

fizikai szemle



2004/6

**A Magyar Tudományos Akadémia
Fizikai Tudományok Osztálya,
az Eötvös Loránd Fizikai Társulat,
a Magyar Biofizikai Társaság és
az Oktatási Minisztérium
folyóirata**

Főszerkesztő:

Berényi Dénes

Szerkesztőbizottság:

**Barlai Katalin (Csillagászat),
Faigel Gyula,
Gnädig Péter (Négyszögletes kerék),
Horváth Dezső (Mag- és részecskefizika)
Jéki László, Kanyár Béla (Sugárvédelem),
Németh Judit, Ormos Pál (Biofizika),
Pál Lénárd, Papp Katalin,
Sükösd Csaba (Vélemények),
Szőkefalvi-Nagy Zoltán (Biofizika),
Tóth Eszter,
Turiné Frank Zsuzsa (Megemlékezések),
Ujvári Sándor (A fizika tanítása)**

Szerkesztő:

Hock Gábor

Műszaki szerkesztő:

Kármán Tamás

A lap e-postacíme:

fizszem.elft@mtesz.hu

A folyóiratba szánt írásokat erre a címre kérjük.

A címlapon:

**Simonyi Károly és munkatársai által
hazánkban elsőként (1951) megépített
750 kV-os Van de Graaff gyorsító
(ld. 204–5. o.). A kiállítás helyszíne:
ELTE (Lágymányos) Északi épület,
támogatói: ELTE TTK, MTA KFKI RMKI,
Reinhold & Carmen Würth Alapítvány és
Charles Simonyi. (Fotó: Kármán Tamás)**

TARTALOM

<i>Menybárd Miklós:</i> Mélységi feltérképezés Auger-elektron-spektroszkópiával	177
<i>P.A. Horváthy:</i> A bolygómozgás törvényeinek levezetése az oszcillátor mozgásából	180
DOKUMENTUM	
<i>Mary Joy Pigozzi:</i> Az UNESCO és a Fenntartható Fejlődésre Nevelés Nemzetközi Évtizede, 2005–2015	185
<i>Ram Boofj:</i> Megvalósítható-e a fenntartható világ?	189
HÍREK-ESEMÉNYEK	192
AKADÉMIAI OSZTÁLYKÖZLEMÉNYEK	
Emlékbeszéd Marx Györgyről (<i>Patkós András</i>)	193
Marx György, a jövő embere (<i>Ujvári Sándor</i>)	196
A Fizikai Tudományok Osztálya 2004. évi díjai	199
MEGEMLÉKEZÉSEK	
Novobáztzy Károly (<i>Nagy Károly</i>)	200
Simonyi Károly és a magyar részecskegyorsítók (<i>Klopfert Ervin</i>)	204
Bor Pál, 1919–2004 (<i>Maróti Péter</i>)	206
VÉLEMÉNYEK	
A kísérletező tanár helyett kísérletező diák (<i>H. Fodor Erika</i>)	208
<i>M. Menybárd:</i> Depth mapping using Auger electron spectroscopy method	
<i>P.A. Horváthy:</i> Planetary motion laws derived from oscillatory motion equations	
DOCUMENTS	
<i>M.J. Pigozzi:</i> UNESCO and the "2005–2015 Decade of Education for Sustainable Development"	
<i>R. Boofj:</i> Is a sustainable world feasible?	
EVENTS	
PROC. OF DEPT. FOR PHYS. SCI. OF THE ACADEMY	
Remembering G. Marx (<i>A. Patkós</i>)	
G. Marx, the advocate of future (<i>S. Ujvári</i>)	
The 2004 awards of the Academy's Physical Section	
COMMEMORATIONS	
K. Novobáztzy (<i>K. Nagy</i>)	
K. Simonyi and the Hungarian accelerators (<i>E. Klopfert</i>)	
P. Bor, 1919–2004 (<i>P. Maróti</i>)	
OPINIONS	
Experimenting pupils rather than demonstrating teachers (<i>E.H. Fodor</i>)	
<i>M. Menybárd:</i> Tiefenanalyse mit Methoden der Auger-Elektronenspektroskopie	
<i>P.A. Horváthy:</i> Die Ableitung der Planetenbahngesetze aus den Schwingungsgleichungen	
DOKUMENTE	
<i>M.J. Pigozzi:</i> UNESCO und das „Internationale Jahrzehnt 2005–2015 Erziehung im Hinblick auf die stetige Entwicklung“	
<i>R. Boofj:</i> Ist eine andauernde Existenz der Welt möglich?	
EREIGNISSE	
MITTEILUNGEN DER ABT. PHYS. WISS. DER AKADEMIE	
Zur Erinnerung an G. Marx (<i>A. Patkós</i>)	
G. Marx, Mann der Zukunft (<i>S. Ujvári</i>)	
Die 2004-er Prämien der Physikalischen Abteilung der Akademie	
ZUR ERINNERUNG	
K. Novobáztzy (<i>K. Nagy</i>)	
K. Simonyi und die ungarischen Beschleuniger (<i>E. Klopfert</i>)	
P. Bor, 1919–2004 (<i>P. Maróti</i>)	
MEINUNGSÄUSSERUNGEN	
Schülerexperimente statt der Lehrerexperimente (<i>E.H. Fodor</i>)	
<i>М. Менъярт:</i> Глубинный анализ методами Оже-электронной спектроскопии	
<i>П.А. Хорватъ:</i> Вывод законов планетарного движения из уравнений колебательного	
ДОКУМЕНТИ	
<i>М.Ж. Пигоззи:</i> ЮНЕСКО и международное десятилетие 2005–2015 Обучение созданию непрерывно развивающегося мира-	
<i>Р. Буж:</i> Возможен ли непрерывно существующий мир?	
ПРОИСХОДЯЩИЕ СОБЫТИЯ	
СООБЩЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК	
Памяти Г. Маркса (<i>А. Паткош</i>)	
Г. Маркс – человек будущего (<i>Ш. Уйвар</i>)	
Премии 2004. года Физического Отделения Академии Наук	
ВОСПОМИНАНИЯ	
К. Новобазцкий (<i>К. Надь</i>)	
К. Шимони и венгерские ускорители частиц (<i>Э. Клопфер</i>)	
П. Бор, 1919–2004 (<i>П. Мароти</i>)	
ЛУЧНЫЕ МНЕНИЯ	
Производить школьные эксперименты: ученикам, а не учителям (<i>Е.Г. Фодор</i>)	

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

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

Kiadja az Eötvös Loránd Fizikai Társulat, felelős: Berényi Dénes 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: 600.- Ft + postaköltség.

HU ISSN 0015–3257

Fizikai Szemle

MAGYAR FIZIKAI FOLYÓIRAT

A Fizikai Szemle az Akadémia által 1862-ben elindított Matematikai és Természettudományi Értesítő és az 1891-ben Eötvös Loránd által alapított Matematikai és Physikai Lapok utóda és folytatása

LIV. évfolyam

6. szám

2004. június

MÉLYSÉGI FELTÉRKÉPEZÉS AUGER-ELEKTRONSPEKTROSKÓPIÁVAL

Menyhárd Miklós

MTA Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Kutatóintézet

A nanotechnológia által ígért káprázatos lehetőségek közül a vékonyrétegek jelentik azokat, amelyek már iparilag megvalósultak és tömegméretekben használtba kerültek (itt eltekintünk a már évtizedek óta használt kis méretű részecskék különböző felhasználásaitól). A vékonyrétegekben rejlő lehetőségeket már igen régóta hasznosítják, azonban a rétegek vastagságának csökkentésével az alkalmazások köre egyre szélesebbé vált, és ezek az egy dimenzióban nanoeszközök az élet szinte minden területén megjelentek. A kiterjedt gyártás és hasznosítás természetesen igen gazdag minősítési, vizsgálati arzenál kialakulásához vezetett. Ezek közül fogunk a következőkben egy módszert ismertetni, amellyel egy vékonyréteg összetételét a mélység függvényében meg lehet határozni.

A feladat tehát az, hogy meghatározzuk egy vagy több, nm vastagságú vékonyréteg összetételét, amelyek a felülettel párhuzamosan fekszenek, a felülettől a vastagságukhoz képest esetleg távol. Tehát szükségünk van olyan analitikára, amelyik képes nm nagyságrendű rétegek vizsgálatára természetesen nm-nél jobb mélységi felbontással.

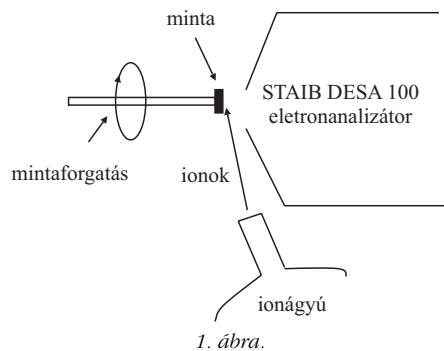
A cikk terjedelme nem engedi meg, hogy meg is mutassuk, így tehát csak a végeredményt közöljük, hogy az olyan analitikai módszerek, amelyek észlelni képesek az adott vékonyságú rétegeket az adott mélységben, általában nem tudnak sokat mondani a rétegen belüli részletekről. Így a feladat megoldásához maradnak a hámozással alapuló, vagy azzal kombinált módszerek, amelyek felületérzékeny analízist alkalmaznak, valamint az igen jó energiafelbontású Rutherford-visszaszórásos spektrometria, amelyről most nem lesz szó.

A hámozási módszer alapja abban áll, hogy a mintából eltávolítunk egy adott vastagságú (mondjuk 0,1 nm-es) réteget, és annak összetételét meghatározzuk. Ezt

azután addig folytatjuk, amíg az érdekes mélységen túljutunk. Ilyen hámozási módszer a szekunderion-emissziós spektroszkópia (SIMS) és változatai, és a gerjesztési emissziós spektroszkópia (GDOES). A másik megoldás az, hogy a hámozás után létrejött új felületet vizsgáljuk valamely felületérzékeny elektronspektroszkópiával, amely lehet fotoelektron- (XPS) vagy Auger-elektron-spektroszkópia (AES). Megint elhagyva a szabatos levezetést, közöljük a végeredményt, hogy abban az esetben, ha jó laterális felbontásra van szükségünk, és megelégszünk a fő komponensek mélységi eloszlásának vizsgálatával, akkor a hámozással összekötött AES-vizsgálat – amelyet AES mélységi feltérképezésnek nevezünk – tűnik a legmegfelelőbb módszernek.

Az AES mélységi feltérképezés igen régi módszer. Röviddel azután, hogy az AES mint analitikai módszer megjelent, elkezdtek ilyen összeállításban is használni. Az is rövidesen kiderült, hogy a módszer hatékonyságát igen lényegesen korlátozhatja a nem helyes hámozási eljárás. Ezután egy igen hosszú fejlesztési időszak következett, és igazán jó minőségű mélységi feltérképezéseket csak az utóbbi 6–8 évben tudunk készíteni. Mivel a módszernek ez a kulcskérdése, a továbbiakban bővebben foglalkozunk a hámozási művelettel.

A hámozást kezdetől fogva ionbombázással valósították meg. Mivel az összes hámozási módszernél ionbombázást alkalmaznak, így az ionbombázásra itt elmondandók minden más esetben is többé-kevésbé érvényesek. Az ideális hámozás azt jelenti, hogy egy adott vastagságú anyagot a mintából levágunk úgy, hogy semmi változást sem okozunk eközben a megmaradó és a levágott részben. Ennek gyakorlati megvalósítása nem lehetséges. A hámozást megvalósító ionbombázás ugyanis egyrészt jelentősen megváltoztatja a pillanatnyi felületet az eredeti



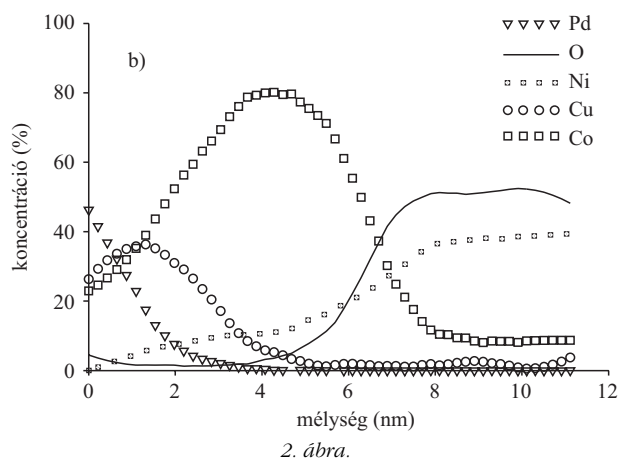
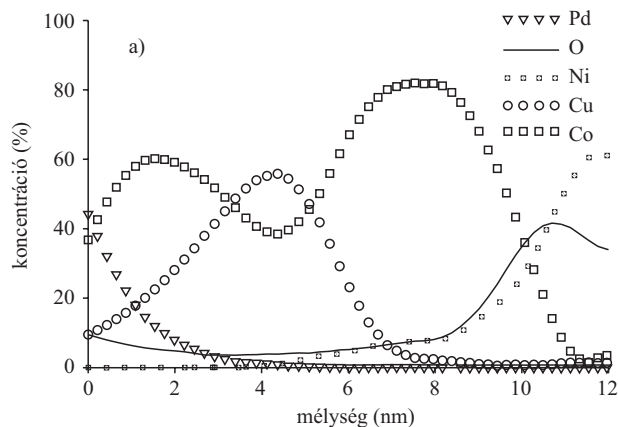
1. ábra.

tömbi állapothoz képest, másrészt nem homogén módon távolítja el az anyagot. Ez – mint könnyen belátható – nehézségeket okoz. A célkitűzés nyilvánvalóan az, hogy az ionbombázás megváltoztató hatását minimalizáljuk, illetve megpróbáljuk a folyamatot leírni, amelynek segítségével korrekciókat végezhetünk. Nézzük meg vázlatosan, mi is történik az ionbombázás során a szilárdtesttel.

Legelőször is, azt kell észrevennünk, hogy a néhány száz eV-os ion energiája (konvencionális berendezésben a legkisebb ionenergia 500 eV) messze nagyobb, mint egy tipikus energiaérték (pl. a kötési energia) a szilárdtestben. Ha ehhez azt is hozzátesszük, hogy az eltávolított részecskék átlagos energiája sokkal kisebb, mint a bombázó energia, akkor arra a megállapításra kell jutnunk, hogy az ionbombázási folyamat során a kezdeti ionenergia jelentős része a szilárdtestben nyelődik el, és ott természetesen jelentős változásokat is okozhat. Azaz, el kell fogadnunk, hogy a hámozás szükségszerűen roncsolással jár együtt. Az ionbombázás gazdag irodalma egyértelműen kitűzi a követendőnket, ha a roncsolódást csökkenteni akarjuk. Először is csökkenteni kell az ion energiáját. Hogy a morfológiafejlődés ne okozzon durvaságot, általános receptként (amelytől persze sok eltérés van) sűrűlő beesésű bombázást kell alkalmazni. Ha kristályos anyagot vizsgálunk, akkor a porlasztási tényező szögfüggéséből eredő morfológiafejlődést csökkenteni lehet azzal, hogy a mintát forgatjuk az ionbombázás alatt.

Ezeket az elveket következetesen *Barna Árpád* alkalmazta először az általa kifejlesztett ionmegmunkáló berendezésben, amellyel például az elektronmikroszkópi vizsgálatra alkalmas mintákat lehet előállítani [1]. Módszerének helyességét az is mutatja, hogy ma már minden, kereskedelmi forgalomban kapható ionmegmunkáló berendezés a *Barna Árpád* által javasolt módon működik. A fenti elveknek megfelelő ionbombázásos módszert valósítottuk meg AES mélységi feltérképezéshez is, szintén *Barna Árpád* segítségével [2]. Az elvi elrendezést az 1. ábra mutatja.

A berendezés lelke a TELETWIN ionágyú [3], amely igen nagy áramsűrűségű ionnyalábot tud előállítani a 0,1–2 keV energiatartományban, praktikusán tetszőleges gázból. Leggyakrabban Ar-t használunk. Az ionok beesési szöge, a felületi normálisához képest 75–88° között változtatható. A felület AES-analízisét valamilyen elektronenergia-analízátorral végezzük, a mi esetünkben ez egy STAIB DESA 100 analízátor. A gerjesztést elektronnyalábbal végezzük. Ez igen nagy előny az AES mélységi feltérképezés esetén, hiszen az elektronnyalábot könnyen és jól lehet



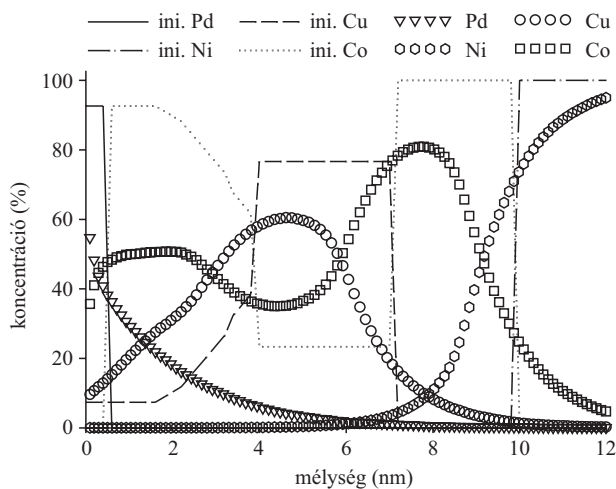
2. ábra.

fókuszálni és mozgatni, azaz a berendezés térképezésre ideálisan alkalmas. A legjobb úgynevezett Auger-mikroszkóp sugármérete 10 nm, amely például lehetővé teszi a legmodernebb mikroelektronikai alkalmazásokat is.

Egy tipikus Auger mélységi feltérképezési vizsgálat nyers eredményét, azaz a mért Auger-csúcsokat a mélység függvényében mutatja a 2.a és 2.b ábra. A mélységet a bombázási időből határoztuk meg a minta szerkezetének ismeretében. A vizsgálat célja az volt, hogy a növesztési paraméterek hatását vizsgáljuk az óriás mágneses ellenállást (GMR) mutató rétegek esetén [4]. A mintákat porlasztásos párologtatással állítottuk elő. A nominális szerkezet a következő volt: NiO a hordozó, erre párologtattunk először 2,5 nm Co-ot, majd ugyanolyan vastagságú rézet, majd ismét 3 nm Co-ot, és a mintát védőréteggel, 1 nm Pd-mal, zártuk le. A párologtatásnál a hordozó hőmérsékletét változtattuk. A 2.a ábra esetén 150 K, míg a 2.b ábra esetén a hordozó hőmérséklete 450 K volt.

A mélységi feltérképezéshez Ar-ionbombázást használtunk. Az ion energiája 500 eV, míg az ionok beesési szöge a felületi normálishoz képest 83° volt. Az Augerspektrométerrel a következő Auger-csúcsokat mértük az ionbombázási idő függvényében: Cu(CMM) 920 eV, Ni(LMM) 848eV, Co(LMM) 774 eV, O(KLL) 510 eV, Pd(MNN) 330 eV.

Már a nyers mérések is meghökkentő eredményt adnak. Bár pontosan ugyanazt a párologtatási eljárást alkalmaztuk, úgy tűnik, hogy a létrehozott minták alapvetően különböznek. A 150 K-en növesztett rétegrendszer ha-



3. ábra.

sonlóságot mutat a tervezett rendszerhez, azon a rétegek egymásutánja megegyezik azzal az elrendezéssel, amelyet vártunk. Arra is következtethetünk tehát – ha nincs is tökéletes rétegrendszer –, hogy a koncentrációk a várt rétegrendszernek megfelelően moduláltak. Ezzel szemben a 450 K-en létrehozott rendszer csak abban hasonlít a tervezetthez, hogy a párologtatott elemek megjelennek benne. A rétegszerkezet azonban egy Pd–Cu–Co rendszer lett, ami lényegesen különbözik a tervezettől. Ezt a lényegi különbséget megnyugtató módon nemcsak a mélységi feltérképezésünk mutatta, hanem a mágneses ellenállásértékek is. Míg a 150 K-es hordozó esetében 10%-ot mértünk, addig 0% volt a másik mintánál. Tehát már a nyers mérések is felhasználhatók arra, hogy a mágneses méréseket megmagyarázzuk. A következőkben továbblépünk, és azt vizsgáljuk, hogy a nyers adatokból, hogyan lehet pontosabb szerkezeti információhoz eljutni. Ezeket a megfontolásokat a 2.a ábrán látható mélységi profil kapcsán fejtjük ki.

Bár jelentős információt sikerült nyerni a 2.a. ábrából, az nyilvánvaló, hogy a profil messze eltér attól, amit vártunk, azaz, hogy éles határral elválasztott egykomponensű rétegeket lássunk. Ha jobban meggondoljuk, ez azonban két okból is irreális várakozás. Először tekintsük magát az Auger-spektroszkópiát. Mint ismeretes, ekkor elektronokkal gerjesztjük az anyagot, és az emittált Auger-elektronokat mérjük. Azt, hogy honnan származnak az Auger-elektronok, azt a rugalmatlan szabad úthossz (IMFP) határozza meg. Megközelítően azt mondhatjuk, hogy az Auger-elektronok az IMFP által meghatározott mélységű rétegből jönnek. A vizsgált elemek adott átmenetei Cu 920 eV, Ni 848 eV, Co 774 eV, O 510 eV, Pd 330 eV esetén a körülbelüli IMFP-értékek a következők 1,5, 1,4, 1,3, 1,0, 0,7 nm. Ezekből a számokból azonnal több következtetést lehet levonni. Az egyik, hogy éles határátmenetet elvileg sem várhatunk, hiszen még ha egy ilyen rendszerünk lenne is, akkor például a réz Auger-elektronok már akkor is megjelennek, amikor az aktuális szabad felület még csak 1,5 nm-re van a Co–Cu határtól. A másik igen fontos megfigyelés az, hogy a réz Auger-elektronok körülbelül kétszer akkora térfogatból származnak, mint a palládium Auger-elektronok. Ez azonban azt is jelenti,

hogy pusztán az Auger-áramok alapján nem könnyű koncentrációt meghatározni, mert különböző tartományokból származó mennyiségeket kell összehasonlítanunk. Még bonyolultabbá válik a helyzet, ha azt is figyelembe vesszük, hogy az emittált Auger-elektronok intenzitása a szilárdtestben megtett úttal (d) exponenciálisan csökken ($e^{-d/\lambda}$, ahol λ az IMFP), így a detektált Auger-áram nemcsak az információs mélységben levő atomok számától, hanem azok mélységi eloszlásától is függ. Így tehát az ábrából csak ránézéssel nem található ki az a szerkezet, ami a mért intenzitásokat szolgáltatta.

A másik problémát már említettük. Ez az ionbombázás roncsoló hatása. Általában igaz, hogy a porlasztott ionok keletkezéséhez szükséges energia a besugárzó ion energiájának csak egy részét igényli. A maradék energia a mintában marad, és kisebb-nagyobb változásokat okoz. Tehát akármilyen kedvező bombázási feltételeket választunk is, akkor is lesz ionbombázás által indukált változás a mintában. Természetesen minél kisebb ez a változás, annál könnyebb a hatását figyelembe venni, ezért kell kedvező bombázási feltételeket választani, de ekkor is le kell írunk a bombázás indukálta változásokat. Ezek a hatások – önkényesen – két csoportba oszthatók: 1. felületi morfológiaváltozások (durvulás), 2. keveredés az anyagban. A választott ionbombázási feltételek mellett a felületi durvulás elhanyagolható, és csak a minta térfogatában történő változásokkal kell törődni.

Ezek leírására is igen sok módszer ismert. Összefoglalóan azt mondhatjuk ezekről a módszerekről, hogy a feladat igen nagy bonyolultsága miatt igen pontos leírást egyiktől sem várhatunk. Ugyanakkor a probléma közelítő leírására több lehetőség is van. Mi egy szemiempirikus egydimenziós Monte Carlo-programot használunk [5]. Ez a program feltételezi, hogy az energetikus ion kölcsönhat egy atommal, azt meglöki, majd az energia- és impulzusváltást is figyelembe véve tovább folytatja az útját, és egy következő atomnak ütközik, és így tovább, amíg az energiája egy adott érték alá nem csökken. Az ion–atom kölcsönhatást többé-kevésbé jó párpotenciállal írjuk le. Természetesen a meglökött atomok sorsát is hasonló módon követjük mindaddig, amíg valamennyi mozgó részecske energiája egy adott, általunk meghatározott energia alá csökken. A program így adott számú ion ütközése után megadja, hogy mennyi és milyen anyag távozott, valamint a minta összetételét a mélység függvényében. Ha az utóbbit ismerjük, akkor kiszámíthatjuk az Auger-intenzitásokat a rugalmatlan szabad úthosszak ismeretében. Így tehát feltételezve egy kezdeti koncentráció eloszlást, azaz kezdeti mintaszerkezetet, szimulálhatunk egy mélységi feltérképezést. Ezt összevetjük a mérttel, és addig változtatjuk a kezdeti mintaszerkezetet, amíg kielégítő egyezést kapunk a mért és a szimulált mélységi feltérképezés között.

Ezzel az eljárással lehet a 2.a. ábrán mutatott mélységi térképből némileg több információt nyerni. Az eredményt a 3. ábra mutatja, az ábrán két görbesereget látunk: az egyiket jelekkel, míg a másikat vonalakkal ábrázoltuk. A vonalas koncentrációeloszlás (ini. jelöléssel) mutatja, hogy milyen szerkezetet tételezünk fel a mélységi feltérképezés szimulációjához, míg a jelekkel jelzett

eloszlások azok, amelyeket a fent említett szimulációval számoltunk ki. Ezeket a görbékét összehasonlítva a 2.a. ábrán mutatottakkal elfogadhatjuk, hogy ez az egyezés igen jó. Gondolatmenetünket folytatva tehát azt mondjuk, hogy az ini-vel jelölt görbék mutatják a minta szerkezetét. Ezek igen sok információt tartalmaznak. Például mutatják, hogy a hordozó és az első kobaltréteg közötti átmenet éles, tehát a kobalt párologtatása folyamán kémiai reakció nem történt 150 K-en. Ami még érdekesebb, a kobaltra párologtatott réz és kobalt közötti határfelület is éles. Ez viszont nem igaz a következő réz–kobalt határfelületre, ez elkent. Tehát arra a meglepő következtetésre jutottunk, hogy még 150 K-es hordozó hőmérséklet esetén is a határfelület minősége függ attól, hogy *A* anyag kerül *B*-re, vagy fordítva. Ennek a furcsának tűnő viselkedésnek az okát meg tudjuk magyarázni a kétdimenziós fázisdiagramok segítségével (amelyek lényegileg eltérhetnek a 3-dimenziós fázisdiagramoktól). Ennek a cikknek

nem célja ennek a viselkedésnek a magyarázata, de megjegyezzük, hogy 450 K-es hordozóra történő párologtatásnál talált anomáliát (2.b. ábra) is meg tudjuk magyarázni az elkent Cu/Co határfelület létrejöttével.

A fentiekben az Auger mélységi feltérképezés ismertetése mellett azt kívántuk megmutatni, hogy ez a módszer – legalább is egyes esetekben – alkalmas arra, hogy vékonyréteg rendszerekben 1 nm-es távolságon belüli határátrendeződéseket, illetve eloszlásokat detektálni tudjon.

Irodalom

1. A. BARNA – Proc. Fall Meeting MRS, 1991, Boston, Workshop on Specimen Preparation for Transmission Electron Microscopy of Materials – III, MRS Conf. Ser. 254 (1992) 3–22
2. A. BARNA, M. MENYHARD – Phys. Stat. Sol. (a) 145 (1994) 263–274
3. BARNA A., SZIGETHY D. Patent No. PCT/HU96/00054, 1996.
4. M. MENYHARD, G. ZSOLT, P.J. CHEN, C.J. POWELL, R.D. MCMICHAEL, W.F. EGELHOFF JR. – Appl. Sur. Sci. 180 (2001) 315–321
5. TRIDYN_FZR, FZR-317, W. MÖLLER, M. POSSELT – Forschungszentrum Rossendorf, 01314 Dresden, Germany

A BOLYGÓMOZGÁS TÖRVÉNYEINEK LEVEZETÉSE AZ OSZCILLÁTOR MOZGÁSÁBÓL

P.A. Horváthy

Laboratoire de Mathématiques et de Physique Théorique
Université de Tours, Franciaország

A bolygómozgás Kepler-törvényei kimondják, hogy:

K-I: A bolygók ellipszis mentén mozognak, melynek egyik *gyújtópontjában* a Nap áll.

K-II: A Naptól a bolygóhoz vont rádiuszvektor egyenlő idők alatt egyenlő területeket sűrol.

K-III: A különböző mozgások keringési idejeinek négyzetei úgy aránylanak egymáshoz, mint a pályák nagytengelyeinek köbei.

