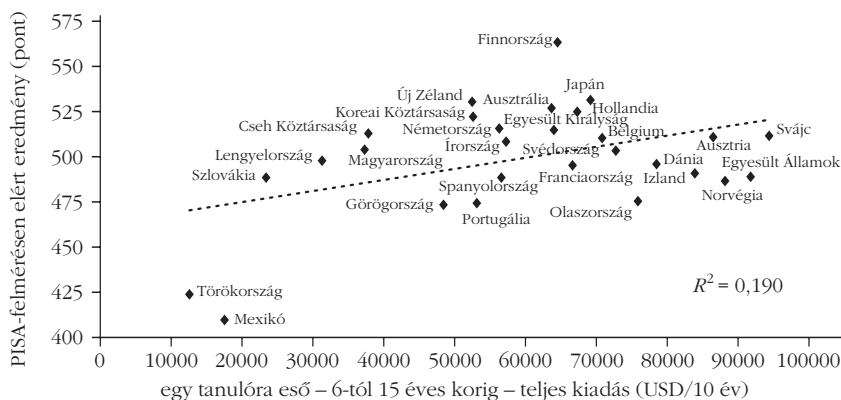
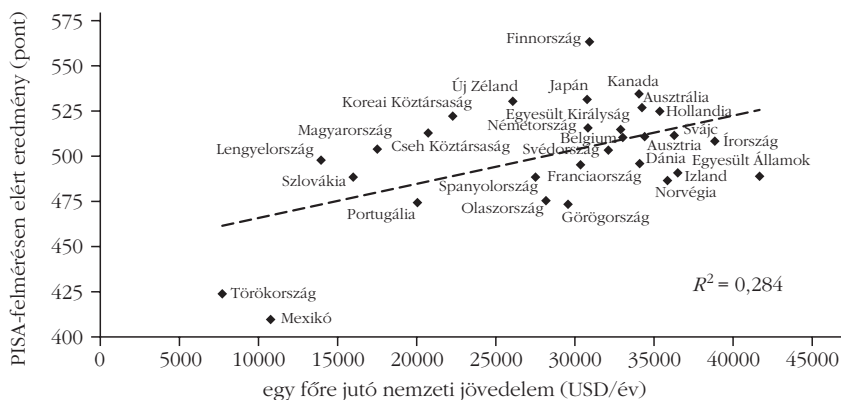
- Növekvő létszámú beiskolázás a természettudományi és műszaki felsőoktatásba.
- Fokozott együttműködés (műhelymunka) a természettudományos diszciplínák tanárai között.
- A kísérletező stílusú oktatásra való koncentráció.

- A matematikai és természettudományi specializációjú osztályok számának növelése az iskolákban.

Egyes tényezők szerencsére a magyar közoktatásban is még jelen vannak. A csehek és a mi sikerünket a *Fizikai Rendszerek* témakörben a tanulmány szerzői a kevésbé modernizált természettudományi tananyagra és a közös gyökerekre visszanyúló oktatási rendszerre vezetnek vissza. Nem dönthető el ennek a megállapításnak a dicséretes vagy kritikai előjele. Kár, hogy nem értelmezik e rendszerek valódi történelmi gyökereinek tekinthető osztrák és német iskolák mögöttünk való viszonylagos lemaradását (518, ill. 516). A másik két témakörben – a nem lebecsülendő eredményünkből induló – felzárkózás nem a fizika-kémia óraszámok csökkentésével, hanem az élő rendszerekre, valamint a *Föld és csillagászat* témakörre fordítható oktatási erőfeszítés növelésével lehetséges.

A teljesítményekre ható tényezőket keresve az OECD-szakértők a társadalmi fejlettség mutatóival korrelált adatok ábráit is közlik (lásd a *kettős ábrát*). Az egy főre vetített nemzeti össztermékkel, illetve a 6–15 évesek közoktatására összegzetten ráfordított pénzösszeg nagyságával a korreláció nem túl erős. Az első esetben a regressziós együttható értéke 0,28, a közoktatási fajlagos ráfordítások esetén 0,19. Érdekes próbálkozás a tanulmány szerzői részéről az elért teljesítmény korrigálása a két társadalmi jellemző arányában. A magyar diákok teljesítménye ezzel 504 pontról 524-re, illetve 518-ra „javul”. Mindeközben az osztrák teljesítmény 511-ről 499-re, illetve 494-re módosul, az egyes oktatáspolitikus pedagógusok által időnként példaként állított Egyesült Államoké 489-ről 464-re, illetve 469-re zuhan.

A felmérés eredményeit természetesen nem lehet megváltoztatni újrannormálással. Világos, hogy a kapcsolatot egyéb rejtett tényezők is jelentős mértékben befolyásolják! A korrigált becslések jelentősége az, hogy az ország lehetőségeihez képest értékeli újra tanulóinak teljesítményét, illetve a közoktatásra fordított összegek természettudományi hatékonyságát mutatják. Mindkét ábra azt mutatja, hogy a közép-kelet-európai országok természettudományos oktatása a lehetőségeket jobban hasznosítja, mint jónéhány gazdaság ország. Kétségtelenül szükség van országunk



gazdasági teljesítményének jelentős javulására, hogy a magyar diákok természettudományi felkészültsége a világ élbolyába kerülhessen. De a pozitív meredekségű előrelépéshez elengedhetetlen a pedagógiai módszerekben vagy a tananyagban tükröződő szemlélet megújítása is.

Megemlítendő, hogy sokkal erősebb korrelációk együtthatót mutatnak az eredmények az 1000 lakosra jutó kutatók számával (értéke 0,79). A nagyobb tudományos-kutatói jelenlétnek a tanulói teljesítményhez való erős kapcsolódása talán a műszaki és természettudományoknak az adott országban tulajdonított társadalmi fontosságával hozható kapcsolatba.

A FIZIKA TANÍTÁSA ÉRDEKÉBEN

A kerettanterv módosításának tervezete megjelent az Oktatási és Kulturális Minisztérium (OKM) honlapján (ebből lásd a táblázatban szereplő óraszámajánlásokat), lehetővé téve a véleményezést 2007. november 27-ig. Sok hozzászólás alapján körvonalazódott a középiskolai fizikatanárok – a kémia- és biológia-tanárokéhoz hasonló – egybehangzóan lesújtó véleménye. Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat elnöksége november 26-án levélben fordult Szüdi Jánoshoz, az OKM közoktatási szakállamtitkárához, képviselve a tanári véleményeket, hivatkozva a kerettanterv ellen tiltakozó petíció 1100 aláírójára. A december 21-i

Az oktatáson kívüli tényezők fontossága összecseng emlékeimmel, hiszen a finn siker felsorolt szakmai tényezőinek jó részét a fizika területén ottani tanárkollégáink egykor Magyarországon lesték el. Nálunk jelenleg a szakosodott osztályok száma és a kísérletező szellemű természettudományos oktatás elfogadottsága stagnál, eszközhiánnyal küszködik, vagy éppen alaptalan kritikákkal szemben kell védekeznie. Különösen igaztalan, ha pedagógiai szaktekintélyként fellépők példaként állítják az amerikai természetismereti oktatást, miközben a PISA-teszt azt a világ egyik (ha nem a) legrosszabb hatékonyságú közoktatásaként értékeli, hiszen a hatékonyságra korrigált adatai nagyjából a török korrigált adatokkal állíthatók egy sorba. Csak éppen egyiknél a szegénység, a másikonál a pazarló állami iskolarendszer áll a háttérben.

Meggyőződésem, ha hazánkban a megfigyelő-kísérletező, önálló tanulói tevékenységre időt hagyó, azt tanári segítséggel ösztönző természettudományos közoktatás felülkerekedik, akkor tanáraink újra kedvet kapnak a természettudományok és társadalmi szerepük megismerésére kíváncsi tanulókkal való személyes foglalkozásra, pályaválasztásuknak a kedvezőtlen jelenlegi tendenciákat megfordító befolyásolására.

Minden tanárnak és fizikusnak ajánlom a 2006. évi PISA-teszt eredményeit bemutató kötetekkel való megismerkedést és átgondolt munka megkezdését a vizsgálat által feltárt egyoldalúságaink mérséklésére. A finn példa ebben is követhető: elsősorban a szaktanárok közötti közvetlen együttműködés hozhat eredményt!

(tebát még 30 napon belül) megküldött OKM-válaszlevélben a szakállamtitkár azt hangsúlyozta, hogy a kerettantervek nem kötelezőek, attól eltérő tanterv is készíthető az egyes iskolákban. Tebát a legtöbb, ami tehető: iskolánként kell megkísérlni olyan tanterv elfogadtatását, amely a fizika tanítása számára a leginkább kedvező.

Az alábbiakban közöljük az elnökség levelét, a kerettanterv-módosítási javaslatról az ELFT-bez beküldött tanári észrevételek összegzését, valamint a minisztériumtól kapott válaszlevelet, melyek az Eötvös Társulat <http://www.elft.hu> honlapján is megtalálhatók.

Az OKM eredeti javaslatában (2007. november 7.) szereplő kerettantervi ajánlás a tantárgyak követelményeinek teljesítéséhez rendelkezésre álló időkeret felhasználására				
tantárgy	éves óraszámok évfolyamonként			
	9.	10.	11.	12.
Magyar nyelv és irodalom	148	148	148	128
Történelem	74	55,5	111	96
Emberismeret és etika			37	
1. Idegen nyelv	111	92,5	111	96
2. Idegen nyelv	92,5	74	111	96
Matematika	111	111	111	128
Informatika	55,5	37	55,5	48
Bevezetés a filozófiába				32
Fizika	55,5	74	74	
Biológia és egészségtan		37	74	64
Kémia	55,5	74		
Földrajz	74	74		
Ének-zene	37	37		
Rajz és vizuális kultúra	37	37		
Testnevelés és sport	92,5	92,5	92,5	80
Osztályfőnöki	37	37	37	32
Társadalomismeret	18,5	18,5	18,5	16
Tánc és dráma	18,5	18,5		
Mozgóképkultúra és médiaismeret			18,5	16
Művészetek*			37	32
Szabadon tervezhető			74	96
Kötelező óraszám a törvény alapján	1017,5	1017,5	1110	960

* a konkrét tartalmat az iskola helyi tanterve határozhatja meg

Tisztelt Államtitkár Úr!

Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat teljes tagsága nagy várakozással tekintett a NAT kerettantervek felülvizsgálata elé. Azt vártuk, hogy a természettudományok oktatását a világtendenciáknak megfelelően értékeli újra. Ezzel szemben a jelenlegi tervezet nagy csalódást okozott. Újra arról győződünk meg, hogy sem a műveltségi körök tanítására fordítható időkeret, sem az egyes tantárgyak programját összeállító szakemberek nem törődtek a hazai (főként negatív) tapasztalatokkal és a nemzetközi irányzatokkal sem. Ezért az ELFT elnöksége közvetlenül Önt szólítja meg néhány fontos észrevétellel.

A közoktatás feladata, hogy kiegyensúlyozott kulturális ismereteket és a pályaválasztást orientáló, a szakmai tanulmányokat megalapozó készségeket nyújtson a tanulók egyre szélesebb körének. Ha nem csak szavakban valljuk, hogy a 21. század Magyarországnak is tudáson alapú társadalommá kell válnia, akkor különösen aktuális feladat a magasan kvalifikált szaktechnikusok és a felsőfokú végzettségű természettudományos és műszaki szakemberek létszámá-

ban hazánk rovására mutatkozó óriási hátrány fokozatos leküzdése. Ezt alapozhatja meg vagy ronthatja el a természettudományos tárgyak oktatása.

Miután a középfokú tanulmányok során a természettudományos tárgyak többségét a 12. évfolyamtól távoltartó időbeosztást hoztak létre, továbbá elvetették egy választható természettudományos tárgyból kötelező érettségi javaslatát, a természettudományos tanulmányok eljelentéktelenítésének szándékát az új tervezet szerzői további óraszámcsökkentéssel is „megüzenik” a diákságnak. Az ilyen körülmények között az orvosi, a mérnöki, a természettudományos vagy a kereskedelmi tanulmányokat megkezdő diákok megdöbbenve és becsapottan tapasztalják, hogy a felsőfokú szakképzésben és az egyetemi szakokon, illetve alapszakokon első éves tanulmányi előrejutásuk a feledésre ítélt kémia és fizika területén mutatott ismereteik és készségeik hiányosságán bukik el. A műszaki vagy a környezettudományi képzésben a hallgatók 70–80%-ának, kémia vagy fizika alapszakon is több, mint 50%-ának van szüksége középiskolai szintű felzárkóztató kurzuson való részvételre. A helyzetet nem a gyakorló szaktanárok, hanem a hamis közoktatási közhangulatot kieroszakoló szakértők idézték elő. A természettudományos és műszaki szakemberek számának növelését akadályozó közoktatási helyzet felszámolása a szakpolitika felelőssége!

Kritikánk másik csoportja közvetlenül a fizika kerettantervvel kapcsolatos. A megjelölt célokkal, feladatokkal és fejlesztési követelményekkel egyetértünk. A változatlan tananyag tovább csökkentett órásszámmal még kevésbé teljesíthető. A készségi szintű elsajátításhoz szükséges időt már korábban elvették a fizika órakeretéből. A szakokban a jelenségcentrikus megközelítés erősítését hirdető megfogalmazás ellenére a további lépési feltételek között csupán egyetlen kísérleti jellegű készséget („kompetenciát”) említenek. Egyetlen modern közhasználatú technikai eszköz megismerése sem része a tananyagának (CD-lejátszó, mobiltelefon, lézeres mutatópálca és társaik). Mindezzel szakértőik rendeletbe iktatják azt a szerencsétlen helyzetet, amely az óraszámcsökkentéssel, a kötelező órásszámnak a kísérletezést figyelmen kívül hagyó megszabásával, az egy fizikatanár által tanított osztályok számának korlátlan növelésével a tanárt a kísérletes demonstrációról való lemondásra szorítja. Ma a természettudományos alapszakokra jelentkezők kevesebb, mint 10%-a látott órai kémia- vagy fizikakísérletet, és 5%-ot sem éri el azok száma, akik valamilyen eszközt kezükbe vehettek.

Javasoljuk, hogy az OKM a fizikatanárok között legnagyobb tekintélyt élvező Ericsson- és Rátz László

díjas mestertanárok közül a kisvárosi gimnáziumokban tanítókkal készíttesse el a javasolt kerettanterv megtanítására és készségszintű gyakorlására szükséges időmértéket, továbbá az egy-egy témakör bemutatására szükséges demonstrációk és időtartamuk minimális listáját. A fizika órakeretét ennek alapján állapítsák meg! Írják elő a szertár karbantartására, a kísérletek előkészítésére fordítandó részét az iskolai fizikatanárok kötelező óraszámának!

Végezetül, de az előzőkkel azonos súllyal tesszük szövé, hogy a kerettanterv felülvizsgálata arra is módot nyújthatott volna, hogy az „Ember és társadalom” műveltségi területet jellemző egyoldalú kultúra-felfogást kiegyensúlyozottabbá tegye. Ennek a továbbra is fennálló egyoldalúságnak szégyellnivaló példája, hogy a nagy világtörténelem-formáló személyiségek sorába nem kerülhetett be *Newton, Darwin, Einstein*, hogy a technikatörténet nagy alakjainak felsorolását a gőzerőt kihasználó eszközöknél befejezik (*Siemens, Edison*: Kik is ők? A 20. század jóléti demokráciáinak termelési alapjait kik teremtették meg?). Büszkén ajánljuk történelem szakértőik figyelmébe *Simonyi Károlynak* az emberi kultúra egységét meggyőzően hirdető fizikatörténetét. Társulatunk készen áll, hogy valódi interdiszciplináris együttműködésben segítse a műveltségi körök kibontását.

Tisztelt Államtitkár Úr!

Úgy véljük a kerettanterv áttekintésekor a szakmai szervezetekben gyűjtött tapasztalatok nem helyettesíthetők oktatásfilozófiai spekulációkkal. Ezért mellékletben megküldjük az Eötvös Loránd Fizikai Társulathoz tanártársaink által beküldött szakmai észrevételek összesítését. Helyesnek azt tartanánk, ha a kerettanterv-készítésben a szakmai kompetenciával rendelkező szervezetekre, a kiemelkedő presztízsű tanárszemélyiségekre támaszkodnának, hiszen több évtizedes múltja van Társulatunk és az oktatási kormányzat konstruktív együttműködésének.

Felhívjuk szíves figyelmét a http://www.ipetitions.com/petition/fizika_tanerv/signatures.html weblapon található petíció több mint 1100 támogató aláírására.

A múltbéli együttműködés folytatásának reményével várjuk az Ön választát.

Tisztelettel, az Eötvös Loránd Fizikai Társulat elnöksége nevében

Kádár György
főtitkár

Sólyom Jenő
elnök

A kerettanterv-módosítási javaslatról az Eötvös Loránd Fizikai Társulathoz beküldött tanári észrevételek összegzése

A kerettanterv-tervezettel kapcsolatban a Társulati fórumon (FIZINFO) közzétett felhívásra mintegy 50, a fizikatanárok nagyjából 1000 fős levelező csoportjából 130 vélemény érkezett. A nagy gyakorlattal rendelkező kollégák elsősorban a gyerekek érdekeit és a társadalom szempontjából fontos momentumokat szem

előtt tartva fogalmazták meg gondolataikat. Alább két tartalmi körben összesítjük a beküldött véleményeket. Részleges ismétlések is lehetnek közöttük. Célunk a vélemények továbbítása és nem szűrése. Ugyanakkor az ELFT elnökségének levelében megfogalmazott szervezeti véleményt meghatározóan a tanári véleményekre építettük.

I. Pedagógiai és társadalmi szempontú vélemények

Ellentmondás van a tudásalapú társadalom felé haladás szándéka és a változtatások iránya között! Eddig is gond volt a kompetenciák fejlesztésével, az óraszámcsökkentéssel szinte lehetetlen a „kulskompetenciák” részben megadott elvárások teljesítése. Több ellentmondás érezhető a tervezet és a gyakorlat között.

A természettudományos tantárgyak alacsony óraszámainak számos tragikus következménye van, illetve lesz.

– Az alacsony óraszámok – súlyosbítva még az óhatatlan óraelmaradásokkal (betegség, ünnepség, szünet) – *lehetetlenné teszik a tananyag következetes, folyamatos feldolgozását*. Az ismeretek felületes befogadása akadályozza a megértést, az egységes szemlélet kialakulását. Ez közönyhöz, a tantárgytól, a tudománytól való elforduláshoz vezet. A tanulóknak a sok megértetlen, feldolgozatlan anyag a túlterhelés érzetét kelti, a további óraszámcsökkentés csak ront ezen a helyzeten. Tanárok a megmondhatóit, hogy az óraszámok csökkentése nem szolgálja a diákok érdekét. *A bátrányos helyzetű tanulók nem tudnak felzárkózni, mert a megnövekedett szabadidejüket az utcán, vagy a TV előtt töltik, számítógépes játékokat játszanak – semmit sem fejlődve! Egyre komolyabb problémát jelent a bevásárló-központokban őgyelgő több tízezer gyerek! Mindennek ellenére az oktatási kormányzat még mindig a túlzott iskolai megterheléstől félti őket.*

– Az alaposan megtanított, begyakorolt anyag *sikerélményhez* juttatja a gyerekeket. Ennek következtében a tanulást nem teherként, hanem képességeiknek megfelelő értelmes tevékenységként élik meg. A fejlesztési követelményekben megfogalmazott „váljon a tanuló igényévé az önálló és folyamatos ismeretszerzés” feltételeit meg kell teremteni, s ehhez elegendő idő kell. Adjunk időt a gyerekeknek, hogy élvezzék a tanulást!

Ezt teszi lehetetlenné a már amúgy is átgondolatlanul alacsony óraszám további csökkentése.

A *Fejlesztési követelmények* részletesen taglalja, hogy a tanuló milyen szinten legyen tájékozott a számítógépes oktatóprogramok, az internet kínálta lehetőségek, szakirodalom használatában. Ezek nyilván nem tanórai elfoglaltságok. Ha a hajsolt, felszínes oktatásban kudarcokkal elveszük a kedvét a tudománytól, nem fogja a szabadidejét erre áldozni! Ugyancsak egyre nagyobb nehézségbe ütközik az önálló tanulás megvalósítása.

– A reáltantárgyak fejlesztik elsősorban a gyerekek gondolkodását. Ezek háttérbe szorításával nem ala-

kul ki és *nem fejlődik a gyerekek logikai készsége – nem lesznek jó kutatóink, mérnökeink és orvosaink* sem, sőt nem lesznek olyanok sem, akik meg tudják majd érteni és alkalmazni külföldi kollégáik eredményeit.

