

Jelenleg az Eötvös Loránd Tudományegyetem Átalanos és Szervetlenkémiai Tanszékén működik az ESA-31 kisenergiájú elektronok mérésére szolgáló változata (ESA-32), ahol különböző mintákat vizsgálnak HeI és HeII besugárzással (UPS) [16, 17].

Utószó

Az elmúlt 40 év alatt 11 egyedi tulajdonságokkal rendelkező elektrosztatikus elektronspektrométer épült az ATOMKI-ban, amelyekből három jelenleg is az Intézetben működik. Három spektrométert más hazai kutatóhelyeken használnak, két spektrométerrel pedig külföldi intézetekben folytatnak kutatásokat. Egy spektrométerrel a lundi (Max2), illetve a hamburgi (DorisIII) szinkrotron nyalábján végzünk méréseket. Mindegyik analízátor sikeresen teljesítette a tervezésük során kitűzött célokat. A fejlesztő csoportban olyan elektrosztatikus spektrométerekhez értő kutatók nevelődtek ki, akiket külföldön is szívesen alkalmaznak hasonló rendszerek tervezésére.

Érdeemes még megemlíteni azok nevét, akik Varga Dezső meghatározó szerepe mellett hosszabb-rövidebb ideig részt vettek a fejlesztésekben: *Cserny István, Gulyás László, Kádár Imre, Kövér Ákos, Kövér László, Mórik Gyula, Redler László, Ricz Sándor, Sarkadi László, Sulik Béla, Szmola Ernő, Tóth József, Tőkési Károly*.

Végezetül fontos megemlíteni, hogy a spektrométereken kívül a mérésekhez elengedhetetlen a nagy pontosságú tápegységeket vezérlő és adatgyűjtő elektronika, valamint az ezeket vezérlő szoftver. Ezen egységek nagy része is az ATOMKI-ban készült. A vezérlő és adatgyűjtő rendszerek fejlesztési munkáinak bemutatása azonban már nem e cikk tárgya.

Irodalom

1. Varga D.: β -spektroszkópiától az atomfizikáig. *Fizikai Szemle* 54 (2004) 117.
2. D. Varga, I. Kádár, Á. Kövér, L. Kövér, Gy. Mórik: An electron spectrometer of double-pass cylindrical mirror type for nuclear spectroscopy and atomic physics. *Nucl. Instrum. Meth.* 154 (1978) 477.

3. Kövér L.: Elektronspektroszkópia és felületkutatás. *Fizikai Szemle* 54 (2004) 120.
4. D. Varga, I. Kádár, Á. Kövér, I. Cserny, Gy. Mórik, V. Brabec, O. Dragoun, A. Kovalik, J. Adam: Electrostatic spectrometer for measurement of internal conversion electrons in the 0.1-20 keV region. *Nucl. Instrum. Meth.* 192 (1982) 277.
5. Nuclear Physics Institute of the ASCR. *Nuclear Physics News* 20 (2010) 5.
6. D. Varga, Á. Kövér, L. Kövér, L. Redler: A distorted field cylindrical mirror electron spectrometer I. Calculation of the analyzer. *Nucl. Instrum. Meth. A* 238 (1985) 393.
7. Á. Kövér, D. Varga, I. Cserny, E. Szmola, Gy. Mórik, L. Gulyás, K. Tőkési: A distorted field cylindrical mirror electron analyzer II. Performances and application for studying ion-atom collisions. *Nucl. Instrum. Meth. A* 373 (1996) 51.
8. Sarkadi L.: Atomi ütközések fizikája. Három évtized kutatásai az ATOMKI-ban. *Fizikai Szemle* 54 (2004) 123.
9. B. Paripás, B. Palásthy: Coincidence electron spectrometer for studying electron-atom collisions. *Radiation Physics and Chemistry* 76 (2007) 565.
10. T. Veszptémi, G. Zsombok, L. Nyulászi, L. Kövér, Á. Kövér, I. Cserny: A new UV photoelectron spectrometer for investigation of molecular electronic-structures. *Vacuum* 37 (1987) 191.
11. D. Varga, I. Kádár, S. Ricz, J. Véghe, Á. Kövér, B. Sulik, D. Berényi: A spherical mirror-double cylindrical mirror electron spectrometer for simultaneous energy and angular distribution measurements: design, construction and experiences. *Nucl. Instr. Meth. A* 313 (1992) 163.
12. B. Sulik, Cs. Koncz, K. Tőkési, A. Orbán, D. Berényi: Evidence for Fermi-Shuttle ionization in intermediate velocity $C^+ + Xe$ collisions. *Phys. Rev. Lett.* 88 (2002) 073201.
13. S. Ricz, Á. Kövér, M. Jurvansuu, D. Varga, J. Molnár, S. Aksela: A high-resolution photoelectron – Auger electron coincidence study for the $L_{23}-M_{23}M_{23}$ transitions of argon. *Phys. Rev. A* 65 (2002) 042707.
14. S. Ricz, T. Ricsoka, K. Holste, A. Borovik Jr., D. Bernhardt, S. Schippers, Á. Kövér, D. Varga, A. Müller: Interference effect in the dipole and non-dipole anisotropy parameters of the Kr $4p$ photoelectrons in the vicinity of the Kr $(3d)^{-1} - np$ resonant excitations. *Phys. Rev. A* 81 (2010) 043416.
15. D. Varga, K. Tőkési, D. Berényi, J. Tóth, L. Kövér, G. Gergely, A. Sulyok: Energy shift and broadening of the spectra of electrons backscattered elastically from solid surfaces. *Surface and Interface Analysis* 31 (2001) 1019.
16. Csákvári B., Nagy A., Zanathy L., Szepes L.: Változatos kémiai felhasználású VUV fotoelektron-spektrométer (ATOMKI ESA 32). *Magy. Kém. Foly.* 98 (1992) 415.
17. Szepes L.: A kémiai kötés tanulmányozása gázfázisú fotoelektron-spektroszkópiával. *Fizikai Szemle* 60 (2010) megjelenés alatt.

NOBEL-DÍJAS CSALÁDOK – II.