Kepler törvényei levezethetőek a Newton-féle mozgás-egyenletekből és az inverz-négyzetes erőtvényből, de a bizonyítás magasabb matematikát igényel [1]. Ugyanakkor, mint azt *Síkbeli oszcillátor* fejezetben elemi eszközökkel megmutatjuk, egy (síkbeli) harmonikus oszcillátor esetén hasonló szabályok érvényesek:

O-I: Az oszcillátor ellipszis mentén mozog, melynek *középpontjában* a vonzócentrum van.

O-II: A centrumból az oszcillátor helyzetéhez vont rádiuszvektor egyenlő idők alatt egyenlő területeket sűrol.

O-III: A különböző oszcillátormozgások keringési idejei a pálya geometriai méreteitől függetlenek, (lásd (6)).

A hasonlóság szembeötlő, de a pályák centrumára és a keringési időkre vonatkozó különbségek sem hanyagolhatók el. Cikkünk kérdése: *Megkaphatóak-e a bolygómozgás törvényei az oszcillátormozgás egyszerűbb szabályaiból?* A válasz: igen. Bár okoskodásunk a térre is kiterjeszthető [2], az egyszerűség kedvéért csak a síkbeli esetet tárgyaljuk [3].

Mind a bolygó-, mind a harmonikus mozgás rendelkezik kör alakú pályákkal; először ezeket hozzuk kapcsolatba. Második lépésben megmutatjuk, hogy az „oszcillá-

tor típusú”, (azaz origó centrumú) ellipszisek egy alkalmas transzformációval átvihetők „bolygómozgás típusú” (azaz origó fókuszú) ellipszisekbe. Ez a pusztán kinematikai megfeleltetés az idő ügyes átdefiniálásával a dinamikára is kiterjeszthető. Végezetül, levezetjük Kepler törvényeit az oszcillátorra érvényes összefüggésekből.

Körmozgások összehasonlítása

Tekintsük a síkbeli Kepler-problémát. Vezessünk be komplex koordinátákat, és válasszuk a Nap helyzetét originának. Ekkor a bolygómozgás törvénye

$$\ddot{z} = -fM \frac{z}{|z|^3}, \quad (1)$$

ahol a „pont” az idő szerinti deriválás, d/dt . Célunk az (1) egyenlet megoldása, azaz a Kepler-féle elliptikus mozgások meghatározása. Keressünk leelőször (nagyon) speciális, egység sugarú körpálya mentén történő mozgásokat:

$$z(t) = e^{i\theta(t)}. \quad (2)$$

Ekkor a mozgás egyenletes, ugyanis (1) így írható:

$$i\ddot{\theta} - (\dot{\theta})^2 = -fM. \quad (3)$$

A képzetes rész eltűnéséből $\ddot{\theta} = 0$, míg a valós részből a szögsebesség $\dot{\theta} = (fM)^{1/2}$.

Fejtegetéseink szempontjából fontos megfigyelés, hogy a fenti mozgás egy, az egységkörre kényszerített síkbeli harmonikus rezgőmozgásnak is tekinthető. Az oszcillátor komplex koordinátáját a jobb megkülönböztetőség kedvéért w -vel jelölve, a mozgásegyenlet ugyanis

$$w'' = -\Omega^2 w, \quad (4)$$

ahol Ω az oszcillátor körfrekvenciája, és a „vessző” az „oszcillátoridő” szerinti deriválást jelöli: $(\cdot)' = d/d\tau$. A $|w| = 1$, azaz $w = e^{i\theta(\tau)}$ kényszer fennállása esetén ebből nyilván újra (3)-at kapjuk, amennyiben fM -et Ω^2 -nel, θ -át γ -val, t -t pedig τ -val azonosítjuk. Hasonlóan, R sugarú körpályát feltételezve, a szögsebesség

$$\dot{\theta} = \sqrt{\frac{fM}{R^3}} = \Omega,$$

és a probléma egy (sugárfüggetlő) Ω körfrekvenciájú oszcillátor körpálya menti mozgásával ekvivalens.

Összefoglalva: speciális, egység sugarú körtrajektóriák esetében, a harmonikus rezgőmozgás és a bolygómozgás egymásba leképezhetőek. Alábbi fejtegetéseink lényege, hogy ez a megfeleltetés kiterjeszthető általános mozgásokra.

Síkbeli oszcillátor

A síkbeli oszcillátor mozgása könnyen meghatározható: (4)-et valós és képzetes részre bontva látjuk, hogy azok külön-külön független harmonikus rezgőmozgást végeznek. Az időmérés kezdetét megfelelően választva,

$$w(\tau) = a \cos \Omega \tau + i b \sin \Omega \tau. \quad (5)$$

$w(\tau)$ tehát valóban egy origó centrumú, a nagy- és b kis-tengelyű ellipszis mentén mozog. (Gondoljunk két, egymásra merőleges, azonos frekvenciájú harmonikus rezgés eredőjeként előálló Lissajous-görbére.) A keringési idő

$$T_{\text{oszc}} = \frac{2\pi}{\Omega}, \quad (6)$$

ami valóban független a pálya méreteitől.

Végezetül, a területi sebesség a fele a (tömeg egységre jutó) megmaradó impulzusmomentumnak:

$$I_{\text{oszc}} = |w|^2 \frac{d\gamma}{d\tau} = \text{const.}, \quad (7)$$

ahol $\gamma = \arg w$: $\tan \gamma = (\rho^2 - 1)/(\rho^2 + 1) \cdot \tan \phi$. Ezzel bebizonyítottuk az oszcillátormozgás fenti, O-I – O-II – O-III „Kepler-féle” törvényeit.

Alább szükségünk lesz az oszcillátor (megmaradó) összenergiájának a pálya geometriai méreteivel való kifejezésére:

$$E_{\text{oszc}} = \frac{m}{2} (|w'|^2 + \Omega^2 |w|^2) = \frac{m}{2} \Omega^2 (a^2 + b^2), \quad (8)$$

ahol m a bolygó tömege.

Egy kis (komplex) geometria [3]

Legyen u egy komplex változó, és tekintsük a komplex sík úgynevezett „Zsukovszkij-féle” leképezését:

$$u \mapsto w = u + \frac{1}{u}. \quad (9)$$

1. Lemma. Az u sík egy origó centrumú körének képe a (9) leképezés során a w sík egy ellipszise, melynek centruma újra az origó. Az ellipszis fókuszai a ± 2 pontokban vannak.

Bizonyítás: ha $u = \rho e^{i\phi}$, akkor

$$w = \left(\rho + \frac{1}{\rho} \right) \cos \phi + i \left(\rho - \frac{1}{\rho} \right) \sin \phi, \quad (10)$$

ami egy

$$a = \rho + \rho^{-1}, \quad b = \rho - \rho^{-1}$$

nagy- és kis-tengelyű ellipszis egyenlete: w -t $x+iy$ alakban írva, $(x/a)^2 + (y/b)^2 = 1$. A fókuszpontok távolsága a centrumtól $c = (a^2 - b^2)^{1/2} = \pm 2$, tekintve, hogy $(\rho + \rho^{-1})^2 - (\rho - \rho^{-1})^2 = 4$. $\rho = 1$ -re az ellipszis a valós tengely $[-1, 1]$ szakaszává fajul el.

Figyeljük meg, hogy ha a kiindulási kör sugarát ρ -ról ρ^{-1} -re változtatjuk, a képpont ugyanazt az ellipszist írja le (csak a a valós tengelyre tükrözve). Ezért az egyértelműség kedvéért a továbbiakban feltesszük, hogy $\rho > 1$, azaz az $u \mapsto w$ leképezést az u sík egységkörének külsejére korlátozzuk. Tekintsük most a w sík

$$w \mapsto z = w^2 \quad (11)$$

leképezését a z síkra.

2. Lemma. Az előző ellipszis képe egy z -origó fókuszú ellipszis. Megfordítva, a z sík minden, origó fókuszú ellipszise előáll, mint a w sík egy origó centrumú ellipszisének a négyzete.

Valóban,

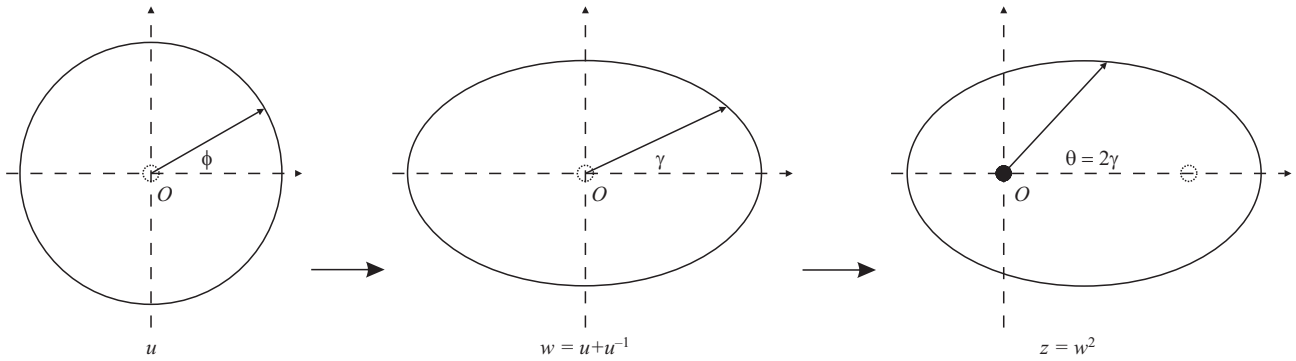
$$z = w^2 = u^2 + \frac{1}{u^2} + 2. \quad (12)$$

De ha $u = \rho e^{i\phi}$, akkor $u^2 = \rho^2 e^{i2\phi}$, s így (10)-be ρ helyett ρ^2 -et írva látjuk, hogy újra egy ellipszist kapunk, melynek tengelyei

$$A = \rho^2 + \rho^{-2}, \quad B = \rho^2 - \rho^{-2},$$

s melyet 2 egységgel jobbfelé toltunk el. Ezért bal fókusza az origó. Miközben u egyszer körbefordul a eredeti körön, a w is egyszer írja le az origó centrumú ellipszist. Eközben azonban z – a „szög megduplázódása” miatt – kétszer futja be az origó fókuszú ellipszist. A $w \mapsto z$ leképezés tehát 2:1. Ezért, míg w egy fél ellipszist ír le, z befutja az egész kép ellipszist. z periheliuma, illetve apheliuma a w kis-tengely, illetve nagytengely végpontjainak a képe.

Fontos megjegyezni, hogy a sík minden origó centrumú ellipszise megkapható a fentiből megfelelő nyújtással és elforgatással.



1. ábra. Míg u a komplex sík egységkörét írja le, $w = u + u^{-1}$ egy origó központú ellipszisen, $z = w^2$ pedig egy origó fókuszú ellipszisen mozog.

Bolygó-oszcillátor transzformáció

A fenti geometriai konstrukció feloldja az oszcillátor- és bolygómozgás pályái közti különbségeket: a (11) transzformáció az „oszcillátor formájú” pályákat „Kepler-formájúba” viszi.

Kiterjeszhető-e a fenti megfeleltetés a dinamikára? A válasz elsőre nemlegesnek tűnik: $z = w^2$ -et idő szerint differenciálva és oda a w (4) mozgásegyenletét helyettesítve, egy bonyolult kifejezést kapunk, mely szemmel láthatóan különbözik a remélt (1)-től. Hogy ez így van, az abból is látható, hogy a kép ellipszis rádiuszvektorának az oszcillátormozgásból következő (kétszeres) területi sebessége,

$$|z|^2 \theta' = 2 |z| I_{\text{oszc}},$$

(ahol figyelembe vettük, hogy a z -ellipszis rádiuszvektorának szöge $\theta = 2\gamma$) a fókuszról mért $|z(t)|$ távolság időbeli változása miatt *nem mozgásállandó*, azaz nem elégíti ki Kepler II. törvényét.

A kiút az *idő átdefiniálása*. Tekintsünk egy tetszőleges $w(\tau)$ oszcillátormozgást, és definiáljuk az új „pálya menti időt” a

$$t = \int |w(\tau)|^2 d\tau \Rightarrow \frac{d}{dt} = \frac{1}{|w(\tau)|^2} \frac{d}{d\tau} \quad (13)$$

(azaz $(\dot{\cdot}) = |w|^{-2} (\cdot)'$) formulával. Ekkor az oszcillátor (4) mozgásegyenletét felhasználva,

$$\begin{aligned} \ddot{z} &= \frac{1}{w\bar{w}} \frac{d}{d\tau} \left(\frac{1}{w\bar{w}} \frac{d}{d\tau} w^2 \right) = \\ &= -2 \frac{1}{w\bar{w}^3} (|w'|^2 + \Omega^2 |w|^2) = -\frac{4E_{\text{oszc}}/m}{|w|^6} w^2, \end{aligned} \quad (14)$$

ahol E_{oszc} a (8) oszcillátorenergia, mely *a tekintett mozgás során* állandó marad. Ide w^2 helyett visszaírva z -t, az

$$4 E_{\text{oszc}} = f M m \quad (15)$$

azonosítás után pontosan a bolygómozgás (1) egyenletét kapjuk! Minden oszcillátorpályának megfeleltettünk tehát egy olyan bolygótrajektóriát, melynek „gravitációs ereje” az oszcillátorpálya energiájával arányos. Megfordítva,

minden bolygótrajektóriának megfelel egy olyan oszcillátortrajektória, melynek energiája $f M m / 4$.

Visszafelé, egy adott bolygóproblémához is rendelhetünk oszcillátort. A (11)–(13) megfeleltetés inverze

$$w = \sqrt{z}, \quad \frac{d}{d\tau} = \sqrt{z\bar{z}} \frac{d}{dt}. \quad (16)$$

Ekkor a fentiekhez hasonlóan, a bolygó mozgásegyenletét felhasználva belátható, hogy

$$w'' = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} |\dot{z}|^2 - \frac{fM}{|z|} \right) w,$$

ami egy olyan oszcillátor egyenlete, melynek körfrekvenciája a bolygótrajektória energiájával arányos:

$$w'' = -\Omega^2 w, \quad \Omega^2 = -\frac{1}{2m} E_{\text{boly}}, \quad (17)$$

ahol

$$E_{\text{boly}} = \frac{m}{2} |\dot{z}|^2 - \frac{fMm}{|z|} = -\frac{fMm}{2A} \quad (18)$$

az (egységnyi tömegű) bolygó energiája [1]. Megjegyzendő, hogy E_{boly} csak az A nagytengelytől függ.

Figyeljük meg, hogy a fenti inverz transzformáció kétértékű, és a négyzetgyök függvény mindkét ágán külön-külön teljesül, valamint azt is, hogy a transzformáció újra csak pályánként definiált: (16) minden egyes bolygótrajektóriához egy-egy különböző körfrekvenciájú oszcillátort rendel.

Kepler törvényeinek levezetése

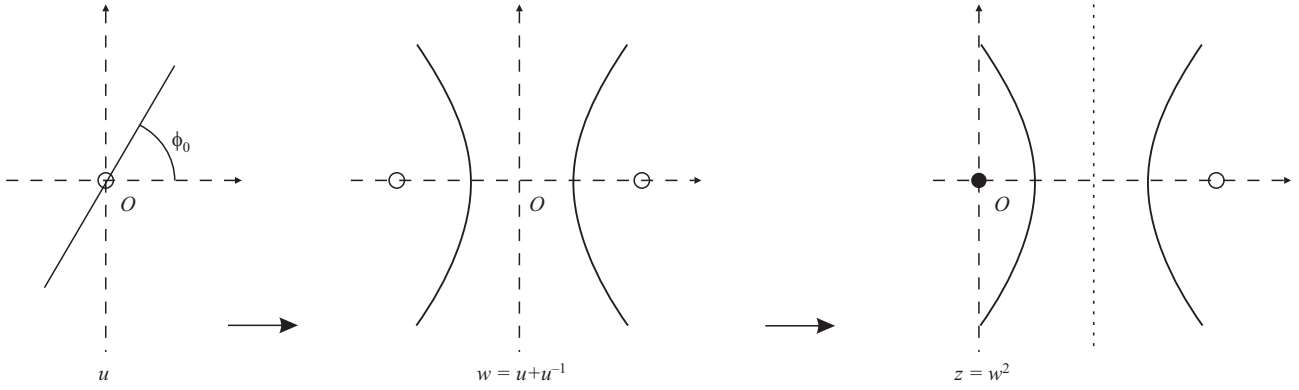
Vezessük most le a bolygómozgás Kepler-féle törvényeit az oszcillátortörvényekből.

- Először is, a Kepler-pályák – mint az oszcillátor-ellipszisek képei – kielégítik Kepler I. törvényét.
- Másodsor,

$$I_{\text{boly}} = |z|^2 \frac{d\theta}{dt} = |w|^2 \frac{d(2\gamma)}{d\tau} = 2 I_{\text{oszc}}, \quad (19)$$

azaz a bolygómozgás területi sebessége, I_{boly} , egyenlő az oszcillátorprobléma területi sebességének kétszeresével, s ezért szintén állandó, ami Kepler II. törvénye.

- Legyenek végezetül a keringési idők T_{boly} és T_{oszc} . A területi sebességek állandó voltából,



2. ábra. Az u sík origón átmenő egyenseinek képei a w sík origó centrumú „Zsukovszkij-hiperbolái”. Négyzetre emelve olyan hiperbolákat kapunk a z síkban, melyek bal gyújtópontja az origó.

$$\pi a b = \frac{1}{2} I_{\text{oszc}} T_{\text{oszc}}, \quad \pi A B = \frac{1}{2} I_{\text{boly}} T_{\text{boly}},$$

hiszen az ellipszis területe a tengelyek szorzatának π -szere. Ezek hányadosát véve, $T_{\text{oszc}} = 2\pi/\Omega$ -t felhasználva,

$$T_{\text{boly}} = \pi \left(\frac{A B}{a b} \right) \frac{1}{\Omega}.$$

Az *Egy kis (komplex) geometria* fejezet képletei szerint azonban: $a = \rho + \rho^{-1}$, $b = \rho - \rho^{-1}$, s így $a b = \rho^2 - \rho^{-2} = B$; tehát $A B / a b = A$. De $a^2 + b^2 = 2(\rho^2 + \rho^{-2}) = 2A$, s ezért az oszcillátor (8)-as pályae energiáját megadó képletéből, (15)-t felhasználva, az A nagytengelyű bolygótrajektória oszcillátor megfelelőjének körfrekvenciája

$$\Omega = \sqrt{\frac{E_{\text{oszc}} / m}{A}} = \sqrt{\frac{fM}{4A}}. \quad (20)$$

Így a bolygó keringési ideje végezetül:

$$T_{\text{boly}} = 2\pi \sqrt{\frac{A^3}{fM}}, \quad (21)$$

ami a szokásos formula [1], s mely nyilván konzisztens Kepler III. törvényével, hiszen

$$\frac{T_{\text{boly}}^2}{A^3} = \frac{4\pi^2}{fM} = \text{const.}$$

Abban a speciális esetben, mikor az oszcillátormozgás pályája egység sugarú kör, akkor $t = \tau$, $z = w^2 = e^{i2\Omega t}$, s így a bolygó- és oszcillátortrajektóriák egybeesnek. Új képletünk a bevezetőben talált megfeleltetéstől csak abban különbözik, hogy a szögsebesség megkétszereződött: (2) helyett $z(t) = e^{i2\phi(t)}$ -t írva, pontosan mostani formuláinkat kapnánk.

Szórt mozgások

A bolygómozgás negatív összenergiát adó (18) képlete csak a kötött, elliptikus mozgásokra érvényes. Az üstökösök által realizált parabolikus és hiperbolikus mozgások esetén az energia nulla, illetve pozitív. Fenti oszcillátor

transzformációnk ezekre az esetekre – sőt Rutherford szórás kísérletében fellépő, Coulomb-féle taszító inverznégyzetes erőre [5] – is kiterjeszhető. Az „oszcillátor” megfelelője taszító lineáris potenciál lesz.

Tekintsük először a geometriát. A konstrukció lényegében ugyanaz, mint az ellipsziseknél, azaz újra

$$u \mapsto w = u + u^{-1} \mapsto z = w^2,$$

mindössze u most egy, az origón átmenő egyenesen fut. Valóban, írjuk u -t az $u = \rho e^{i\phi_0}$ alakban, ekkor w újra (10):

$$w = \left(\rho + \frac{1}{\rho} \right) \cos \phi_0 + i \left(\rho - \frac{1}{\rho} \right) \sin \phi_0,$$

csak most ρ változik (mégpedig $-\infty$ -tól ∞ -ig), míg a szög állandó, $\phi_0 = \text{const}$. Ez most egy

$$a = |2 \cos \phi_0| \quad \text{és} \quad b = |2 \sin \phi_0| \quad (22)$$

valós és képzetes tengelyű *hiperbola* egyenlete, hiszen $w = x + iy$ koordinátái kielégítik az $(x/a)^2 - (y/b)^2 = 1$ egyenletet. A fókuszok helye azonos a Zsukovszkij-féle ellipszisekével, azaz ± 2 , hiszen $a^2 + b^2 = 4$. Ha $\phi_0 = 0$, akkor w a valós tengely két ($x \geq 2$, illetve $x \leq -2$) fél-egyenesét írja le, $\phi_0 = \pi/2$ -re pedig a képzetes tengelyt kapjuk.

Ha $0 < \phi_0 < \pi/2$, akkor pozitív ρ esetén a hiperbola jobb oldali, $\rho < 0$ -ra pedig bal oldali ágát kapjuk. Ha ϕ_0 -at $\pi/2$ és π között tovább futtatnánk, akkor újra az előző alakzatokat kapnánk, csak fordított sorrendben. Ezért ϕ_0 -at elegendő a nyílt $(0, \pi/2)$ intervallumra korlátozni, s ekkor (22)-ből az abszolút érték elhagyható.

A „Zsukovszkij-féle hiperbola” négyzete újra (12):

$$z = \left(\rho^2 + \frac{1}{\rho^2} \right) \cos 2\phi_0 + 2 + i \left(\rho^2 - \frac{1}{\rho^2} \right) \sin 2\phi_0, \quad (23)$$

csakhogy ez most egy

$$A = |2 \cos 2\phi_0| \quad \text{és} \quad B = |2 \sin 2\phi_0| \quad (24)$$

valós, illetve képzetes tengelyű hiperbola, melynek bal fókusza az origó. Valóban, a $z = X + iY$ által leírt alakzat egyenlete most

$$\left(\frac{X-2}{A}\right)^2 - \left(\frac{Y}{B}\right)^2 = 1.$$

Ha ϕ_0 nulla és $\pi/4$ között fekszik, akkor a $\text{Re}(z) \geq 2$, hiszen $\rho^2 \geq 0$. Miközben tehát w a „Zsukovszkij-hiperbola” mindkét ágát befutja, z az origó fókuszú hiperbola jobb oldali ágát írja le. ϕ_0 -at nulláról $\pi/4$ -ig változtatva, egyre szélesedő „jobb oldali” hiperbolaág-családot kapunk a z síkban. ϕ_0 -at $\pi/4$ és $\pi/2$ közt választva viszont a z sík bal oldali, $\text{Re}(z) \leq 2$ hiperbolaágait kapjuk, melyek fokozatosan szűkülnek a valós tengely $(-\infty, 0)$ szakaszára. Mint alább megmutatjuk, ezek épp a taszító Coulomb-probléma, illetve hiperbolikus üstökösmozgás trajektóriái.

Hangsúlyozzuk, hogy mindkét esetben csak egy ágat kapunk. Az „ágtípus váltása” akkor történik, mikor a „Zsukovszkij-hiperbola” valós tengelye a képzetesnél rövidebbé válik, $\phi_0 = \pi/4$ -nél $a = b$.

Mivel a kép nem függ ρ előjelétől, a leképezés 2:1. Megfordítva, a z sík minden pontjának két ősképe van, melyek előjelükben különböznek. Ezért az origó fókuszú z -hiperbolák mindkét ágának ősképe külön-külön egy-egy teljes, kétágú hiperbola.

A dinamikára kiterjesztett oszcillátortranszformáció formálisan ugyanaz, mint eddig, (11)–(16), illetve (17), mindössze az „oszcillátor” (17) szerinti körfrekvenciája pozitív bolygóenergia esetén képzetes, $\Omega^2 < 0$. Más szóval, taszító lineáris potenciállal van dolgunk.

A taszító „oszcillátor” mozgásegyenlete

$$\begin{aligned} w'' &= |\Omega|^2 w \Rightarrow \\ \Rightarrow w(\tau) &= a \cos b|\Omega|\tau + i b \sin b|\Omega|\tau, \end{aligned} \quad (25)$$

ami origó centrumú „Zsukovszkij-féle” hiperbola, hiszen $(x/a)^2 - (y/b)^2 = 1$. Az összenergia:

$$E_{\text{oszc}} = \frac{m}{2} (|w'|^2 - |\Omega|^2 |w|^2) = \frac{m}{2} |\Omega|^2 (-a^2 + b^2) \quad (26)$$

(lásd (8)), ezért mind pozitív, mind negatív is lehet aszerint, hogy a képzetes vagy a valós tengely-e a hosszabb.

A dinamikára térve, a *Bolygó-oszcillátor transzformáció* fejezetbeli fejtegetéseink most is érvényesek, és újra inverz-négyzetes erőterbeli mozgást kapunk.

Amennyiben az „oszcillátorenergia” pozitív, akkor az $fMm = E_{\text{oszc}} > 0$ -val jellemzett bolygómozgási probléma hiperbolikus üstökösmozgásait kapjuk. De $E_{\text{oszc}} > 0$ azt jelenti, hogy a képzetes tengely a hosszabb, $b > a$, és mint láttuk, ekkor a w sík „Zsukovszkij-ellipszisének” képe a z síkban a bal oldali, azaz a *Nap felé görbülő* hiperbola.

Mi a negatív „oszcillátorenergiájú” megoldások haszna? Ekkor (14) a következőképpen írható

$$\ddot{z} = \frac{-E_{\text{oszc}}/m}{|z|^3} z, \quad (27)$$

ami egy *taszító* inverz-négyzetes erőterbeli mozgást ír le. Pontosan ez történik Rutherford szórás kísérletében [5], ahol egy könnyű, pozitív q töltésű alfa-részecske egy ne-

héz, szintén pozitív Q töltésű atommag terében mozog. A töltések közti Coulomb-kölcsönhatás taszító, s ezt a

$$-4 E_{\text{oszc}} = q Q m \quad (28)$$

megfeleltetéssel épp (27) írja le!

Mint láttuk, az oszcillátorenergia akkor negatív, mikor a valós tengely a hosszabb. Ilyen Zsukovszkij-hiperbola képe pedig a z sík az *atommagtól elfelé görbülő*, jobb oldali hiperbolaága!

Megfordítva: az taszító inverz-négyzetes erőterben az energia mindig pozitív:

$$E_{\text{Coulomb}} = \frac{m}{2} |\dot{z}|^2 + \frac{qQ}{|z|} > 0, \quad (29)$$

s ezért az (16) inverz transzformáció ehhez most újra egy taszító lineáris problémát rendel, melynek (képzetes) frekvenciáját a (29) Coulomb-energia szabja meg.

Tekintsük végezetül a gravitációs erőterbeli parabolikus mozgásokat, melyek szintén lehetséges üstökös pályák. Ezek energiája nulla, s ezért a dinamikus megfeleltetés „oszcillátorának” (17) szerinti Ω „körfrekvenciája” szintén *nulla*. Azaz, *w szabadon*, vagyis egyenes mentén, egyenletesen mozog! Ha a mozgás nem megy át az origón, akkor megfelelő forgatással és nyújtással elérhetjük, hogy a trajektória egyenlete $w = i + \tau$ legyen. Ekkor

$$z = w^2 = (\tau^2 - 1) + 2\tau i \quad (30)$$

„fekvő” parabola, hiszen $y^2 = 4x + 4$. A parabola csúcса (-1) -ben, fókuszja az origóban van. (Ha egyenesünk átmege az origón, a parabola az origón átmenő félegyenesre degenerálódik.)

Diszkusszió

A bolygó- és harmonikus mozgások közti kapcsolat lehetővé tette az előbbieknél az utóbbiakból való levezetését. Hangsúlyozzuk, hogy (13) nem az idő mint klasszikus változó transzformációja, hiszen az magától a pályától, sőt a pont pálya mentén elfoglalt helyétől is függ: (13) egyszerűen a pálya paraméterének átdefiníálása. Az új „pályaidő”-t éppen úgy választottuk, hogy a területi sebességek közt fennálljon a (19) kapcsolat. Ezért nem a bolygó és oszcillátor mint fizikai rendszerek közt állítottunk föl kapcsolatot, hanem minden egyes bolygópályát külön-külön kapcsolatba hoztunk egy-egy megfelelő frekvenciájú oszcillátorpályával. A bolygómozgást az oszcillátorral kapcsolatba hozó transzformáció szórt (üstökös-, illetve Rutherford-féle) mozgásokra is kiterjeszthető.