– *A jövő döntéshozói* – politikusok, közgazdászok stb. – bármiféle *természettudományos ismeret nélkül döntenek* majd például erőművek, hulladékégetők telepítéséről, veszélyes hulladék kezeléséről.

Súlyos aggodalomra ad okot, hogy noha az évente kiadott új diplomák száma szinte megnégyszereződött a rendszerváltás óta, a *műszaki területen az új diplomák száma stagnál, illetve csökken*, és az egyetemi kollégák jelzése szerint a most egyetemre kerülő nemzedék fizikatudása igen alacsony átlagos színvonalra került (tisztelet a kivételnek).

Ugyancsak ismeretes, hogy a *bazai mérnök és természettudományos képzés színvonala* az elmúlt évtizedekben *esett*, egyes műszaki főiskolákon és természettudományos szakokon a bejutási ponthatár az utolsók közt van. Még drámaibb a természettudományos tanárképzés helyzete, hiszen ide általában csak azok jelentkeznek, akik már a gyengébb műszaki főiskolákra sem jók, hiszen ma egy mérnök végzettségű szakember anyagi érvényesülésének esélye jobb, mint egy tanaré.

Miközben a természettudomány és a technológia alapjaiban változtatja meg környezetünket, hétköznapi életünket, azt tapasztalhatjuk, hogy nincs kötelező természettudományi tárgy az érettségien, és a természettudományos műveltség és kultúra hanyatlásának jelei mutatkoznak. Kérdés, *elég gazdag-e Magyarország ahhoz, hogy ezt a jelenséget ne orvosolja, és a műszaki értelmiség képzése elé további akadályokat gördítsenek* (pl. a fizikaóraszám további csökkentésével)?

Komoly természettudományos képzésben kell részesíteni a fiatalokat, ez az egyetlen és biztos garancia arra, hogy a jövőben nem sorvad el a magyar ipar, nem sorvad el a magyar természettudományos gondolkodás. Iskolákat teremteni, az erkölcsös képzést szélesíteni dicsőséges dolog. *Az iskolákat bezárni, a képzést szűkíteni minden civilizációban szegény volt és az is marad.*

Nemzetközi globális folyamatokat elemző szervezetek már régóta jelzik a *nyugati világot sújtó mérnökhány* fokozódását. A folyamat *bazánkban is érzékelhető*. A fizika és a kémia (no meg a nyelvtan) az elmúlt évtizedekben a középiskola legkevésbé kedvelt tantárgyai közé került. Ennek fő oka, hogy az állandó *időhiány, a tanárok egyre növekvő óraszám* és az *ennek következményeként egyre több osztályban tanítás lehetetlenné teszi a korszerű módszerek alkalmazását* (kísérletek, beleértve a tanulókísérleteket is, multimédiás oktatóanyagok, videoanyagok alkalmazása).

– Magyarországon az EU-n belül is kifejezetten alacsony (kb. fele az átlagnak) a természettudományos végzettségűek száma és a jelenlegi egyetemi hallgatók megoszlásával ugyanez a helyzet.

A fentebb vázolt problémákra a fizika oktatásának, óraszámainak további csökkentése olyan jellegű válasz lenne, mintha valaki az adózást szüntetné meg azzal, hogy az sem népszerű és csak gond van vele. A meglevő problémák éppen ellentétes értelmű választ igényelnének, minden eszközzel (pl. komoly kormányprogrammal) *arra kellene törekedni, hogy a természettudományok oktatásának színvonala és megbecsültsége növekedjen.*

A természettudományos pályák felé való „terelés” területén a kezdeti bátortalan lépések megtörténtek. (*Út a tudományhoz* TEMPUS-pályázatok, a felsőoktatási keretszámok átrendezése.) A kerettantervhez rendelt új óraszámok, a fizikaórák további csökkentése e folyamatnak az arcus csapása.

II. A fizikatantárggyal kapcsolatos szakmai kritika

A tervezettel – de már az eddig is érvényben lévő tantervvel kapcsolatban számtalan probléma van. A fejlesztési követelmények is irreálisak.

A kísérletek elemzésére, mérésekre, grafikonok elemzésére nincs idő. A hetvenes években még voltak mérési gyakorlatok. Ezek többnyire csoportbontásban történtek. Ez ma kivitelezhetetlen. Külön munkafüzet volt a tanulók fizikai méréseihez. Ma ilyenrel az átlagos tanuló nem találkozik. Nagy hiba!

Már a hetedikes anyagban: az évi 55,5 óra alatt 25 fogalmat (sebesség, gyorsulás, átlag- és pillanatnyi sebesség, tehetetlen tömeg, erő, súly, gravitációs erő, munka, energia, hő, hőmérséklet, fajhő, éghő, olvadáshő, forráshő, olvadáspont, forráspont, teljesítmény, határfok, forgatónyomaték, erőkar, nyomás, felhajtóerő), minimum 10 képletet ($v = s/t$ és átalakított formáit [$s = v \cdot t$, $t = s/v$ – a hetedikeseknek ugyanis ez három külön megtanulni valót jelent]; $W = F \cdot s$ [és átalakított formáit]; $M = F \cdot k$; $p = F/A$; $\Delta E = c \cdot m \Delta T$; $\Delta E_1 = \Delta E_2$) kell megtanítani. Ezekon kívül minimum 22 jelenséget, törvényt (erőegyensúly, erő-ellenő, sűrűlódás, közegellenállás, Arkhimédész-törvény, hidrosztatikai nyomás, közlekedőedények, hőtágulás, energiafajták, energiamegmaradás, az anyag atomos szerkezete, olvadás, fagyás, párolgás, forrás, lecsapódás, tengely körül forgó testek egyensúlya, emelő, lejtő, tehetetlenség törvénye, hő és munka kapcsolata) kellene megtanítani, megtanulni. $25 + 10 + 22 = 57$ féle dolgot az 55,5 óra alatt. Amiből mindig elmarad néhány ünnepek, betegségek stb. miatt.

Több a megtanítandó fogalmak, törvények, jelenségek, eszközök száma, mint az évi összes óraszám! Ráadásul a megtanítandó fogalmak tartalmazzák a mechanika és a hőtan összes alapfogalmát (tömeg, erő, hőmérséklet, hő, energia stb.). Ezek alapfokon való értelmezéséhez, *megtanításához* idő kell. *Sok idő, nyugalom.* Csak néhány tanuló képes ezt a tempót tartani.

Megszeretik-e a gyerekek a tudást? Lesznek tudósaink, akik előrevinnék az országunkat? Az általános iskolai heti 1,5-1,5 óra tűrhetetlenül kevés. (Eleve a fél óra tönkreteszi a tanítás folyamatosságát.)

A középiskolában csak folytatódik a lehetetlen folyamat.

Először is elvettek egy évi fizikaórát, de ha már így alakult, legalább 10–11–12. osztályban lenne a fizika – ahogyan azt annak idején a kerettantervi konferencián egyhangúlag sok százan megszavaztuk. Ennek az elosztásnak több előnye is lenne:

– 9. osztályban rendkívül nehezen bánnak a gyerekek a képletekkel, számításokkal. Matematikai tudásuk minimális. A nagyon alacsony óraszámban még csak meg se taníthatjuk fizikaórán az amúgy nélkülözhetetlen fogalmakat: például szögfüggvények, vektorműveletek, egyenletrendszerek. Egyszerű feladatok megoldására azonban a fejlesztési követelmények szerint is szükség van, hiszen például „legyen jártas az SI és a gyakorlatban használt SI-n kívüli mértékegységek, azok tört részeinek és többszöröseinek használatában”. A számításos feladatok megoldása egyre nagyobb nehézségbe ütközik. A fentiek egy átlagos képességű osztállyal aligha teljesíthetőek.

– Annak, hogy a 12. osztályban már nincs fizika, komoly negatív hatása van a felsőoktatásra is. Megszakad a folytonosság, s ezt a műszaki-természettudományos szakokon továbbtanulók megszenvedik. A nagyfokú lemorzsolódásnak ez az egyik oka.

Sokan a 12. osztályban már el is állnak a korábban még ez irányba mutató szándékuktól. Érzik, hogy az amúgy is ingatag tudásukból felejtettek is.

A tantárgyi koncentráció hiánya nemcsak a matematikával kapcsolatban okoz nehézségeket.

Nincs előrelépés a kémiai és (atom)fizikai ismeretek már korábban szükségesnek tekintett egyeztetése területén sem. A 9. osztály kémiai ismeretanyagának jelentős részét foglalja el a *Tájékozódás a részecskék világában* című témakör, amely megfelelő fizikai alapismeretek nélkül, túlzott részletességgel tárgyalja a molekulaszervezet elméleti alapjait (lásd pl.: kötéstípusok).

A tervezetből fontos anyagrészek maradnak ki. Ezek egy részét már korábban, akkor is meggondolatlanul, kihagyták. Érthetetlen, hogy a gimnáziumi tananyagban miért nincs benne a folyadékok, gázok áramlása. A mindennapi életben számtalan helyen fontos a Bernoulli-törvény, a kontinuitási egyenlet, az örvények. Sok gyerek biciklizik, közlekedik, csónakázik, úszik nyaranta, praktikusán hasznos fizikai tényekre hívhatjuk fel a figyelmüket a fizikai törvények magyarázatával. De éppúgy fontos a közlekedésben, orvostudományban is e törvények ismerete.

Kimarad a súlypont, merev test egyensúlya, egyensúlyi helyzetek? Egyszerű gépek?

11. osztályban a geometriai optika teljesen kimarad? Pedig ez is sok-sok a mindennapi életben előforduló eszköz, jelenség megismerését segíti. Érthetetlen!

Logikátlan az is, hogy a 10. osztályban írják elő azt, hogy szó kerüljön „az elektromosságtani fizikai ismeretek alkalmazása a gyakorlati életben (érintésvédelem, baleset-megelőzés, energiatakarékosság)” problémaköréről. Az energiatakarékosság témája még csak

csak elfogadható, de az érintésvédelem, baleset-megelőzés témaköre inkább a 11. osztályos anyag (elektromágnesség, váltakozó áramok, energiaszállítás, transzformátor) témaköréhez tartozik (persze oda már végképp nem fér be).

Teljességgel átgondolatlan a 10. és 11. osztály anyaga. Érthetetlen, hogy milyen megfontolásból került át az eddig is zsúfolt 11. osztályba a most már meg is csonkított óraszám mellett a 10. osztályos anyag egy része!!!