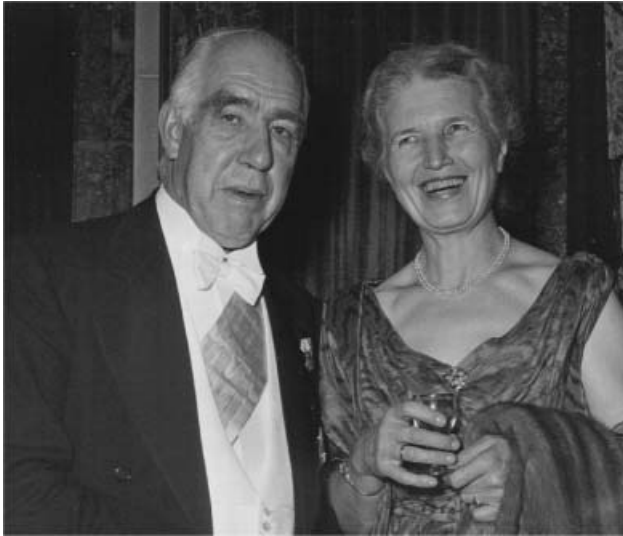
Radnai Gyula
ELTE

A két Bohr: Niels és Aage

Niels Henrik David Bohr

A mai Dánia területe és lakosainak száma fele sincs a mai Magyarországnak. Történelmünkben vannak hasonlóságok, kezdve ott, hogy amikor a magyarok bejöttek a Kárpát-medencébe, a dánok (a vikingek) a mai Anglia területét foglalták el éppen. Az ezredforduló táján nagyjából egyszerre vettük fel a kereszténységet, s a rákövetkező ezer év alatt mindkét országnak voltak jobb és rosszabb évei, megnyert és

elvesztett csatái a környező államokkal, vagy éppen idegen hódítókkal. Egykor Lund és Lübeck is dán város volt, ahogy magyar város volt Pozsony, Szabadka vagy Kolozsvár. 1848-ban a dán egység hívei Schleswig Dániához való csatolását sürgették, a magyarok pedig (12. pont!) az uniót Erdéllyel. Az I. világháborút követően népszavazással került vissza Észak-Schleswig Dániához, Sopron pedig Magyarországhoz. Innen kezdve ismét eltérően alakul történelmünk; nézzük hát, hogyan élt egy fizikus a Dán Királyságban.



1. ábra. Niels Bohr feleségével, Margrethe-tel

Niels Bohr (Koppenhága, Dánia, 1885. október 7. – Koppenhága, Dánia, 1962. november 18.) édesapja, *Christian Bohr* (1855–1911) a koppenhágai egyetem orvosi karán a fiziológia tanszék megbecsült professzora volt, édesanyja, *Ellen Adler Bohr* (1860–1930) pedig egy, a dán parlamenti körökben is jól ismert bankárcsaládból származott. Az apa hithű evangélikus, az anya izraelita vallású volt. Három gyerekük született: *Jenny* (1883–1933), *Niels* (1885–1962) és *Harald* (1887–1951). Mindegyiküket evangélikusnak keresztelték. Niels születése Ellen Adler Bohr 25. születésnapjára esett. A család anyagi helyzetét elég jól jellemzi, hogy az öreg dajkán kívül még három lányból álló személyzet is lakott a nagy házban, amelyet az egyetem biztosított számukra. A két fiútestvér rajongásig szerette egymást. Mindkettőnek jó érzéke volt a matematikához és a futballhoz. Harald még abba a dán nemzeti labdarúgó válogatottba is bekerült, amelyik az 1908-as londoni olimpián Anglia mögött ezüstérmes lett. Harald csatár volt, Niels leginkább védeni szeretett.

Az egyetemen Niels Bohr először matematikát és filozófiát hallgatott, majd a filozófiát felcserélte fizikára, amikor megnyert egy pályázatot, ahol a felületi feszültségre vonatkozó kísérleteket kellett végezni, minthogy ez apja tanszéki laborjában kiválóan sikerült neki. 1911-ben megírta doktori disszertációját is édesapja emlékének ajánlotta, aki abban az évben váratlanul, szívinfarktuszban hunyt el. A disszertáció tárgya a fémek klasszikus elektronelmélete volt, és Niels Bohr nem átalotta leszögezni benne, hogy „nem valószínű, hogy az elektronelmélet mai állapotában képes megmagyarázni a testek mágneses tulajdonságait”.

A frissen szerzett doktorátussal és a Carlsberg alapítvány támogatásával posztdoktori tanulmányútra indult Cambridge-be. *J. J. Thomsontól* olyan kísérleti feladatot kapott, ami nem nagyon tetszett neki, ezért továbbvándorolt Manchesterbe, *Rutherfordhoz*, akit Cambridge-ben ismert meg. Rutherford ekkoriban publikálta az atom „naprendszer-modelljét” és Bohr

1912 első félévében azon gondolkodott, hogyan lehetne megőrizni ezt a modellt annak ellenére, hogy nyilvánvaló ellentmondásban van az elektrodinamikával. Közben állandó levelezésben állt öccsével, aki akkor már végzett matematikus volt, valamint egy helyes dán kislánnyal, akit azután 1912. augusztus elsején feleségül vett. Az esküvő előtt egy héttel még lázasan dolgozott atommodelljén Manchesterben. Felesége *Margrethe Norlund* (1890–1984), egy dán gyógyszerész lánya volt. Hat fiúval ajándékozta meg, akik közül négyen érték meg a felnőtt kort és szép karriert csináltak: *Hans* orvos, *Ernest* ügyvéd, *Erik* vegyész, *Aage* fizikus lett.

1913-ban publikálta Niels az atom Bohr-modelljét, amely a Rutherford-féle atommodell kvantumfeltételekkel módosított változata volt. 1916-ban lett professzor a Koppenhágai Egyetemen, ekkor fogalmazta meg a korrespondencia-elvet. Eszerint a kvantumfizika törvényei nagy kvantumszámok esetén a klasszikus fizika törvényeibe mennek át. Nyugodtan dolgozhatott: Dánia az első világháborúban semleges maradt. A háború után, 1921-ben a dán kormány és a Carlsberg alapítvány támogatásával Niels Bohr létrehozta Koppenhágában az egyetemen az Elméleti Fizikai Intézetet, amely a következő két évtizedben az elméleti fizikusok Mekkájává vált.

1922-ben megkapta a fizikai Nobel-díjat „az atomok szerkezetének és az azokból eredő sugárzásoknak a vizsgálatáért”. Felmentették az egyetemi előadá-

2. ábra. Niels Bohr és Albert Einstein az 1930-as Solvay-konferencián, Brüsszelben. A képet Paul Ehrenfest készítette.





3. ábra. Niels Bohr Kopenhágában 1935-ben

sok tartása alól, hogy minél több ideje és energiája maradjon a kutatásra. Az előadásokat közvetlen tanítványai és munkatársai, a holland *H. A. Kramers* (1894–1952), majd a német *W. Heisenberg* (1901–1976) vették át tőle. 1926-ban fogalmazta meg a komplementaritási elvet, amely szerint a részecsketermészet és a hullámtermészet egymást kiegészítő, komplementer képei a valóságnak.