A bolygómozgás ismert problémája, hogy a radiális mozgások szingulárisak: az égitest véges idő alatt, végtelen sebességgel esne a Napba. Oszcillátortranszformációnk módot adna a probléma regularizálására [2]. Hasonlóan, a Kepler-probléma dinamikus szimetriáit [4] levezethetnénk az oszcillátoréból.

Említsük meg, hogy a fenti megfeleltetés a kvantummechanika szintjén is működik: a hidrogénatom spektru-

ma az oszcillátor-spektrumból levezethető. Ennek során a négyzetgyök függvény kétértékűségével kapcsolatos 2:1 viszony fontos konzekvenciákkal jár, nevezetesen azzal, hogy az oszcillátorállapotoknak csak a fele felel meg a H-atom állapotainak.

Érdekes megjegyezni, hogy a cikkünkben tárgyalt oszcillátor–bolygómozgás kapcsolat a konform leképezések elméletével tovább általánosítható: két centrális, r^a , illetve r^A -val arányos erőterbeli mozgás egymásba vihető, ha $(a+3)(A+3) = 4$ [3]. Például $a = 1$ az oszcillátor, és ennek „duálisa” $A = -2$, azaz a bolygómozgás.

A Szerző köszönetet mond *Sükösd Csabának* érdeklődéséért és hasznos tanácsaiért.

Irodalom

1. BUDÓ ÁGOSTON: *Mechanika* – Negyedik kiadás. Tankönyvkiadó, Budapest, 1965.
2. P. KUSTANHEIMO, E. STIEFFEL – J. Reine Angew. Math. 218 (1965) 204
3. V.I. ARNOLD: *Huygens & Barrow, Newton & Hook* – Birkhäuser 1990.
4. GYÖRGYI GÉZA: *A Kepler-probléma „rejtett” szimmetriáiról* – Fiz. Szle. 18 (1968) 142; *Dinamikai szimmetriák* – (tud. doktori értekezés). Magy. Fiz. Folyóirat 20 (1972) 45
5. lásd például P.A. HORVÁTHY: *A Rutherford-féle szórásról* – Fiz. Szle. 54 (2004) 67

DOKUMENTUM

AZ UNESCO ÉS A FENNTARTHATÓ FEJLŐDÉSRE NEVELÉS NEMZETKÖZI ÉVTIZEDE, 2005–2015

Mary Joy Pigozzi

az UNESCO Minőségi Nevelés Támogatása Osztály igazgatója

Az Egyesült Nemzetek Közgyűlése a társadalmilag kívánatos, gazdaságilag működőképes és a környezetvédelmet segítő erőfeszítések támogatására 2002. december 20-án egyhangú határozatot hozott a *Fenntartható Fejlődésre Nevelés Nemzetközi Évtizede* (Decade of Education for Sustainable Development, DESD) megrendezéséről 2005–2015 között. A határozatban fő szervezőként az ENSZ Nevelésügyi, Tudományos és Kulturális Szervezetét (UNESCO) nevezték meg.

Mozgalom az Évtized megrendezéséért

Az ENSZ 1985 óta folyamatosan szervez Nemzetközi Évtizedeket. Ezek célja a figyelemfelhívás egyes globális jelentőségű problémákra, és nemzetközi mozgalom indítása megoldásuk érdekében. A *Fenntartható Fejlődésre Nevelés Nemzetközi Évtizede* ötletét a japán kormány vetette fel először a *Fenntartható Fejlődés Világsúcs* (World Summit for Sustainable Development, WSSD) előkészítő bizottságában (Bali, Indonézia, 2002. június). A javaslatot a WSSD legfelső vezetésének johannesburgi konferenciáján, 2002 szeptemberében fogadták el, és három hónappal később az ENSZ Közgyűlésének 57. ülészakán egyhangúlag 2005. január 1-jét jelölték meg az Évtized kezdetéül.

Az Évtized célkitűzései

A Johannesburgi Csúcson a *Fenntartható Fejlődésre Nevelés Nemzetközi Évtizede* tervével elismerték, hogy jelentős igény van a fenntartható fejlődés témáinak bevezetésére a nevelési rendszerek minden szintjén, ez az alapja

a szükséges változások megvalósításának. Az Évtized célja az oktatásnak és nevelésnek mint az emberiség fenntartható fejlődése kulcsának támogatása és a *Fenntartható Fejlődésre Nevelés* (Education for Sustainable Development, ESD) innovatív céljainak, programjainak és gyakorlatának fejlesztésére kialakítandó nemzetközi együttműködés erősítése.

A kormányokkal megtárgyalták, milyen intézkedések szükségesek ahhoz, hogy az UNESCO által kidolgozott irányelvek alapján 2005-ben nevelési stratégiájuk és tevékenységi terveik átalakításával elindíthassák az *ENSZ Fenntartható Fejlődésre Nevelés Nemzetközi Évtizedét*.

A fenntartható fejlődés haladó gondolat

Az elnevezés az 1980-as években keletkezett, amikor – elsősorban a környezeti ártalmak és a természeti források várható kimerülése miatt – sürgetően vetődött fel a gazdasági és társadalmi egyensúly megszilárdításának igénye. Mérföldkövet jelentett az 1972-es *Az Emberi környezetért* címmel Stockholmban rendezett ENSZ-konferencia. Svédországban nagy figyelmet fordítanak a környezetvédelemre, és az erőforrások megőrzése céljából számos minisztériumot és nem kormányzati szervezetet (Non-governmental Organisation, NGO) hoztak létre. A konferencia utáni években a világ országai felismerték, hogy alaposabban kell feltárni a környezet, a természeti erőforrások, valamint a társadalmi–gazdasági folyamatok – például a szegénység és elmaradottság – közötti összefüggéseket.

Fordította *Menczel György*.

Környezet és Fejlődés Világbizottsága

A *Környezet és Fejlődés Világbizottsága* (World Commission on Environment and Development) által kiadott *Közös Jövők* című kiadvány 1987-es megjelenése után világszerte felértékelődött a fenntartható fejlődés fogalma. Az ENSZ Közgyűlésének 1983-as 38/161. sz. határozata támogatta bizottság megalakítását a következő feladatok elvégzésére:

- Ismételten vizsgálat tárgyává kell tenni a környezet és a fejlődés körébe tartozó legfontosabb témákat, fogalmazzanak meg ezekkel kapcsolatos innovatív, konkrét, reális célkitűzéseket.

- Erősítsék a nemzetközi együttműködést, és tegyenek javaslatokat ezek új formáira azért, hogy az irányelveket és a változtatásokat meg lehessen valósítani.

- Ösztönözzék a kormányokat, a nem kormányzati és gazdasági, valamint más civil szervezeteket arra, hogy igyekezzenek a problémákat megérteni, és tegyenek minél többet a megoldásuk érdekében.

A Föld-csúcs

A fenntartható fejlődés volt 1992-ben a Rio de Janeiróban megrendezett ENSZ *Környezet és Fejlődés Konferenciája* (UNCED), vagy röviden a *Föld-csúcs* témája. Ezen részt vettek kormánytagok, nemzetközi szervezetek, NGO-k és civil szervezetek képviselői, hogy megtárgyalják a jövő évszázad kihívásait, és globális tervet dolgozzanak ki a teendőkről. Az *Agenda 21* néven ismert akcióprogram egész sor, minden részletre kiterjedő irányelvet tartalmazott a kormányok, valamint a fenntartható fejlődésben érdekelt más szervezetek számára. Javasolták, hogy a gazdasági, szociális és környezeti kérdéseket együtt tárgyalják a szegénység, az emberi méltóság, az életminőség és globális környezetvédelem problémáival.

Több mint 170 ország fogadta el az *Agenda 21*-et és a *Riói Nyilatkozat a Környezetről és Fejlődésről* című dokumentumot. Elkötelezték magukat, hogy „globális partnerséget vállalnak azért, hogy megőrizzék, védelmezzék és helyreállítsák a Föld ökoszisztémájának egészségét és integritását”. A hangsúlyt a nemzeti, regionális és lokális szintű fejlesztési stratégiákra, és a fenntartható fejlődést előmozdító folyamatokra helyezték. Az UNCED célkitűzéseinek megvalósítására 1992-ben létre hozták az *ENSZ Fenntartható Fejlődés Bizottságát* (UN Commission on Sustainable Development), amely minden szinten ellenőrzi a Föld-csúcsra hozott határozatok végrehajtását, beszámolót készít erről, és fóruma a fenntartható fejlődésre vonatkozó nemzetközi és döntések megtárgyalásának.

Riótól Johannesburgig

Az 1990-es években a legkülönfélébb gazdasági, szociális, politikai és környezeti kérdések kezelésének nemzetközi próbaköve lett a fenntartható fejlődésről való gondolkodás. A fenntartható fejlődés fogalmának vizsgálatában jelentős fejlődést értek el, de a végrehajtás terén lassú volt a haladás.

„Az új évszázad legnagyobb kihívása egy elvontnak látszó eszme, a fenntartható fejlődés, amelyet a világ népeinek kell a gyakorlatba átültetniük.” – mondta 2001. március 14-én Kofi Annan, az ENSZ főtábornoka.

A Rio óta eltelt idő alatt számos oldalról született a fenntartható fejlődéssel kapcsolatos konkrét kezdeményezés, de az UNCED céljainak megvalósulása késik. A környezet és a természetes források túlzott kiaknázása sérülékennyé teszi a világot, a szegénység abszolút számokban is nő, ezért – főleg a fejlett világban – az eddigi termelési és a fogyasztási szokások nem tarthatók fenn. Az egészségügy terén tapasztalható jelentős fejlődés ellenére olyan új problémák jelentkeztek, mint a HIV/AIDS, sok régi baj, például a malária újbóli megjelenése számos országban és közösségben növeli a gyermekhalandóságot és csökkenti az emberek várható életkorát.

Johannesburg, út a fenntartható jövő felé?

Tíz évvel Rio után a világ országainak képviselői újból összegyűltek, hogy áttekinthessék a Föld-csúcs addigi eredményeit, konkrét tennivalókat határozzanak meg, és kitűzzék az *Agenda 21* és a közelmúltban megjelent *Millenniumi Deklaráció* további fő feladatait. A 2002. augusztus 26. és szeptember 4. között lezajlott WSSD-n a fenntartható fejlődés egy sokkal jobban kidolgozott, új paradigmáját fogalmazták meg. A *Politikai Nyilatkozatban* megállapították, hogy a fenntartható fejlődés „három, egymástól független, egymást erősítő pilléren nyugszik”, ezek a gazdasági, a társadalmi fejlődés és a környezetvédelem. Ezeket „helyi, nemzeti, regionális és globális szinten” kell fejleszteni (5. cikkely). A paradigmában benne van az is, hogy bizonyos kritikus tényezők, mint a szegénység, a pazarló fogyasztás, a környezetrongálás, a városi nyomor, a népességszaporulat bonyolultsága és ezek egymást erősítő hatása eredményezi az egyenlőtlenséget, a konfliktusokat, valamint az emberi jogok megsértését.

A Csúcson megállapították, hogy lényegbevágó, gyakorlati lépéseket kell tenni az egymással összefüggő problémák megoldására. A johannesburgi összefüggés, amely célként a végrehajthatóságot tűzte maga elé, többek között megfogalmazták az egészséges ivóvíz, az egészségügyi ellátás, a modern és tiszta energia elérhetőségének jogát, és az ökoszisztémák további romlásának megállítását. A fenti vállalások mellett a kormányok, nem kormányzati és kereskedelmi szervezetek között 300-nál több, a fenntartható fejlődés erősítésére irányuló önkéntes partneri megállapodás jött létre. A kitűzött feladatok teljesítésén áll vagy bukik a Csúcs céljainak megvalósulása.

Összefoglalva: a fenntartható fejlődés sokoldalú, dinamikus fogalom, amelyet számos oldalról, sokféleképpen lehet megközelíteni. Egyesek szerint nincs szükség pontos definícióra, a fenntartható fejlődést inkább olyan átalakulási folyamatnak kell felfogni, amely szoros szálakkal kapcsolódik a helyi feltételekhez, igényekhez és prioritásokhoz. Mégis, ha nem is tudjuk megadni a fenntartható fejlődés egyértelmű meghatározását, a vele kapcsos-

latos globális kihívások szükségessé teszik a széles körű nemzetközi együttműködést, a politikai elkötelezettséget, a fenntartható jövő elérésére fordítandó energiát.

A fenntartható fejlődésre nevelés (ESD) víziója

A formális és informális oktatás, a közvélemény tájékoztatása és ébrentartása alapvető követelmény, ha azt akarjuk, hogy az egyének és a társadalmak a legjobb képességeiket fejthessék ki. A minden szinten folyó oktatás-nevelés a fenntartható fejlődés kulcsa, és ez megkívánja, hogy egyensúly álljon fenn a gazdasági, társadalmi célok, valamint a környezet iránti felelősségérzet között. A nevelés során gondoskodni kell arról, hogy a közösségek megfelelő jártasságra tegyenek szert, perspektívájuk legyen, megismerjék a fenntartható életmód értékeit. Számos tudományág interdiszciplináris, integrált fogalmaival és analitikus eszközeivel kapcsolatos ismereteket közölni kell (ENSZ Fenntartható Fejlődés Bizottsága, 2002). A nevelésben olyan új célokat kell kitűzni, amelyek fontosak a fenntartható fejlődés által megkívánt változások megvalósítása szempontjából. Különös figyelmet kell fordítani az oktatás fejlesztésére, reformjára, elsősorban az *Oktatás Mindenki Számára* (Education for All, EFA), a *Millenniumi Fejlesztési Célok* (Millennium Development Goals) és a *Nemzetközi Írás-olvasás Elterjesztése Évtizede* (International Literacy Decade) célkitűzéseire.

A WSSD végrehajtási tervében a fenntartható fejlődéssel kapcsolatos két fő szempontot határoztak meg:

– Először: a nevelés a fenntartható fejlődés alapja, ezért az ESD céljait össze kell hangolni az *Oktatás Mindenki Számára* elveivel,

– Másodszor: a nevelés az értékek és magatartási formák, a jártasság és viselkedés elsajátításának fő eszköze, ezzel valósíthatók meg az életvitel terén a fenntartható fejlődéssel kapcsolatos változások az egyes országokban és az országok között. Segítségével vethetjük fel a fenntartható fejlődéssel kapcsolatos ütemtervben megfogalmazott problémákat: a nemek közötti egyenlőség, a környezetvédelem, a vidékfejlesztés, az emberi jogok, az egészségügyi ellátás, a HIV, a fogyasztási szokások kérdését.¹

A legtagabb értelemben vett nevelés az emberiség legfőbb reménye, a fenntartható fejlődés megvalósításának leghatásosabb eszköze. A jelenlegi nevelési rendszerek nem elégítik ki ezt az igényt, ezért rendkívüli a fontossága a nevelés minőségének, és annak, hogy célkitűzései közé felvegyük a fenntartható fejlődés tárgyalását, ami az UNESCO és a világ legfőbb feladatai közé tartozik.

A minden szintű és minden formájú nevelésnek kell elősegíteni azt, hogy a bármilyen korosztálybeliek jobban megértsék a világot, melyben élnek, a jövőnköt fenyegető olyan kérdések bonyolultságát és összefüggéseit, mint a szegénység, a pazarló fogyasztás, a környezet rongálása, a városi nyomor, a népességnövekedés, a nemek közötti egyenlőtlenség, az egészségügy, valamint a konfliktusok, az emberi jogok megsértése.

A nevelésről alkotott víziónk feltételezi a fenntartható jövőhöz szükséges ismeretek és jártasság holisztikus, interdiszciplináris megközelítését úgy, hogy az magában foglalja mind a formális, mind az informális nevelést.

Az ESD jelentése és hatóköre

Az ESD „kialakulóban lévő dinamikus eszme, amely a nevelés új víziója felé mutat, és fel akarja vértetni az emberek minden korosztályát arra, hogy vállalják a fenntartható jövő megalkotásának felelősségét, és élvezzék annak eredményeit”.² Nem annyira a fenntartható fejlődésről szóló, mint inkább a fenntartható fejlődés érdekében végzendő nevelőmunkáról van szó – így alakul ki egy mindenre kiterjedő, átfogó koncepció. Nemcsak a nevelőknek és a tanítványoknak kell megérteniük a fenntartható fejlődés lényegét, de részt kell venniük benne, és tovább kell fejleszteni annak interdiszciplináris jellegét. Az ESD olyan információorientált együttműködési elgondolás, amely a nevelőket és tanulókat egyaránt arra ösztönzi, hogy működjenek együtt, vitatkozzanak, használják fel tapasztalataikat és kreativitásukat. Az ESD-nek ez a dinamikus jellege eredményezi, hogy sokoldalúan használhatják fel a közösségi szellem, az oktatás és a gyakorlat minden jellegzetességét mint olyan hatalmas eszközt, amely nem csak a fenntarthatóság lényegét segít megérteni, de továbbfejleszti a tudást, perspektívát nyújt olyan egyéni és kollektív döntésekhez, amelyekkel megjavítják – mind rövid, mind hosszabb távon – az élet minőségét. Ez azt is jelenti, hogy annak ellenére, hogy még ha megegyezés jön is létre az ESD lényegét illetően, különbözőek lesznek a helyi összefüggések prioritások és megközelítések. Ez az egész kritikus pontja, ebből következik, hogy annak ellenére, hogy az ESD-nek nincs egyetlen „igazi” definíciója, közmegegyezés jöhet létre abban, hogy mivel járulhat hozzá a nevelés a fenntartható fejlődéshez.

Az ESD céljait, hangsúlyait, folyamatait helyileg kell meghatározni úgy, hogy megfeleljenek a lokális környezeti, társadalmi és gazdasági követelményeknek. Megkönnyíti ezt, ha a munkába bevonjuk a közösségeket, amelyeknek módjukban áll az embereket az őket érintő döntésekről tájékoztatni. A világ minden részéről származó, a fenntartható jövőre vonatkozó, jó megoldásokkal biztató tapasztalatok cseréje bővíti a választási lehetőségeket, változatosabbá teheti a nemzetközi együttműködés formáit. Az alapfokú oktatás javításával, a meglévő nevelési formák átalakításával fejleszthetjük a tudást, a mindennapi gyakorlatot, perspektívát és értékeket adunk az embereknek. Ez teszi lehetővé az egyének számára, hogy az iskola bevégezése után is tovább tanuljanak, fenntartható életfeltételeket teremtsenek a mindennapi életben.

Az ESD a következő területeken akar ugrásszerű fejlődést elérni: az alapfokú oktatás javítása, meglévő nevelési rendszerek minden szinten történő átalakítása a fenntartható fejlődés célkitűzéseinek támogatására, a közvélemény felvilágosítása.

¹ Az UNESCO főigazgatójának felhívása az UNESCO tagállamainak állandó küldötteihez a WSSD 2002. szeptember 30-i tanácskozása után.

² *Nevelés a fenntarthatóság érdekében – Riótól Johannesburgig. Mire tanít az elkötelezettség évtizede?* – WSSD, Johannesburg, 2002, p. 6.

Ezeket a területeket eredetileg az *Agenda 21* 36. fejezetében jelölték ki, majd kiterjesztve, a következő megfogalmazással felvették a Fenntartható Fejlődés Bizottsága (CSD) programjai közé:

– Tudatosítani kell a közvéleményben, mennyire fontos, hogy mindenki megértse azokat az elveket, amelyeken a fenntarthatóság alapszik. Ez megkívánja, hogy az emberek fenntartható fogyasztási és termelési modelleket kövessenek, és itt kiemelkedő szerepe van a médiának.

– Tekintet nélkül életkörülményeire és foglalkozására, mindenki kapja meg a lehetőséget egész élete folyamán a neveléshez és tanuláshoz. Ehhez felül kell vizsgálni a nemzeti nevelési-oktatási irányelveket, átalakítani a formális oktatási rendszereket.

– Úgy kell átalakítani a jelenlegi oktatást, hogy tartalmazza a társadalmi gazdasági környezeti ismereteket, ismertesse meg a fenntarthatóság értékeit és perspektíváit. A nevelésben kapjanak helyet a fenntartható fejlődésre vonatkozó nemzeti stratégiai és akciótervek.

– Különleges képzési formákat kell kifejleszteni, hogy a társadalom minden rétege számára biztosítsák a lehetőséget, hogy munkájukat a fenntarthatóságnak megfelelően végezhessék.

Az UNESCO a Nevelés a Fenntartható Fejlődésért Évtizedében

Az UNESCO-t jelölték ki az ENSZ *Nevelés a Fenntartható Fejlődésért Nemzetközi Évtizede* (DESD) fő végrehajtójaként, és ez nem volt véletlen. A Riói Föld-csúcs után 1992-ben a Fenntartható Fejlődés Bizottsága az UNESCO-t jelölte ki, mint az *Agenda 21* 35. fejezetének (Természettudományok) és a 36. fejezetének (Nevelés) felelősét. Ennek alapját már a stockholmi (1972), tbiliszi (1977) és moszkvai (1987) konferenciákon, illetve a Környezet és Fejlődés Világbizottságában megvetették (1987).

Az UNESCO belátja, hogy habár a fenntartható fejlődésre nevelés témája sok éven keresztül szerepelt a napirendjén, prioritást és világos célkitűzést a WSSD adott ennek a témának. Azt is elismeri az UNESCO, hogy számos partnerszervezetben és sokan egyénileg is dolgoztak ennek érdekében. Az UNESCO többletértéket akar adni az Évtizednek azáltal, hogy koherens stratégiai szerepet játszik benne.

AZ ENSZ az UNESCO-tól mint fő végrehajtó szervezettől a következőket várja el:

– Dolgozzon ki nemzetközi végrehajtási tervet, kapcsolódjon be a már működő nevelési folyamatokba, elsősorban a *Világnevelési Fórum* (World Education Forum) és az ENSZ *Írás-olvasás Elterjesztése Évtizede* (UN Literacy Decade, UNLD) által létrehozott *Dakar Akció Keretterv* (Dakar Framework for Action) munkájába.

– A végrehajtási tervet egyeztesse az ENSZ-szel, a fontosabb nemzetközi szervezetekkel, kormányokkal, nem kormányzati intézményekkel, minden érdekelt féllel.

– A legfontosabb, hogy a kormányok számára ajánlásokat fogalmazzon meg, hogyan integrálják a fenntartható fejlődés témáit az oktatásba, milyen legyen stratégiájuk és a különböző szinteken végzendő tevékenységükre vonatkozó tervük.

Mit tanultunk eddig?

A Rio és Johannesburg között eltelt tíz év alatt sok minden történt, sok hasznosat tanultunk (lásd a 2. sz. látjegyzetet), de sok olyan feladat van még, amit nem sikerült elvégezni.

A fenntartható fejlődés oktatásával kapcsolatos tíz éves tapasztalataink közül a következőket kell kiemelnünk:

– A magasabb oktatási-nevelési formák csak az alapfokú oktatásra alapozhatók, mert itt van arra lehetőség, hogy megmagyarázzuk, mi is a fenntartható fejlődés.

– Szükség van a már meglévő oktatási irányelvek, programok és gyakorlatok olyan átfogalmazására, hogy azok tartalmazzák a fenntartható fejlődésre vonatkozó alapelveket, motivációkat és kötelezettségeket.

– A nevelés a vidék fejlődésének kulcsa, ezzel biztosíthatjuk a mezőgazdasági területek és közösségek gazdasági, kulturális és környezeti életképességét.

– Az egész életen át, mind technikai, mind szakmai téren felnőtt és közösségi formákban folytatott tanulás, a felsőoktatás, tanárok továbbképzése, mind a fenntartható jövő elengedhetetlen feltételei.

– A fenntartható fejlődés kihívásainak eleget tenni nehéz és bonyolult feladat. Új partnerkapcsolatok kiépítésére van szükség a kormányok, akadémiai és tudományos közösségek, tanárok, nem kormányzati szervezetek, helyi közösségek és a média között. Ezek mind fontosak a kulturált fenntarthatóság kialakításához.

Maradtak még ezeken kívül is fontos feladatok, kihívások, melyeknek eleget kell tennünk:

– A fenntartható fejlődésre nevelés beépítése a meglévő fejlesztési irányelvekbe és a nemzeti feladatok közé; itt szükség van a minisztériumok együttműködésének jobb összehangolására.

– A fenntartható fejlődéssel kapcsolatos vezéreket ki kell alakítanunk.

– Jobban kell hangsúlyozni – a formális és informális oktatásban – a fenntartható fejlődésre irányuló nevelést.

– Növelni kell azoknak az intézményeknek a kapacitását, amelyek a fenntartható fejlődésre nevelés szakmai tervezését és gyakorlatát végzik, és fejleszteni kell szakmai színvonalukat.

– Minden vonatkozásban javítani kell a fenntartható fejlődésre nevelés ellenőrzését, értékelését és az erről szóló beszámolók készítését.

– Fokozott figyelmet kell fordítani az önálló kezdeményezésekre, az ezektől származó irányelveket, programokat és tapasztalatot be kell építeni a hosszú távú nevelési tervekbe és a pénzügyi intézmények működésébe.

Az UNESCO szerepe a DESD-ben

Az UNESCO-nak mint „felelős ügynökségnek” a következő feladatokat kell teljesítenie:

– Legyen az ESD és az Évtized előmozdítója, szervezője és motorja.

– Segítse az egyes országokat, hogy képesek legyenek a fenntartható fejlődés nevelési feladatainak elvégzésére.

– Figyeljen oda a partnerekre, fogja össze kezdeményezéseiket, legyen összekötőjük az ENSZ felé, támogassa őket olyan végrehajtási tervekkel, dokumentumokkal és konferenciák szervezésével, amelyek illeszkednek a szokásos ENSZ folyamatokba.

– Ösztönözze a már működő szervezetek és hálózatok munkáját, könnyítse meg olyan új intézmények alapítását, amelyek meg tudnak felelni az ESD által támasztott hatalmas gyakorlati, követelményeknek.

– Legyen az UNESCO az új gondolatok megvitatásának fóruma, segítse az ESD-t fejlesztő stratégiákat.

– A civil szervezetekkel összefogva mozgósítsa a tömegeket a fenntartható fejlődés érdekében.

– Minden téren járuljon hozzá a jó tapasztalatok cseréjéhez.

– Mozdítsa elő az ESD-t szolgáló kutatást, gyakorlatot és innovációt.

– Támogassa és szilárdítsa meg a kevésbé ismert partnerek fontos tevékenységét.

– Keresse a jó együttműködést a magánszektorral.

– Számoljon be az ENSZ-nek a DESD-t támogató munkájáról.

Az UNESCO a saját intézményein keresztül továbbra is hozzá fog járulni a fenntartható fejlődéshez és az ESD-hez, beleértve az *Agenda 21* és a Fenntartható Fejlődés Bizottsága (CSD) munkáját. Kiemelt figyelmet fordít az EFA-ra, a vízellátásra, az írni-olvasni tudás elterjesztésére, mert ezek az ESD integráns részei.

Az UNESCO nem szponzoráló szervezet, és nem tekint magát globális koordinátornak. Vállalja a partnerségi felelősséget az ENSZ általános intézkedéseinek segítésére. Fenntartás nélkül dolgozik majd az ESD érdekében, támogatni fogja az egyes országok ilyen irányú tevékenységét, felkutatja a hiányosságokat és gyenge pontokat, mindent megtesz hogy ezeket energikusan és a partneri kapcsolatok építésével kiküszöbölje.

A Fenntartható Fejlődésre Nevelés Évtizedével kapcsolatos UNESCO-stratégia

2003. április 12-én az UNESCO Végrehajtó Bizottsága megbízta a Titkárságot, hogy irányítsa az ESD-évtized munkáját, konzultáljon más ENSZ ügynökségekkel, tagállamokkal és civil szervezetekkel. Az UNESCO kétirányú tevékenységet fejt ki: egyrészt a feladat fő ügynökségeként működik, másrészt önálló kezdeményezésekkel segíti az Évtizedet.

A vezetőszereppel kapcsolatban:

– Az UNESCO végrehajtási keretértet készíti.

– Ebben a keretbe építi be a partnerek hozzájárulását és javaslatait. Ideiglenes határidő 2003. június.

– Egyes esetekben az UNESCO felkéri a partnereket, fogalmazzák meg elgondolásaikat, és hogyan, kikkel akarnak együttműködni. A „keret kitöltése” lehetővé teszi, hogy alulról építkezve kidolgozzuk a Végrehajtási Tervet, hiszen a WSSD-nek éppen ez a legfontosabb alapelve.

– A Terv fogalmazványa a partnerség segítségével és a feltárt hiányosságok ismeretében kiegészíthető, javítható. Az UNESCO feladata éppen az, hogy társakat keresen a hiányosságok kiküszöbölésére.