Méltatlanul kevés helyet foglal el a tananyagban a modern technikai eszközök, s az azok működését magyarázó törvények egy részének ismertetése. Ismét a Fejlesztési követelmények szerint: „Ismerje fel a mindennapi technikai környezetben a tanult fizikai alapokat.” Hogyan ismerné fel, ha szinte csak a megemlítés szintjén hall félvezetőkről, s ennél tovább nem is jutunk?

(A félvezető mindössze egy helyen szerepel, az alábbi szöveggel: „Az elemi töltés. Áramvezetés mechanizmusa fémekben, félvezetőkben.”) Nincs utalás ugyanakkor a napjainkban számos területen döntő szerepet betöltő félvezető-eszközök ismertetésére, holott ezek legalább alapszintű ismerete manapság már elengedhetetlennek tekinthető. És szó sem esik a modern technikai eszközökről: *LCD-monitor, MP3-lejátszó, mobiltelefon, számítógép, egér, DVD-lejátszó, ABS, lézermutató, nyomtató, fénymásoló, digitális fényképezőgép stb. stb. működéséről!!!!*

A gimnáziumi fizika talán legértékesebb része a modern fizika. Itt lehetne a modern technikai eszközöket tanítani, ami legalább érdeklí is a tanulókat és hasznos is. Erre heteket kellene biztosítani, de a tervezetben ezekről szó sincs!

Az egyetemi kudarcok legtöbbször a középiskolai oktatás színvonalának csökkenése miatt következnek be. Nagy hibát követünk el akkor, amikor nem vesszük figyelembe, hogy egy ember életében a legmeghatározóbb a középiskolás kor. Nem gondolunk a jövőre: Az oktatás jelenlegi színvonalával a jelenlegi technikai fejlődés biztosan nem lesz fenntartható! Nem világos, hogy mi volt a jelenlegi módosítások célja. Miért nem a negatív tapasztalatok korrigálására törekedtek a tervezet készítői?

Az óraszámcsökkentés tisztán gazdasági döntés és semmilyen formában nem szolgálja sem a tanulók, sem a társadalom érdekeit!

Az Oktatási és Kulturális Minisztérium válasza

Tisztelt Elnök Úr!

A 17/2004. (V.20.) OM rendelet módosításának tervezetével kapcsolatban írt levelére az alábbiakban válaszolok.

A magyar közoktatás tartalmi szabályozásának elveit, rendszerét a közoktatásról szóló 1993. évi LXXIX. törvény – továbbiakban: kt. – határozza meg, amely a tartalmi-tantervi kérdések vonatkozásában a Nemzeti alaptantervre, a helyei tantervekre továbbá a közbül-

Kerettantervi ajánlás a tantárgyak követelményeinek teljesítéséhez rendelkezésre álló időkeret felhasználására

tantárgy	éves óraszámok évfolyamonként			
	9.	10.	11.	12.
Magyar nyelv és irodalom	148	148	148	128
Történelem	74	55,5	111	96
Emberismeret és etika			37	
1. Idegen nyelv	111	92,5	111	96
2. Idegen nyelv	92,5	74	111	96
Matematika	111	111	111	128
Informatika	55,5	37	55,5	48
Bevezetés a filozófiába				32
Fizika	55,5	74	92,5	
Biológia és egészségtan		55,5	74	64
Kémia	74	74		
Földrajz	74	74		
Ének-zene	37	37		
Rajz és vizuális kultúra	37	37		
Testnevelés és sport	92,5	92,5	92,5	80
Osztályfőnöki	37	37	37	32
Társadalomismeret	18,5	18,5	18,5	16
Tánc és dráma				32
Mozgóképkultúra és médiaismeret			18,5	16
Művészetek*			37	32
Szabadon tervezhető			55,5	64
Kötelező óraszám a törvény alapján	1017,5	1017,5	1110	960

* a konkrét tartalmat az iskola helyi tanterve határozhatja meg

ső szinten elhelyezkedő választható – *tebát nem kötelező kerettantervekre* – helyezi a hangsúlyt. A törvény alapján az oktatásért felelős miniszter előkészíti és szakmai egyeztetést követően benyújtja a kormány elé a Nemzeti alaptantervet, amely műfaját tekintve kormányrendelet. A törvényi szabályozás szerint (kt. 8. §) a Nemzeti alaptanterv műveltségi területenként határozza meg az általános műveltséget megalapozó szakaszon folyó nevelő-oktató munka kötelező és közös céljait, a nevelő-oktató munka alapjául szolgáló ismeret-, készség- és képességjellegű követelményeit, valamint a műveltségi területek százalékos arányait.

2002-ben az országgyűlési választásokat követően hivatalba lépett kormány a kerettantervek kötelező jellegét megszüntette és az alábbi módon rendelkezik a kt. 8/a § a kerettantervekről: *a kerettanterv ajánlást tartalmaz:*

a) a nevelés és oktatás céljára, a tantárgyak rendszerére, az egyes tantárgyak témaköreire, a témakörök tartalmára, a tantárgyak évfolyamonkénti követelményeire, a követelmények teljesítéséhez rendelkezésre álló időkeretre, az iskolai egészségfejles-

téssel, fogyasztóvédelemmel, környezetvédelemmel összefüggő feladatok végrehajtására,

(2) Az iskolában a nevelő-oktató munka a pedagógiai program alapján folyik. A pedagógiai program magában foglalja a nevelési programot és a helyi tantervet, továbbá a szakképzésben részt vevő iskolákban a szakmai programot.

A kt. 45. § (2) alapján az iskola pedagógiai programot, annak részeként – ha e törvény másként nem rendelkezik – a Nemzeti alaptanterv alapján helyi tantervet készít, vagy az ilyen módon készített helyi tantervek közül választ, és azt építi be helyi tantervként a pedagógiai programjába. *Az iskola az oktatásért felelős miniszter által kiadott kerettantervek alapján is elkészítheti helyi tantervét,* illetve a kerettantervet is beépítheti helyi tantervként a pedagógiai programjába. A középiskola a helyi tantervnek elkészítéséhez figyelembe veszi az érettségi vizsga vizsgatárgyainak vizsgakövetelményeit is.

Az intézmény egyes évfolyamain tanított tantárgyakat, a kötelező és választható tanórai foglalkozásokat, valamint azok óraszámait, az előírt tananyagot és követelményeit a fentiek alapján határozza meg.

A jelenlegi kerettantervi rendelet tervezete tehát az óraszámok és a tartalom tekintetében sem kötelező az iskolák számára, hiszen attól a helyi igényeik alapján eltérhetnek, így akár növelhetik is az órási arányokat, vagy akár csökkenthetik a helyi igényeik, elvárásaik alapján. A jelenlegi kerettantervi tervezetben megtalálható természettudományos óraszámoknál maga-

sabb óraszámok is találhatók egyes jóváhagyott kerettantervekben, így amennyiben egy érdeklődő megtekinti az OKM /közoktatás/tantervek linken a már kiadott kerettanterveket, amelyek az intézmények számára nem kötelezőek, akkor azok között a gimnáziumok vonatkozásában is talál olyat, amelyben ezen tantárgyak órási száma magasabb annál, mint ami a jelen tervezetben szerepel.

Fontosnak tartjuk hangsúlyozni, hogy az ezen tervezetben található gimnáziumi óratervi tábla már a 10/2003 (IV.28.) OM-rendeletben is szerepel, tehát szó sincs arról, hogy a tárca kötelező jelleggel csökkenteni most ezen tárgyak órási számait, hanem csupán egy olyan megoldási módot mutat be, amely már 2003-ban is éppen ezeket az órási számokat tartalmazta a természettudományos órási számok vonatkozásában.

Tájékoztatom, hogy rendeletmódosítás tervezetét kiegészítjük a gimnáziumok számára készített második ajánlott óratervvel (melléklet).

Budapest, 2007. december

Üdvözlettel:
Szüdi János

A 2007. ÉVI EÖTVÖS-VERSENY EREDMÉNYHIRDETÉSE

Az Eötvös verseny jelentőségéhez és hagyományaihoz méltó módon zajlott idén is az eredményhirdetés 2007. november 30-án délután 3 órakor. Az ELTE Ortway-termében ott voltak azok a versenyzők, akik erre az alkalomra meghívót kaptak. Ott voltak az ELFT elnöke, főtitkára, régebbi versenyek díjazottjai és az idén eredményt elértek tanárai (1. kép).

Az ünnepélyes eredményhirdetés szervezője és lebonyolítója, mint sok éve már, ezúttal is a Versenybizottság elnöke, *Radnai Gyula* volt. Radnai tanár úr azzal kezdte a megemlékezéseket, hogy a táblára előzetesen felírt név alapján a KöMaL és a tanulóversenyek rég, vagy éppen nagyon is nemrég még fáradhatatlan szervezőinek érdemeit méltatta egy-egy többé-kevésbé kerek évforduló alkalmából. Megemlékezett *Boros János*ról (1912–1991), a Versenybizottság volt tagjáról, akinek éppen most, az eredményhirdetés napján lett volna a 95. születésnapja, ha még olyan magas kort, mint *Tolnai Jenő* (1887–1984), aki viszont 100 éve, 1907-ben nyert az akkor még csak Tanulóversenynek nevezett Eötvös-versenyen. Megemlékezett *Neukomm Gyulát* (1892–1957), a Középiskolai Matematikai Lapok egykori szerkesztőjét, aki a pontversenyt honosította meg a Lapokban, és 50 éve hunyt el, valamint *Varga Istvánt* (1952–2007), aki nemcsak a KöMaL, de az Eötvös-verseny számára is színvonalas feladatjavaslatokat küldött és csak néhány napja múlt, hogy itt hagyott bennünket.

Az ötven évvel ezelőtti, 1957-es Eötvös verseny feltűnően kevés résztvevője közül a díjazottak az elvárt magas színvonalon oldották meg a feladatokat. Nehezebbnek bizonyult most, ötven év elteltével megtalálni a nyerteseket. Egyedül *Szatmáry Zoltán* esetében sikerült, aki nemcsak meglelt, de el is jött (2. kép), és röviden elmondta, hogy az ő számára egzisztenciális kérdés volt ez az eredmény, mert piarista gimnáziumban végzettként csak így kerülhetett be az egyetemre, majd azon belül a fizikus szakra.