A Niels Bohr körül kialakuló „kopenhágai iskola” a világ minden részéről fogadott be fizikusokat, függetlenül azok nemzetiségétől, vallásától. Egyik ilyen kiváló tanítványa, *L. D. Landau* meghívására Niels Bohr még a Szovjetunióba is ellátogatott az 1930-as években, amikor már ő is nukleáris kutatással foglalkozott. Döntő szerepe volt az atommag „folyadékcsépp-modelljének” megalkotásában.

Amikor a náci német csapatok 1940-ben megszállták Dániát, egyre jobban beszűkült az élettér Bohrék számára. 1943-ban Hitler elhatározta a több mint 7000 dániai zsidó deportálását. Ez év októberében a dán ellenállási mozgalom segítségével sikerült Niels Bohrnak egy zsúfolt halászhajón feleségével együtt átmenekülnie Svédországba. Nemsokára a fiúk is utánuk jöttek. Svédországból az angol titkosszolgálat menekítette tovább Niels Bohrt és fizikusnak készülő Aage fiát a német blokád alatt tartott Angliába, majd együttműködve az amerikaiakkal, az Egyesült Államokba. Itt kapcsolódott be a Manhattan projektbe (fia volt a titkára). Aktívan részt vett az atombomba létrehozásában, de mindvégig abban reménykedett, hogy nem kerül sor a bomba bevetésére. Titkos tárgyalásokat folytatott *Roosevelttel*, majd *Churchill*-lel, akik bizony megdöbbentek azon, ahogy Bohr a politikai kérdéseket a politikán felülemelkedve próbálta kezelni. Churchillnek az lett a véleménye, hogy Niels Bohr a háborúban biztonsági kockázatot jelent a számukra.

Végül is 1950-ben az ENSZ-hez intézett memorandum hozta nyilvánosságra a nyitott világról szóló, minden állam békés együttműködését, a szabad uta-

zást és a korlátlan ismeretszere lehetőségét felvető elképzeléseit. Sajnos a világháború vége után öt évvel, a hidegháború kellős közepén a világ nem volt kapható ilyen gondolatok befogadására, még fizikus körökben sem. További négy év telt el, mire a Német Szövetségi Köztársaságot, és hét év, mire a Szovjetuniót felvették a Nemzetközi Elméleti és Alkalmazott Fizikai Unióba. Közben léghőri hidrogénbomba kísérletek szennyezték a levegőt és az emberek tudatát. Némi elégtétel lehetett Niels Bohr számára, hogy kezdeményezésére létrejött a Nukleáris Kutatások Európai Szervezete (CERN), ahol már nem folytattak hadi kutatásokat.

1962-ben, két nappal azután, hogy elnökölt egy konferencián, szívinfarktust kapott és meghalt Niels Bohr. Megváltoztatni tudta, de megváltani neki se sikerült ezt a világot. Viszont az Elméleti Fizikai Intézetet Kopenhágában 1965-től Niels Bohr Intézetnek hívják.

Aage Niels Bohr

Aage (ejtsd: óhe) Bohr (Kopenhága, Dánia, 1922. június 19. – Kopenhága, Dánia, 2009. szeptember 8.) édesapja árnyékából nem nagyon tudott, eleinte talán nem is akart kilépni. Nemcsak ő, hanem Niels Bohr mind a négy fia fizikusok között nőtt fel, télen együtt szánkóztak, nyáron együtt strandoltak az Elméleti Fizikai Intézet ösztöndíjas hallgatóival, akik számukra „nagybácsik” voltak. A négy fiú közül mégis ő, a legkisebb lett egyedül fizikus.

Abban az évben született, amikor édesapja megkapta a Nobel-díjat. Tíz éves korában a család új, az addiginál jóval nagyobb és elegánsabb házba költözött, ahová már nemcsak *Kramers*, *Klein*, *Pauli*, vagy *Heisenberg* nagybácsi, de akár az angol királynő, vagy az indiai miniszterelnök is ellátogathatott. El is látogattak.

Aage Bohr 1940-ben kezdte el az egyetemét Kopenhágában, nem sokkal az után, hogy a német megszálló csapatok előzőnlőtték az országot. Még nem fejezte be fizikusi tanulmányait, amikor a család kényszerűségből átmenekült Dániából Svédországba. Elkísérte apját Londonba, ahol Niels Bohrt bevonták a Tudományos és Ipari Kutatóintézet fedőnevű hadiüzem munkájába, és Washingtonba, majd Los Alamosba is, ahol az angol team tagjaként a katonailag szigorúan titkosított Manhattan projektben vettek részt. Niels Bohr *Nicholas Baker* álnéven, Aage Bohr pedig *Jim Baker* álnéven lett bejelentve, mint *Mr. Baker* titkára, és ha kellett, tolmácsa. (Apja eléggé motyogva beszélt, amit nehezen értett meg az amerikai katonai adminisztráció.)

A háború befejezése után azonnal visszatértek Kopenhágába. Aage Bohr újra beiratkozott az egyetemre, letette még hátralévő vizsgáit, és 1946-ban megkapta fizikus diplomáját. Az Elméleti Fizikai Intézetben kapott kutatói állást, majd 1948-ban Princetonba szerzett ösztöndíjat, hogy továbbképezhesse magát. Eljutott a Columbia Egyetemre is, itt hívta fel figyelmét *Izidor Rabi* (1898–1988) professzor a deutérium spektrumvonalainak hiperfinom szerkezetében



4. ábra. Aage Bohr és Ben Mottelson.

mutatkozó érdekességekre. Többek között arra, hogy az atommagbéli töltésselészlás nem tűnik gömbszimmetrikusnak. Lehet, hogy az atommag nem gömb alakú, ahogyan az Niels Bohr cseppmodelljéből következik? Aage Bohrt rendkívül izgatta ez a probléma, igazi kutatói szenvedéllyel csapott le rá és azonnal dolgozni kezdett rajta. Közben 1950-ben, New Yorkban feleségül vette az osztrák születésű *Marietta Soffert* (?–1978). Három gyermekük született az idők folyamán: *Vilhelm*, *Tomas* és *Margrethe*.