– A Végrehajtási Terv kidolgozását 2003 novemberére tervezzük. Ezután további konzultációk következnek a regionális és világszervezetekkel, részt veszünk más szervezetek által szervezett konferenciákon, így a Végrehajtási Tervet 2004 első felére el tudjuk készíteni.

Saját tevékenységünk három területre terjed ki: *Nevelés Mindenki Számára, Küzdelem az Írástudatlanság Ellen és Víz*. Ez beleillik a Szervezet 2004–2005-ös kétéves programja fő irányelveibe, valamint a hatéves középtávú Nevelési Stratégiánkba. A fő figyelmet az oktatás–nevelés minőségére irányítottuk olyképpen, hogy megfeleljenek a tágabban értelmezett fenntarthatóság követelményeinek és a Johannesburgban lerögzített három alapelvnek. Az EFA és az Írástudatlanság Elleni Mozgalom keretében az UNESCO főképpen a tanárok iskolai és az iskolán kívüli munkájára figyel; a vizet illetően az UNESCO a tágabb értelemben „vízcentrikus nevelésre” koncentrálna.

MEGVALÓSÍTHATÓ-E A FENNTARTHATÓ VILÁG?

Ram Boojh

A *Fenntartható Fejlődés Világcsúcsot* (World Summit on Sustainable Development, WSSD), más néven Rio+10-et vagy Földcsúcs-2-t 2002. augusztus 26. és szeptember 4. között tartották Johannesburgban. Ez volt eddig a legnagyobb nemzetközi összejevetel, ahol a Föld jövője megvitatásra került. A hivatalos Csúcs mellett különböző helyszíneken „kísérő” konferenciákat is tartottak. A résztvevők száma 21000 volt, közöttük 104 állam- és kormányfő, 9000 küldött és 4000 sajtótudósító.

A szerző a *Connect* indiai Környezetnevelési Központ (CEE) támogatásával megjelenő hindi nyelvű változatának szerkesztője. Fordította *Menczel György*.

Amíg a WSSD-ig eljutottunk

Az első *Emberi Környezet ENSZ-Konferencián* (United Nations Conference on Human Environment, Stockholm, 1972) sok, a környezetre és a fejlődésre vonatkozó vita zajlott. 113 ország képviseltette magát, de csak két ország (Olaszország és Svédország) államfője vett részt végig a vitákban. A *Stockholmi Nyilatkozat* mégis a környezetvédelem *Magna Chartájává* vált, rengeteg környezetvédelmi elvi és törvényhozási kezdeményezést indított el az egyes országokban.

Stockholm után húsz évvel 1992 júniusában a világ vezetői újra találkoztak Rio de Janeiróban az *ENSZ Kör-*

nyzeti és Fejlődési Konferenciáján (UN Conference on Environment and Development, UNCED) vagy más néven a *Föld-csúcson*. A Riói Csúcs legfontosabb eredménye egy tervezet, az *Agenda 21* volt, amelyben azt fejtették ki, hogyan lehet társadalmi, gazdasági és környezeti szempontból a fejlődést fenntarthatóvá tenni.

Rio után tíz évvel az ENSZ úgy határozott, hogy *Fenntartható Fejlődés Világcsúcsot* (World Summit on Sustainable Development, WSSD) rendez Johannesburgban azért, hogy áttekintsék és értékeljék az *Agenda 21* végrehajtását, és a további teendők számára egy határidőkhöz kötött végrehajtási tervet javasoljanak. Az ENSZ *Fenntartható Fejlődés Bizottsága* (Commission on Sustainable Development, CSD) végrehajtási „úti tervet” készített, amelynek célja, hogy a fenntartható fejlődésre vonatkozó elképzeléseket Johannesburgban előterjeszthessék. A CSD a WSSD globális előkészítő bizottságaként (Prep-Com) működött, négy tanácskozást tartott, hármat (2001. április–májusban, 2002. január–februárban és március–áprilisban) New Yorkban, egyet (2002. május–júniusban) az indonéziai Baliban.

A Bali PrepCom feladata az volt, hogy végleges formába öntse a *Végrehajtási Tervet* (Plan of Implementation, POI) és előkészítse az államfők politikai kötelezettségeit rögzítő nyilatkozatot, amelyet majd a Johannesburgi Csúcs elé terjesztenek. A POI nem más, mint a 21. századhoz címzett, a fenntartható fejlődésről szóló, Rióban vállalt kötelezettségek teljesítésére kidolgozott akció-tereterv.

A Bali PrepCom folyamán a szöveg 73%-át lényegében elfogadták, a többit a következő WSSD-re hagyták. A legfőbb nézeteltérések a vízre és higiéniaóra, a megújuló energiaformákra, az energiatámogatásra, vegyi anyagokra, a természeti erőforrások fogyására, a biodiverzitás pusztulására, a halállományra, a 7. sz. riói elvre (közös, de differenciált felelősségviselés), a 15. sz. elvre (megelőző övintézkedések), kormányzásra, kereskedelemre, pénzgazdálkodásra, globalizációra, közös felelősségvállalásra, szavahihetőségre és elszámoltathatóságra, a partnerségre és a Kiotói Protokollra vonatkozó kérdések körül voltak. Ez volt az oka, hogy a lényeges feladatok terén nem alakult ki egyetértés.

WSSD: felhívás cselekvésre és harcra

A PrepCom-üléseken nyilvánvalóvá vált, hogy a fenntartható világrend megvalósításáért keményen kell harcolni. Az ENSZ főtitkára arra szólította fel a küldötteket, hogy dolgozzanak ki egy átfogó, hatékony, gyakorlatban kivitelezhető akciótervet, amely mind a fejlett, mind a fejlődő országok elképzeléseinek megfelel. Koncentráljanak a „víz, energia, egészség, mezőgazdaság és biodiverzitás (angol betűszóval rövidítve WEHAR)” kérdéseire, ugyanakkor a főhangsúlyt helyezték a szegénység megszüntetésére.

A WSSD jelentős eseményei közé tartozott hét tematikus partnerségi plenáris ülés, fontos személyiségek – nem államférfiak – nyilatkozatai, államfők felszólalásai, négy magas színvonalú kerekasztal-beszélgetés és egy

befolyásos üzletemberek számára rendezett sokrésztvevős összejövetel. A tanácskozások résztvevői három fő csoportra oszlottak: a G-77 csoport (Venezuela által vezetett 140 fejlődő ország), az Európai Unió, amelynek vezetője akkor Dánia volt, és a JUSCANZ csoport (Japán, USA, Kanada, Ausztrália, Új-Zéland). A tárgyalások eredményeinek végső formába öntésére hozták létre az *Elnök Barátai* (Friends of Chair) csoportot, melynek 16 tagja között foglalt helyet India, Dél-Afrika, az Egyesült Királyság és Venezuela.

Viták, tárgyalások

A Végrehajtási Terv végleges megfogalmazásához két, egymással szoros kapcsolatban álló csoportot hoztak létre, az egyik a kereskedelem, a pénzügyek és a globalizáció témáival, a másik az ezekhez szükséges intézményrendszer kialakításával foglalkozott. A két csoport ülésein, illetve a szűkebb körű konzultációkon meg nem oldott kérdéseket egy *Johannesburgi szabályozás* (Johannesburg Setting) elnevezésű miniszteri szintű konferencia elé terjesztették.

Sokat vitatták a Group-77 javaslatát a *Szolidaritási Világalap* (World Solidarity Fund) felállításáról, melynek feladata a szegénység elleni harc lett volna. A javaslatot az Egyesült Államok, Japán, Ausztrália és az EU ellenezte. Végül is olyan alap létrehozását szavazták meg, amelyhez a tagok önkéntes alapon csatlakozhatnak. A víz-, és egészségügyi problémákat illetően elsősorban a határidőkhöz köthető célokat tárgyalták meg. A végső megfogalmazásban az szerepel, hogy a nélkülözhető lakosság fele 2015-ig jusson megfelelő ivóvízhez és egészségügyi ellátáshoz. Nem tudtak megegyezni a megújuló energiaforrások részarányának növelésében (2010-re 15%-os növekedést irányoztak volna elő), és hogy milyen lépésekben történjék az energiatámogatás megszüntetése. Az ellenzők sorába tartozott néhány G-77-tag – köztük India, Kína –, az OPEC és a JUSCANZ, ugyanakkor az EU a javaslatok mellett állt ki. A végleges megfogalmazásból ezek a témák és határidők – köztük a segélyek megszüntetése – kimaradtak, helyettük a „sürgősségi ügyek” kitétel szerepelt.

A biodiverzitással kapcsolatos vitás témák: 2010-ig meg kell állítani a biodiverzitás romlását, és létre kell hozni egy „nemzetközi jogi elkötelezettségi rendszert” az előnyök közös, egyenlő megosztása céljából. A 2010-es határidőt elfogadták, de az Egyesült Államok ellenezte mind a „törvényileg kötelező”, mind a „rendszer” kifejezést, így a „törvényileg kötelező” kimaradt, helyette „nemzetközi rendszer” került be a végleges szövegbe.

Az USA ellenezte, hogy minden országot szólítsanak fel a Kiotói Jegyzőkönyv ratifikálására azért, hogy a megállapodás 2002-ben hatályba léphessen. A végleges szöveg úgy szól, hogy sürgetni kell azokat az államokat, amelyek még nem ratifikálták, hogy belátható időn belül tegyék meg. Lényeges Oroszország és Kanada bejelentése, hogy ratifikálni fogja a Kiotói Jegyzőkönyvet, így lehetővé válik, hogy 2003 elején hatályba lépjen. A finanszírozás tekintetében úgy határoztak, hogy a GNP 0,7%-

át mint *Hivatalos Fejlesztési Támogatást* (Official Development Assistance, ODA) elérhetővé teszik a fejlődő országok számára, de eljuttatták azt a javaslatot, hogy az ENSZ főtitkára ellenőrizze az ODA-val kapcsolatos vállalkozások teljesítését, és számoljon be erről. Mindenki üdvözölte a *Globális Környezeti Hozzájárulás* befizetésének kiterjesztését (Global Environment Facility, GEF) egy harmadik ciklusra, hozzátéve, hogy a GEF pénzalapjainak egy részét az elsvatagosodás elleni harcra kell fordítani.

A környezeti nevelés a WSSD-n

A WSSD-n általánosan elismerték a *Környezeti Nevelésnek* (Environmental Education, EE) a fenntartható fejlődésben játszott szerepét. Egyike volt ez a Csúcs a kiemelt témáknak, és komolyabb ellenvetést senki sem tett vele kapcsolatban. Nagyon alaposan megtárgyalta az IUCN, UNICEF, WWF, CEE és még 17 nem kormányzati szervezet, hogy milyen szinten segítsék az EE-hez kapcsolódó tevékenységet. A CEE az IUCN-központban kiállítást rendezett, ahol bemutatták, mit tettek eddig a *Fenntartható Fejlődésre Nevelés* (ESD) érdekében Indiában, Dél- és Délkelet Ázsiában. Az IUCN és az UNESCO több nemzetközi programot szervezett a nevelésről és a kommunikációról. Augusztus 30-án minden világrészről összesen 73 ország nemzeti és regionális szakmai EE-szövetségei aláírásával közös közleményt adtak ki az ESD-ről. Ebben felszólították a kormányokat, hogy készítsenek akcióterveket, és járuljanak hozzá azok végrehajtásához. Sürgették a nemzeteket és az ENSZ-et, hogy a tervet megfelelő mértékben, anyagilag támogassák. Elfogadták azt a javaslatot is, hogy a 2005 és 2015 közötti időszakot nyilvánítsák a *Nevelés a Fenntartható Fejlődésért Nemzetközi Évtizedének*.

A civil társadalmi szervezetek szerepe

A civil társadalmi szervezeteknek – amelyeket először a Riói Csúcson ismerték el – az ENSZ-en belül különleges szerepük van. Ide tartozik a kormányokon kívül szinte mindegyik szervezet, az NGO-k, CBO-k, nő- és gyermekszövetségek, ifjúsági, bennszülött szervezetek, tudományos intézmények stb. A WSSD főtitkára, *Nini Desai* a bali konferencián kifejezte azt az óhaját, hogy az ENSZ *Fenntartható Fejlődés Bizottsága* (CSD) minden más ENSZ fórumnál aktívabb testület legyen, és arra szólította fel a civil szerveződések, hogy még intenzívebben vegyenek részt a WSSD tevékenységében. Az utóbbi különleges szervezeti felépítése miatt azonban a civil szervezetek nem képesek jelentős részt vállalni a munkájában.

Az akadályok – megosztottság, fizikai és adminisztrációs problémák – ellenére, Johannesburg nagy esemény volt a civil szervezetek életében. A PrepCom elhanyagolta őket, marginalizálódtak, mégis határozottan kiálltak véleményük mellett, habár kevés megértésre számíthattak az egyes fórumokon.

A civil társadalmi szervezetek munkája 14 fő témát érintett. Számos csoportjuk jelen volt a plenáris üléseken, hogy képviseljék elégedetlenségeiket. Több kísérő összejövetelt szerveztek, ahol minden fontos WSSD-témát megtárgyaltak. Értékes munkát végeztek az Ubuntu Village, Water Dome, az IUCN Központ és Nasrec mozgalomban, változatosságot és új színeket vittek be a Csúcs munkájába. Felvonultak, tiltakoztak, gyalogmeneteket szerveztek, ezzel demonstrálták, hogy jelenlétük mennyire fontos. Sértette őket egyes kormányok hozzáállása, ezért bojkottot szerveztek, megalapították a nem kormányzati szervezetek nemzetközi Ecoequity Szövetségét, vitákat indítottak, hogy tiltakozzanak a Világkereskedelmi Szervezet (World Trade Organization, WTO) zsaroló politikája ellen. A legtöbb, nem kormányzati szervezet (NGO) elhatározta magát attól, hogy a WSSD-n közös közleményt adjanak ki. A WWF, Oxfam és a Greenpeace sérelmezte, hogy a megújuló energiák felhasználására nem készítettek ütemtervet. A Csúcs eredményeit a legtöbb civil szervezet úgy értékelte, hogy csak morzsákat adtak a szegényeknek, míg a kapzsis és önzők győzedelmeskedtek. A szegények és a környezet szempontjából tragédiának tartották az egészet, a legpesszimistábbak a kereskedelemnek és a mezőgazdaságnak juttatott anyagi támogatással kapcsolatban voltak. A nem kormányzati szervezetek a Csúcsot szörnyű kudarcként értékelték, ahol a fő feladatok terén nem értek el eredményeket, egyes területeken éppenséggel visszalépés következett be. Úgy érezték, hogy Rióhoz képest nem történt haladás, és éppen a legfontosabb és a legalapvetőbb elvek tekintetében meghátrálás történt. Főleg a kereskedelmet kritizálták, kifejtették, hogy nem „szabad kereskedelemre” (free trade), hanem „tisztességes kereskedelemre” (fair trade) van szükség. A legtöbb NGO-felzólalás az *Agenda 21* feladatainak végrehajtására létrejött partnerségi kapcsolatokat érintette. Ezeket a Csúcs legfőbb eredményének jelentették ki. A Csúcs ideje alatt 220 kapcsolat jött létre, 235 millió USD pénzügyi alappal, és feltételezhető, hogy több ilyen van kialakulóban, sok támogatót vonzanak ezek a kezdeményezések. Az NGO-k szerint a kormányok a partneri kapcsolatokat is manipulálják, arra használják fel, hogy tevékenységüket ne lehessen ellenőrizni. A Csúcs befejezésekor kitértek, hogy a legtöbb civil szervezet kiábrándult, ezek egyértelműen ki is fejezték elégedetlenségüket.

Megvalósítható-e a fenntartható világ?

A Csúcs utolsó napján a világ vezetői annak tudatában, hogy a szegények és gazdagok között fennálló „mély szakadék” jelenti a legnagyobb fenyegetést a globális jólét és biztonság számára, jóváhagyták a *Johannesburgi Végrehajtási Tervet* (Johannesburg Plan of Implementation). A fenntartható fejlődésről szóló nyilatkozatban a világ vezetői megerősítették elkötelezettségüket az *Agenda 21* mellett, és kijelentették, hogy mindennél fontosabb a környezet megóvása és embermilliárdok kiemelése a szegénységből. Az ENSZ és Dél-Afrika képviselői szerint a Csúcs sikeres volt, és szilárd alapját képezi bolygónk jövőbeli megóvásának.

A Johannesburgi Csúcst legfőbb eredménye, hogy számos területen konkrét megegyezés született, így ütemtervet dolgoztak ki a biológiai diverzitás megőrzésére, a legszegényebbek egészségügyi ellátásának javítására, és mérsékeltek a vegyi anyagok által előidézett veszélyeket. Már korábban is, a *Biológiai Diverzitás Egyezményben* (Convention on Biological Diversity), megállapodtak a biológiai diverzitás megőrzésének eszközeiben, de az Egyesült Államok hozzájárulása új elemet jelentett ezen a téren. A nemzetközi közösséghez intézett felhívás a Kiotói Jegyzőkönyv mielőbbi aláírására, az éghajlat megóvására irányuló pozitív jel volt.

Nagyon csekély haladás történt a pénzügyi támogatás és fenntartás elveinek tekintetében. Elvetették azt a javaslatot, hogy adóztassák meg az olyan közös kincsek, mint a világűr, a nyílt tengerek használatát. Egyetértettek viszont abban, hogy az ENSZ illetékesei elé terjesztik, hogy vizsgálják meg ennek végrehajthatóságát. Nem sikerült a Csúcson megegyezni, az UNEP támogatásában, valamint abban sem, hogy létesítsenek egy *Környezetvédelmi Világszervezetet* (World Environment Organization), így nincs olyan szerv, amelyik ezeket a célkitűzéseket hatékonyan támogatná és ellenőrizné. Abban sem tudtak megegyezni, hogy 2010-re 15%-kal növelik a megújuló energiaforrások felhasználását, ez visszaveti a Föld éghajlatának megóvását. Még a megelőzési tevékenység elveiben sem történt haladás. Az eredmény csak annyi, hogy az új egyezmények nem jelentenek visszalépést az 1992-es állapothoz képest. Míg az 1992-es Riói Csúcson fundamentális elveket szögeztek le, és elindították egy jövőbeli nemzetközi környezetvédelmi törvény megfogalmazását, Johannesburgban sokkal nehezebb volt megegyezést elérni konkrét célokban és ütemtervekben. A Csúcson egyszerűen megerősítették az ENSZ Millenniumi Nyilatkozatát és mindazokat az egyezményeket, amelyeket 1992 óta az egyes világkonferenciákon elfogadtak.

A WSSD-n elért eredmények alulmaradtak a várakozásoknak, de bizonyos mértékig reményt kelthet, hogy történt bizonyos haladás a helyes irányban, még ha ennek nagysága korántsem elegendő a környezetvédelem sürgős feladatainak megoldásához. A megkötött megállapodások nem elegendők ahhoz, hogy az élet fennmaradásának integritását biztosítsák a természetben, pedig ezen múlik az emberiség léte. A hiba ott van, hogy nem sikerült nagyobb egyetértést létrehozni a különböző érdekelt felek között. Nagyon sajnálatos, hogy a kormányok részéről nem nyilvánult meg politikai akarat, hogy félretegyék nemzeti érdekeiket. Érvényes ez elsősorban a vezető fejlett országokra, amelyek nem egyeztek bele a mezőgazdasági támogatás radikális csökkentésébe, pedig ezzel megkönnyítették volna a fejlődő országoknak, hogy piacaikra bejuthassanak. A Csúcson ezenfelül alig gondoltak nemzetközi civil szervezetek létrehozására, illetve erősítésére, ez pedig a fenntarthatóság megvalósításának főfeltétele.

Siker volt-e a Csúcst? Az amerikai delegátusokon és Kereskedelmi Világszervezeten kívül kevesen gondolták annak. Az NGO-k, a Föld Barátai szerint tízes skálán az osztályzat kettes. Vajon a nagy konferenciáknak már nincs létjogosultságuk? A vélemények megoszlanak, mivel voltak pozitív eredmények is. Sok ezer küldött találkoztott a Föld minden részéről, új barátságok és szövetségek kötődtek, várható, hogy ezek a jövőben gyümölcsözőek lesznek. A legfontosabbak az irányító központban, a folyosókon és más nem hivatalos helyszíneken zajló informális akciók voltak.

A Csúcst sikerét értékelve, mulatságos megjegyzés hangzott el a vendéglátó ország NGO-i részéről: „Jelentős eredményt csak annyiban értünk el, hogy mély sebet vágunk a gazdag nemzetek érzékeny zsírjában. A szegények keveset veszíthetnek, és sokat nyerhetnek.” Ha azonban azt a csigatempót vesszük figyelembe, amellyel a dolgok előrehaladnak, kételkednünk kell, vajon tényleg megvalósítható-e a közeljövőben egy fenntartható világ?

HÍREK–ESEMÉNYEK

2005: A FIZIKA ÉVE

2000 decemberében Berlinben, a Fizikai Társulatok világkonferenciáján több mint 40 társulat támogatta azt a javaslatot, hogy 2005-öt nyilvánítsák a *Fizika Évének* (World Year of Physics, WYP 2005). A javaslattal 2001 márciusában az Európai Fizikai Társulat Tanácsa is egyetértett, míg 2002 októberében a IUPAP (International Union of Pure and Applied Physics) egyhangú döntéssel elfogadta a javaslatot, és 2005-öt a *Fizika Évének* nyilvánította. Ezt a javaslatot számos más szervezet is örömmel fogadta, és végül az UNESCO Konferenciájának 32. ülészakán 2003 novemberében hozott határozat szerint felkarolja a kezdeményezést.



A nemzetközi tanácsadó testület tagjai országokban számos szakmai eseményt szerveznek a WYP 2005 rendezvény sorozata keretében, amelyről a www.wyp2005.org webcímen lehet információt szerezni. További információ található a www.eps.org és a www.iupap.org helyeken is.

Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat a *Fizika Éve 2005* megünneplésének megszervezésére eseti bizottságot hozott létre, amely rövidesen megteszi javaslatát a hazai szakmai rendezvényekre vonatkozóan, amelyek egyrészt a szakmai körök, másrészt a nagyközönség számára igyekeznek színvonalas eseményekkel szolgálni.

Bencze Gyula, KFKI RMKI

EMLÉKBESZÉD MARX GYÖRGYRŐL

A 20. század fizikájának kiemelkedő magyar kutatója, a természettudomány felső- és közoktatásának világszerte elismert továbbfejlesztője, a magyar társadalom modernizációjának nagyhatású képviselője, *Marx György* 1927. május 25-én született pedagóguscsaládban. Édesapja, *Marx István* földrajz-történelem szakos, édesanyja, *László Júlia* biológia szakos tanár volt. Első, tudományhoz kapcsolódó publikációját 16 éves korában közölte a *Búvár* című folyóirat *A nagy számok története* címmel. 1945-ben érettségizett a Lónyai utcai Református Gimnáziumban. Matematikából a differenciálszámítás, fizikából a kvantummechanika elemeinek ismertetésével maturált.

Tudósi pályája

A Pázmány Péter Tudományegyetemre matematika-fizika szakon iratkozott be, harmadik szakként a kémiát is felvette. 1947–48-ban *Lassovszky Károly* tanszékvezető hívására a Csillagászati Tanszék demonstrátora volt. Miután Lassovszky távozni kényszerült a Csillagászati Tanszék éléről, Marx György az Elméleti Fizikai Tanszékhez csatlakozott. *Novobátzky Károly* körül – akinek tudományos teljesítményét baloldali nézetei miatt csak a háborút követően ismerték el egyetemi katedrával – ez idő tájt új, fiatal elméleti fizikusi gárda szerveződött. 1950-ben Marx mellett, *Nagy Károly* és *Szabó János* is tanársegédi kinevezést kapott a Tanszékre. Az elkövetkező években is nagy tehetségű hallgatók bekapcsolódása jelezte az Elméleti Fizikai Tanszék tudományos vonzerejét.

A kvantumelektrodinamika és a magfizika hazai meghonosításán folyó lázas munka koncentráltságát fokozta az a körülmény, hogy a háború alatt elmaradt folyóirat-évfolyamok pótlásával *Feynman*, *Schwinger*, *Weisskopf* és *Wigner* klasszikus műveinek szellemi kihívása egyszerre jelentkezett. Marx György kezdeményezte a „Puskin utcai szerdai szemináriumokat”, amelyekben az eredeti cikkekből sajátították el a vezető centrumoktól a vasfüggöny legördültével elzárt fiatalok a kor két vezető kutatási irányának legújabb eredményeit. Ezt a szeminárium-sorozatot egészen a hatvanas évek végéig gondozta. A sorozat az ELTE Elméleti Fizikai Tanszéke és az Eötvös Loránd Fizikai Társulat Részecskefizikai Szakcsoportja közös vállalkozásaként immár több mint ötven éve köz-

ponti fóruma a térelmélet és a részecskefizika hazai és nemzetközi művelői közötti szakmai eszmecseréknek.

Marx György még diplomája elnyerésének évében, 1950-ben az egyetemi doktori fokozatot is kiérdemelte *Nemstatikus gravitációs terek* című disszertációjával. Doktori szigorlatot fizikából, matematikából és csillagászatból tett. A klasszikus térelméleti módszereket Novobátzkytól tanulta. Tőle kapta első sikeres tudományos témáját is, a mozgó dielektrikumok energia-impulzus-tenzorának származtatási feladatát. *Györgyi Gézával* közös munkája egészen az 1970-es évek közepéig megőrizte aktualitását, amikor a *Max Abraham* és a *Hermann Minkowski* által adott alternatívák közötti döntésre javasolt Györgyi–Marx-kísérletet egy kanadai csoport elvégezte, és a vitában Abraham javára erős érvert szolgáltatott. Megjegyezhető, hogy még 1998-ban írott cikkek is hivatkoznak e témában Marx Györgynek Györgyi Gézával, illetve Nagy Károllyal közös munkáira.

A magerők természetével *Szamosi Géza* ösztönzésére kezdett foglalkozni. A piontérben mozgó nukleonok relativisztikus jellemzőinek a magerőkre gyakorolt befolyásáról írott 1956-os cikkének hatása az 1970–80-as évekig kimutatható a szakirodalomban.

E két kutatási irányzathoz kötődtek első külföldi kapcsolatai. A Novobátzkyéhoz hasonló társadalmi elveket valló professzorok között olyan kiemelkedő elméleti fizikusok is voltak, mint *Leopold Infeld* Varsóban. Bár Novobátzky – korára való tekintettel – már ritkán utazott, fiatal munkatársai varsói, jénai, drezdai tanulmányútjai révén fejlesztette a kétoldalú kapcsolatokat.

Marx György önállóan választotta tudományos útkeresésének harmadik és végső soron életpályáját meghatározó irányát. 1952-ben a Puskin utcai szemináriumok egyikén feldolgozták Wigner Jenő 1950-es javaslatát, amelyben a barionszámot megmaradó kvantumszámként posztulálta. Ennek szemináriumi vitáját követően (Nagy Károly emlékeztése szerint) Marx és *Károlyházy Frigyes* tovább folytatta az eszmecserét, amelynek során már felmerült egy hasonló megmaradási törvénynek esetleges létezése a leptonok körében. Az erről szóló egyszerű cikkét Marx 1952 végén küldte be az *Acta Physica Hungaricába*. A cikk dátuma korábbi, mint a hasonló javaslatot tevő szovjet *Ja.B. Zeldovics*, illetve az USA-beli *E.J. Konopinski* és *H.M. Mahmoud* dolgozatáé. Tény, hogy Wigner már 1954-ben (és azt követően többször is) hivatkozott Marx György három, az elképzelést továbbcsiszoló közleményére. Marx valószínűleg csak 1972-ben, a nagy sikerű balatoni Neutrínó-konferencián érezte saját gondolatait kielégítően letisztultnak. A leptonszám megmaradásáról szóló összefoglaló előadását publikációs listájában az első, a húsz évvel korábbi cikk mellett szerepeltette, és a hivatkozásokat is együtt gyűjtötte rájuk. 1971-ben, az MTA le-

Az MTA Fizikai Tudományok Osztálya az Eötvös Loránd Fizikai Társulattal és az Eötvös Egyetem Fizikai Tanszékcsoportjával együttműködésben, az Ortway-kollégiumi előadássorozat keretében, 2004. május 20-án kihelyezett tudományos emlékülést tartott *Marx György* tiszteletére az ELTE Fizikai épületében. Az ülést *Horváth Zalán* osztályelnök nyitotta meg. Az itt elhangzott előadások közül most *Patkós András* akadémikus emlékbeszédét és *Ujvári Sándor* középiskolai tanár, az ELFT főtítkárhelyettese megemlékezését adjuk közre.

vezető tagjává történt megválasztása utáni székfoglalóját is *A leptontöltés megmaradása* címmel tartotta meg. E törvény érvényességére, különösen a neutrínóoszillációk 2001-es felfedezése óta, sok korlátozó körülmény ismeretes. Eredetének, időbeli változásának megértése az Univerzum barion-, illetve leptonaszimmetriájának kulcsa. Ez a kérdés a 21. század elméleti fizikájának egyik legvilágosabban megfogalmazott kihívása.