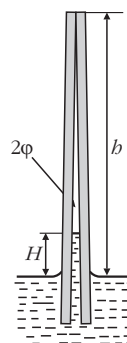
Azt gondolhatnánk, hogy a huszonöt év előtti – 1982-ben – díjazottak bemutatása egyszerűbb lesz. Azonban itt is csak egy találatot sikerült elérni; *Károlyi Gyula* volt az (2. kép), aki néhány mondatban vá-

zolta, hogy mennyire kellemes, önbizalom-növelő hatása volt a számára váratlan elismerésnek.

A továbbiakban a főszerepet a kitűzött feladatok játszották, hiszen rajtuk keresztül vezetett az út az egyes díjakhoz. Íme a három főszereplő:

A 2007. évi Eötvös-verseny feladatai

1. feladat. Két téglalap alakú üveglemezt egyik élük mentén egymáshoz támasztunk úgy, hogy 2φ szöget zárjanak be egymással. Az így rögzített lemezeket lassan vízbe engedjük az ábrán látható módon. A víz, amely tökéletesen nedvesíti az üveget, a felületi feszültség hatására a két lemez között bizonyos H magasságig felemelkedik. Mekkora ez a H magasság, ha a lemezek vízszintesen tartott érintkezési vonala



a) $b = 30$ mm,

b) $b = 15$ mm

távolságra van a szabad vízfelszíntől? Ábrázoljuk vázlatosan, hogyan változik H a fokozatosan csökkenő b függvényében!

Feltehetjük, hogy a lemezek egymással érintkező éle sokkal hosszabb, mint b , továbbá a lemezek szimmetriasíkja mindvégig függőleges.

Adatok: $\sigma_{\text{víz}} = 0,072$ N/m, $\rho_{\text{víz}} = 1000$ kg/m³, $2\varphi = 6^\circ$.

2. feladat. Egy terebélyes vasmaggal ellátott, nagy önindukciójú, de mégis elhanyagolható ohmikus ellenállású tekercs végeit U feszültségre méretezett izzón keresztül kötjük össze. Ha az A és B pontok közé $U/2$ effektív értékű váltakozó feszültséget kapcsolunk, az izzó nagyon halványan világít.

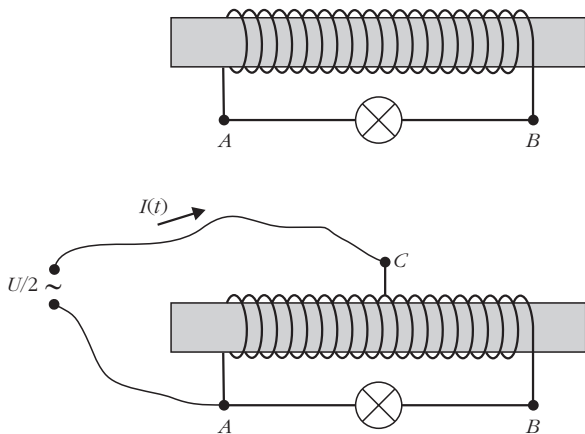
Mivel a tekercs közepéről is van egy C kivezetés, megpróbáljuk a feszültségforrás pólusait az A és C pontokhoz kötni. Megváltozik-e az izzón átfolyó áram erőssége, és ha igen, hogyan? Az ábrán bejelöltük a főágban folyó $I(t)$ pillanatnyi áram irányát. Hogyan folyik az áram ugyanekkor a tekercsben?

1. kép. A hallgatóság



2. kép. Károlyi Gyula és Szatmáry Zoltán





3. feladat. Egy tanár az alábbi problémát tűzi ki tehetséges diákjai számára:

Vizsgáljátok meg elméletileg, hogy helyettesíthető-e egy vékony gyűjtőlencséből és egy vele párhuzamos síktükörből álló optikai rendszer egyetlen homorú tükörrel!

Anna megvizsgál egy olyan esetet, amikor a gyűjtőlencse f fókuszátávolsága 30 cm, és a lencse $l = 20$ cm-re helyezkedik el a tükör előtt. Űgyesen megválasztott tárgytávolságok felhasználásával meg tudja határozni a keresett homorú tükör f^* fókuszátávolságát és e tükörnek a lencse helyétől mért x távolságát.

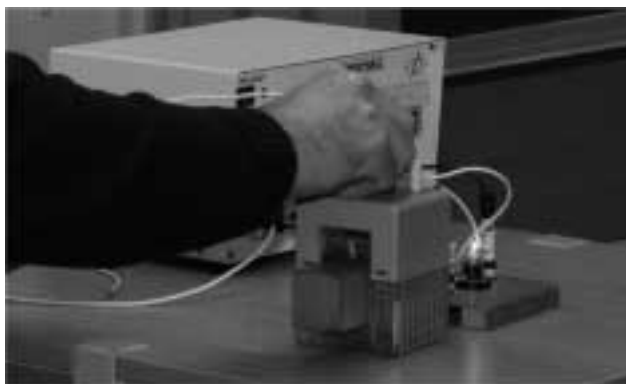
Balázs általánosan akarja megoldani a feladatot, és addig nem nyugszik, míg olyan összefüggéseket nem talál, melyek megadják f^* -ot és x -et f és l függvényében.

Cecília végül észreveszi, hogy nem minden f és l értékpár esetén helyettesíthető homorú tükörrel a fenti optikai rendszer, ezért átgondolja, hogy milyen feltétel teljesülése esetén érvényes Balázs megoldása.

Kövessük nyomon Anna, Balázs és Cecília munkáját! Hogyan oldják meg a maguk elé tűzött feladatokat?

Következett a feladatok megoldásának ismertetése. Radnai tanár úr projektorra komponált magyarázatai hatására a hallgatóságban a megvilágosodás és a meglepetés érzése alakult ki, hogy milyen érdekes – ennyire magától értetődő lépéseket egyesek képesek voltak kihagyni, netán összekeverni. Megérteni persze könnyebb egy

4. kép. Világít a 2. feladat izzója



3. kép. Honyek Gyula „kiszorítja” a levegőt a két üveglap közül

megoldást, mint rájönni arra, emiatt azután a jutalmazottak száma kisebb a résztvevők számánál.

Az egyes feladatok megoldásának előadását kísérleti bemutatók követték, amelyek kiváló alkalmat jelentettek a diszkusszióra, az érvényesség korlátainak megvitatására. Az első két feladathoz *Honyek Gyula*, a harmadikhoz Radnai Gyula mutatott be kísérletet. Mindhárom kísérlet pontosan arról szólt, amiről a feladat.

Tehát az első feladat esetén arról a meglepő tényről, hogy egész végig felszaladhat a víz a két üveglap között – a levegő oldalt kiszorulhat (3. kép).

A másodiknál egy iskolai transzformátor felhasználásával lehetett igazolni, hogy az izzó a megadott kapcsolásban jól világít – nem tökéletesen, mert a feladat feltételei csak közelítőleg teljesültek (4. kép).

A harmadik feladathoz kapcsolódóan egy izzószál éles képét egyszerre és egymás mellett állította elő

5. kép. Radnai Gyula és az izzószál éles képei (3. feladat)



Radnai a megadott „gyűjtőlencse plusz síktükör” rendszerrel, valamint a helyettesítő homorú tükörrel (5. kép). Ezután azt mutatta meg, hogy ha eltolja valamennyivel a tárgyat, akkor új helyzetben lesz éles a kép, de ez az új helyzet mindkét leképezés esetén megint ugyanott lesz.

A kísérleteket megelőző elemző példamegoldások is számos tanulsággal szolgáltak.

Az *első feladat* helyes megoldásának bemutatása után Radnai Gyula kitért három jellegzetes hibára is, amit a versenyzők elkövettek:

1) A hajszálcsőben felemelkedő víz magasságának a képlettárban is megtalálható képletét akarták alkalmazni a feladatban szereplő esetre.

2) A felemelkedő víz súlyát egyenlőnek vették a felületi feszültségből származó emelő erővel, nem vették számításba azt, hogy az üveglapok által kifejtett nyomóerőnek is van függőleges komponense (lásd hidrosztatikai paradoxon).

3) Energetikailag a felemelkedett víz helyzeti energiájának változását tették egyenlővé a felületi feszültség által végzett munkával. (Ez olyan, mintha a rugón függő test egyensúlyi helyzetét úgy akarnánk meghatározni, hogy a test helyzeti energiájának változását tesszük egyenlővé a rugóerő által végzett munkával.)

A *második feladat* megoldását szándékosan és bevallottan az egyik versenyző (a későbbi első helyezett) gondolatmenetére építette az előadó. Ez hasonlított ugyanis a legjobban a feladat kitűzője által adott megoldáshoz, s még egy kiváló metodikai trükk is volt benne.

A *harmadik feladat* megoldásának először a lehető legegyszerűbb módja került bemutatásra. Ezek után következett egy olyan megoldás, mely a fősíkok fogalmának felhasználásával szinte triviálissá teszi a feladat állítását. Ehhez kapcsolódott *Pálfalvi László*-nak, a pécsi egyetem fiatal fizikus oktatójának (egykori diákolimpikonnak) a hozzászólása, aki egy másik módon, de ugyancsak az egyetemi tananyagban szereplő mátrixformalizmussal oldotta meg a feladatot.

Következett minden eredményhirdetési ceremónia csúcspontja, maga az eredményhirdetés. A dicséretektől araszolva a díjakon át a két első díjas dolgozat közül a legelsőig. Mindenki nagy tapsot kapott, hiszen ebbe a



6. kép. Sólyom Jenő elnök gratulál

tizenegyes körbe csak jól értékelhető teljesítménnyel lehetett bejutni. *Sólyom Jenő* elnöki kézszorítása után (6. kép) minden jutalmazott mondott néhány mondatot magáról, amiből kiderült, hogy általában fizikusok szeretnének lenni, ami nem tűnt meglepő állításnak, miután többségükben fizikushallgatók nyilatkoztak.