A Columbia Egyetemen nemcsak ő próbálkozott a probléma megoldásával. Egy hónappal hamarabb, mint ahogy benyújtotta dolgozatát, egy másik publikáció jelent meg. A szerző *James Rainwater* (1917–1986), nála öt évvel idősebb fizikus volt, aki csakhamar az egyetem professzora lett. Egymástól függetlenül dolgoztak, Aage Bohr megoldása volt az általánosabb. Amikor hazatért Koppenhágába, itt egy igazi „lelki társra” lelt a nála négy évvel fiatalabb *Ben Mottelson* amerikai fizikusban, aki éppen akkor kezdte itteni magfizikai kutatásait az Elméleti Fizikai Intézetben – egy, az amerikai Harvard Egyetemtől nyert két éves ösztöndíjjal. Ez alatt a két év alatt ketten együtt kidolgozták az atommag „kollektív modelljét”, amely egyesítette Niels Bohr cseppmodelljét *Hans Jensen* (1907–1973) és *Maria Goeppert-Mayer* (1906–1972) héjmodelljével.

5. ábra. Aage Bohr a Nobel-díj átvételekor.



A cseppmodell az atommagot alkotó nukleonok kollektív mozgására, a héjmodell pedig a nukleonok egyedi mozgására ír elő szabályokat. A kollektív modell a két, látszólag egymásnak ellentmondó modell összehangolásával számot tud adni az atommag deformációjáról, vibrációjáról és rotációjáról is. Modelljüket újra és újra összevetették a friss kísérleti adatokkal, ha kellett finomították a modellen, de mindig sikerült megtalálni az összhangot az elmélet és a kísérletek között.

Olyan jól tudtak együtt dolgozni, hogy Ben Mottelson meghosszabbította dániai tartózkodását, majd az 1954-ben megalakult CERN dániai elméleti csoportjába szerzett ösztöndíjat, mígnem kikötött az 1957-ben, Koppenhágában megalakított NORDITA (Nordisk Institut for Teoretisk Atomfysik, az Északi Országok Elméleti Magfizikai Intézete) ösztöndíjával az egyetemmen. Aage Bohr egy évvel hamarabb, 1956-ban kapott professzori kinevezést, s közös könyvírásba kezdtek, amelynek első kötete 1969-ben, második kötete 1975-ben jelent meg. 1971-ben Ben Mottelson felvette a dán állampolgárságot.

Aage Bohr, Ben Mottelson és James Rainwater közösen kapták meg az 1975. évi Nobel-díjat „annak a kapcsolatnak a felfedezéséért, amely az atommagot alkotó nukleonok egyéni és kollektív mozgása között valósul meg az atommagban, és annak a magmodellnek a kifejlesztéséért, amely erre a kapcsolatra épül”.

Édesapja halála után Aage Bohr átvette, és 1970-ig irányította az Elméleti Fizikai Intézetet. Akkor lemondott, hogy minél több időt szentelhessen a kutatásnak. A Nobel-díj elnyerése után újra elvállalt egy hasonló állást, akkor a NORDITA vezetője lett és maradt 1981-ig.

Gyermekeinek anyja 1978-ban meghalt, s ő három év múlva, 1981-ben újra megnősült, elvette feleségül *Bente Scharff Meyert*. Második feleségével még 28 évig éltek együtt és nevelték, támogatták a három gyereket. Szerettek színházba, hangversenyre járni. Aage Bohr a klasszikusokat szerette, szívesen zongorázott ő maga is. Heisenberg „nagybácsi” nemcsak a fizikát, de a zenét és még a zongorázást is megkedvelte vele annak idején.

Nobel-díjas anya és leánya:

Marie és Irène Curie

Madame Curie neve van olyan ismert a világban, mint a fenti fizikusok közül akármelyiké. Még túl is tett rajtuk: ő két alkalommal kapta meg a Nobel-díjat, először fizikából, másodszer kémiaiából. Ma már nem hiányozhat a neve sem a fizika, sem a kémia tankönyvekből. Életéről magyarul is megjelent *Ève* lánya könyve, s a természettudományos ismeretterjesztő irodalomban ma is gyakran találkozunk róla szóló írásokkal. A *Fizikai Szemle* legutóbb 2010. januárban közölte *Martinás Katalin* és *Radnóti Katalin* cikkét *Epizódok Madame Curie életéből* címmel. Lányairól már sokkal kevesebb szó esik, pedig egyikük ugyancsak Nobel-díjas lett. Marie és *Irène Curie*-nek tehát itt a helye, a Nobel-díjas családok között.



6. ábra. Pierre és Marie Curie 1906-ban.

Marie Skłodowska Curie

Marie (Varsó, Orosz Birodalom, 1867. november 7. – Passy, Franciaország, 1934. július 4.) születésének idején még élénken élt a lengyelek emlékezetében az 1863-ban kirobbant lengyel felkelés, amelyet kíméletlenül levertek Oroszország. A teljes oroszosítást a lengyel nyelv betiltása tetőzte be. Az értelmiség elszegényedése Marie családját is elérte, a matematika-fizika szakos tanár édesapa nem tudta fizetni lányai továbbtanulását, amire amúgy is csak külföldön lett volna lehetőség. Marie ekkor megállapodott két évvel idősebb nővérével, hogy támogatni fogja orvosi tanulmányait a Sorbonne-on, mégpedig úgy, hogy itthon nevelőnői állást vállal jobb módú családoknál és az ezért kapott pénz legnagyobb részét elküldi Párizsba a nővérének. Hat évig nevelőnősködött, mire nővére elvégezte az egyetemet és kihívta magához Párizsba, hogy most ő támogassa Marie továbbtanulását. Marie azzal a szándékkal ment ki, hogy tanári diplomát szerez, majd utána hazatér tanítani. A lengyel nemzeti érzés, amelyet édesapja ültetett el benne, akkor már életének egyik vezérelvévé vált.

1894-ben megszerezte a képesítést fizikából és a következő tanév végén kellett volna vizsgáznia matematikából. Nyáron hazament, megpróbált a Krakkói Egyetemen álláshoz jutni, de nem sikerült. Visszament Párizsba, ahol a nála nyolc évvel idősebb fizikus, *Pierre Curie* várta izgatottan Marie döntését: hajlandó-e hozzájönni feleségül. Pierre Curie-nek akkor már jó neve volt a fizikában: három évvel idősebb *Jacques* bátyjával ők fedezték fel a piezoelektromosságot. Akkoriban éppen a fémek mágneses tulajdonságait kutatta. A ferromágnesség Curie-pontja és a paramágnesség hőmérsékletfüggésének Curie-törvénye máig őrzi nevét e tudományban.

1895 sikeres év volt Pierre Curie számára: megvédte doktori disszertációját, és feleségül vehette a lengyel Marie Skłodowskát. Szűk körű, polgári esküvőt

tartottak, két kerékpár volt a legfontosabb nászajándék, amelyen azután bejárták az egész környéket. Ez lett a nászútjuk.