Marx György pályája első évtizedében a mikrofizika legaktuálisabb jelenségein dolgozva, a fizika klasszikus és kvantum eszközeit ötvözve bizonyította tehetségét. 1955-ben a Kossuth díj III. fokozatával, 1956-ban kormánykitüntetéssel ismerték el teljesítményét. 1956-ban *Relativisztikus dinamika* címmel védte meg kandidátusi disszertációját.

Életében két okból tekinthető az első cezúrának az 1956-os esztendő. 1956 végén az ELTE TTK Forradalmi Bizottságának a Gólyavárba összehívott gyűlésén történt az, amit Novobátzky „a mi okos Marxunk megzavarodásaként” értékelte. Marx György hozzászólásában javasolta a győri „ellenkormány” támogatását. Ez a megszólalás okozta, hogy 1957. március 15. előtt „begyűjtötték”. A politikai veszélyfelhők elmúltával a Tanszék oktatási és tudományos életének szervezése immár Nagy Károlyra és őrá hárult, hiszen *Román Pál* és Szamosi Géza emigráltak. Az 56-os felszólalás „pillangóhatása” végigkísérte az elkövetkező évtizedekben Marx György felsőoktatási pályáját.

A tudományban 1956 a természet tértükrözési aszimmetriájának felismerését hozta meg. Marx György eddigi témáitól búcsút véve, új kutatási programba fogott a töltéstükrözési szimmetria sérülési mechanizmusának tisztázására. Ő volt a második kutató az Elméleti Fizika Tanszékről, akinek a II. világháború után lehetősége nyílt hosszabb amerikai kutatóútra. *Leonard Schiff*, a stanfordi egyetem híres elméletifizika-professzora hívta meg, akivel 1958-ban a CERN-ben találkozott. Az USA-ban a töltéstükrözési szimmetria sérülésének számos vezető szakemberével dolgozott. Második egyesült államokbeli útja során több állásajánlatot kapott, amelyeket azonban elhárított. Visszatért budapesti katedrájához, amelyre 1961-ben nevezték ki egy évvel azután, hogy a fizikai tudomány doktora lett.

A budapesti elméleti fizikai iskolára a hatvanas években *W. Heisenberg* és az egységes térelméletnek általa megfogalmazott változata különösen nagy hatással volt. Marx György a Heisenberg-féle egységes térelmélet szempontjából értékelte *J. Goldstone* 1961-ben kimondott tételét a folytonos szimmetriák spontán sérülésének térelméleti megvalósulásáról. A Goldstone-bozonok és a nehéz gerjesztések közötti energiárés létében kereste az elektron és a müon természetét megkülönböztető mechanizmust. Az 1962-es nemzetközi részecskefizikai konferenciát követően, a kiemelkedő pályáját az ő témavezetésével megkezdő *Kuti Gyulával* nemzetközi figyelmet keltő cikksorozatot írt a spontán szimmetriasértés nemperturbatív térelméletéről. E vizsgálatokban való személyes részvételét a hatvanas évek végén ugyan befejezte, de erőteljesen támogatta az erős kölcsönhatások megértésére Kuti körül kialakuló csoport munkájának elismertetését.

1960-ban, látszólag előzmények nélkül írt tanulmányt *Menyhárd Nórával* a neutrínócsillagászatról. A *Science-*

ben megjelent cikke a következő öt évben többek között *J.N. Babcall*, *B. Pontecorvo* és *F. Reines* is hivatkozott. Azt gondoljuk, hogy a külföldi útjai során megismert kiemelkedő személyiségek vezették vissza a csillagászathoz egy akkor még a fantasztikus irodalomba illő új eszköz lelkesítő víziójával. Sorsformáló találkozásai közül kimagaslik a Jakov Boriszovics Zeldoviccsal Moszkvában, 1958-ban kötött életre szóló barátság. Tartós kutatói-emberi kapcsolatokat eredményezett 1959-es kijevi találkozása *Telegdi Bálinttal* is.

A neutrínókról frott dolgozatai negyven éven át szüntelenül jelen voltak életművében. A neutrínók laboratóriumon kívüli fizikája legkülönbözőbb aspektusainak kidolgozásába nagy élvezettel, óriási aktivitással vetette be magát. E területen a magyar elméleti fizika számos, ma nemzetközileg jól ismert személyiségét (köztük *Kövesi-Domokos Zsuzsát*, *Nagy Tibort*, *Németh Juditot*) nyerte meg rövidebb-hosszabb együttműködésre. *Lux Ivánnal* az 1960–70-es évek fordulóján dolgozott a Föld antineutrínó-luminozitásának kérdésén, amely jelenség napjainkban ért el a reális kimutathatóság határára. *Gajzágó Évával* az 1970-es évek első felében a tükrözési szimmetria sérülése molekuláris megnyilvánulásának mértékére adott becslést. Az 1980-as évek elején *David Dearbornnal* és *Ruff Imrével*, az ELTE kémia-professzorával feltűnést keltő, nagy eredetiségű javaslatot tett a Napból várt neutrínók részleges hiányának esetleges kémiai jellegű magyarázatára.

A nem múltó világhírt a neutrínók nyugalmi tömegére *Szalay A. Sándorral* közösen adott asztrofizikai felső korlát és a neutrínók lehetséges kozmológiai szerepére tett javaslat hozta meg Marx Györgynek. Az eredmények első bemutatását a *Neutrino '72* konferencia egy vita-hozzászólásának kétoldalas publikációja őrizte meg. A második otthonaként szeretett Balatonfüreden szervezett konferencián igazi „álomcsapat” adott rangot a Neutrínó-konferenciák máig tartó sorozata „nyitányának”. *R. Feynman*, *T.D. Lee*, *B. Pontecorvo*, *F. Reines* és *V. Weisskopf* versengve elemezte a nukleonszerkezet neutrínónyalábbal történő letapogatásának, illetve a Világegyetemet kitöltő neutrínógáz észlelésének észlelési lehetőségeit. Jellemző a kozmológia egy mai szaktekintélyének, *E. Kolb* chicagói professzornak a visszaemlékezése, aki a balatoni konferenciaköteteket cikkről-cikkre olvasva sajátította el a terület frontvonalának eredményeit.

Marx és Szalay munkája egy nagyságrenddel csökkentette a neutrínók össztömegének felső korlátját. Abból a tényből indultak ki, hogy 10 milliárd év után a Világegyetem még nem roppant össze, még mindig táguló mozgást végez. A laboratóriumi mérések még ma is csak fél nagyságrenddel jutottak az egykori asztrofizikai korlát alá, amelyet a kozmikus háttérsugárzás legújabb megfigyeléseire alapozott becslések haladtak túl. Marx és Szalay munkája méltán szerepel a Részecskék Adattárában (*Particle Data Book*) a neutrínótömeg meghatározása mérőföldköveinek felsorolásában. A neutrínóoszillációk jelenségének felfedezése bizonyossá teszi, hogy a neutrínók össztömege nullától különböző. Az egyes tömegek abszolút nagyságának megmérése a 21. század fizikájának feladatsorában előkelő helyen áll. Az biztos, hogy a neutrínók túl könnyűek ahhoz, hogy a sötét anyag lényege-

ges komponensét alkothassák, ám az úgynevezett „forró sötét anyag” lehetősége, amint azt Marx és Szalay 1976-ban hangsúlyosan felvetette, évtizedekig szerepelt az asztro-részecskefizika fontos kutatási irányai között.

Marx György a részecskefizika előrehaladásáról a közvetlen információ élményét kínálta az érdeklődő közönségnek. 1960-ban írta nagyhatású népszerűsítő könyvét *Túl az atomfizikán* címmel. Az elemi részecskék fizikájának friss fejleményeiről a világot akkor megosztó és minden területet átható politikai szembenálláson át lépve számolt be, e kutatói közösség nemzetközi kapcsolatrendszerét vonzó életmintaként kínálva a korabeli fiataloknak. A könyv neutrínókról szóló fejezetét a következő sorokkal zárta: „A Nap és a Föld neutrínósugárzásának detektálása véleményem szerint olyan feladat, amelyet századunkban (t.i. a 20. században) megold a tudomány. A neutrínócsillagászat révén bepillant majd az ember az égitestek belsejébe. Hogy a Naprendszeren túlról érkező neutrínósugárzás valaha is észlelhető lesz-e, az nagyon kétséges... Lehet, hogy egyszer majd (a neutrínó) a kutatás tárgyából a kutatás eszközévé válik, olyan feladatok elvégzését teszi lehetővé, amelynek más anyag nem tudna eleget tenni.”

A 33 éves Marx György várakozásai jórészt úgy teljesültek, hogy e fejlemények alkotó, elismert részese lehetett. A Magellan-felhőben robbant szupernóva neutrínóinak 1987-es észlelése még az ő várakozásait is felülmúlta. Utolsó publikált szövegében, a *Neutrino'02* konferencián, a Nemzetközi Neutrínó Bizottság lelépő elnökeként elmondott összefoglalójában, joggal írhatta: „... at this turn of the century, we do see the centre of the Sun and we observe the nuclear fusion reactions there producing the solar energy... the statement, that the source of sunshine is nuclear fusion, has become a direct empirical fact...”.

Marx György a neutrínók fizikájának és ennek révén az asztro-részecskefizikának egyik nemzetközi jelentőségű alkotójaként teljesítette ki tudományos pályáját. Az MTA rendes tagjává választása után, 1983-ban, székkfoglalóját *Az Univerzum termodinamikája* címmel tartotta meg.

Kutatói pályáját végigkísérte a felsőoktatás szolgálata. A klasszikus fizika, a kvantumfizika, a magfizika és a részecskefizika új fejezeteiről írott egyetemi jegyzeteinek sorát publikációs listája sem képes számon tartani. Társ szerzője volt az évtizedekig használt *Elméleti Fizikai Példatár*nak, amelyet követett a három magyar kiadást megélt, nemzetközi karriert is befutott *Kvantummechanika* könyve. A fizikusoknak szóló tankönyvek sorát a Károlyházy Frigyessel és Nagy Károllyal írott *Statistikus Mechanika* zárta 1965-ben. A hetvenes évektől egyetemi oktatói érdeklődése középpontjába egyre inkább a modern fizika és a társtudományok közötti kommunikáció került. Így született az *Életrevaló atomok* című tankönyv biológusoknak 1975-ben. A későbbi évtizedek tankönyveit és népszerű tudományos munkáit közoktatás-fejlesztési elkötelezettsége ösztönözte. Telegdi Bálint és *Lev Okun* egyaránt kiemelten méltatták a gyenge kölcsönhatásokról vagy a kaonok CP-sértő tulajdonságairól írott, pedagógiailag is alaposan átgondolt, összefoglaló munkáit. Egyéves előadásorozatáért, amelyre *Walter Thirring*, világhírű bécsi elméleti fizikus kérte fel, az ottani tudományegyetem tiszteletbeli professzorának fogadta.

Pályája a felsőoktatási, a tudományos és a társadalmi közéletben

Novobáztzy 1967-es halála után az Elméleti Fizikai Tanszék vezetőjévé a már 1961-től számos állami feladatot vállaló Nagy Károlyt nevezték ki. Marx György túlságosan individuális gondolkodású, kevéssé kiszámítható egyéniség volt ahhoz, hogy az akkori (és a máig is) merev felsőoktatási hierarchia vezetőként könnyen befogadta volna. Gondolkodásának eredetisége ugyanakkor hasznosíthatóknak tűnt a saját dogmáival küszködő politikai berendezkedés megújulási próbálkozásai számára. A szocializmus kései korszakából szinte csak az *Új Írás*ban 1969-ben közölt tanulmányából híressé vált „gyorsuló idő” fogalma közvetít a mai fiataloknak is pozitív üzenetet és lendületet. A *Népszabadság*ban 1970-től sorozatban jelentek meg közérthető, optimista kicsengésű tanulmányai: *Változó mennybolt, Úton a csillagok között, Egyetlen világunk, A természet négy arca, A tudás fájának gyümölcse, Földnek adni az ég tüzét, Megváltó változás* – íme hét karácsonyi cím egy évtized terméséből. Közel került a magyar humán értelmiség számos vezető személyiségéhez. Elsőként *Németh László* (Németh Judit közvetítésével), majd *Jubász Ferenc*, később a radikális mondandójú filmrendezők barátságát nyerte el. Közszereplése felkeltette a kulturális politika irányítóinak figyelmét is. Képessége a legkülönbözőbb arcélú politikusoknak támogatóként való megnyerésére, különösen lenyűgöző volt a kilencvenes évek demokratikus kavalkádjában, amikor a társadalmi modernizáció ügyében tett kezdeményezéseit egyéb politikai ügyekben élesen szembenálló ellenfelek egyaránt szimpátiával fogadták. A hetvenes években több egyetemi, akadémiai közművelődési bizottság vezetését vállalta, a természettudományok és humán kultúra egységének jegyében.

A politikai szférával kialakított önfeladás nélküli együttműködése meghozta annak elismerését, hogy Marx Györgynek joga van önálló tudományos iskola alakítására, saját tanszék vezetésére. Erre az alkalmat 1970-ben *Jánosy Lajos* visszavonulása szolgáltatta az Atomfizikai Tanszék éléről. Ez a váltás tekinthető Marx György pályája második sorsfordulójának. Érdeklődését tovább szélesítve, a részecskefizikától a biofizikáig terjedő spektrumban sikeresen keltette életre a Tanszék tagjainak tudományos ambícióit. Néha félkomolyan, félig tréfaként, egyes MTA kutatóintézetek tudományos produkciójával vetette össze a Tanszék publikációinak számát és azok hivatkozottságát.

A Tanszéken belül négy csoportot alakított ki, az elméleti fizika (főként részecskefizika), a középenergiás magfizika (neutronfizika), a nukleáris anyagtudomány (Mössbauer-spektroszkópia) és a biofizika területén. A Tanszék személyi összetételére szinte egy teljes fizikus kurrikulum tanítását ráépítette, továbbá jelentős betanítást vállalt a matematika-fizika és a kémia-fizika szakos tanárok, valamint a vegyész-, geofizikus-, geológus-, csillagász- és biológushallgatók képzésébe. Az informatikai és a nukleáris laboratóriumok modernizálását személyesen menedzselte. Már a hetvenes években igényelte a számítógépes feladatmegoldás készségét fejlesztő elméleti fizikai gyakorlatokat. A fizika diplomák gyakorlati értékét fokozta sugárvédelmi tanfolyamok rendszeres megszervezésével.

Munkatársaitól szigorúan megkövetelte, hogy kutatásaikkal csatlakozzanak az irányadó nemzetközi trendekhez. Ha kellett, politikai kapcsolatait használta, hogy nemzetközi meghívások elfogadását, külföldi nyári iskolákon való részvétel lehetőségét biztosítsa számukra. A Tanszék csütörtöki szemináriumai kiemelkedő hazai és külföldi tudósok interdiszciplináris találkozóhelyévé váltak. Ezt a hagyományt viszi tovább az ELTE Fizika Tanszékcsoport Ortway-kollokviuma. A nyugati kapcsolatok szimbóluma lett a Bécs–Budapest–Pozsony elméleti fizikai „Háromszög”-kooperáció, amely 1968-tól folyamatosan működött.

A külföldi munkavállalásokat feltétlen támogatta, de kikötötte, hogy egy év után haza kell jönni tanítani. Ebben a legígéretesebb pályát befutó tanítványaival sem tett kivételt, bár néha a személyes kapcsolatok rövidebb-hosszabb elhűvését okozta egy-egy „hazarendelés”. Új tehetségeknek a Tanszékre csábításával kárpótolta magát többük más magyar intézetbe történt „átigazolása” után. A diákolimpiákon feltűnt fiatalok egész egyetemi pályafutását személyes figyelemmel kísérte. A nyolcvanas–kilencvenes évek fordulóján a tanszéki profilt átrajzoló személyi megújulást kezdeményezett. Az 1992-ben lezárult és Szent-Györgyi-díjjal elismert tanszékvezetői korszakát követő szervezeti átrendeződés bebizonyította, hogy legalább három tanszéki erőt felvonultató kutatóintézeté fejlődéshez a 22 évvel korábban rábízott Tanszék.

A fizikusnak és a közéleti embernek a legegységesebb cselekvési terepet az Eötvös Loránd Fizikai Társulat jelentette. 1957 óta szerkesztette a Társulat folyóiratát, amelybe haláláig közel 200 közleményt írt (és ennek sokszorosát javította közölhetővé). Eötvös szellemében az Eötvös Társulattól Európa-szerte irigyelt kuriózumot hozott létre: egy szakmai egyesületet, amelyben tanárok és kutatók képesek együttműködni. A tanári ankétok és a kutatók nagy nemzetközi konferenciái egymást váltogatták. Felismerte, hogy e konferenciák adják meg a Társulat tagjainak a nemzetközi fizikai közösség fórumain az egyenrangú partnerként való megjelenés lehetőségét. Ezzel maga is élt. 1976–80 között elnöke volt az EPS Nagyenergiás Fizikai Divíziójának, később a Nemzetközi Csillagászati Unió Bioasztronó-

miai Bizottságának, alelnöke az IUPAP-nak és a Nemzetközi Asztronautikai Uniónak. A fizika oktatásához kapcsolódó nemzetközi bizottsági feladatokat is közmegegyezésre látta el. Az Eötvös Társulat főtítkárának 1972-ben választották meg. Ezt 1976 és 1999 között több alkalommal követte megválasztása az elnöki posztra. 1999-től haláláig volt tiszteletbeli elnök. Megmarad a Társulat örökös elnökének.

A fejlődésben lemaradt világrégiók kimozdításáért érzett póztmentes, őszinte szolidaritás kifejező felelőssége, a fejlett világ pazarló energiagazdálkodása miatti aggodalma és az 1970-es, 1980-as évek jelentős reaktorbalesetei vezették a nukleáris környezet használatának és valós kockázatának széles társadalmi megismertetésén dolgozók élvonalába. Aktívan közreműködött a Magyar Nukleáris Társaság életre hívásában, tanári kirándulások szervezett Paksra, Püspökszilágyiba, a romániai CANDU reaktorokhoz, sőt Csernobilba is. Tapasztalásai alapján nukleáris környezettudományi kutatásokat kezdeményezett, amelyeket nem akadémiai intézetek, hanem falusi iskolások és tanáraik segítségével végeztek.

Az Eötvös Társulat adott hátteret az 1970-es évektől Marx György egyszemélyes tudományos nemzetegyesítési akcióinak. Kedvenc okfejtésében a sajátos magyar kreativitás forrásaként a 20. században egymást gyors ütemben váltó, szögesen ellentétes „örök igazságokhoz” való nemzeti alkalmazkodás képességét emelte ki. Erőfeszítései sikerének csúcspontját *Szent-Györgyi* gólyavári előadása jelentette. Wigner gyakori hazalátogatásai, majd *Teller* profétai fellépése után *Hevesy* és *Szilárd* „hazatérésének” megszervezésével teljesítette ki a magyar nemzet eredetmítoszának legújabb, marslakó fejezetét. A főszereplők mellé olyan fantasztikusan érdekes epizodistákat talált, mint *Koestler*, *Wiesel* vagy *Friedmann*. A fiatalabbak közül tisztelettel fogadta közeledését ifjabb *Simonyi Károly* és *Gróf András* is. Csak kívánhatjuk, hogy az ő, a többenél nem kevésbé emelkedett, a szellem kiemelkedő alkotói köré épített, korlátozás nélkül nyitott nemzetfelfogását tegye magáévá a 21. század magyarsága.

Patkós András
ELTE Atomfizikai Tanszék

MARX GYÖRGY, A JÖVŐ EMBERE

A tanár a jövővel foglalkozik. Az a munkája, hogy a tanítványait felkészítse az életre, útravalót adjon nekik. Gyurka ilyen tanár volt.

Marx György a jövőben élt. Cikkeiben a múlt tanulságait elemezve a jövőt kutatta. A középiskolai tanítás, a diákok és a tanárok iránti intenzív érdeklődése azzal magyarázható, hogy tudta, rajtuk keresztül lehet hatni az eljövendő korokra. Fizikusként a természeti jelenségek előrejelzésével, tanárként a jövő megtervezésével foglalkozott. Cikkeinek, előadásainak jelentős része arról szólt, hogyan lehetne az elkövetkezendőket előrelátni, formálni, a fiatalokat a változásokra felkészíteni. Erre utal sok

cikkének címe is: *Jövődőben, Gyorsuló idő, Utazás a XX. századból a XXI. Századba, Jövő a múlt árnyaival, Tudatos döntésre éretten a 21. században, Fiatalok számára a jövő realitás, Kié lesz a jövő évszázad, Gyermekünk 21. százada, 2000+, Fiatalok és a jövő, Szép új világunk, Nevelni az ismeretlen jövő számára.*

Végzettsége szerint matematika-fizika-csillagászat szakos tanár volt, és egész életében tanárnak is érezte magát. Fontos volt számára, hogy előadásai érdekesek legyenek, hallgatóit lebilincselje. Első pillanatra meghökkenítő asszociációi mély igazságokat tartalmaztak, oly összefüggéseket látott meg, melyekre legtöbbünk soha nem gondolt volna.

Megtalálta a kapcsolatot arany ára és a *slow process*, az ókori kultúra stabilitása, a modern világ dinamizmusa és a tudomány aktuális állapota, a magyar tudósok zsenialitása, szokatlan látásmódjuk, és az európai politikai, gazdasági helyzet, az AIDS terjedése és az információ, a Rubik-kocka és a kvarkok tulajdonságai között.

Azon kevesek közé tartozott, akik örültek annak, hogy az egyetemen a hallgatók is értékelhetik a professzorokat. Büszke volt előadói sikereire, arra, hogy a diákoktól mindig kiváló értékelést kapott. Megható volt látni, hogy több évtizedes előadói tapasztalata ellenére is képes volt izgulni egy előadás előtt.

Az Eötvös Társulat

Tevékenységének egyik legfontosabb terepe az Eötvös Loránd Fizikai Társulat volt. 1972-től főtitkára, 1976-tól több cikluson át a társulat elnöke, majd tiszteletbeli elnöke. Az eötvösi hagyomány szerint a Társulat egyetemi és középiskolai tanárokból alakult. Ezt az eötvösi elvet újította meg Marx György, amikor a tanároknak meghatározó szerepet juttatott a Társulat életében. Az ő elnöksége alatt alakultak meg az oktatási szakcsoportok, amelyeknek legfontosabb feladatuk az ankétok, fizikaversenyek rendezése és a tanárok továbbképzésének szervezése.

Tudta, hogy a fizikának korán kell megnyerni a diákokat, látta, hogy a középiskolai tanárnak milyen fontos szerepe van abban, hogy a természettudományokat szerető, valóban művelt, döntésképes polgárok alkossák a jövő társadalmát. Az energiakérdés a következő évszázad, talán évezred központi problémája, és Marx György ennek minden aspektusát átlátta.

Tudta, hogy energiatudatos, igazi környezetvédelemre képes embereket kell nevelnünk. Még középiskolás korukban meg kell értetni a diákokkal a tudomány fontosságát, hiszen aki nem mérnöknek vagy fizikusnak megy, itt kaphat utoljára olyan tudást, amire alapozva később tájékozódni tud, képes lesz a társadalom előtt álló problémákban felelősen dönteni. Ezért elkötelezett harcosa volt a modern ismeretek középiskolai, a középiskolások számára érthető tanításának.

Továbbképzések, szakmai utak

A Társulat tagjaként, vezetőjeként képzési, tanulási formák hihetetlen változatosságát teremtette meg. A fizikatanári ankétok mellett létrehozta az őszi egyetemeken rendszert, a középiskolai tanárokból álló országos nukleáris hálózatot, a középiskolai tanárok számára szervezett nukleáris továbbképzéseket, bevonta a magyar tanárokat a nemzetközi Duna-konferenciák sorozatába, a tanárok részére tanulmányutakat szervezett. Így egy-egy őszi hosszú hétvégén, a nyári szünet erre szánt idejében megismerkedhettünk a modern fizikával és a fizika határterületeivel. Az őszi egyetemeken kiváló előadókkal járhattunk körül egy-egy témát, megismerhettük a legújabb eredményeket. Természetesen mindig Marx György előadásai jelentették a rendezvények fénypontját.

Az őszi egyetemekhez fűződik az egyik legnagyobb pedagógiai élményem. A *Rio után a környezetről* konferenciára magunkkal vihattuk legjobb tanítványainkat is. Három diákom utazott velem, és mind a három életét megváltoztatta az, amit tapasztaltak. Hosszú beszélgetésekben derült ki, hogy ott tudatosult bennük az, ők is felelősek a környezetükért, és életükbe bele fognak szólni a globális problémák. A másik élmény a többi okos diákkal és a tudósokkal, köztük Marx Györggyel való találkozás volt. A konferenciáról visszatérve sokkal fontosabb lett egyetemre menni, olyan emberektől tanulni, amilyen a professzor úr. Az őszi egyetemek témái: *Energia és nevelés, Magenergia, Rio után a környezetről, Globális gondolkodás, globális felelősség, A Gaia-modell, Élet a fizikában, fizika az életben.*

1974-ben Bécsben rendezték az első Duna-szemináriumot a kvantummechanika tanításáról. A következő helyszíne már Visegrád, ahol a statisztikus fizika volt a téma.

A Duna-szemináriumokon a modern oktatáselmélet, a legújabb módszerek, a szokásostól eltérő szemléletmód megismerése, a nemzetközi szakpedagógiai életbe való bekapcsolódás a cél. A modellek szerepe, a számítógép bekapcsolása a fizika tanításába, a gyerekek önálló kutatómunkájának megszervezése volt a központi gondolat.

Hihetetlenül hatékonyan és gyorsan dolgozva jelentette meg az általa szerkesztett konferenciakiadványokat, amelyek máig forrásmunkául szolgálnak sokunknak. Néhány, az általa kezdeményezett nemzetközi oktatásfejlesztési konferenciák témái közül: *Energy and Risk, Energy Education, Entropy in the School, Structure of Matter, Nuclear Education.*

Szakmai utak

A tanárok Marx Györggyel utazhattak többek között a CERN-be, a csernavodai nehévízüzembe, a csernobili erőműbe, Harrisburgbe. A CERN-ben bevezettek minket a részecskefizikába, együtt dolgozhattunk finn kollégáinkkal, megismerkedhettünk a *Big Science*-szel. Csernobilban módjuk volt a helyszínen, a zónában mérni, közvetlen tapasztalatokat szerezhettek a baleset helyszínén, tájékozódhattak a baleset utáni helyzetről. Ezen konferenciák, utak szervezéséhez mozgósította széles körű kapcsolatait, anyagi segítséget szerzett, kiváló előadókat hívott meg.

Nukleáris tanártovábbképzések

Az új tananyag bevezetése igényelte azt, hogy először a tanárok ismerkedjenek meg a magfizikával és az atomenergetikával. Az ELTE-n és a Műszaki Egyetemen megszervezte a nukleáris tanártovábbképzést. Az érdeklődő fizikatanárok egy teljes éven át a legjobb előadóktól magfizikát tanultak, laboratóriumi méréseket végeztek, sugárvédelmi ismereteket szereztek. A továbbképzés eredménye a szokásos bizonyítványon kívül sugárvédelmi vizsga volt, a résztvevők egy Geiger–Müller-számlálót is kaptak az iskolai magfizikai méréseikhez. A végzett tanulókból alakította ki a nukleáris tanárok hálózatát. Ezen kollégák

közül sokan máig tagok a Nukleáris Társaság tanártagozatában, tanítványaik pedig rendszeres résztvevői a Szilárd Leó Nukleáris Fizikaversenynek.

A nukleáris műveltség megteremtését nagyon fontosnak tartotta. Az 1970-es évek végén az Egyesült Államokban figyeltek fel a földből kидiffundáló radon problémájára. Ez felkeltette érdeklődését, és meglátta benne a nevelési lehetőséget. Országos radonmérő hálózatot szervezett, amelyben középiskolás és általános iskolás gyerekek végezték a méréseket, dolgoztak igazi fizikai kutatási témán. Gyerekek százai ismerkedtek így meg a tudománnyal, végeztek felelősségteljes kutatómunkát, kerültek kapcsolatba az atomfizikával.