A végeredmény

I. díjasok:

1. helyezett: WERNER MIKLÓS BME hallgatója (Budapest az Apáczai Csere János Gimnáziumban végzett, *Flórik György* tanítványaként)

2. helyezett: KÖNYA GÁBOR ELTE (Bp., Fazekas Mihály Gimnázium, *Horváth Gábor*)

II. díjasok:

3–4. helyezett: EISENBERGER ANDRÁS 12. évf., Bp., Fazekas (Horváth Gábor)

3–4. helyezett: KONCZER JÓZSEF BME (Szlovákia, Rév-Komárom, Selye János Gimnázium, *Hevesi Anikó, Szabó Endre*)

III. díjas:

5. helyezett: SZOLNOKI LÉNÁRD 12. évf., Debreceni Ref. Koll. Dóczy Gimnáziuma (*Tófalusi Péter*)

Dicséretet kaptak:

6. helyezett: KÖRÖSI MÁRTON ELTE (Békéscsaba, Szent-Györgyi Albert Gimn., *Varga István*)

7. helyezett: ALMÁSI GÁBOR 12. évf., Pécs, Leőwey Klára Gimn. (*Simon Péter, Kotek László*)

8. helyezett: PAPP LÁSZLÓ ELTE (Románia, Marghita, O. Goga Nemzeti Koll., *Bogdán Károly, Veres Zoltán*)

9. helyezett: KOÓSZ GERGŐ SzTE (Szeged, Radnóti M. Kísérleti Gimn., *Mező Tamás, Mike János*)

10. helyezett: MESZÉNA BALÁZS ELTE (Bp., Fazekas, *Takács Lajos*)

7. kép. Együtt az 1957-es és a 2007-es esztendő eredményes versenyzői





8. kép. A győztes: Werner Miklós

11. helyezett: LOVÁSZ LÁSZLÓ MIKLÓS 12. évf., Bp., Fazekas (Horváth G.)

Radnai Gyula zárszavában fontos dolgokról beszélt. Arról, hogy a fizika iskolai súlyának csökkenésével együtt évről-évre csökken az Eötvös-versenyen résztvevők száma, 2007-ben már alig került száz fölé. A növekvő érdektelenség rossz előjel a fizikus szakma presztízsét illetően, hiszen azok a tehetséges fiatalok, akik ma elkerülnek a versenyt, tíz-húsz év múlva döntéseikkel próbálják majd alátámasztani, hogy a fizika, a természettudományos kutatás nem fontos. A legkiválóbbak most is jól teljesítettek, de ha túrhetetlenül elvékonyodik a jók, a tehetségesek, az érdeklődők rétege, az jóvátehetetlen színvonalasodást okozhat már a következő generációban.

A zárszó csak a formális befejezést jelentette. Kibírtó szervező munkával össze lehetett hozni a múlt és a jelen eredményes versenyzőit a vissza nem térő pillanat rögzítése érdekében (7. kép), és rá lehetett venni a győztest, hogy az Eötvös-verseny éremmel engedje magát fényképezni (8. kép). A rögtönzött „állófogadás” mellett volt alkalom emlékezni és terveket egyeztetni.

Az adatok elemzése alapján volt és van ok az aggodalomra. Nézzük a szervezés oldaláról:

A feladatokat kitűzte, a megoldásokat értékelte és a helyezéseket megállapította az Eötvös Versenybizottság. Elnöke 1989 óta Radnai Gyula (34), tagjai Gnädig Péter (20), Honyek Gyula (4), Károlyházy Frigyes (>40). A zárójelben az Eötvös Versenybizottságban eltöltött évek száma szerepel.

Mint hogy a feladatlap elkészítése, sokszorosítása, szponzorok keresése, Budapesten a terembiztosítás, az oklevelek megírása, a díjkiosztás előkészítése, megszervezése, lebonyolítása az utóbbi évek gyakorlatában a Versenybizottság feladatává vált, szükséges az adminisztrációs, szervezési erősítés.

Jelenleg a tanulóifjúság körében nem trendi időigényes feladatokkal küszködni. Egyelőre még van egy elfogadható számú kivétel, de ez a szám csökken, egyebek között a konkurencia erősödő propagandája hatására. Ilyen körülmények között a nagy erővel operáló, korszerű rábeszélés, a folyamatos jelenlét az iskolákban elkerülhetetlen. Szerencse, hogy ebben az évben is voltak önzetlen támogatóink – Gutai László (USA), Indotek Befektetési Zrt., ELFT, Ramasoft Zrt., Matfund Alapítvány, Typotex Kiadó – és reméljük, hogy jövőre is lesznek.

Jó lenne, ha az ELFT a későbbiekben szerény támogatásból további támogatókat is bekapcsoló szervezővé válna, egy széleskörű propaganda megalapozójává és irányítójává. Nehogy egy valamikori eredményhirdetés alkalmával azt kelljen mondani, hogy volt ugyan legjobb dolgozat, de jó nem akadt.

Füstöss László

VÉLEMÉNYEK

MIÉRT NEM KAPOTT NOBEL-DÍJAT TELLER EDE?

Arra a kérdésre, hogy miért nem kapott Nobel-díjat Teller Ede, az egyenes válasz az, hogy nem tudom. Véleményem természetesen van róla. Ezt kívánom elmondani.

Mielőtt a tárgyra térnék megkérdezem, hogy bánatosak legyünk-e azért, mert nem kapott?

A természetes válasz az, hogy igen! De a bánat helyett, vagy mellett azt javallom, hogy inkább annak

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



A Corvin-lánc kitüntetéttje

örülünk, hogy szülőhazája és választott hazája is elhalmozta elismerésekkel és kitüntetésekkel.

Az Egyesült Államokban kapott elismeréseinek listáját nem is próbáltam meg összegyűjteni. Az utolsóira mindannyian emlékszünk. A legnagyobb kitüntetés volt, amit amerikai elnök egyáltalán adhat.

Teller Ede magyar elismerései és kitüntetései:

A Magyar Tudományos Akadémia tiszteleti tagja (1990).

A Magyar Köztársaság rubinokkal ékesített zászlórendje (1990).

Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat tiszteletbeli tagja (1991).

Az Acta Physica Hungarica tiszteletbeli szerkesztője (1991).

A Budapesti Műszaki Egyetem díszdoktora (1991).

Az Eötvös Loránd Tudományegyetem tiszteletbeli professzora (1991).

A Fizikai Szemle nívódíja (1994).

A Magyar Köztársasági Érdemrend középkeresztje a csillaggal (1994).

A Magyar Nukleáris Társaság Szilárd Leó érme (1994).

A debreceni Kossuth Lajos Tudományegyetem díszdoktora (1995).

Teller Ede szobor Pakson (1995).

Az Acta Physica Hungarica különszáma (1995).

A Magyarság Hírnevéért Díj (1998).

Magyar Corvin-lánc (2001).

Ezt a listát *Tóth Eszter*nek, a *Fizikai Szemle*ben megjelent cikkéből másoltam ide, csupán három tétellel bővítettem. Van azonban még egy eleme ennek a listának, amihez személyes élményem tapad. Ez a Központi Fizikai Kutató Intézet Prométheusz-érme, amit akkor nyújthattam át, amikor Teller Ede 1990-ben meglátogatta az Intézetet. Az érem *Borsos Miklós* műve, amely Prométheuszt ábrázolja, a hátoldalán pedig az olvasható, hogy „Prométheusz a tüzet az Olimposzról hozta el, TELLER EDE a Napból.”

Tudom, hogy megmosolyogni való, de mégis elmondom. Amikor átadtam ezt a szöveget, hogy véssék rá az érem hátoldalára, azt gondoltam, hogy „ez az életem főműve”. Szívükből örültem, amikor azt láttam, hogy Teller Edének tetszik.

Amikor a Kossuth Lajos Tudományegyetem díszdoktorrá avatta, egy emlékezetes előadást tartott. Az előadás után azt kérdeztük tőle, hogy mikorra várható a villamos áramot szolgáltatató fúziós reaktor. Teller Ede azt válaszolta, hogy „Ez nagyon jó kérdés! Én is ezt kérdeztem, amikor utoljára Angliában jártam! A főmérnök azt válaszolta, hogy körülbelül 2010-re. »Nem lehetne 2008-ra?» Kérdeztem én. Ő is úgy mosolygott, mint most Önök. »Hát nem mindegy?» kérdezte. »Nem!» – mondtam én. »Nem mindegy! Mert akkor leszek százéves!»”

Pacifizmus és humanizmus

A 20. század elején Nyugat-Európában és Észak-Amerikában a klasszikus kapitalizmus tőkéséi, Közép- és Kelet-Európában az elkésett feudalizmus urai, a többi kontinensen a gyarmatosítók zsákmányolták ki, nyomták el és tették tönkre a széles néptömegeket. Az értelmiség jelentős részének lelkiismerete felébredt. A szocializmustól remélték a megoldást. *Sartre* híres mondása szerint „Aki 20 éves korában nem szocialista, annak nincs szíve.” *Robert Oppenheimer*, *Niels Bohr*, *Enrico Fermi* és más kiváló elmék vonzódtak a szocialista eszmékhez, a kommunizmushoz, sőt a Szovjetunióhoz is. Azt vallották, hogy az atomfegyverekre vonatkozó titkokat meg kell osztani. Ez fogja garantálni a Világbékét. Lásd *Sudoplatov* szovjet mesterkém emlékiratait.¹

Kezdetben Teller Ede is ezt hitte. Később azonban felismerte, hogy a nemzeti szocializmusban is és a bolsevik szocializmusban is a szocializmus eszméje, *Arany János* szavaival élve, csak takaró volt a veremre. Németországban olyan véreskezű náci, mint *Hitler*; a Szovjetunióban olyan véreskezű bolsevik, mint *Sztálin*, kaparintották meg a hatalmat. Ezeketől a jó szándékú pacifizmus és a jólétkü humanizmus nem ment meg. Ezek tömeggyilkosok! Ellenük az egyetlen megoldás az, hogy az Egyesült Államok – ez az akkor még demokratikus jogállam – elrettentő fegyvereket fejleszt ki, hogy megvédje saját magát is és az egész világot is.

Si vis pacem, para bellum! Ha békét akarsz készülj a háborúra! Mondták az ókori rómaiak. Tellert ez a meggyőződés vezérelte, és vállalta az ebből adódó konfliktusokat. Teller tudta, hogy a Szovjetunióban a hidrogénbombát *Szabarov* meg fogja csinálni, úgy ahogy *Kurcsatov* elkészítette az atombombát. Ha ez felkészületlenül éri az Egyesült Államokat, akkor *Joszif Visszarionovics Sztálin* egy percig sem fog késlekedni. Ezért a hidrogénbombát meg kell csinálni, még

¹ Pavel Sudoplatov: *Special tasks. The memoirs of an unwanted witness, a Soviet spymaster*. Little, Brown and Company, Boston–New York–Toronto–London, 1994.

pedig késedelem nélkül. Ezért Tellert támadták minden lehetséges módon. Szándékát gonosznak, szavait hazugnak, cselekedeteit embertelennek minősítették. A hidrogénbomba atyjának, háborús bűnösnek és tömeggyilkosnak nevezték.