1896-ban Marie megkapta teljes jogú matematika-fizika szakos tanári diplomáját – az ő vizsgái sikerültek legjobban a csoportban. Úgy gondolta, ő is megcélozhatná a doktori címet fizikából. Valami aktuális, modern témát keresett. Kapóra jött *Henri Becquerel* (1852–1908) felfedezése az uránsugárzásról, amely akkor még meglehetősen háttérbe szorult *Conrad Röntgen* (1845–1923) felfedezése mellett. Marie-t az fogta meg, hogy ez a „Becquerel-sugárzás” az urán bármely vegyületében csak az urán mennyiségétől függ, tehát nem kémiai, hanem fizikai tulajdonsága az anyagnak, magára az anyag atomjaira lehet jellemző. Amikor pedig kiderült, hogy az urán-szurokércből több sugárzás jön ki, mint magából az uránból, tehát valami új, eddig ismeretlen elem sugárzásáról is szó lehet, Pierre felhagyott saját kutatási témájával, hogy feleségének segíthessen. A romantikus történet közismert, így jutottak el 1898-ban a polónium, majd a rádium felfedezéséhez. A neveket is Marie adta ezeknek az új elemeknek, mint ahogy tőle származik a radioaktivitás kifejezés is. Évekig tartó munkával sikerült több tonna ércből néhány tized gramm radiumkloridot izolálni. Megnőtt érdeklődő látogatóik száma, egyre többször mentek ők is előadni a kutatásaikról. 1900-ban Marie részfoglalkozású tanári állást kapott: az Ecole Normale Supérieureben kellett lányokat tanítania. Közben otthon a gondos anyja és a jó feleség szerepe várta, halaszthatatlannak tűnt a laboratóriumi műhelyben a kutatás. Mindehhez járult most a tanítás. 1897-ben született meg Irène lánya, a „kis királynő”, a család kedvence. Nevelésében a francia nagypapa, Pierre édesapja segített, aki orvos volt és Irène születése óta velük lakott.

7. ábra. Marie Skłodowska Curie, ez a kép szerepel lányá, Ève róla szóló könyvének címlapján.



1903-ban Marie már meg tudta határozni a rádium atomsúlyát, ezt 225-nek találta. (Az atomsúly – mai neve moláris tömeg – pontos értéke rádiumra 226 g/mol.) Megírta a doktori disszertációját és beadta, a tekintélyes bizottság pedig úgy ítélte meg, hogy ilyen jó színvonalú doktori munka még nem volt előttük. Lelkendezve adták meg a doktori fokozatot. A sikeres vizsga öröme otthon kis kerti ünnepséget tartottak. Pierre egyik volt doktorandusza, *Paul Langevin* (1872–1946) kérték fel az ünnepség megszervezésére, aki az előző évben védte meg doktoriját. Ott volt *Jean Perrin* (1870–1942) és az éppen Párizsban tartózkodó Ernest Rutherford is. Az ünnepség végén, már sötétedés után Pierre meglepetéssel szolgált: mindenkit a helyére ültetett, majd előhúzott a zsebéből egy kis fiolát, melyben oldott rádiumsó volt, az üveg falán pedig cinkszulfid réteg, és felmutatta. A fiola, mint egy kis fáklya, világított... Megbambonázva nézték. (Pierre és Marie egyáltalán nem voltak elővigyázatosak. Marie az ágya mellett tartott egy ilyen kis fiolát, hogy ne kelljen éjjel a sötétben botorkálnia...)

Mind a fizikai, mind a kémiai Nobel-bizottságban felmerült, hogy felfedezésükért ők kapják meg az 1903. évi Nobel-díjat. (Később is gondot okozott, hogy egy anyagszerkezeti vonatkozású kutatási eredményért kémiai vagy fizikai Nobel-díjat adjanak valakinek. Emlékezetes, hogy Rutherford például kémiai Nobel-díjat kapott 1908-ban „az elemek bomlásának vizsgálataiért.”) 1903-ban a fizikusok győztek: a fizikai Nobel-díjat ítélték oda Henri Becquerelnek és a Curie-házaspárnak „a spontán radioaktivitás felfedezéséért és e sugárzás tanulmányozásában való érdemeikért”. A sok munka és megromlott fizikai állapotuk Curie-ék számára csak 1905-ben tette lehetővé, hogy átvegyék a díjat Stockholmban. Közben 1904-ben megszületett Ève lányuk, ez se könnyítette meg Marie helyzetét. A sors azonban még kegyetlenebb meglepetést tartogatott: 1906 áprilisában Pierre meghalt egy közúti balesetben.

Ekkor Marie vette át Pierre laboratóriumát és az ezzel járó előadást is a Sorbonne-on. Nem hagyta el magát. Kétéves kislánya mellé nevelőnőt fogadott, kilencéves kislányát pedig kivette az iskolából és egyetemi kollégáival összefogva, magániskolát szervezett összesen tíz, hasonló korú gyerek számára. Ő tanította nekik a fizikát, Perrin a kémiát, Langevin a matematikát. Gondoskodott a gyerekek testi és művészeti neveléséről is, megfelelő tanárok felkérésével. Két évig működött ez a közös magániskola.

1908-ban a Sorbonne professzorává nevezték ki, ő lett az első női professzor Franciaországban. Ebben az évben sikerült tiszta fémrádiumot előállítania. 1910-ben elfogadta a jelölést a Francia Tudományos Akadémia tagságára. Itt is ő lett volna az első nő, de a sajtóban hadjárat indult az „idegen nő” ellen és a választáson 26:28 arányban alulmaradt a minden szempontból megfelelő francia férfiúval szemben. Se neki, se a lányának nem sikerült bekerülnie a Francia Tudományos Akadémia tagjai közé. Némi elégtétel Marie Cu-



8. ábra. Marie Curie az általa berendezett radiológiai mentőautó volánjánál.

rie számára, hogy az első nő, aki Franciaországban akadémikus lett, éppen az ő egyik tanítványa volt: *Marguerite Perey* (1909–1975), akit 1962-ben vettek fel akadémikusnak. A nagy Académie des Sciences, amelyet 1666-ban alapítottak, 1962-ig nem vett fel nőt a tagjai sorába.

1911-ben kémiai Nobel-díjra jelölték. Ami ezután történt, részletesen olvasható a *Fizikai Szemle* már idézett cikkében. Most csak összefoglaljuk a legfontosabb eseményeket.