A Szilárd Leó Nukleáris Fizikaverseny

1998-ban ünnepeltük *Szilárd Leó* születésének századik évfordulóját. Marx György javaslatára országos nukleáris fizikaversenyt szerveztünk a centenárium alkalmából. A verseny olyan sikeresnek bizonyult, hogy folytatni kellett, idén rendeztük meg a hetediket. Természetesen Gyurka volt a zsűri elnöke. Nagy élvezettel alkotta az új és új, mindig aktuális, mindig gondolkodásra készítő, meglepő, ötletes feladatokat. Büszke volt arra, hogy nem tudunk elég nehéz példát kitalálni, mindig volt okos diák, aki megoldotta. Külön örömet jelentett neki, hogy a kisgimnazisták is sikereket tudtak elérni a versenyen. Szilárd emlékét idézi a versennyel kapcsolatos Delfin-díj, ez is az ő ötlete volt.

A versenyeken láthattuk, hogy milyen közvetlen kapcsolatot tud kiépíteni a gyerekekkel. Az okos diákok között érezte jól magát. Publikációi jelentek meg középiskolás társszerzőkkel. A forrásmunkaként használt *Atommagközelben* című könyvét *Sükkösd Csaba* mellett egy tanár és *Veszprémi Nóra* középiskolai tanuló lektorálta.

Kóbor Macskák

Felfedezte a magyar fizikatanárok számára a Kóbor Macskákat, a kísérletező japán fizikatanárok csoportját. Japánban oktatva találkozott a kreatív, szakmájuknak élő, a fizika népszerűsítését egyszerű, de ötletes eszközökkel elérni igyekvő tanárokkal. 1992-ben Jászberényben szervezte meg az első Japán–Magyar Fizikatanári Találkozót. Itt minden fizikatanár kiélhette játékos hajlamait, Gyurka sem volt kivétel. Önfeledt örömmel figyelte a bemutatott kísérleteket, minden kiállított eszközt kipróbált, boldogan viselte a japán csoport egyenruháját.

Ilyenkor derült ki, szerencsések vagyunk mi, fizikatanárok. Egész életünkben van játszánivalónk, mindig új ötletekkel foglalkozhatunk. A történelemtanárok vajon játszhatnak-e a konferenciákon?

Könyvei

Hihetetlen termékenységgel ontotta a tudományos publikációkat, szakkönyveket. Emellett elérte azt, amit eddig nagyon kevesen a világon. Tudományos igényességgel

megírt, mégis népszerű, sokak által olvasott ismeretterjesztő könyveket írt. *A gyorsuló idő* című tanulmány címe a huszadik századot jellemző szlogenné, tudományos könyvsorozat címévé vált. A benne foglalt gondolatok képezték a tantervi reform alapját és értelmiségi viták tárgyává váltak.

Atomközelben és *Atommagközelben* című kötetei magas szintű szakmai tudást nyújtanak olyan formában, amit az érdeklődő laikus is megérthet. *A marslakók érkezése* című könyv hosszú heteken át vezette a bestsellerlistát, a magyar Nobel-díjasok életrajzát tízezrek ismerték meg. *Mikola Sándor, Rátz László* és a magyar gimnáziumok szerepéről sem feledkezett meg. Olyan jól sikerült megírnia, hogy fizikus létére megkapta érte a Nemes-Nagy Ágnes-díjat.

A természet egységének gondolata

Marx György nem hitt a tudományokat elválasztó falakban. A természettudomány egyes számban van, mondta. Az izgalmas dolgok mindig a határterületeken történnek. A tanári konferenciák témaválasztásán láthattuk, hogy minden érdekelt. A környezetvédelem, a globális problémák. A biológia fejlődése, a biofizika jelenségeinek fizikusi módszerekkel való kutatása. Az informatika fejlődése és lehetőségei lenyűgözték. A világon az elsők között használta a számítógépeket modellezésre. Felébresztette a fiatalok érdeklődését, programokat íratott velük, érdekes, nehéz, de általuk is megoldható problémákkal látta el őket. *A természet játéka* című könyvében a tudomány és a számítógép lehetőségeit használta ki, és egyáltalán nem ragaszkodott a fizikai témákhoz. Conway-életjátéka, a cápák és halak dinamikus egyensúlya a tengerben, a széndioxid-kibocsátás modellje: ez mind tudomány. Nem a téma volt a fontos számára, hanem a fizika hatékony módszereivel tárgyalni a problémát, működő modellt készíteni, megérteni a jelenség lényegét. Az elsők között ismerte fel számítógép szerepét a fizika tanításában. Az UNESCO szakértőjeként a fejlődő országokban szervezett képzéseket a tanároknak.

Képes volt egy gyerekjátékban, a Rubik-kockában meglátni a tudományos ismeretterjesztés, az oktatás lehetőségét. Rajta kívül ki vette volna észre az analógiát a kvarkok szintöltése és a kocka csúcsainak elrendezése között, az entrópia modellezésének lehetőségét a kocka segítségével.

A tanár felelőssége

Tudatos döntésre éretten a XXI. századba című cikkében fogalmazza meg, mivel tartozik a természettudományt tanító tanár a társadalomnak. Azzal, hogy felvilágosult, környezettudatos, dönteni képes állampolgárokat nevel. Nemcsak azért kell természettudományt tanítanunk, mert az az általános műveltség része, mert benne van a tantervben, hanem azért, mert ezzel készítjük fel tanítványainkat arra, hogy az előttük álló világméretű problémákra a megoldás reményében értelmes választ adhassanak. Erre a természettudományi érettségi bevezetését tartja a

legjobb megoldásnak. Mi, a Társulatban pedig neki tartozunk annyival, hogy ezt a gondolatot továbbvigyük, és megpróbáljunk célt érni.

Mit jelentett a tanárok számára

Életem első fizikatanári ankétján fórumot szerveztek a résztvevők számára. Megindult a szokásos tanári panaszkodás, mindenki nagyon szerencsétlennek érezte magát. Egyszer csak felállt *Gecső Ervin* kollégánk és azt mondta: – Nem értem, miért sajnáljátok magatokat? Együtt vagytok háromszázan, a fizikáról beszélgettek, és itt van veletek Marx György. Odamehettek hozzá, ha gondotok van, és azt mondhatjátok: „Gyurka, segítenél?” És Gyurka segít. Melyik másik szakmában van ilyen kapcsolat egy akadémikus és a tanárok között?

A tudományt népszerűsítő, oktató tevékenységét számtalan díjjal ismerték el. Oktatási tevékenységéért kapta az OM Apáczai Csere-díját, az Eötvös Loránd Fizikai Társulat Eötvös-érmét, a Magyar Nukleáris Társaság Szilárd Leó-érmét, az IUPAP Fizikatanítási Érmét, első, nem angol-szász kitüntetettként az Institute of Physics Bragg-érmét.

Elnöke volt többek között a Fizikatanítást Kutató Nemzetközi Csoportnak (GIREP), az Európai Fizikai Társaság Oktatási Fórumának, főszerkesztője a *Fizikai Szemlének*, szerkesztője az *ICPE International Newsletter on Physics Education*-nek.

Eredményekben és elismerésekben gazdag életet élt, de legbüszkébb tanítványaira volt. Szerette mondani, hogy egy igazi tanár arra törekszik, hogy a diákjai meghaladják őt. Sokszor hangzik el a kérdés, mi a hosszú élet titka. Marx György megtalálta ezt. Tanárként tanítványai-ban, tudósként műveiben él tovább.

Engedjék meg, hogy röviden egy személyes emléket is felidézzek. Nankingban, egy tanári konferencia szabad estéjén sétáltunk. Gyönyörű, régi konfuciusi stílusú épületek között, és én már nem tudtam fényképezni. Este volt, a vaku fénye pedig az épületekhez nem volt elég. „Ne bosszankodj” – mondta. „Nézd meg jól, fényképezd le az agyaddal, és a kép mindig veled lesz, ha emlékezni akarsz rá.” Abban bízom, hogy amit tőle kaptunk, az mindig velünk lesz.

Ujvári Sándor
Lánczos Kornél Gimnázium,
Székesfehérvár

A FIZIKAI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYA 2004. ÉVI DÍJAI

Fizikai Fődíj

Az MTA Fizikai Tudományok Osztálya 2004. évi Fizikai Fődíjának kitüntetettje

SZEIDL BÉLA, az MTA doktora, az MTA Konkoly-Thege Miklós Csillagászati Kutatóintézete tudományos tanácsadója. A magyar csillagászat legsikeresebb ágának vezéregyénisége, Szeidl Béla 21 éven keresztül, 1975–1996 között vezette az MTA Csillagászati Kutatóintézetét. A Nemzetközi Csillagászati Unió (a csillagászat világszervezete) Változócsillag Kommissziójának 1982–85 között alelnöke, 1985–88 között pedig elnöke volt. Fő kutatási területe a pulzáló változócsillagok. Alapvető eredményeit a periódusváltozások és a többmódusú pulzáció vizsgálatában érte el, amely eredmények rendkívül fontosak a csillagok belső szerkezetének és fejlődésének megismerésében. Ezeket a kutatásokat, melyek jelenleg igen divatosak váltak, több mint 40 éve folytatja. A vezetése alatt álló intézet kutatási témáit kibővítette, modernizálta, így jelentek meg a csillagaktivitás, nemradiális oszcillációk stb. témák, mely területeken az elmúlt tíz évben három fiatalabb munkatársa szerezte meg az MTA doktora címet, és további kettőnek a doktori eljárása folyamatban van.

A *Fizikai Szemle* 2004/5. számában *A 2004. évi Fizikai Díjak nyertesei* cím alatt közölt lista sajnálatos módon tévesen került ismertetésre, amiért az érdekeltek és az olvasók szíves elnézését kérjük. A helyes listát – az MTA Fizikai Tudományok Osztálya Titkárságának tájékoztatása alapján – a fentiekben adjuk közre.

Fizikai Díjak

Az MTA Fizikai Tudományok Osztálya 2004. évi Fizikai Díjjal kitüntetettjei:

DOMOKOS PÉTER, PhD, az MTA Szilárdtestfizikai és Optikai Kutatóintézete tudományos főmunkatársa. Domokos Péter számottevően hozzájárult a kvantumoptika különböző területeinek fejlődéséhez. Az utóbbi években nagyon jelentős eredményeket ért el egy tetszőleges polarizálható objektum (atom, molekula, vagy nanorészecske) hűtésére alkalmazható általános módszer kidolgozásában. Felfedezett egy azóta kísérletben is megfigyelt kollektív atomi viselkedésen alapuló disszipációs mechanizmust, ami új utakat nyit atomi és molekuláris sokaságok optikai hűtésében.

NAGY ÁGNES, az MTA doktora, a Debreceni Egyetem Elméleti Fizikai Tanszéke egyetemi tanára. Nagy Ágnes a sűrűségfüggő elméletében ért el jelentős eredményeket elsősorban az elmélet gerjesztett állapotokra való kiterjesztésében. Kidolgozta az egyetlen gerjesztett állapotra vonatkozó, Coulomb-rendszerekre érvényes nemvariációs elméletet. Az egyetlen gerjesztett állapotra vonatkozó Levy–Nagy variációs sűrűségfüggő elméletének egyik megalkotója.

SASVÁRI LÁSZLÓ, PhD, az ELTE Komplex Rendszerek Fizikája Tanszéke egyetemi docense. Sasvári László a szerkezeti fázisátmenetek és az izotróp fononrendszerek kritikus dinamikájának elméletében elért eredményeiért, valamint a fizika oktatásában és annak fejleszté-

sében kifejtett magasszintű munkásságáért érdemelte ki a kitüntetést.

SARKADI LÁSZLÓ, az MTA doktora, az MTA Atommagkutató Intézete tudományos osztályvezetője. Sarkadi László az egyszerű atomi ütközési rendszerekben nagyenergiájú bombázó lövedékekkel elért, különösen a kilépő elektronok spektrumában jelentkező úgynevezett „cusp”-ra vo-

natkozó úttörő eredményeiért, amelyek az ütközési mechanizmus részleteinek a megismerése szempontjából is nagy fontosságúak, kapta a díjat.

A díjakat az MTA 2004. évi rendes közgyűlése alkalmából, a Fizikai Tudományok Osztálya 2004. május 5-én megtartott tudományos ülésén Horváth Zalán osztályelnök adta át kitüntetetteknek.

MEGEMLÉKEZÉSEK

NOVOBÁTZKY KÁROLY

Emlékezés a magyar elméleti fizikát megalapozó, iskolateremtő tudós tanárra születésének 120. évfordulóján

Ehhez a kerek számú évfordulóhoz közeledve, sokszor felidéztem emlékezetemben annak a húsz évnek sok érdekes eseményét, de az egész időfolyam teljes tartamát is, amelyet közvetlen közelében tanítványaként és munkatársaként eltöltöttem. Tulajdonképpen a vele másodéves egyetemi hallgatóként való első találkozásom, az elméletimechanika-előadások csodálatos élménye határozta meg további életem alakulását. Az egyetemre azért jöttem, hogy matematikatanár lehessenek. Arra nem is nagyon gondoltam, hogy a fizikát is fogom tanítani, mert kezdetben a matematika mellett inkább a kémiát kedveltem. Ugyanis én kereskedelmi középiskolába jártam, ahol a fizika nem játszott fontos szerepet abban az időben. A természettudományok közül a kémia és áruismeret volt az a tantárgy, amelyet szerettem. Ezért akartam matematika és kémia szakos tanár lenni, de ilyen szakpárosítás akkor nem volt, és így választottam a matematika-fizikát. *Novobátsky* előadásai szeretették meg velem ezt a tárgyat, amellyel azután az ő szavait idézve, egész életre szóló frigyét kötöttem. Negyedéves hallgató voltam, amikor az általa vezetett Elméleti Fizikai Tanszékre kerültem demonstrátornak. Az egyetem elvégzése után előbb gyakoronoki, majd egy év múlva tanársegédi állásban lettem közvetlen munkatársa. Végigmenve az egyetemi lépcsőfokokon, a vele együtt eltöltött utolsó hat évet már professzortársaként éltem meg. Az oktatással és a tudománnyal foglalatosságom több mint fél évszázados eddigi életemnek ez a két évtizede nemcsak azért olyan emlékezetes számomra, mert új és izgalmas volt minden, hanem azért



is, mert egy nagyszerű tanáregyéniség körül akkor éppen kialakuló szellemi műhely tagja lehettem. Ez a műhely *Novobátsky-iskola* néven szerepel ma a magyar tudományos közvéleményben. Már csak néhányan élünk az elsőgenerációs tagok közül, de a Novobátsky-tanítványok tanítványai tovább ápolják azt a szellemet, amelyet mesterünk úgy jellemzett, hogy *az Elméleti Fizikai Intézet termeinek léggöre tele van tudományos ambícióval*. A rá emlékező eme rövid írással e nagyszerű tanár egyéniségének néhány vonását szeretném felvillantani. A tudományos munkásságának részleteiből ismertetésétől eltekintek, mert erre korábban volt alkalmam a *Fizikai Szemlében* és a *Magyar Tudományban* is.

Novobátsky Károly életének hatvanhat évét töltötte el tanárként. Ebből harminckilencet gimnáziumban, huszonháromat mint egyetemi tanár. Temesváron született 1884. március 3-án. Középiskolai tanulmányait szülővárosa reáliskolájában végezte, kitűnő tanárok irányításával. Beszélgetéseink során, ha ez került szóba, nem mulasztotta el felemlíteni matematikatanárát, *Privolszky Alajost*, aki nagy hatással volt rá az önálló, alkotó gondolkodás kifejlesztésében. (Érdekes, hogy *Wigner Jenő* is a matematikatanárát szokta emlegetni nagy tisztelettel, akinek sokat köszönhetett.) Jól emlékezett egy-egy kitűzött matematikai versenyfeladatra, amelynek a megoldása nemcsak hipnotikus elmélyedést, de lankadatlan kitarást is igényelt. Középiskolai tanulmányai alatt a matematika és a fizika azért hatottak rá különös vonzóerővel, mert a megfelelő tankönyvek gazdag példatárral voltak

ellátva, ami bőséges alkalmat adott az önálló gondolkodásra és igényes szellemi munkára.

Felsőfokú tanulmányait a budapesti tudományegyetemen, matematika-fizika szakon végezte. 1906-ban szerzett középiskolai tanári oklevelet. Az egyetemen *Eötvös Loránd*tól tanulta a kísérleti fizikát. Eötvöst nagyon tisztelte, példaképének tekintette. Életútjára történő visszaemlékezéseiben gyakran elmondta, hogy Eötvösnek köszönheti a tudományos mélységekbe való bepillantást. A matematikát is kiváló tanároktól hallgatta: *Kürschák József*től, *König Gyulától* és *Beke Manótól*. Az elméleti fizikával már nem volt ilyen szerencséje. Ennek *Fröhlich Izidor* volt a tanára, akinek tudományos szemlélete túlságosan maradi volt. Az ő aktív tanárkodása idején már ismert volt a relativitáselmélet és a Bohr-féle kvantumelmélet, de az ő előadásain az elektromosság Maxwell-elmélete sem szerepelt. A mintegy félévszázados tanári működése alatt az elméleti fizika oktatása nagyon elmaradt a kor színvonalától. A tanszékvezetésben őt követő *Ortway Rudolf* érdeme, hogy ezt a lemaradást igyekezett pótolni. A *Sommerfeld*-nél töltött tanulmányútjáról hazatérve, ő tartott először egyetemi előadásokat a kvantumelmületről. A relativitáselmélet őt nem vonzotta. Ezt a tárgyat a budapesti egyetemen először Novobátczy adta elő még középiskolai tanár korában, meghívott előadóként. Visszatérve Novobátczy egyetemi tanulmányaihoz megemlítem, hogy a híres Eötvös József Kollégium diákjaként volt az egyetem hallgatója. Erre mindig nagy tisztelettel és elismeréssel emlékezett vissza. A Kollégium tudományos szelleme egész életét meghatározó hatással volt rá. Érdemes felidézni erre vonatkozó nyilatkozatát, amelyet 80. születésnapján mondott: „Még ma is szerencsémnek tartom, hogy egyetemi tanulmányaimat a volt Eötvös József Kollégium növendékékként végezhettem. Még fülemben cseng *Bartoniék Géza*, az akkori igazgatónak feledhetetlen szózata: »Mindenkinek, aki ezt a küszöböt átlépi, vegye tudomásul, hogy élet-hossziglan frigyét kötött a tudománnyal.«” Szentségtörésnek számított, ha valaki lazább felfogással nem tekintette életcéljának a tudomány művelését. Novobátczy Károly hű maradt a kollégium szelleméhez, mert egész életét a tudománynak és az ifjúság tanításának szentelte. Utóbbi tekintette élete legfontosabb feladatának.

Középiskolai tanárként szabadidejében igyekezett pótolni, amit az egyetemen az előadások elmulasztottak. Előbb az elektromágnesség Maxwell-Faraday-féle térelméletével ismerkedett meg. Ez az elmélet a newtoni mechanika szemléletéhez képest merőben új felfogást hozott a fizikába. Nevezetesen, az *erőtér* fogalmát vezette be. Az *erőtér* közvetíti a kölcsönhatásokat a töltések és áramátjárta vezetők között. *Maxwell* még a mechanikai kép alapján gondolta az elektromos és mágneses hatásnak a közvetítését. Feltételezte, hogy a világmindenséget kitöltő rugalmas tulajdonságú éter feszültségi állapota a közvetítő ágens. Csak amikor a relativitáselmélet megdöntötte az éter fogalmát, akkor kapott az *elektromágneses tér* önálló fizikai szerepet. Novobátczy már ebben a modern szellemben tekintette a Maxwell-elméletet. Egyik korai tudományos dolgozatában ennek alapján foglalkozott a fényelhajlás elméletével. Tudományos éleslátására jellemző, hogy olyan nagy fizikus munkájában is észre-

vette a gyenge pontot, mint *Kirchhoff*, aki a fényelhajlás elméleti leírására egy, a tapasztalattal jól egyező képletet adott, a Kirchhoff-integrál alakjában. Az integrál kiértékelése közelítő feltevésekkel lehetséges. Novobátczy azt vette észre, hogy ezek a feltevések ellentmondásban vannak az egyik Maxwell-egyenlettel, nevezetesen a $\text{div}\mathbf{E} = 0$ -val. Másrészt, a Kirchhoff-féle tárgyalás nem teszi lehetővé az elhajlított fény polarizációjának meghatározását. A Maxwell-egyenletekre alapozott következetes gondolatmenettel a fényelhajlásnak olyan elméleti tárgyalását adta meg, amely kiküszöböli az említett ellentmondást, és a polarizációs állapotot is leírja.

Még egyetemi hallgató sem volt, amikor a kvantumhipotézissel, majd öt évvel később a relativitáselmélettel elindult a fizika huszadik századi forradalma. Ismeretes, hogy *Max Planck* 1900-ban a hőmérsékleti sugárzás energiasűrűségének a rezgésszám szerinti eloszlását azzal a merész feltevéssel tudta a tapasztalattal egyező módon megmagyarázni, hogy *az oszcillátor energiája nem folytonos, hanem a rezgésszámmal arányos, bv kvantumok egészszámú többszöröse* (h a Planck-állandó, ν a rezgésszámot jelenti). Ez a feltevés a klasszikus fizika fogalomvilágától annyira idegen volt, hogy maga Planck is kezdetben matematikai munkahipotézisnek fogta fel, és úgy gondolta, hogy a valóságban az energia természetesen folytonos. Hosszú évek töprengése és sikertelen próbálkozása után látta csak be, hogy a h hatáskvantum nem illeszthető be a klasszikus fizika fogalmi közé. A h -val valami egészen új kezdődött el a fizikában. A fizikai mennyiségek folytonosságáról vallott korábbi klasszikus kép ezzel a hipotézissel egy csapásra romba dőlt. Itt nem a régi fogalmak kiterjesztéséről vagy általánosításáról volt szó, hanem a régiek teljes revíziójáról. A kvantumhipotézis mély fizikai jelentőségét először *Albert Einstein* ismerte fel, és ennek alapján sikerült megmagyaráznia a korábban ismert, de a klasszikus fényelmélet alapján nem érthető *fényelektromos jelenséget*. Az energia kvantumosságából eredő fogalmi zavart tovább fokozta az öt évvel később ugyancsak Einstein által közzé tett dolgozat a speciális relativitás elméletéről. Ebben még alapvetőbb fogalmak újragondolása szerepelt, nevezetesen a *tér* és az *idő abszolút voltának* megszüntetéséről volt szó. Ezek az új gondolatok a newtoni mechanikán és a Maxwell-elméleten felnevelkedett fizikusok körében szinte szentségtörésként hatottak. Még a legnagyobbak körében is ellenállást vagy legalábbis kétkedést váltottak ki. Csak évek múltán, miután a tapasztalat megerősítette az új eszmék következményeit, vették rezignáltan tudomásul, hogy valami új kezdődött el a fizikában. Így volt ez hazánkban is. A budapesti egyetemen különösen a relativitáselmélet nem talált szívélyes fogadtatásra. Említettük, hogy Fröhlich Izidor még az elektromágneses térelméletről sem vett tudomást. Eötvös és a fiatal *Zemplén Győző* annyira idegennek tartották az új elméletek fogalomvilágát, hogy nem tudtak megbarátkozni velük.

A fiatal középiskolai tanár Novobátczy Károlyra – az ő elmondása szerint – a kinyilatkoztatás erejével hatottak az új gondolatok. Tudományos éleslátására jellemző, hogy középiskolai tanárként, a nemzetközi kapcsolatoktól elszigetelten felismerte azok óriási jelentőségét. Nagy

lelkeseiddel fogott hozzá a relativitáselmélet tanulmányozásához. Erről tanúskodnak többek között azok a széljegyzetek és kiegészítő megjegyzések, amelyeket a Hermann Weyl által 1918-ban írott, az általános relativitáselmélettel foglalkozó *Raum, Zeit, Materie* című monográfia oldalaira kézírással tett. Az általános relativitáselmélet a gravitáció modern elmélete. Nem túlozunk, ha azt mondjuk, hogy a kvantummechanika mellett a huszadik század legragyogóbb fizikai elmélete. Majdnem száz évvel az elmélet megszületése után, ma is az egyik legnagyobb érdeklődést kiváltó fejezete napjaink fizikájának. Különösen a Világegyetem szerkezetére és fejlődésére vonatkozó megállapításai állnak az asztrofizikusok és a részecskefizikusok érdeklődésének élvonalában. Röviden kifejezve, az elméletnek az a lényege, hogy a tömegek határozzák meg a négydimenziós tér-idő geometriáját az Einstein által felírt gravitációs téregyenletek szerint. Ez a geometria a tömegek közelében nem az euklideszi mértan törvényeit követi, hanem a Riemann-féle görbült tér-idő szabályait. Az elmélet szerint a testekre nem hat semmilyen erő, azok tehetetlenségi mozgást végeznek a görbült tér-időben. John Wheeler szavaival kifejezve, „a tömegek megmondják, hogy milyen legyen a tér-idő szerkezete, az utóbbi pedig azt, hogy a tömegek hogyan mozogjanak benne”. Einstein évtizedeken keresztül vallotta, hogy a gravitáció nem foglalhat el olyan kitüntetett különleges helyet a fizikában, mint amit az általános relativitás mutat. Szinte megrögzötten fáradozott azon, hogy az elektromágnességet is, a gravitációhoz hasonlóan, geometriai alapon magyarázza. Ez a lelkesítő program a múlt század húszas éveitől kezdve Einstein hatására olyan kiváló fizikusokat is magával ragadott, mint Schrödinger és Weyl. Az ilyen témájú kutatásokba Novobátzky Károly is bekapcsolódott, és 1929-től kezdve hat dolgozata jelent meg e témakörben. Ez a kutatási irány nem érte el azt a célt, amelyet Einstein és követői reméltek tőle. Az utóbbi két évtized kutatásai azt mutatják, hogy a különféle fizikai terek egységes elméletbe foglalása más úton remélhető. Ebben a Novobátzkyra emlékező írásunkban arra mindenképpen érdemes rámutatni – még ha nem is vezettek ezek a kutatások a kívánt eredményre –, hogy a kor legnagyobbjai által művelt témakörökben, *középkorai tanárként* tudott olyan eredményeket felmutatni, amelyekre hazánk határain kívül is felfigyeltek.

A relativitáselmélet egész életében érdekelte. Megemlítem egyik szép eredményét, amelyre élete vége felé úgy emlékezett, mint a legértékesebb munkájára. Ez az elektromágneses tér dinamikájának mélyebb megértését teszi lehetővé szigetelő közegekben. A felvetett probléma megoldásának a kulcsát a relativitáselmélet egyik variációs elvének a felhasználásával találta meg. A probléma még a huszadik század első évtizedében vetődött fel. Az általánosan elfogadott megmaradási tételekből következik, hogy az elektromágneses térnek van energiája és impulzusa. A tétel matematikai alakban történő felírásából, a vákuumbeli esetre alkalmazva, az is kiderül, hogy milyen kifejezésekkel adhatók meg ezek a mennyiségek. Azonban nem ilyen egyértelmű a helyzet, ha valamilyen közegben vizsgáljuk az elektromágneses teret. Szigetelőkben például több kifejezés is szerepel az irodalomban

a tér impulzussűrűségére vonatkozóan. Különösen kettő váltott ki nagyobb érdeklődést és vitát. Az egyik M. Abrahamtól, a másik H. Minkowskitól származik. Mindegyik mellett sorakoztak fel érvek és ellenérvek. Szimmetrikus volta miatt az Abraham-féle élvezett nagyobb előnyt. A problémához többek között olyan nagyságok szóltak hozzá különféle fizikai érvek felhozásával, mint Einstein, Laue, Møller, Tamm és Ginzburg. A kérdés a század első felében mintegy öt évtizeden keresztül fel-felbukkant a szakmai folyóiratokban. Novobátzky Károly a negyvenes évek végén szólt hozzá a problémához, rendkívül világos és egyszerű okfejtéssel. Gondolatmenete a következő. A szigetelőbeli elektromágneses tér alapegyenletei egy variációs elv Euler–Lagrange-egyenleteiként írhatók fel. Ha a hatásintegrált a g_{ik} metrikus tenzor szerint variáljuk, akkor egyértelműen megkapjuk a tér T_{ik} energia–impulzus-tenzorát. Ez a negyedik oszlopában tartalmazza a tér energiasűrűségét, és az impulzussűrűség komponenseit. Az így adódó T_{ik} tenzor származtatásánál fogva szimmetrikus, és megegyezik az Abraham-féle tenzorral. Negatív divergenciája a szigetelőre, valamint a benne lévő töltésekre és áramokra ható erő sűrűségét adja meg. Az energia–impulzus-tenzornak Novobátzky-féle egyértelmű levezetése eldöntötte a több évtizede tartó vitát, és olyan nagy fizikusokat is, mint a Nobel-díjas Igor Tamm, korábbi nézetének megváltoztatására bírta. Megjegyzem, hogy a vita azért húzódnak el ilyen hosszú ideig, mert a kettő közötti különbség a belőlük származtatható erőben olyan kicsi volt, hogy sokáig nem sikerült kísérletileg kimutatni. A Novobátzky-cikk megjelenése után több mint negyed századdal, 1975-ben ez is sikerült, és az Abraham-tenzor javára döntött. A teljesség kedvéért jegyzem meg, hogy Novobátzky fiatal tanítványainak néhány tagja a témakör valamennyi elgondolható vonatkozását, még a fenomenológiai kvantumelektrodinamikai következményeket is alaposan tanulmányozták, és teljes megnyugvással erősítették meg az Abraham-tenzor érvényességét a Minkowski-félevel szemben. Említettem már, hogy Novobátzky élete vége felé, amikor visszatekintett egy interjúban a megtett gazdag életútjára, ezt a tudományos eredményét tartotta a legértékesebbnek.

A relativitáselméleti témakör befejezéseként felidézem idevágó egykori nyilatkozatát. „Einstein a modern Kopernikus. Mert amint Kopernikus a geocentrikus rendszert megmászította, és a heliocentrikus rendszerre tért át, ugyanúgy a relativitás elmélete az új gondolkodásnak a kútforrásává vált. Az új idők fizikája ma két oldalról fogja karon a szakembert: a relativitás elmélete balról, a kvantumelmélet jobbról. Megállást nem tűrve viszi magával az új és újabb megismerés felé.” Ez a megnyilatkozása azt mutatja, hogy a relativitáselmélet mellett a kvantumelmélet is milyen nagy hatással volt rá. Ide kívánczik egy tőle származó másik idézet. „Meg vagyok győződve, hogy századunk elméleti fizikájának két legragyogóbb gondolata egyfelől Heisenbergnek az a felismerése, hogy minden fizikai mennyiséghez megfelelő operátor rendelődő, másfelől Einsteinnek az a megállapítása, hogy gravitációs erő a szó mechanikai értelmében nincs, hanem a jelenlevő tömegek által görbített tér-időben a testek tiszta tehetetlenségi mozgást végeznek.”

A kvantumelmélettel kapcsolatban is több érdekes, az elmélet alapkérdéseit érintő dolgozata jelent meg. Ezek közül csak egyet említek meg. Azt, amelyiket a kvantumelektrodinamikával foglalkozó fontosabb monográfiák is idéznek. A kvantummechanika alapgondolatainak az elektromágneses térre történő kiterjesztésénél, a kvantumelektrodinamika megalkotásakor mindjárt az elején felmerült egy probléma, nevezetesen a következő. Az elektromágneses sugárzásnak, a kétféle polarizációs állapotnak megfelelően, két független komponense van. Ugyanakkor az elméletben ennél többel van dolgunk, akár a térerősségeket vagy a négyespotenciálokat tekintjük térmennyiségeknek. A fölösleges komponensek kiküszöbölésére különféle eljárásokat dolgoztak ki. Legismertebbek azok, amelyek valamilyen mellékfeltételt (Lorentz- vagy Coulomb-mértéket) használnak. Novobátczy általában nem kedvelte sem a bonyolult módszereket, sem azokat, amelyek közvetlen fizikai értelemmel nem rendelkező mennyiségeket vagy egyenleteket vesznek figyelembe. Ez a felfogása – párosulva azzal a meggyőződéssel, hogy az elektromágneses tér dinamikáját leíró alaptörvények átfogó érvényüknél fogva nem szorulnak mesterséges matematikai fogásokra – vezetett olyan tárgyalásmódot kidolgozásához, amelyben a tér egyenletek maguk kiküszöbölik a fölösleges komponenseket. Ez a dolgozata méltán váltott ki nemzetközi elismerést, hiszen azon a ponton fejlesztette tovább az elméletet, ahol Heisenbergen és *Paulin* kívül olyan nagyságok hagyták kézjegyüket, mint *Fermi* és *Dirac*.

Nem lehet eléggé hangsúlyozni, hogy Novobátczy középiskolai tanári munkája mellett, *gimnáziumi tanárként jutott el a kvantumtérelméleti kutatások nemzetközi élvonalába*. Nemcsak tanítványa volt Eötvös Lorándnak, hanem a szó valódi értelmében *tudós tanár* volt, miként azt Eötvös a középiskolai tanárok többségénél szerette volna. Egyik rektori beszédében a fizikatanárok képzésével kapcsolatban azt mondta, hogy képezzük őket tudóssá, hogy legyen olyan foglalatosságuk, amely nem hagyja őket elszűrőlni a mindennapok gondjai közepette.

A kvantummechanika akkor aratta első nagy sikereit, amikor különféle anyagszerkezeti problémákra alkalmazták. Lenyűgöző hatása lehetett, amikor a kémiai kötés megmagyarázásával egy csapásra értelmezni tudta az elektromosan semleges atomok molekulákká történő összeállását, és a spin segítségével a kémiai elemek vegyértékét. A mindennapi életre kifejtett hatását tekintve elég utalni a különféle anyagok vezetési tulajdonságainak a kvantummechanika alapján történő megismerésére, a félvezetőkre és azok igen széleskörű alkalmazására. Érdekes, hogy Novobátczyt az ilyen alkalmazás jellegű kérdések kutatása nem vonzotta, pedig előadásaiban a legújabb alkalmazások is szerepeltek. Tehát lépést tartott az elmélet fejlődésével. Őt az elvi jelentőségű kérdések, valamint az alaptörvényekhez vezető logikai út kritikai elemzése érdekelte inkább. Jellemző tudományos gondolkodására, hogy csak akkor lépte át egy-egy elmélet határait, ha a tapasztalat kényszerítő ereje is ezt igazolta. Ilyenkor viszont azonnal az új felismerés mellé állt. Nem ragaszkodott a régi fizikai világnépfogalmihoz, ha azok az új jelenségekkel merőben ellentétesek voltak. Ugyanakkor izgatta az ok, amely a régi fogalmak feladására készítette a kutatást.

Ezzel magyarázható, hogy több dolgozatában igen gondos elemzéssel vizsgálta, hogy a klasszikus mechanikából kiindulva, hogyan lehet eljutni a kvantummechanikai mozgástörvényhez. Hol van az a határ, ameddig még használhatók a klasszikus fizika fogalmi. Élete utolsó évtizedében többször visszatért ahhoz a gondolathoz, hogy az energia kvantáltsága nem következik-e valamiképpen a klasszikus fizikából. Másként kifejezve, a Planck-féle kvantumhipotézis törést jelent-e a klasszikus fizika fejlődési vonulatában. Tükröző falakkal bezárt üregben kialakult elektromágneses sugárzás energiáját, majd abból a fájhót a klasszikus Boltzmann-statisztika alapján meghatározva, megmutatta, hogy a termodinamika harmadik főtétele szükségképpen elvezet az oszcillátorenergia kvantum voltához. Ebből arra következtet, hogy nem kell hivatkozni a tapasztalat és a klasszikus fizikai elmélet közötti ellentmondásra, mert a fenomenológiai termodinamika harmadik főtétele kikényszeríti az energiakvantum bevezetését. A szilárd anyagok fájhójének viselkedése az abszolút zérus pont közelében is ellentmondásban van a klasszikus elmélettel, és az ellentmondás az energiakvantum bevezetésével oldható fel. A harmadik főtétel valóban mutatja a természet kvantumosságát, de az igazsághoz hozzátartozik, hogy a harmadik főtételt *Nernst* a kvantumhipotézis után hat évvel állapította meg.

Novobátczy kutatási módszerét illetően megjegyezhetjük, hogy nem szerette a szövevényes, bonyolult levelezéseket. Meg volt győződve arról, hogy a természet alapigazságai egyszerű alakban mutatkoznak meg. Kedvenc kutatási módszere volt a variációs elvek alkalmazása. Heurisztikus erejüknél fogva bennük látta a természettörvények legáltalánosabb megfogalmazásának a módját. Legszebb tudományos eredményeit is a variációs elvek alkalmazásával érte el. Tudományos eredményeinek vázlatos felvillantása, hézagos ismertetése után feltehető a kérdés: hogyan értékeli eredményeit az utókor? Nevéhez nem fűződik új természettörvény felfedezése, de tudományos értekezéseiben mindig a megismerés élvonalában álló kérdésekhez szólt hozzá kifinomító vagy általánosító, új felismerésekkel. Eredményei a huszadik század fizikáját teljesebbé tették, és hozzájárultak az új elméletek fogalmi tisztázásához. Hazánkban mindenképpen.

Munkásságának hazai hatása az elméleti fizikai kutatásoknak a modern területek felé való kiterjesztésében, tulajdonképpen megalapozásában, az oktatás magas szintre emelésében és kiszélesítésében mutatkozott meg. Körülötte az éppen akkor végzett fiatal tanítványokból nemzetközi mércével mérve is egy rangos tudományos iskola alakult ki. Ez kezdetben az ő kutatási irányaihoz kapcsolódott, vagyis a relativitáselmélet és a kvantumelmélet témaköreit érintette. Ahogy ez a csoport az egyetem és az Akadémia anyagi támogatásával erősödött, úgy bővültek a kutatási témák is. A kvantumtérelméleti vizsgálatokból nőtt ki a ma is legerősebb, hagyományosnak mondható kutatási irány, az elméleti részecskefizika. Sőt, nyugodtan mondható, hogy a magyarországi elméleti fizikai kutatások jelentősebb része innen származtatható. A tanítványok tanítványainak tudományos munkáiban is fellelhető a Novobátczy-iskola szellemisége. Ez a megállapításom azokra is vonatkozik, akik külföldre kerültek, és más tudományos

környezetben végzik munkájukat. Az Elméleti Fizikai Tanszék és a keretében működő akadémiai kutatócsoport az iskola szellemiségét megőrizve, a világ fizikai kutatásaira nyitottan, a legaktuálisabb kérdésekhez kapcsolódva végzi ma is a kutatásokat. Mivel már régen nem én vagyok a Tanszék és a Kutatócsoport vezetője, nem tűnhet hivalkodásnak vagy dicsekvésnek, ha azt mondom, hogy nemzetközi vonatkozásban is elismerten, magas szinten. (Egyébként különös ajándéka a sorsomnak, hogy ennek az iskolának elsőgenerációs tagja lehettem, sőt annak továbbfejlesztésében és életésében több mint negyed századon át, vezetőként tevékenykedhettem.)

Novobátzky elmúlt már hatvanegy éves, amikor Ortvy halála után meghívták az egyetemre a Tanszék vezetőjének. A fiatalokat felülmúló lelkesedéssel és energiával látott hozzá az oktatás tartalmának megreformálásához. A hagyományos elméleti tárgyak tananyagát kitűnő pedagógiai érzékkel állította össze, és új tantárgyakat vezetett be. Természetes, hogy az utóbbiak témaköreit, azok felépítését önállóan alakította ki. Felújította az Eötvös által bevezetett szemináriumok rendszerét. Ezek témájául olyan kérdéseket választott, amelyek csemegének számítottak az érdeklődő hallgatóságnak. Az elméleti fizika oktatását néhány év alatt olyan magas szintre emelte, hogy Európa számos rangos egyeteme megirigyelhette. Előadásaiiban a fizika egészen új fejezetei is sorra kerültek. Jól emlékszem, hogy a kvantumelméleti két féléves előadásában részletesen tárgyalta az elektromágneses sugárzás kvantumelméletét, vagyis a kvantumelektrodinamikát. Azt csak később, első tudományos munkám során, már munkatársaként tudtam meg, hogy az előadott tárgyalás az ő önálló munkája, amelyre tekintélyes fizikusok is elismerően hivatkoztak. Az előadásokat nemcsak tartalmukban, hanem módszereiben is megújította. Több fejezetnél olyan eredeti tárgyalást adott, amely jó hírű tankönyvekben sem szerepel. Az oktatás mellett jegyzetek és tankönyvek írásával is segítette a hallgatók munkáját. Külön méltatást érdemel *A relativitás elmélete* című tankönyve. Ez a monográfiának is beillő könyv számos olyan tételt tartalmaz, amely az ő eredeti munkája. Előadásain a fizika legújabb eredményei is olyan letisztult formában kerültek a hallgatóság elé, mint a legnagyobb mesterek keze nyomán kifinomult klasszikus tételek. Szinte a kinyilatkoztatás erejével hatot-

tak. Sok tanítványa az ő hatására választotta az elméleti fizika alkotó művelését és tanítását élethivatásának. Ez a tanító–nevelőképessége vonzotta köréje a tanítványokat, akik a Novobátzky-iskolát alkották. Élete vége felé egyszer úgy nyilatkozott, hogy ezt tekinti tudományos és oktató–nevelőmunkája legszebb eredményének.

A tudós tanár Novobátzky Károly élete, a hivatását és munkáját tekintve, teljesnek mondható. Minden tudományos problémát, amellyel foglalkozott, megoldott és lezárta. Tudományos iskolát teremtett, és még életében megtapasztalhatta annak virágzását. Családot nem alapított, nőtlen volt, pedig a gyerekek érdekelték. Az órája utáni rendszeres tanszéki beszélgetések során a fizika aktuális kérdései mellett gyakran érdeklődött kis gyermekeink iránt. Ilyen alkalmak után többször gondoltam arra, hogy talán hiányzott neki a család. Magányos nem volt, mert két hajadon húgával élt együtt. Nagyon szerényen, mondhatni spórolósan élt. Arra törekedett, hogy egy kis pénzt gyűjtsön, hogy az ő halála után nővérei anyagiakban ne nagyon szűkölködjének. Ezek ugyan nem tartoznak a tudós tanári egyéniséghez, de úgy érzem, hogy így, ezek felemlítésével teljesebb a kép. Teljesebb, de mégis elég hézagos. Egyrészt azért, mert a fiatalabb éveiről semmit nem tudunk mi sem, kivéve azt, hogy egész fiatal korában magas rangú (talán vezérkari) katonatiszt szeretett volna lenni. Másrészt nem említettem azokat a születésnapra köszöntő „tanszéki értekezleteket”, amelyek a tanszéki dolgozószerződés és tantermen kívüli mesterünk emberi oldalát mutatnák meg. Az emléke előtt tisztelgő kis írásomat az ő szavaival fejezem be. Amikor az egyik riportban arról beszélt, hogy az újat kutató fizikus, aki egy személyben fiatal diákok között élő tanár is, nem tud megöregedni, a következőket mondta: „A harcos fiatalsággal karöltve menetelek, és ha a végzet holnap vagy holnapután kidönt a sorból, még most is fiatal szívvel búcsúzom.” Ez a búcsú harminchat évvel ezelőtt, 1967. december 20-án, a tanulmányi félév utolsó napján volt. Az elméleti fizika oktatása és kutatása az Eötvös Egyetemen az ő szellemi örökségén folytatódik tovább, a tudomány újabb eredményeit és a társadalom igényeit figyelembe vevő folyamatos megújulásban.

Nagy Károly
ELTE Elméleti Fizikai Tanszék

SIMONYI KÁROLY ÉS A MAGYAR RÉSZECSEGYORSÍTÓK

A részecskegyorsítók a 20. század 30-as évei óta a korszerű atommag-fizikai kutatás nélkülözhetetlen eszközei, amelyek létrehozása igen komplex mérnöki, fizikusi ismereteket igényel. Az alább felsorolt gyorsítók – a 13. pontban említettek kivételével – kizárólag a KFKI-ban készült tervek alapján, a KFKI és a hazai ipar kivitelezésében készültek el (néhány, kereskedelembe kapható külföldi részegység kivételével).

1) *Bay Zoltán* már 1939-ben tervbe vette egy kaszkád-generátor megépítését. A József Nádor Műszaki és Gaz-

daságtudományi Egyetem Atomfizikai Tanszékén (amely *Aschner Lipót* kezdeményezésére és támogatásával jött létre) *Varga Géza* tervei alapján készült el az 1 MV-os Cockcroft–Walton feszültségforrás, majd *Simonyi Károly* és *Papp György* tervezésében a gyorsító számos részegysége. A háború közbeszólt, és a berendezés nagy része – elkészülte előtt – elpusztult. A megmaradt alkatrészeket a háború után épült különböző gyorsítókban használták fel.

2) Az első – ténylegesen működő – részecskegyorsító Simonyi Károly vezetésével 1949–1951 között épült meg

a Budapesti Műszaki Egyetem Bánya- és Kohómérnöki Kara Elektrotechnikai Tanszékén, Sopronban (750 kV-os, szabadtéri Van de Graaff-generátor, inhomogén terű gyorsítócsővel). Előzménye Sopronban egy 200 kV-os, majd egy 750 kV-os szabadtéri VdG feszültségforrás volt.

A 750 kV-os soproni gyorsítón végezték el 1951. december 22-én az első magyarországi atommag-reakciót, a ${}^7\text{Li}(p,\gamma){}^8\text{Be}$ elemátalakítást, amelynek küszöbenergiája 441 keV. Az ionforrás földpotenciálon, a target a nagyfeszültségű elektródban kapott helyet.

A 750 kV-os gyorsító – a KFKI megalakulása után – 1952-ben Budapest/Csillebércre került. A berendezés lényeges továbbfejlesztésével készült el a KFKI Simonyi Károly által vezetett Atomfizikai Osztály, Csillebércen az S-100 típusjelű, 1 MV-os szabadtéri Van de Graaff elektron-gyorsító, kemény fékezési röntgensugárzás (Bremsstrahlung) előállítására (150–800 kV, $\leq 40 \mu\text{A}$ elektronáram). A kísérleti témák: olajok sugárzástűrő képességének vizsgálata, élelmiszerek besugárzással való tartósítása, elektronok kisszögű szórása. A berendezést az 1950-es évek végén lebontották és raktározták (Csillebérc, Kiscelli Múzeum), majd 2001-ben a Budapesti Millenáris Parkba, az *Álmok Álmodói – Világraszóló Magyarok* kiállításon került bemutatásra. A kiállítás bezártával ismét lebontották. 2004. május 19-én ünnepélyes keretek közt állították fel az Eötvös Egyetem Atomfizikai Tanszékén, a Pázmány Péter sétányon levő Fizikustomb földszintjén (lásd címképünk).

Sopronban annak idején – ugyancsak Simonyi professzor vezetésével – megépítésre került egy AG-1 jelű nyomás alatti, 1 MV-os VdG feszültségforrás-prototípus, amely szintén Csillebércre került, és a későbbi, 4 MV-os, nyomás alatti VdG előtanulmányait szolgálta. Később elektron-gyorsítótá alakították át, de nem váltotta be a hozzá fűzött reményeket.

3) A KFKI Atomfizikai Osztályán – Simonyi Károly vezetésével – több gyorsító tervezése és építése kezdődött el. 1952-ben indult el a K-800 jelű, 800 kV-os, 4-fokozatú, szabadtéri, inhomogén gyorsítócsővű, Cockcroft–Walton kaszkádgyorsító tervezése és építése, a Műegyetemtől átvett alkatrészekkel. 1953-ban ezen a berendezésen már sikerült megismételni az 1951-es soproni ${}^7\text{Li}(p,\gamma){}^8\text{Be}$ atommag-reakciót. A K-800 1966–67-ig szolgálta a magfizikai kísérleteket (700 kV, $\leq 500 \mu\text{A}$ targetáram, p, d és He-ionok), egyes kísérletekben a ${}^9\text{Be}(d,n){}^{10}\text{Be}$ magreakció felhasználásával gyorsneutronforrásként is funkcionált. A szűkös, zsúfolt targethelyiség (vákuumszivattyúk, target, műszerek, sugárvédelem) és a befogadó terem magassága (átütés veszélye) igen nagy akadály volt a kísérleteknek.

4) 1953-ban felmerült egy második – K-600 jelű – 600 kV-os szabadtéri, inhomogén gyorsítócsővű, 3-fokozatú Cockcroft–Walton kaszkádgyorsító építésének terve. A gyorsító 1956-ban készült el, és az 1970-es évek közepéig működött mint p-, d-, He⁺- és Li⁺-iongyorsító. A készülék érdekessége volt, hogy az egyenirányító nagyfeszültségű ventilcsövek katódútításának energiaellátását rádiófrekvenciával oldották meg, és először alkalmaztak úgynevezett homogén terű gyorsítócsövet. Az rf-fűtés megoldás nem működött kielégítően, ezért áttértek nagyfeszültségű szelén egyenirányítók alkalmazására.

5) A KFKI Atomfizikai Osztálya a BME Simonyi Károly által vezetett Elméleti Villamosság-tan Tanszéke részére megépített, illetve átadott egy szabadtéri, névlegesen 700 kV-os Van de Graaff elektron-gyorsítót a hallgatói mérések céljára. Az alacsony helyiség a berendezés feszültségét erősen korlátozta.

6) 1952/53-ban felmerült egy AG-12 típusjelű, 12 MV-os, nyomás alatti VdG tervezése és építése. Az előtervet Simonyi Károly vázolta fel, de kiderült, hogy a cél sok vonatkozásban irreális (pénz, tapasztalat, anyagok, technológia, ipari háttér hiánya), ezért a tervezéssel már annak korai szakaszában leálltak.

7) 1957-ben elkészült a KFKI Atomfizikai Osztályán az NG-200 típusjelű, 200 kV-os, szabadtéri Cockcroft–Walton kaszkádgenerátorra alapozott neutron-generátor, amely ${}^3\text{H}(d,n){}^4\text{He}$ magreakcióból (DT) származó, 14 MeV-es gyorsneutronokat szolgáltatott. Néhány évvel később a Magfizikai Osztályon egy 100 kV-os, úgynevezett „neutroncső” kifejlesztéséhez fogtak, mely szénhidrogén-kutató mélyfúrások karotázsvizsgálatát tette volna lehetővé. A tervek és a kísérleti darab elkészítése után ez a munka – ugyancsak pénz, tapasztalat és megfelelő ipari háttér hiánya miatt – sajnos félbeszakadt.

8) 1958-ban a KFKI a brüsszeli Világkiállításon egy működő VdG-generátort is kiállított, amely feltalálónak és névadónak, *Robert Jemison Van de Graaff*-nak a tetszését is elnyerte. Ez a készülék később a Budapesti Nemzetközi Vásáron is látható volt, majd a BME-re került.

9) 1964-ben a KFKI Magfizika II. Laboratóriumában megépült az első aktivációs analitikai célokat szolgáló, kisméretű, hordozható 120 kV-os, 14 MeV-es neutronokat szolgáltató, homogén gyorsítócsővű neutron-generátor (NA-1), majd az ezt a következő évben újabb két – továbbfejlesztett példány – követte (NA-2). Az elkövetkező években ezeket a neutron-generátorokat és a hozzájuk tartozó csőposta- és mérőrendszert a KFKI Műszaki Szakigazgatása kis sorozatban gyártotta. 1967-ben a Dunai Vasműben ipari felhasználásra megépített és üzembe állított ilyen rendszer – in situ oxigénmeghatározásra – első volt Európában. Összesen 33 db NA-típusú berendezés készült; ezek egy része belföldre, többségük külföldre került eladásra (SZU, NDK, Románia, Lengyelország).

10) 1952-ben – az AG-12 után – reális tervbe fogott a KFKI. Simonyi Károly vezetésével hozzákezdtek az AG-4 típusjelű, 4 MV-os, nyomás alatti, homogén terű, porcelán gyorsítócsővű VdG-gyorsító tervezéséhez és építéséhez. 1954-ben elkészült a feszültségforrás. Próbaüzemben, 17 bar gáznyomás alatt gyorsítócső nélkül 4,5 MV-ot értek el. Ettől kezdve a munka – elsősorban pénzhiány miatt – igen lelassult. A készüléket 1962 végén a KFKI III. épületéből az e célra épített XIII. épületbe telepítették át; ettől kezdve EG-2 néven szerepelt. Proton- és deuteron-gyorsítóként való üzembeállítására 1963-ban került sor a 0,8–3,7 MeV energiatarományban. 12 ezer mérési üzemóra teljesítése után, 1968-ban került sor az első rekonstrukcióra (tartály, szigetelőgáz-rendszer, nagyfeszültségű elektród és oszlop, osztólánc, PVA-val ragasztott, bórszilikát-üveg homogén terű gyorsítócső, analízáló mágnes stb.). A berendezés ettől kezdve az EG-2R nevet viselte. Felmerült a gondolat, hogy tandem rendszerűvé építsék át, de ennek komoly

költségigényű gépészeti, építési és épületgépészeti akadályai voltak, ezért a tervet elvetették. 1970-ben indult újra az üzem a 0,8–5,0 MeV energiatarományban (proton, deuteron, alfa-részecske, provizórikus kiosztómágnes). Később ferde terű gyorsítócső került beépítésre. 1977-ben üzembe állították az 5 targethelyet kiszolgálni képes, új kiosztómágnes, a korszerűsített vákuum- és nyalábvezető rendszert. 1979-ben került sor először ^{14}N -ionok gyorsítására 2 MeV-ig. Az energiakorlátot az analizáló mágnes tömeg-energia szorzata jelentette.

55 ezer mérési üzemóra teljesítése után, 1989-ben újabb rekonstrukció tervezése kezdődött el. 1991-ig összesen 70 ezer mérési üzemóra után kezdődött el ez a munka (nagyfeszültségű elektróelektronika, gázellátó rendszer, nagyfeszültségű osztólánc, SF_6 szigetelőgáz, analizáló mágnes és új térstabilizáló rendszere, nagyméretű targetkamra, összekapcsolás a NIK-vel (lásd 11. pont). A fizikai mérések 1993-ban indultak újra. A korábbi – klasszikus – alapvetési magfizikai mérésekhez képest előtérbe kerültek az alkalmazott magfizikai témák (anyagtudomány, felületfizika, félvezetőfizika, biofizika és ezek magfizikai technikái: Rutherford-visszaszórás [RBS], channelling, PIXE, ellipszometria, reakcióanalitika stb.). 2002-ben körülbelül évi 2000 mérési üzemóránál folytak ezek a kísérletek a 0,5–4,6 MV gyorsítófeszültség-tartományban, 1–10 μA p, d, $^4\text{He}^+$, $^{14}\text{N}^+$ -ionokkal, az energiastabilitás néhányszor 10^{-4} , 6 kiépített targethelyen.

11) 1974-ben a KFKI vezetése elhatározta egy 500 kV-os szabadtéri kaskád nehézion-gyorsító (NIK) megépítését. Az RMKI Gyorsítóberendezések Osztályán 1975-ben megkezdődött a tervezés, majd a részletes specifikáció és előtervek elkészülte után a KFKI Műszaki Kísérleti Üzeme megtervezte és legyártotta (ill. kooperációban legyártotta) a részegységeket. A kivitelezési munka – kapacitásgondok miatt – 1978-tól lelassult. A helyszíni szerelés 1982-ben befejeződött, majd a gyorsítón 1983-ban kipróbálásra került az argonionforrás. Ezután tervezték és építették meg a nagyméretű, sokfunkciós targetkamrát (mintamozgató és -váltó, hűthető-fűthető mintatartó).

Az első ionimplantálást 400 kV gyorsítófeszültséggel, 1984 márciusában végezték. A próbaüzem 1986-ban befejeződött; a nyaláb mérete és az implantált dózis széles határok között szabályozható, maximum 50 mm \times 50 mm

méretű mintán lehet separtetni a nyalábot (100–450 kV, 10–20 μA nemesgáz- és fémionok). Xenonig bezárólag izotóptisztaságú nyalábok állíthatók elő. A felhasználás elsősorban a mikroelektronika és a fémtechnológia területére terjed ki. A NIK-et – a nagyméretű targetkamra közbeiktatásával – 1997-ben közvetlenül összekapcsolták az EG-2R VdG-gyorsítóval. A megoldással zárt rendszerben, in situ lehet vizsgálni az implantált minta tulajdonságait; ez teszi a rendszert unikálissá. Kevés hasonló, kombinált rendszer működik a világon.

12) 2002-ben az EG-2R gyorsító egyik targetágra telepítésre került a Hamburgi Egyetemről térítésmentesen kapott proton mikronyalábformáló berendezés (*microbeam*), amely az addigi néhány tized mm méretű nyaláb helyett néhány mikrométer méretű nyalábot képes előállítani. 2002 végén a rendszer már 10 μm -es protonnyalábot szolgáltatott. A *microbeam*-rendszer segítségével a PIXE (Proton Induced X-ray Emission) magfizikai analitikai módszer mikrométer léptékű elem-mappinget tesz lehetővé.

13) A KFKI más szervezeti egységeiben is épültek, működtek gyorsítók (vagy gyorsító jellegű berendezések), de ezek létrehozása már nem elsősorban Simonyi Károly nevéhez, szellemi örökségéhez fűződik. Ezek, az Elektromágneses Hullámok Osztályának mikrotronja és LINAC-modellje, az ILU-3 szovjet ionimplanter, a 150 kV-os SAFI ionimplanter, az RMKI szovjet MT-1 tokamakja, az AEKI-ben kifejlesztett elektronsugaras hegesztőberendezés és a Termohidraulikai Osztály kaskádgenerátora. Simonyi Károly szellemi öröksége azonban gyümölcsözően fennmaradt: az ILU-3, a SAFI és a tokamak létrehozásában és üzemeltetésében is több – korábbi Simonyi-tanítvány – gyorsító szakember meghatározó szerepet játszott.

A gyorsítóberendezések tervezésében, építésében, üzemeltetésében és fejlesztésében kulcsszerepet játszó KFKI-munkatársak (alfabetikus sorrendben): *Berecz György, Berkes István, Bürger Gábor, Demeter István, Erő János, Horváth Béla, Karlovits József, Kálmán Gábor, Királybidi László, Klopfer Ervin, Kostka Pál, Mérey Imre, Pásztor Endre, Roósz József, Schmidt György, Siegler Jánosné, Varga László, Vályi László, Veres Imre.*

Klopfer Ervin
ny. főmunkatárs, KFKI

BOR PÁL

1919–2004

a tehetséggondozó tanár emlékére

A végtelen falban legyen egy tégl,
Lépcső, min felhalad valaki más,
Ekevas, mely mélyen a földbe ás,
Ám a kalász nem az ő érdeme.

Reményik Sándor: *Akarom*

Mi volt varázsa?

Életének 85. évében eltávozott közülünk *Bor Pál*, aki nemzedékekkel szerettette meg a fizikát, és számos szegedi, illetve orosházi kötődésű fizikus hálás neki, hogy

elindította ezen a pályán. Magával ragadó tanáregyéniség volt, a fizika iránt fogékony diákokkal nagyon jól megértette magát, és megfellebezhetetlen tekintélyt vívott ki magának a tanítványai körében. A nyiladozó értelmű diákokban a fizika iránti érdeklődést felkeltette és fenn-

tartotta. Közvetlen, jó humorú ember volt, de ugyanakkor fegyelemre, emberségre és a tények feltétlen tiszteletere nevelt. Rá igazán elmondható, hogy hiteles személyiség volt, akinek ösztönösen is elhittük, hogy amit tanít, az jó és igaz. A jelen írás nem csupán a feledhetetlen tanárnak állít emléket régi diákjai visszaemlékezései alapján, hanem egyúttal azt is vizsgálja, hogy mi lehetett a titka a tanítványaiban szunnyadó képességek hatékony kibontakoztatásának. Manapság, amikor a tehetséggondozás már szinte iparággá fejlődik, és módszereit mérnöki pontossággal dolgozzák ki [1, 2], a tehetségfelismerő és -gondozó tanár központi szerepe továbbra is pótolhatatlan marad. Ilyen szempontból is tanulságos Bor Pál (nekünk Palkó bácsi) életútja.

Matematika-fizika szakos középiskolai tanári diplomáját 1942-ben szerezte a Szegedi Tudományegyetemen, majd a II. világháború alatt és az azt követő évtizedben az orosházi Táncsics Mihály (Evangélikus) Gimnáziumban tanított. 1956-ban Szegedre, a Tanárképző Főiskola Fizika Tanszékére került, és innen ment főiskolai tanárként nyugdíjba 1981-ben.

Orosházi tanári évek

„Vele született érzékkel ismerte fel a tehetséget, és ha kellett, szigorú fegyelmezési módszert is mert alkalmazni annak kibontakoztatására.” – eleveníti fel emlékeit *Héjjas Endre* ny. főiskolai tanár, aki az orosházi gimnáziumban érettségizett 1948-ban. Példaként említi éles eszű osztálytársát, *Gyarmati Istvánt*, aki bizony az egyik alsóbb gimnáziumi osztályban meg is bukott fizikából. Ez akkora kihívást jelentett önbecsülésének, hogy megszerette és megtanulta a fizikát. A nyitott rendszerek (irreverzibilis) termodinamikája, különös tekintettel a disszipatív szerkezetek elméletének egyik megalkotója lett, és nevét együtt említik a Nobel-díjas (1977) *I. Prigogine*-nal.

„Nagy tudású és nagyra becsült fizika tanárunk volt, aki kiváló érzékkel tartotta egyben az osztályt.” – emlékszik vissza orosházi gimnáziumi éveire az 1951-ben érettségizett osztályból *Györgyi Sándor*, az SE Biofizikai és Sugárbiológiai Intézetének ny. egyetemi docense. Jellemző mozzanatként elevenedik fel benne több mint fél évszázad távlatából az az emlék, amikor a rendetlenkedő egyik diáktársát Palkó bácsi összegyűrt papírlappal dobta meg jókora távolságból. Ez nem csupán gyengéd figyelmeztetés volt a rakoncátlanuló fiatalembernek, hanem egyben figyelemfelkeltés is a többieknek a közegellenállás jelentőségére. Nagyon szerette és érdeklődéssel figyelte a természetet, nemhiába lett az iskola kirándulásvezető tanára. Ha csak tehette, mindig részt vett az érettségi találkozón, és őszintén tudakozódott a régi diákok sorsa iránt.

A szegedi feladatmegoldó szakkör

A hatvanas évek közepétől maga köré gyűjtötte a tehetségesnek tartott középiskolás diákokat Szeged gimnáziumaiból, és nekik fizika feladatmegoldó szakkört vezetett. A kéthetente megtartott foglalkozások számunkra ünnepet jelentettek, mert ezekre készültünk, és élményekkel gazdagodva távoztunk.

„Palkó bácsi felesége, Edit néni volt az általános iskolai matematika-tanárnőm, és ez szolgált ajánlólevélként ahhoz, hogy a szakkörbe elmehessek.” – idézi fel emlékeit *Iglói Ferenc* egyetemi tanár. Azt persze, hogy valaki ott is maradhasson, ki kellett érdemelni. Emlékszem, hogy az első ottlétem során, miután egy-két jó válaszom volt, a szakkör végén Palkó bácsi hozzám fordult, hogy: „Maradhatsz fiam!”. A szakkörön oldott volt a hangulat, de nem tűrte, ha a feladatmegoldás során bárki is beszélgetéssel zavarta a többiek koncentrációját. A feladatmegoldásban elvitathatatlan tekintélyű volt. A pályám során nem tudok még egy fizikust megnevezni, akinek szakmai ítéleteiben annyira megbíztam volna, mint benne abban az időszakban.

Nagyon világosan és pontosan magyarázott. A feladatok kiadása előtt gyöngybetűkkel felírta a táblára a lényeges tételeket és összefüggéseket. A fizikus észjárását és a nyitott értelem igényét próbálta belénk oltani. Kedvenc összehasonlítása az értelem és az ejtőernyő között is erre vonatkozott: „mindkettő csak nyitottan működik”. Soha nem oldotta meg a feladatot helyettünk, inkább kisegítő kérdésekkel igyekezett minket rávezetni a helyes megoldásra. A sikeres kísérletet szeme csillanásával és néhány dicsérő megjegyzéssel nyugtázta. Ez felvillanyozott bennünket, és nem is kellett sokkal több bátorítás.

Olyan légkört alakított ki, amelyben természetes volt mindenki számára a *Középiskolai Matematikai Lapok Fizika Rovata* feladataival való foglalkozás, amelyek megoldásához sokszor adott a vele folytatott diskuszió során apróbb ötleteket. A dolgozatok otthon nagy titokban és szinte mindig csak a beadás napjára készültek el. Gyakran találkoztunk egymással a Nagyalomás postájánál, amely a legkésőbb zárt Szegeden. Ezután már alig vártuk a következő szakköri foglalkozást, ahol előadhattuk az érdekesebbnek tartott megoldásokat, amelyeknek először Palkó bácsi éles kritikáját kellett kiállniuk. Ez jelentette számunkra a közel egy hónapos munka alóli végső feloldozást, de már izgatottan vártuk a következő hónapra kitűzött feladatokat. Noha valószínűleg így volt ez az ország számos más városában is, mint ahogy erről sok visszaemlékezés is beszámol [3], mi Palkó bácsit zártuk a szívünkbe, mert ő volt ennek a kis közösségnek a motorja.

„Szerettünk odajárni, és szinte mindnyájan a fizikusi pályát választottuk.” – vallanak *Szőkefalvi-Nagy Ágnes*, *Varga Zsuzsa*, *Vozáry Eszter*, *Jung József* és a *Bérczi* testvérek, *Alajos* és *Szaniszló*, a szakkör hajdani tagjai. Az ő érdeme, hogy ennyi év után is „egy akolból valónak” tekintjük magunkat. Úgy hagyott nyomot bennünk – és maga után –, hogy szinte nem tudjuk megmondani, mivel érte ezt el. Talán a hiányos emlékezet is az oka, de méginkább az, hogy Palkó bácsi az igazán kiváló tanároknak abba a csoportjába tartozott, aki nem a saját tudásának fölényével akart imponálni, hanem szinte félrehúzódva örült a tanítványok sikereinek, ami persze az ő katalizáló közreműködése nélkül nem jöhetett volna létre. A feltétel nélküli önzetlenség volt az egyik legszembevetőbb tulajdonsága. Ezt juttatja eszünkbe a mottóul választott vers is.

Nagy súlyt fektetett a tudománytörténeti adalékokra, a legnagyobb fizikusok legfőbb életrajzi adatainak bemutatására. Az ötvenes évek legelején megjelent gimnáziumi tankönyvében *Eötvös Lorándot* mint *Eötvös Józsefnek*, az 1848-as forradalmi kormány kultuszminiszterének, a kitűnő regényírónak fiát mutatja be [4]. Akkoriban nem volt mindennapos az 1848-as forradalmat tankönyvekben (sem) néven nevezni, és még inkább nem vonatkoztatási pontként használni. Közvetlenül sohasem politizált, de a maga nagyon rejtett és finom módján sejtetni engedte velünk, hogy az akkori berendezkedés nem a lehetséges világok legjobbika volt.

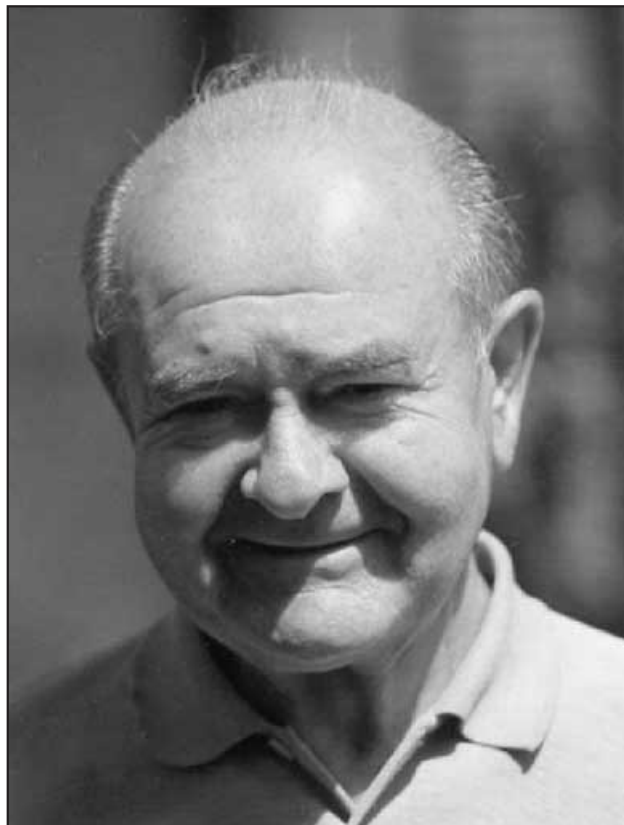
„Emlékszem az egyik szakköri foglalkozásra, amikor gömbi felületeknek síkra való leképezése került napirendre.” – idézi fel a múltat *Ormos Pál* akadémikus. Ismert, hogy a leképezés nagyon függ a projekció feltételeitől. Ennek bemutatására Palkó bácsi elővett egy akkori világtérképet, amelyen a hatalmas Szovjetunió mellett az Egyesült Államok eltörpült, érzékletesen mutatva a hirdett ideológiai fölény mellett a területi fölényt is a naiv szemlélődőnek.

A versenyszervező

Egyszemélyes szervezője és éltetője volt a Jedlik Ányos fizikai feladatmegoldó versenynek, amely Csongrád megye valamennyi középiskolájának fizikát tanuló diákja számára adott megemertetési lehetőséget minden évben. Ő állította össze a II–IV. osztályok számára a feladatokat, és vállalta a kiértékelés nem kis munkáját és felelősségét. Mi ekkor még nem láttuk ennek a vállalkozásnak hatalmas volumenét és intellektuális értékét, csupán a versennyel foglalkoztunk, és néha önös érdekek kerítettek hatalmukba. Ezeket a vadhajtásokat Palkó bácsi megértő bölcsességgel nyesegette. Az egyik verseny előtt engedélyt kértem Palkó bácsitól, hogy a felsőbb évfolyam versenyén is részt vehessek. Az engedélyt ugyan megadta, de a versenyek megegyező kezdési időpontjait nem változtatta meg. A döntés salamoni volt, mások érdekeit is figyelembe vette, de számomra a tétet megemelte. A hamiskás mosolya mögött azonban mégis éreztem a bátorító kihívást mindkét feladatsornak egy versenyidőn belüli megoldására.

Vozáry Eszter, a Kertészeti Egyetem docense, egy kedves és Palkó bácsi nyitottságára, rugalmasságára jellemző élményt elevenít fel: „Az egyik Jedlik Ányos-versenyen a kitűzött feladat megoldása két lehetséges eredményt is adott, de a konkrét kérdés csak az egyikre vonatkozott. Ezt meg is adtam. A dolgozat beadása után Palkó bácsi nyugtázta az egyik eredményt, de kereste a másikat is. Erre azt válaszoltam, hogy a feladat csak az egyik eredmény megadása volt. Palkó bácsi még egyszer elolvasta a kiadott feladatot, és igazat adott nekem, sőt még mondta is, milyen jó, hogy észrevettem.”

A középiskolai fizikafeladatok megoldásának elvitathatatlan érdeme, hogy a diákokban a fizikai fogalmak és törvények mélyebb megértését (letisztulását) segíti, ugyanakkor pontos és sokszor aprólékos munkára is kényszerít. Palkó bácsi nem csupán az alapötletre volt kíváncsi, hanem a numerikus végeredményre és a részle-



tes diskuszióra is. „A híd összedőlt” szokta volt mondani hibás numerikus számítás kapcsán. Akkor még elektronikus számológép nem lévén, mindenkinek megtanította a logarléc használatának apróbb-nagyobb trükkjeit, kezdve a helyes fogástól (milyen markolatnyomásra lehet könnyen tolni, illetve lezárni a csúszó nyelvet) a váltott léckezelésig.

Minden diákban ebben a fogékony korban megmaradt egy-egy különösen emlékezetes fizikai elv, tétel vagy ezek alkalmazása, amelyet Palkó bácsi ismertetett meg vele a szakkörök, a versenyek vagy a főiskolai tankönyvei [5] révén. Ilyenek számomra a merev test mozgására vonatkozó tételek. Akkoriban mű- és toronyugró voltam, és ezen elveknek saját testemen való (sokszor fájdalmas) megnyilvánulását számtalan variációban megtapasztalhattam. Különösen emlékezetes Palkó bácsi intelme a súlypontmegmaradásról (miszerint belső erőik nem befolyásolják a súlypont mozgását), amikor a trambulint elhagyva próbáltam a rossz ugrás ívét úgy befolyásolni, hogy ne essek rá a sávelválasztó úszóbójákra: „a kapálódzással csak az óhatatlanul bekövetkező kár nagyságát tudom csökkenteni, a súlypontom úgyis a bójasoron landol”. A tétel érvényességét kék-lila foltok nyomatékosították a testemen. Lám, ebben is Palkó bácsinak lett igaza.

Iglói Ferenc is gyakran emlékszik vissza sportolás közben azokra a fizikai alapelvekre, amelyekre vonatkozó ismereteket tőle tanulta: „Terepkerékpározás közben lejtős, rézsús úton sohasem fékezek, mert emlékszem Palkó bácsi kijelentésére, miszerint: »Ha a súrlódás az egyik irányban le van küzdve, akkor a másik irányban nem hat.« Fékezésnél pedig a bicikli a rézsún oldalt megcsúszik, és irányíthatatlanná válik.”

A tehetséggondozó tanárok nevelője

A róla alkotott kép nem lehet teljes a tanárképzésben, mint a tehetséggondozók nevelésében betöltött szerepének felidézése nélkül. Főiskolai éve alatt a fizikatanárok nemzedékei tanulták tőle a szakmát, és ismerkedtek meg látás- és gondolkodásmódjával, amivel egyszerűen élni és boldogulni segítette diákjait és kollégáit. Az előadásai nagyon tanulságosak voltak, a nagy gonddal előkészített és bemutatott kísérletei élményt nyújtottak, és gondolkodásra készítettek. Emlékszünk olyan kísérletre, amelynek bemutatása és sikere után a hallgatóság spontán tapsba tört ki.

Ezekről így vall *Bonifert Domonkosné* főiskolai docens, egykori diákja és tanártársa: „Pazar kísérleteivel szívrávnót varázsolt a lányok hajába, és megtanította, hogy a fény is örök valóság a tér és az idő mellett. Felhívta a figyelmünket, hogy mást jelent számolni, mint számítani, hogy nem ugyanazt jelenti a különböző, mint a különféle, hogy melyik görög betű hány soros, s hogy a nevelés pusztán dialektikus kapcsolat a fal és a borsó között. Megjegyeztük, hogy a hivatás szó a hívásból származik, s a hivatás megtalálása önmagunk megtalálását jelenti. »Hárabukkantál a hívásodra, meglelted a hivatásodat.« Önmagával példázta, hogy az élet léptéke a lélek, s a lélek léptéke a munka. Általa ismerhettük meg a másokkal való törődés és a magunkkal való törődés ekvivalenciáját. Tanításai során (udvarias szabadkozások közepette) gyakran abból indult ki, hogy az emberi intellektus ere-

dendő tulajdonsága a termékeny, izgalmas, de nem rendszertelen következetlenség. »Tudják, csak az ökör következetes (és a fizikus, amikor a mértékegységeket használja), de ettől lesz izgalmas a tanítás, ez véd meg az elszürküléstől.«

A temetési szertartásra nagyon sok régi tanítványa és tisztelője jött el, hogy végső búcsút vegyen Palkó bácsitól. A lelkész Jób szavaival vigasztalt bennünket [Jób 1/21]: „Az Úr adta, az Úr elvette, legyen áldott az Úr neve.” Noha a párhuzam Jób sorsával csak nagyon áttételes lehet, az áthallás mégis kézenfekvő. Ennél tömörebben, egy szavait mindig gondosan megfontoló tanárember életét és küldetésének eredményét nehezen lehetne megfogalmazni. A kísértés a fizika oktatása és a tehetségek gondozása formájában jelentkezett, és ennek áldozta aktív életét, miközben hitét és lelkét sikerült végig megőriznie.

Hittel és hálás köszönettel a régi tanítványok nevében
Maróti Péter
SZTE Biofizikai Tanszék

Irodalom

1. SZENDRŐ PÉTER: *Tehetségpártoló Baráti Köre – A tehetségek szolgálatában* – Magyar Tudomány 109/2 (2003) 249–253
2. FUSZEK CSILLA: *Mit csináltál a rád bízott talentumokkal?* – Magyar Tudomány 111/5 (2004) 649–652
3. HORVÁTHY PÉTER: *Szilveszteri mérleg 2002/2003* – Természet Világa 134/6 (2003) 248–251 és 302–307
4. BOR PÁL: *Fizika az általános gimnázium II. osztálya számára* – 42. old. Tankönyvkiadó, Budapest, 1953.
5. BOR PÁL: *Hőtan* – Tankönyvkiadó, Budapest, 1967.

VÉLEMÉNYEK

A KÍSÉRLETEZŐ TANÁR HELYETT KÍSÉRLETEZŐ DIÁK

Deja vu-érzés fog el itt az Akadémia falai között, mivel én még emlékszem arra, hogy a 70-es években az Akadémia elnökének védnöksége mellett létrejöttek a minden műveltségterületet átfogó, az akkori közoktatás egészét „megpezsztítő” Albizottságok. Jó szerencsémnek köszönhetően kezdő tanárként részt vehettem ebben a munkában, és a szaktudás mellett egy életre szóló motivációt, világlátást „mintát” kaptam többek között *Marx György*, *Kajtár Márton*, *Kőrös Endre* professzoroktól. Az ő megtisztelő figyelmük halálukig kísérte a munkámat. Számomra „szellemi inkubátorház”-at jelentett az a néhány év, amikor velük és még néhány kiváló középiskolai tanárral dolgozhattam együtt.

Kérdés: Miért nem (találkoztam) találkozunk a tanárok a legkiválóbb professzorokkal az egyetemi tanulmányaik során?

A hozzászólás elhangzott az MTA-n, 2003. november 28-án megrendezett *Természettudományos tanárképzés* című konferencián.

A természettudományokat tanító tanár szerepe, felelőssége és lehetőségei

Évek óta tanártovábbképzések tucatjait tartom országszerte. Tapasztalataim szerint a természettudományokat tanító tanárok általában másodrendű személynek érzik magukat az iskolában a divatos nyelv vagy informatikus kolléga mellett, pedig ha „lehajtott fejjel” megyünk be az osztályba, akkor képtelenek vagyunk valódi érdeklődést felkelteni mondandónk iránt. A frusztráltság, elfásultság okát abban látom, hogy gyakran a tanárok maguk sem motiváltak a tantárgyuk tanítására, azaz maguk sem tudják mi az a többlet, amit csak ők adhatnak a tanítványaiknak. (A feladat szerintem az élő és élettelen világ bemutatása, még inkább felfedeztetése a napi élettől eltérő szempontok szerint.)

Sokszor nincsenek felvértezve azzal a módszertani tudással, hogy hogyan keltsék fel és tartsák fenn éveig a figyelmet tantárgyuk iránt. Nem tudják, hogyan tehetik részesévé diákjaikat annak a szellemi kalandnak, melyet a tu-

dósok átélnek és amelyet a tanulók is átérezhetnének. A kísérletek, az apróbb felfedezések (rácsodálkozások) helyett maradnak a szabályok, a képletek, a rossz érdemjegyek.

Az eredmény közismert. Teljes a tájékozatlanság az ilyen témákban, és ami még ennél is sokkal rosszabb: idegenkedés, utálat a természettudomány iránt! (A tantárgy népszerűségi listáján a kémia, fizika évek óta az utolsó!)

Pedig némi anyagismeret és a természettudományos gondolkodás, szemlélet nélkül az emberek védtelenek, s így nyer egyre nagyobb teret az áltudomány, jóslás stb. Manipulálhatóságuk miatt az emberek, a potenciális szavazók könnyen félrevezethetők, például az atomenergia vagy környezeti kérdésekben stb.

Kérdés: Miért nem kapnak a tanárjelöltek, a tanárok lényegesen több konkrét segítséget a *mit oktassunk* mellett, a *hogyan tanítsunk* problematikájában is?

Hogyan kísérleteztessük nap mint nap örömmel tanítványainkat, ha se szaktantermünk, se eszközünk, se pénzünk, se időnk, ... nincsen?

A fenti című előadásra évek óta tódulnak a tanárok. Az igazság az, hogy ezt a kérdést először magamnak tettem fel. Ugyanis a hagyományos eszközök (kémcsövek, lombikok stb.), majd 200 évesek, ráadásul nem tanulókísérleteztetésre találtak ki azokat! Éppen ezért jóformán teljesen alkalmatlanok arra, hogy izgalmas, gondolkodtató, nemcsak szemléltető kísérleteket végezhesse a diákok bármely teremben, szobában, anélkül hogy veszélybe sodornák magukat. Ugyanakkora a tanárok időhiány miatt képtelenek ezeket az eszközöket előkészíteni, feltölteni, elmosni stb. (naponta legalább százat!). Az igényt, a példát a demonstrációs kísérleteknél lényegesen hatékonyabb tanulókísérleteztetésre a József Attila Gimnáziumban *Szántay Csabánétól* kaptam, „örököltem”. Tőle tanultam, hogy nemcsak a hagyományos eszközökkel lehet és érdemes kísérleteztetni.

Az új, általam kifejlesztett módszer minden iskolatípusban használható. A hozzá tartozó célszerű, többnyire multifunkcionális eszköz lehetővé teszi, hogy a diák akár minden egyes kémiaórán (ill. a biológia, fizika és környezetismeret egyes témaköreinél) kísérletezzon, ámulhasson az anyag változásainak csodáin. Az új módszer:

- diákbarát: Szinte azonnal élvezhető a látványos, „pukkanós, színes” kísérletek.
- tanárbarát: Az előkészítés és a mosogatás ideje csupán néhány perc/osztály.
- A kísérletek gyakorlatilag balesetveszély-mentesek
- „pénztárcabarát”: A készlet pótolhatja a több milliós kémiai előadót, ugyanakkor a felhasznált anyagmennyiség a hagyományosnak csupán százada, ezrede!!!
- környezetbarát: Helyesebben környezetkímélő, mivel rendkívüli energia- és vegyszer-takarékosság mellett a mosogatáshoz is jóformán csak hideg vizet használ. (Nem kell maró sav vagy szerves oldószer!)

A módszert ma a tanítványaim fejlesztik tovább. Az ő ötleteik, javaslataik alapján tökéletesednek az eszközök, ők találnak ki új kísérleteket, tesznek új felfedezéseket. A módszer 2002-ben a IV. Nemzetközi Feltalálói Kiállításon

Genius-díjat kapott. A szabadalmaztatott eszközök, ha nehezen is, de felkerültek az *OM taneszközajánló listájára*.

Kérdés: Miért kell protekció ahhoz, hogy egy tanárok által várt, workshopok tucatjain kipróbált nemzetközi sikereket is elérő eszközkészlet a „listára” felkerüljön?

A „kísérlet”

Nem egy hagyományos természettudományos kísérletről van szó! Módszerem eszmei sikere és az OM-ajánlás után kísérletet tettem a célszerű eszközök gyártására. A kísérlet sikertelennek bizonyult, ugyanis a taneszközügyártóknak csupán az üzlet kellett volna, de a megfelelő, a gyerekek kezébe adható minőséget, az olcsó árat, ráadásul az esztétikus kivitel nem tudták garantálni.

Új kísérletbe kellett kezdenem. Magam lettem vezetőtanári munkám mellett vállalkozó, gyártó, importőr, designer, marketinges és forgalmazó. Csúpan két segítőt van a munkában, egy szintén megszállott tanárnő és a fiam. Ebben a felállásban másfél év alatt majd 100 iskola tett szert a készletre. (Egyetemi szakmódszertantól tanyasi iskoláig.) Az első „doboz” hamarosan Erdélybe is elindul. A készlet elnyerte a legnagyobb elismerést, amit Magyarországon taneszköz remélhet: Hundidac Nagydíjat (2003) és Magyar Innováció Díjat (2004) kapott! Itt szeretném megköszönni a tanárkollégáknak, akik lelkesítettek, és a különböző társadalmi szervezeteknek, akik pályázatokon keresztül a munkám eszmei részében maximálisan támogattak.

Kérdés: Miért nincs tanárookra szabott innovációs pályázat? Miért nincs a módszertani ötletek kidolgozására, taneszköz kifejlesztésére „inkubátorház” a közoktatásban dolgozók számára is?

Vannak innovatív tanárok

Mindannyian tudjuk, hogy majd minden iskolában van egy-egy olyan tanár, aki valami különleges egyéni, de rendkívül hatékony módszerrel (eszköz segítségével) tanít. Ezek a módszerek nemcsak a diákot, hanem a tanárt is nap mint nap sikerélményhez juttatják. Sajnos azt is tudjuk, hogy ezek a kreativitást fejlesztő módszerek a tanárok távozásával eltűnnek az iskolából, az oktatásból.

Ezekre a tanárokra általában nem jellemző, hogy pályázzanak, hogy előtérbe helyezze magukat. Éppen ezért kötelességünk lenne őket felkutatni, módszerüket közkinccsé tenni. Ebben a munkában magam is szívesen segítenék¹.

Végezetül köszönöm a megtisztelő felkérést, hogy annak ellenére hozzászólhattam, hozzátehettem valamit a tanácskozáshoz, hogy nem vagyok se mester-, még kevésbé tudós tanár. Én csupán egy olyan ember vagyok, aki jól döntött, amikor a tanári hivatást választotta.

H. Fodor Erika
kémia vezetőtanár
ELTE Trefort Gyak. Gimn.

¹ A hozzászólás elhangzása óta az OM felkarolta ezt az ötletemet, és valószínű, lépni is fog a felvetett témában. A fentiek miatt kérem a kollégákat, hogy aki ismer a környezetében bármilyen szakos innovatív tanárt (akár saját magát is), akinek módszere érdemes lehet a széles körű elterjesztésre, kérem, jelentkezzen nálam. Nagyon köszönöm. E-mail: efodor@mail.datanet.hu