De nézzük csak! Hogy is van ez? Az embert *a szándékai*, az írástudót *a szavai*, a politikust *a cselekedetei*, a történelmet formáló embert *az eredményei* minősítik.

Teller Ede történelmet formáló ember volt. Eredményei immáron megmásíthatatlanul minősítik *cselekedeteit, szavait és szándékait!*

Melyek voltak Teller Ede legfontosabb eredményei?

1. *A hidrogénbomba létrehozása.* Ezzel útját állta a 3. világháború kirobbanásának.
2. *A fúziós energiatermelés földi lehetőségének bizonyítása.* Ezzel a civilizáció folytatásának lehetőségét nyitotta meg.
3. *A Stratégiai Védelmi Kezdeményezés tervének kidolgozása.* Ezzel vér nélkül megnyerte a hidegháborút, amelynek eredményeként – többek között – felszabadult Magyarország is.

Mіндеzen világraszóló eredmények ellenére a rágalomhadjárat változatlan intenzitással folyt és folyik. Példaképpen megemlítem *W.J. Broad Teller háborúja* című művét.² Ez a könyv megszámlálhatatlan közreműködő segítségével jött létre és elmondja, hogy egyrészt Teller Ede az emberiség ellensége, másrészt az a stratégiai kezdeményezés, amit Teller az USA elnökének javasolt teljes képtelenség. Teszi ezt abban az esztendőben, amelynek első napjától a Szovjetunió többé már nem létezett.

Annak tudományos bizonyítása, hogy a Teller-féle kezdeményezést megvalósítani lehetetlen, 2003-ban került publikálásra: *Report of the American Physical Society Study Group on Boost-Phase Intercept Systems for National Missile Defense.* Megmosolyogni való ez az igyekezet.

Miközben elárasztja mind a hazai, mind a külföldi piacot a Teller Edét átkozó „szakirodalom”, az önéletrajza, ami *Huszádik századi utazás tudományban és politikában* címmel jelent meg,³ Magyarországon tiltott gyümölcs lett. 2003-ban a Nagykörút és a Duna által határolt területen található nagyobb könyvesboltokban nem volt kapható. Debrecenben a tizennegyedik boltban sikerült rábukkanni. Csak a *Népszabadságban* közölt hamis levél nyomán jelent meg, elsősorban az utcai könyvárusoknál. Érdemes idézni az angolból fordított könyv első oldaláról:

„A hidakra emlékszem, a gyönyörű hidakra. Szülővárosom, Budapest, folyó mellett épült. Idővel laktam a Tevere partján, a Temzénél, a Hudson és a Rio Grande mellett is, de egyik sem olyan szívmengető emlék, mint a Duna.”

² *Az USA csillagháborújának szigorúan titkos története.* (1992) Osiris Kiadó, Budapest, 1996.

³ *Huszádik Század Intézet/Kairoosz, Budapest, 2002.*

Diktatúrák

Mégegyszer felsorolom Teller Ede *legfontosabb* eredményeit:

1. A hidrogénbomba létrehozása. Ezzel útját állta a 3. világháború kirobbanásának. Ezért minimum béke Nobel-díj járt volna!

2. A fúziós energiatermelés földi lehetőségének bizonyítása. Ezzel a civilizáció folytatásának lehetőségét nyitotta meg. Ezért minimum fizikai Nobel-díj járt volna!

3. A Stratégiai Védelmi Kezdeményezés tervének kidolgozása. Ezzel vér nélkül megnyerte a hidegháborút, aminek eredményeként, többek között, felszabadult Magyarország is. Ezért megkapta a magyar Corvin-láncot, amit Corvin Mátyásról, az igazságosról neveztek el.

Végül válaszolni kell arra a kérdésre, hogy miért nem kapott Nobel-díjat.

Kezdjük ott, hogy a felvilágosodás hármasszava a Fraternité, az Égalité és a Liberté, a 20. század során tragikusan eltorzult.

A *Testvériség* előbb nacionalizmussá torzult, majd náciizmus lett belőle és végül megszületett a hitlerizmus, ez a szörnyszülött.

Az *Egyenlőség* eszméje előbb a szocialista mozgalmakat járta át, de ez bolsevizmussá torzult és végül megszületett a sztálinizmus, ez a szörnyszülött.

A *Szabadság* szent eszméjét szemünk láttára fenyegeti a globalizáció. Senki sem tudja, hogy merre tart a világ! Vajon képes lesz-e az emberiség megvédeni magát egy harmadik diktatúrától?

Teller Ede eltökélt ellensége volt a huszádik század diktatúráinak. És a diktatúrák képviselői is kibékíthetetlen ellenségei voltak Neki. Fél évszázadon keresztül rágalmazták fáradhatatlanul. Ezért nem kapott Nobel-díjat, pedig sokszor és sokan jelölték. Volt olyan esztendő, amikor számos magyar akadémikus kapott meghívót arra, hogy jelöltet állítson. Biztosan tudom a titoktartásra kötelezett társaim tekintetéből, hogy Őt jelölték. Hiába! A zsarnokság hívei többen voltak.

Váteszi módon *Illyés Gyula Egy mondat a zsarnokságról* című versének harmadik harmadában róluk beszél. Az utolsó strofa viszont, mintha egyenesen Teller Edének szólna.

„mert ahol zsarnokság van,
minden hiában,
e dal is, az ilyen hű,
akármilyen mű,

mert ott áll
eleve sírodnál,
ő mondja meg, ki voltál,
porod is neki szolgál.”

Lovas István

Debreceni Egyetem
Elméleti Fizikai Tanszék
2008. január 15.

MIT ÜZEN EGY MARSLAKÓ?

Bencze Gyula
KFKI Réseccske és Magfizikai Kutatóintézet

Teller Ede születésének századik évfordulója alkalmából ismét tiszteltgett előtte a hazai szakmai közösség. Ebből az alkalomból került kiadásra egy válogatás 1989 és 2001 között (többségében magyarul) megjelent előadásaiból és írásaiból, amelyet *Sükösd Csaba* és *Tóth Eszter* szerkesztett. A személyes hangú írások három téma köré csoportosulnak. Megismerhetjük kapcsolatait a *magyarok* kal, kalandozásait a *kvantummechanika* terén, valamint véleményét az *atomenergiáról* és annak felhasználásáról. Mindezt persze érdekesen és sok humorral fűszerezve élvezheti az olvasó. Az *Epilógusban* megtalálhatjuk továbbá *Marx Györgynek* a 90 éves tudóst köszöntő írását, valamint Tóth Eszter személyes emlékeiről is beszámol.

Teller Edéről sokat és sokan írtak, talán a legkimerítőbb beszámoló magának Teller Edének a memoárja, valamint *Hargittai István* műve az öt „marslakóról”. (Teller Ede: *Huszdik századi utazás tudományban és politikában*. Huszdik Század Intézet/Kairosz, Budapest, 2002; Hargittai István: *Az öt világformáló marslakó*. Vince Kiadó, Budapest, 2006.) Ha azonban valaki könnyen és gyorsan sokat akar megtudni Teller Edéről, feltétlenül érdemes elolvasnia ezt a kis könyvecskét. (Talán egyetlen apró pontatlanságot kell szóvá tenni. Néhány előadás szövegét hangszalagról írták át, ezért előfordul, hogy egyes kutatók neve az átiratban fonetikus szerepel. Így például a *Kalandozások a kvantummechanikában* című írásban *Fritz Kalckar* dán kutató neve következetesen „Kalkar”-ként szerepel, feltehetően a *Fizikai Szemlében* megjelent eredeti cikkben is.¹⁾

A cikkekből sok érdekes, esetenként ma is aktuális információt szerezhetünk „első kézből”. *George Gamow* keltette fel érdeklődését Koppenhágában a magfizika iránt, és neki köszönheti meghívását a George Washington Egyetemre, ahol 27 éves korában már professzor lett. Róla a következőképpen emlékezik meg:



„Sok mindenhez értett, a világot egyszerűnek látta. Egyet azonban nem tudott: a matematikát. Volt egy nagyszerű tulajdonsága. Ha megmondtam neki, hogy az ötlete örültség, azt mondta: – Hát jó – Nem sértődött meg. De 17 közül egy esetben az idea nem is volt örült.

Pár kis dolgozatot írtam Gamow-val. Írtunk a termonukleáris reakciók elméletéről. A másik dolgozat a béta-bomlás kiválasztási szabályáról szólt. Amikor a béta-bomlás elméletét Fermi felállította, az elektron és a neutrínó spinjének szerepét figyelmen kívül hagyta. Feltételezte, hogy a bomlás során az atommag impulzusmomentuma nem változik. De Gamow észrevette, hogy van egy bomlás, amely nagy valószínűségű. És az atommag impulzusmomentuma egy egységgel változik. Megkérdezte tőlem: hogy lehetséges ez? Ebből lett a Gamow–Teller féle kiválasztási szabály.”

Teller Ede szerette és tisztelte *Werner Heisenberget*, és ezt mindig is hangoztatta. Igen érdekes és sokatmondó Teller következő észrevétele: „Itt el kell mondanom, Heisenberg nagyon büszke ember

volt. Amikor Lipcsében hozzá kerültem, a Mintagimnáziumból legnagyobb teljesítményként azt hoztam magammal, hogy én voltam a legjobb pingpongozó Lipcsében. Heisenberget is megvertem. De a dicsőség nem tartott sokáig: Heisenberg gyakorolt és gyakorolt, utána soha többé nem tudtam megverni. Fontosnak érezte, hogy mindenben a *legjobb* legyen.”

Amikor a háború után többen Heisenberg szeméretették, hogy dolgozott a náci atombomba programon és ezt *Niels Bohrral* is közölte híressé vált koppenhágai találkozásukon, amelyről *Michael Frayn* színdarabot is írt *Koppenhága* címmel, Teller nem habozott tanára mellett kiállni: „Azt állítom, Heisenberg nemcsak mondta Bohrnak: »remélem nem sikerül« – hanem komolyan nem is dolgozott rajta. Ő szabotált. Erős meggyőződésű ember volt. Ha szabotált, ez számára a náci alatt az életveszélynél is veszélyesebb volt, ő azt a háború alatt senkinek sem mondhatta meg. És a háború után? Hencegjen, hogy ő szabotálta az atombombát? Ilyen róla nem tétélezhető fel. A náci a legjobb emberre bízták az atombomba kifejlesztését, és éppen azért, mert ő volt a legjobb, és mert ismerte a náciakat, az atombombán nem dolgozott igazán.”