1911. novemberben Belgiumban megtartották az első Solvay-konferenciát, erre Marie Curie és Paul Langevin is hivatalos volt Franciaországból. Közben otthon betörték a feleségétől akkor már külön élő Langevin lakásába és ellopták a Marie által neki írt leveleket, majd a sajtóban nyilvánosságra hozták ezeket. Langevin még ebben az évben elvált feleségétől, azonban Marie jó hírért az utca embere előtt hosszú ideig nem lehetett helyreállítani. A kémiai Nobel-bizottság képviselőjében *Svante Arrhenius* (1859–1927) írt egy érdeklődő levelet. Langevinnek szerencséje sikerült előtte tisztáznia Marie-t. Nem volt semmi akadálya annak, hogy neki ítéljék az 1911. évi kémiai Nobel-díjat „a rádium és a polónium felfedezéséért, a rádium fémállapotban való előállításáért, természetének és vegyületeinek vizsgálatáért”. Marie összeszedte minden erejét és 1911. december 11-én megtartotta Nobel-előadását Stockholmban. Kijelentette, hogy a díjat úgy tekinti, mintha ismét Pierre-rel együtt kapta volna meg. Utána idegkimerültséggel kórházba került, de még azt is titkolni kellett a sajtó előtt, hogy melyik kórházba vitték. Irène tizennégy éves volt ekkor, Ève pedig hét. Ideiglenesen Perrinék vették magukhoz a gyerekeket.

Marie Curie nimbuszát az első világháború során végzett tevékenysége állította helyre Franciaországban. Húsz radiológiai mentőautót rendezett be a sebesült francia katonák vizsgálatára, megszervezte az ápolónők kiképzését. Lányait a háború kitörésekor Angliába küldte ismerősökhöz, majd Irène-t, amikor 18 éves lett, visszahívta és őt is kiképezte. Párizs német megszállásától felve az egész rádium készletet vonaton Bordeaux-ba vitte és ott egy bank páncrel-szekrényében helyezte el. Utána visszavonatozott Párizsba.

A háború után, a már 1914-ben létrehívott, de csak 1918-tól működő Rádium Intézet javára 1921-ben előadókörútra indult az Egyesült Államokba, amelyre lányait is magával vitte „testörnek”. Hazajövele után Irène-t maga mellé vette a Rádium Intézetben asszisztensnek. Langevin segítségével férjet is talált neki és örült, hogy az ifjú férj is azt a témát kutathatja, amit ő vezetett be a tudományba. Még egyszer vállalkozott amerikai körútra: 1929-ben, amikor ismét nővérének akart segíteni, akivel kölcsönösen támogatták egymást a Sorbonne-on való továbbtanulásban. *Bronisława Skłodowska* (1865–1939) a Varsóban 1925-ben közösen alapított Rádium Intézet igazgatója volt, az ő intézete számára szerzett támogatást Marie Skłodowska Curie az Egyesült Államokban.

Élete utolsó éveit kisebbik lányával töltötte, aki haláláig ápolta őt, utána pedig megírta édesanyja egész élettörténetét. A dokumentumregény olyan sikeres lett, hogy számos nyelvre – így magyarra is – lefordították és még film is készült belőle a negyvenes évek elején az Egyesült Államokban. Ma is sok fiatal lány és fizikus hölgy számára minta Madame Curie élete, tudományos elkötelezettsége, családszeretete, eredeti és választott hazája iránt érzett hazaszeretete.

Irène Joliot-Curie

Irène (Párizs, 1897. szeptember 12. – Párizs, 1956. március 17.), a „kis királynő”, 13 éves koráig erősen nagyapja, *Eugene Curie* (1827–1910) befolyása alatt állt. A doktor úr meggyőződéses szabadgondolkodó volt, aki meglehetősen kritikus szemmel nézte a világot. A maga módján igyekezett segíteni az elnyomottakon: az 1870-es párizsi kommün idején például kórházat hozott létre a sebesült forradalmárok kezelésére. Ateista felfogása sem volt Marie Curie ellenére, akit anyja és egyik testvérének korai halála már gyermekkorában kétkedővé tett az igazságos mindenható létezésében. Így hát Irène nemcsak a természet szeretetét sajátította el nagyapjától, hanem a baloldallal rokonszenvező, ateista gondolkodást is.

Szülei hamar felfigyeltek Irène matematikai tehetségére, amelyet azonban úgy láttak, hogy a századforduló franciaországi iskolája nem képes eléggé fejleszteni. Ezek az évek egész Európában a matematikaoktatás reformjának jegyében teltek, Magyarországon például *Beke Manó* (1862–1946) volt a reformbizottság feje, *Mikola Sándor* (1871–1945) pedig a titkára, és a reform kiterjedt mind az elemi, mind a középiskolai oktatásra. Madame Curie csak férje halála után lépett a tettek mezejére, ekkor hozta létre – összesen tíz gyerek számára – azt az iskolát, ahol egyetemi oktatók szövetkeztek a gyerekeket megfelelően fejlesztő oktatásra. Két évig működött ez az iskola, Irène volt a tíz gyerek közül a legtehetségesebb. Utána már egy hagyományosabb magániskola következett Irène számára, a Collège Sévigné, s innen egyenes út vezetett 1914-ben a Sorbonne-ra.

A háború kitörését követően Irène Curie Angliában töltött egy évet, majd anyja hívására 18 évesen vissza-



9. ábra. Irène Curie a Rádium Intézet laboratóriumában.

tért Párizsba és beállt hozzá asszisztensnek az egyik radiológiai mentőkocsiba. Marie Curie megtanult autót vezetni, hogy ezzel se kelljen elvonni egy katonát a frontról. Amikor vége lett a háborúnak, Irène továbbra is anyja asszisztense maradt, de most már az általa létrehozott Rádium Intézetben, s közben a Sorbonne-ra járt egyetemre.

1921-ben 17 éves húgával együtt elkísérte anyját egy amerikai előadókörútra, amelynek legfőbb célja az volt, hogy a Rádium Intézet számára sikerüljön adományokat gyűjteniük. Mindenkinek feltűnt a két lány közti különbség. Irène, csakúgy, mint édesanyja, szinte aszkéta módjára élt és viselkedett. Nem szerette a divatos ruhákat, legszívesebben feketében jelent volna meg mindenhol. Ève ellenben nemcsak „rádiomos tekintetével” hódította meg az újságírókat, hanem vonzó alakjával, tűsarkú cipőjével és divatos öltözködésével is. A túra mindenesetre sikeresen végződött számukra. (Talán itt érdemes megemlíteni, hogy Ève Curie, Madame Curie életrajzírója, hosszú, tartalmas életet élt. 50 éves korában ment férjhez, és nemcsak mint zongoraművész, de mint zenekritikus és haditudósító újságíró is beírta magát a franciák és az amerikaiak emlékezetébe. Az UNICEF képviselőjében férjével együtt járta a világot és szerzett híveket a gyerekek támogatására. 100. születésnapján az akkori amerikai és a francia elnök is felköszöntötte. Álmlában érte a halál New York-i otthonában, 2007-ben, 103 éves korában.)

Miután hazaértek, Irène szorgalmasan folytatta a munkát a Rádium Intézetben. Nemcsak a szellemi, hanem a gyakorlati laboratóriumi munkában is jeleskedett, ügyességét mindenki elismerte, Marie-t egyenesen Pierre ügyességére emlékeztette. Csak a modorra volt karcos, véleményét mindig őszintén megmondta, olykor kissé nyersen is. Édesanyján kívül talán csak Langevin tanár úr tudott vele könnyen szót érteni, aki egykor, a tehetségek iskolájában matematikára tanította. Társaságba nem járt, nem is vágyott, a kutatás öröme kárpótolta mindenért.

Nem meglepő tehát, hogy Paul Langevint választotta doktori témavezetőjének, aki szívesen segített neki a polónium alfa-sugárzásával kapcsolatos kutatásai-
ban. 1925-re elkészült a disszertáció, és amikor sike-

rült a doktori vizsga is, anya és lánya együtt örülhettek. Paul Langevin ekkor beajánlotta Marie-hez előkészítő preparátornak egyik volt tanítványát, akit *Frédéric Joliot*-nak hívták.

– Nem ért ugyan az ottani műszerekhez, de majd Irène betanítja – győzte meg Paul Marie-t. Úgy is lett. A közös tudományos érdeklődés hamarosan elmosta a korkülönbség miatti tartózkodást (Frédéric három évvel fiatalabb volt Irène-nél, igaz, Paul meg öt évvel volt fiatalabb Marie-nél) és a betanítás közbeni veszedelmeket ebéd közbeni beszélgetések, majd ebéd utáni közös séták váltották fel. 1926-ban Irène Curie és Frédéric Joliot összeházasodtak.

1927-ben megszületett *Hélène* kislányuk, és 1930-ban Frédéric is megszerezte a doktori címet, ugyancsak a polóniummal kapcsolatos, de elektrokémiai tárgyú disszertációval. 1932-ben megszületett *Pierre* fiúk, aki biofizikusként, a fotoszintézisre vonatkozó kutatásaival tette le később névjegyét a tudomány szatárára. Hélène sikeres magfizikus lett.

1933-ban Irène és Frédéric közösen kezdték vizsgálni a polóniumból kilépő alfa-sugárzás hatását különböző kémiai anyagokra. Az egyik legérdekesebb eredményük az volt, hogy ha alumíniumot sugároztak be, akkor az alumíniumból radioaktív foszfor keletkezett. Hasonlóképpen a besugárzott magnéziumból radioaktív szilícium, a besugárzott borból radioaktív nitrogén képződött. Nem akarták elszalasztani a nagy lehetőséget – az úgynevezett Bothe-kísérlettel kapcsolatos vizsgálataik során már egyszer elmentek a neutron felfedezése mellett, ami azután *Chadwick*nek sikerült – ezért 1934. januárban bejelentették a Francia Tudományos Akadémián, hogy felfedezték a mesterséges radioaktivitást. A bejelentés nagy visszhangot váltott ki. Az orvosi, régészeti stb. gyakorlat szempontjából ugyanis nagyon nagy jelentőségű volt, hogy mesterséges radioaktív izotópokat tudtak előállítani. Eljárásukat nem szabadalmaztatták, ahogyan az már megszokott volt a Curie-családban. Az édesanya határozott álláspontját a tudomány eredményeinek szabad felhasználásáról lánya is magáévá tette. Marie Curie megnyugodva hunyhatta le szemét 1934. júliusában.

10. ábra. Irène és Frédéric Joliot-Curie.



1935-ben a kémiai Nobel-díjat a Joliot-Curie házaspárnak ítélték az általuk felfedezett „új, mesterséges radioaktív izotópok kémiája területén végzett munkájukért”. Langevin javaslatára ettől kezdve közös néven publikáltak, s így szerepeltek a napilapokban is: Irène Joliot-Curie és Frédéric Joliot-Curie.

1937-ben Frédéric kilépett a Rádium Intézetből és önálló magkémiai laboratóriumot alapított, ahol megépíthette Franciaország első ciklotronját.

1940. márciusban Frédéric Joliot-Curie-nek sikerült több, mint száz liter nehésvizet hozatnia Norvégiából, de a német invázió közeledtével ezt is ki kellett menteni Párizsból. Először Bordeaux-ba vitték, akárcsak Marie Curie a rádiumot az első világháborúban, majd két kollegája a legfontosabb műszerekkel és a legutolsó kísérleti eredményekkel együtt átjuttatta Angliába. Az uránkészleteket titokban Marokkóba szállították, ahol egy bezárt bányában őrizték a háború végéig.

A második világháború alatt Frédéric Joliot-Curie Párizsban maradt. Irène Curie-t tuberkulózisfertőzéssel kezelték Svájcban, miközben férje – 1942-től Paul Langevinnel együtt a francia kommunista párt tagja – a háború vége felé már illegalitásban működött Párizsban. A háború után, az akkor elérhető antibiotikumok hatására Irène Curie egészségi állapota sokat javult és újra be tudott kapcsolódni a kutatásba és a mozgalmi életbe. Férje a Szovjetunió által szponzorált Béke Világtanács elnöke lett, mindketten többször jártak a Szovjetunióban. A hidegháború idején ezért már nem jutott hely számukra a francia atomkutatásban. A Sztálin halálát követő viszonylagos enyhülés idején 1955-ben még bevonták az Orsay-i nagy francia részecskegyorsító tervezésébe, de legendás munkabírást is legyőzte lassan a halálos kór. Leukémiában halt meg, mint édesanyja. Marie Curie 67 évet élt, Irène Curie már csak 59-et.

Kettejük élettörténeke van még egy csattanója. Irène lánya – Marie unokája – szintén magfizikus lett, mint ahogy magfizikus lett Paul Langevin egyik unokája is. Majdnem egyidősek voltak: Hélène 1927-ben született, *Michel* 1926-ban. Megismerkedtek, egymásba szerettek, összeházasodtak. Michel Langevin 1985-ben meghalt, Hélène Langevin-Joliot ma is él. Közös gyermekük, *Yves*, asztrofizikus. Ha ellátogat Párizsban a Pantheonba, ma már három földi csillag sírjára tehet le virágot, akik neki mind dédszülei voltak: Marie Skłodowska, Pierre Curie és Paul Langevin.



Végigtekintve a férfiak életútjain, érdekes megfigyelni, hogy az apák általában egyedül nyerték el a Nobel-díjat, míg a fiúk mindig megosztottak a díjon más valakkal. Mielőtt bármilyen könnyelmű következtést vonnánk le ebből, vegyük észre, hogy az apák szükségképpen hamarabb lesznek (lettek) Nobel-díjasok, mint a fiúk. Minden bizonnyal a tudományos kutatók számának növekedése az oka annak, hogy ma már egyre többször adnak ki megosztott Nobel-díjat. *Nobel* végakarata szerint a díjat legfeljebb három tudós viheti el egy évben egy-egy kategóriában. Ma már nagyon ritka, ha valamelyik évben egyedül kapja

meg valaki a díjat fizikából. *Gábor Dénes* 1971-es Nobel-díja óta csak 1982-ben (*K. G. Wilson*), 1985-ben (*Klaus von Klitzing*), 1991-ben (*Pierre-Gilles de Gennes*) és 1992-ben (*Georges Charpak*) nyertek egyéni Nobel-díjat. A legutóbbi 40 év alatt 35 esetben egynél többen kapták meg a fizikai Nobel-díjat! Az első 40 évben ez a szám 9 volt.

Feltűnő még, hogy ez a nyolc Nobel-díjas férfi milyen hosszú életet élt. Niels Bohr is, aki leghamarabb ment el közülük, 77 éves korában halt meg. A fiúk közül mindenki megérte a 80. születésnapját. Ha genetikai okokkal szeretnénk magyarázni a hosszú élet titkát, nem kerülheti el figyelmünket az a tény, hogy itt nemcsak az apák, de sokszor az anyák is hosszú életűek voltak. *George Thomson* édesanyja (J. J. Thomson neje) 91 évet, Aage Bohr édesanyja (Niels Bohr neje) 94 évet élt. A másik két anya életkorát sajnos nem sikerült kideríteni.

Marie és Irène Curie nem éltek hosszú életet, de ez egyértelműen a kutatómunkájuk során elszenvedett sugárterhelésnek tudható be. Nagyon valószínű, hogy ha Pierre nem halt volna meg a balesetben, akkor sem élhetett volna sokáig. Marie édesapja viszont legalább 70 évet élt, orvosnő testvére 74 éves volt, amikor meghalt. Pierre édesapja 83 évet élt, testvére, Jacques pedig 85-öt. A „csúcstartó” Marie és Pierre fiatalabb lánya, Ève, aki, mint említettük, 103 évet élt. Vagyis a hosszú élet ígérete mindegyikükben megvolt.

Az emberi tulajdonságok genetikai meghatározottságának vizsgálata napjainkban is egyik fontos területe a biofizikai kutatásoknak. 2010. júniusban jelent meg

a *Science*-ben egy cikk arról, hogy egy bostoni kutatócsoport mintegy 150 olyan markert, „irányjelzőt” talált a 23 emberi kromoszómáron, amelyekből 77%-os biztonsággal tudtak következtetni a hosszú életre. Természetesen a genetikai örökség csak a lehetőség, amelynek teljesülése az ember élete során rengeteg „véletlen” eseménytől, környezeti tényezőtől függ. Igaz ez minden genetikai kódra, arra is, amelyik például a matematikai tehetséget hordozza.

Magyarországon a legjobb iskolák tanárai, és a szülők, akik olyan szerencsések, hogy gyermekeik ilyen iskolába járhatnak, már felismerték ezt. Igyekeznek úgy alakítani a környezeti tényezőket, hogy a tehetséget hordozó genetikai kód érvényesülhessen. Az egyetemet végzett szülők azt szeretnék, hogy az ő gyermekeik is egyetemet végezzenek. A tehetséges gyerekek számára az ilyen szülői háttér ideális környezet. Egy demokratikus társadalomban azonban azoknak a tehetséges gyerekeknek is biztosítani kell a fejlődés lehetőségét, akiket a szülői ház nem biztat a tanulásra.

Nálunk még mindig elég jó a helyzet. A *Középfiskolai Matematikai és Fizikai Lapok* pontversenyei, az országos tanulmányi versenyek, az Eötvös-verseny, a diákolimpiák alkalmas terepnek látszanak a tehetségek kibontakozásához. Ma már arra is van példa, hogy az Eötvös-versenyen és a diákolimpián is első díjat nyert versenyző az Angliában tanuló fizikus egyetemi hallgatók versenyét is megnyerte. Csak remélni lehet, hogy hallani fogunk még róla. Meg talán majd a fiáról, vagy a lányáról is. Ha megérjük.

VÉLEMÉNYEK

SZÍNE ÉS FONÁKJA

Makai Mihály
BME, Nukleáris Technikai Intézet

Az oktatással szembeni egyik fő követelmény: olyan szemléletű és ismeretekkel felvértezett végzősök kibocsátása, akik képesek versenyezni a többi ország végzőseivel. A követelmények tehát implicit módon adóttak és viszonylagosak. Az emberiség jelenleg egy nyugodt korszakát éli, sok tudást halmoztunk már fel, annak nagy részét még nem is tudjuk felhasználni. Ez az állapot kényelmessé tesz. Szerencsére a versenyhelyzet figyelmeztet bennünket a kényelmesség veszélyeire.

A tanulás kemény munka, sokan nem is vállalják önszántukból, de a körülmények mindenkit rákényszerítenek a tanulásra. Létrehoztunk egy mesterséges világot, amely gyorsan összeomlik, ha nem tudjuk fenntartani. Átalakítottuk környezetünket, többé már nem lehet visszatérni a természetes életmódhoz. Átalakult például az építkezés, a társadalmi munkamegosztás, a változások ráadásul egyre gyorsulnak. Jelen írás számba vesz

néhány jelenséget, amelyek a tanulás-oktatás kérdésköréhez kapcsolódnak. Célja felhívni az Olvasó figyelmét néhány jelenségre azzal a triviális céllal, hogy a tanárok és a diákok tegyék meg azt, amit tudnak annak érdekében, hogy a negatív jelenségek visszaszoruljanak, a pozitív jelenségek pedig megerősödjenek.

Kezdjük a tanulás-tanítás (röviden: oktatás) néhány általános vonásával. Az oktatás egy kiterjedt társadalmi tevékenység, a szülő tanítja gyermekét (és fordítva), a tapasztalt kolléga munkatársát (és fordítva), tanfolyamokra járunk, ahol speciális ismereteket (pl. egy új technika használatát, egy nyelvet, targonca- vagy autóvezetést) tanulunk. Mindenki tanul és tanít. Még aki pihen vagy szórakozik, az is tanul. Sokan ebből élnek (a szerző sem kivétel). A tanulás nem mindig önkéntes. A szórakozást gyakran összekapcsolják olyan ismeretekkel, amelyekre a „tanuló” nem kíváncsi. Ilyen tanu-