¹ Fritz Kalckar fiatal dán kutató – *Niels Bohr* tanítványa és munkatársa – dolgozta ki Niels Bohrral közösen az atommag „cseppmodell”-jét. (N. Bohr and F. Kalckar, *Mat. Fys. Medd. Dan. Vid. Selsk. 14*, no. 10, 1937.) Mielőtt tudományos pályafutása kiteljesedhetett volna, 1938-ban, 28 éves korában meghalt.

Élete utolsó harmadában Teller Ede az atomenergia hasznosításának egyik elkötelezett hívévé vált, és ezt hazánkban is minden alkalommal hangsúlyozta. *Alvin Weinberg*, *Wigner Jenő* tanítványa és munkatársa, az Oak Ridge Laboratórium egykori igazgatója, az atomreaktorok elméletének kiemelkedő kutatója a következőképpen összegezte Teller szerepét e fontos kérdésben: „Teller Ede volt az első ember, aki hangoztatta, hogy a reaktorbiztonság abszolút követelmény, mert a nélkül az atomenergia nem terjedhet el és javasolta Reaktorellenőrző Bizottság megszervezését, aminek ő lett az első elnöke. Teller ajánlotta egy összefüggés elfogadását a reaktor teljesítménye és a reaktor körüli biztonsági zóna kiterjesztése között. Hogy a Teller által lefektetett biztonsági elvek szerint épült reaktorok közül egy sem követelt emberáldozatot, az nagy megelégedéssel töltheti el az atomenergia ma már öreg úttörőit.” (Alvin M. Weinberg: *Atomenergia – magyar találmány? Fizikai Szemle*, 42/11 (1992) 413–415.)

Kedvcsinálónak a marslakó üzeneteinek olvasásához szolgáljon a következő két szemelvény: „Nekem azt mondták, hogy amíg világszerte (Amerikában is) boszorkányoktól félték, boszorkányokat égettek, mi magyarok józanok maradtunk. Szeretném azt képzelni, hogy ez a radioaktivitással is így lesz. Lesz talán egy új Könyves Kálmán, aki úgy törvénykezik a radio-

aktivitásról, hogy azt föl tudjuk használni, hogy annak az alkalmazását biztonságban élvezzük. Hogy legalább magyar iskolában azt taníthassák: mi okosabbak voltunk. Míg mások csak félték, mi óvatosan, de jól kihasználtuk nemcsak az atomenergiát, hanem annak minden melléktermékét is. Ami kellene: egy második Könyves Kálmán bölcsessége.”

Manapság, amikor arról folyik a vita, hogy kell-e egyáltalán fizikát tanítani a középiskolában, vagy szükség van-e multimédiás ismeretek mellett a tudományra – na meg az atomenergiára – is, talán nem ártana megfontolni a következő üzenetet: „A legelején mondtam, a tudomány és a haladás egyedül nem fog minket megmenteni. De a haladás, a tudomány nélkül nincs kilátás. Aki fél, aki azt mondja: csak lassan, vissza a természethez (a jó isten tudja mi volt az), az a rossz úton van. Az, aki egyetemen van, a tudás minden ágát szereti magáért a tudásért, és azon felül mindazért, ami a tudásból folyik. Az ilyen emberek egy jobb jövőt tudnak teremteni. Az én reményem és imádságom, hogy ezt a jobb jövőt sikerüljön gyorsan megteremteni.”

(Teller Ede: *Üzenetek egy marslakótól*. Szerk.: Sükösd Csaba és Tóth Eszter, Lilli Kiadó, Budapest, 2008. A könyv kedvezményesen megvásárolható a kiadó www.lilli.hu honlapján, 2800.- Ft.)

HÍREK – ESEMÉNYEK

HÍREK ITTHONRÓL

Teller Ede centenárium eseményei

2008. január 15-én, *Teller Ede* születésének századik évfordulóján emléktáblát avattak Budapesten. A következő napon emlékülést tartottak a Magyar Tudományos Akadémián, ahol a résztvevők megvehették az *Üzenetek egy Marslakótól* című, a *Fizikai Szemlé*-ben 1989 és 2001 között megjelent írásaiból összeállított kötetet.

Az emléktáblát – *Farkas Pál* szobrász alkotását – a Szalay és Honvéd utca sarkán lévő ház falán a Paksi Atomerőmű Zrt. a Belváros-Lipótváros Önkormányzatával, az MTA-val és az Országház Antikváriummal közösen helyezte el. Az emléktáblával megjelölt házban lakott Teller Ede 1913 és 1926 között. *Hargittai István* akadémikus, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem professzora méltatta Teller munkásságát és jelentőségét. *Jeffrey D. Levine* követ-tanácsos, az Egyesült Államok budapesti nagykövétének helyettese beszédében Teller Edének „a szabad világ érdekében tett szolgálatait” emelte ki.

A Magyar Tudományos Akadémián tartott emlékülés programja a *Fizikai Szemle* 2007. decemberi szá-



A tábla és koszorúzói: Kádár György (ELFT), Sükösd Csaba (MNT).

mában jelent meg. Az előadások szövege a *Magyar Tudomány* márciusi számában olvasható.

A *Tóth Eszter* és *Sükösd Csaba* által szerkesztett kötet, amely Tellernek a *Fizikai Szemlé*-ben megjelent írásait tartalmazza, teszi lehetővé, hogy a centenáriumon túl is hozzáférhetőek maradjanak gondolatai, személyiségének szuggesztivitása.

A Belle Együtműködés új mezont fedezett fel

A Tsukuba székhelyű japán Nemzeti Nagyenergiás Fizikai Laboratórium (KEK) bejelentette, hogy kutatói felfedeztek egy új, elektromos töltéssel rendelkező exotikus részecskét. A részecske, amelyet Z(4430)-nek neveztek el, nem illik bele a mezonok szokásos rendszerébe. Az új részecskét a KEK laboratórium KEKB elnevezésű „mezon gyárában” figyelték meg a bottom kvarkot tartalmazó B-mezonok bomlásánál. A B-mezonok bomlásának vizsgálatakor közel 660 millió B-mezon és anti B-mezon párt regisztráltak, és a Belle csapat 120 esetben észlelte, hogy a B-mezon Z(4430) részecskére és K-mezonra bomlik. A Z(4430) részecske ezután szinte azonnal tovább bomlik Ψ' részecskére és π -mezonra. A kutatócsoport azt találta, hogy az új részecske negatív töltésű és tömege 4,7-szerese a proton tömegének.

A Belle és a BaBar kísérletnél (Stanford Linear Accelerator Laboratory, SLAC, USA) egyaránt nagyszámú furcsa új részecskét figyeltek meg, mint például a X(3872), Y(4260), X(3940) és Y(3940) jelűeket. Mindannyiuk tö-

mege a 4–4,5 protontömeg tartományba esik, és valamennyien J/Ψ vagy Ψ' részecskére és π -mezonra bomlanak. Ennek egy egyszerű magyarázata lehetne, hogy ezek mind charmoniumok – egy bájos kvark és egy antibájos kvark kötött állapotai – amelyek közé tartozik a J/Ψ és a Ψ' részecske is. Azonban a tömegek és a bomlási tulajdonságok nem felelnek meg a várakozásnak, ezért az elméleti fizikusok más magyarázatot javasolnak.

Az egyik lehetőség az, hogy az új részecskék multikvark állapotok, amelyek a c és anti-c kvark mellett egy másik, könnyebb kvarkot vagy antikvarkot tartalmaznak. Mivel azonban a korábban felfedezett részecskék mind elektromosan semlegesek voltak, kísérletileg nem lehetett kizárni, hogy azok a szokásos charmonium állapotok. Másrészt az újonnan felfedezett Z(4430) részecskének van elektromos töltése, ami világosan megkülönbözteti a charmoniumtól, és ez arra utal, hogy tényleg egy multikvark állapot lehet.

(K. Abe et al. 2007 <http://arxiv.org/pdf/0708.1790>.)

Helyére tették a CERN-ben a CMS-detektor utolsó elemét

Január 22-én a hajnali órákban helyére tették a CMS-detektor (Compact Muon Solenoid) utolsó elemét is 100 méterrel a föld szintje alatt. Ez nagy pillanat volt a CMS-együtműködés kutatói számára, mivel először történt meg, hogy egy a földön összeszerelt nagyberendezést fokozatosan leeresztettek 100 méter mélységbe. Ez a művelet nyolc évi munka záróakkordja volt. A CMS-detektor az LHC-gyorsító mellett proton-proton ütközéseket fog regisztrálni. A munka 15 hónappal ezelőtt kezdődött el, amikor a 15 elemből álló

rendszer első elemét tették a helyére a föld alatt. Sok előnye van az ilyen tervezésnek, mivel időt lehet megtakarítani azzal, hogy a földi szerelés, tesztelés és a föld alatti üreg kiásása párhuzamosan történhet.

„A CMS egyedülálló abban, hogy nagy elemekből a föld szintjén szerelték össze, majd azután eresztették le a föld alá” – jelentette ki *Austin Ball*, a CMS műszaki koordinátora. – „Például fog szolgálni a jövőbeli kísérletek számára, mivel a technika teljesen bevált.”

(<http://cerncourier.com>)

Lefényképezték a két-proton bomlást

A Michigan Állami Egyetemen működő Nemzeti Szupervezető Ciklotron Laboratóriumban (National Superconducting Cyclotron Laboratory, NSCL) egy nemzetközi kutatócsoportjának sikerült megörökítenie optikai módszerrel a vas 54 tömegszámú izotópjának (^{54}Fe) kétprotonos bomlását. Az újfajta detektor egy CCD-kamerát is tartalmazott, amely a kibocsátott részecskék nyomát rögzítette. Ez a technika elsőként tette lehetővé, hogy megmérjék a két proton közötti

korrelációt, és ezzel demonstrálják, hogy a folyamat valóban egy háromtest-bomlás. Ez a technika lehetővé teszi a rövid élettartamú radioaktív izotópok olyan új bomlásainak vizsgálatát is, amelyek felvilágosítást adhatnak a neutroncsillagok belsejében lezajló folyamatokról, valamint meghatározhatják az atommagok lehetséges állapotainak korlátait. (K. Miernik et al. 2007 Phys. Rev. Lett. 99 192501)

(<http://cerncourier.com>)

Fizikai Szemle
MAGYAR FIZIKAI FOLYÓIRAT

megjelenését anyagilag támogatják:

