

Mit adott nekünk Marie Curie?

Radnóti Katalin

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar
1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A.

Az idén 150 éve született Marie Curie. (Varsó, 1867. november 7. – Passy, 1934. július 4.) Jelen írás ebből az alkalomból készült, melynek célja röviden bemutatni Marie Curie életét, tanulmányait, úttörő jellegű munkáját, és azok hatását napjainkra. Összefoglalónk célja az is, hogy a fizika- és a kémiatanárok számára ötleteket adjunk munkássága eredményeinek feldolgozásához.

Marie Skłodowska-Curie sok tudományos pályát választó nő példaképe. Egyedüli nőként és több esetben az egyetlenként, a következőket érte el:

- a Sorbonne első női előadója, professzora és laboratóriumvezetője,
- az első női tudományos Nobel-díjas,
- az első kétszeres Nobel-díjas,
- az egyetlen nő, aki két Nobel-díjat is kapott,
- az egyetlen, aki két különböző kategóriában kapott tudományos Nobel-díjat,
- az egyetlen, akinek a lánya is Nobel-díjat kapott,
- az első nő, akit saját érdemei elismeréseként temettek a párizsi Pantheonba [1].

A családi háttér, tanulmányai

Maria Salomea Skłodowska az akkor még az Orosz Birodalomhoz tartozó Varsóban született 1867. november 7-én. Szülei tanárok voltak, akiknek legfiatalabb, ötödik gyermeke volt. Apja, Władysław Skłodowski matematikát és fizikát tanított, és két fiúgimnáziumnak volt az igazgatója. Anyja, Bronisława, egy tekintélyes lányinternátust vezetett Varsóban, de sajnos korán meghalt tüdővészben, amikor Maria tizenkét éves volt.

1883. június 12-én, 15 éves korában érettségizett a Varsói Lánygimnáziumban, kiváló eredménnyel. Az érettségi utáni évet Maria (1. ábra) vidéken töltötte apja rokonainál, majd apjával élt Varsóban. Az 1863-as lengyel felkelés cári megtorlása miatt a Skłodowski családnak jelentős anyagi veszteségeket kellett elszenvednie, ezért sokáig magántanítónak működött, később nevelőnői állás vállalt vidéken egy földbirtokos családnál. Itt beleszeretett a fiatal Kazimierz Żorawskiba. A szerelem kölcsönös volt, de mivel a szülőknek nem tetszett a házasságkötés gondolata egy nincstelen rokonnal, az ötletet visszautasították, Kazimierz pedig nem volt elég erős ahhoz, hogy ellenálljon szülei akaratának.

Marie szabadidejében matematikai, fizikai, szociológiai és filozófiai tanulmányokat folytatott. Eközben anyagilag

segítette testvérét, Bronisławát, aki orvostanhallgató volt a párizsi egyetemen. Abban az időben Lengyelországban a nők nem járhattak egyetemre. A két testvér megegyezett abban, hogy Maria anyagilag támogatni fogja nővérét orvosi tanulmányai befejezésében, majd később viszonzásul Bronisława fogja őt segíteni. A csodálatos az, hogy ezt az ígéretüket maradéktalanul be is váltották.



1. ábra: Marie Curie fiatalkori fényképe

(http://aplus.com/afemale-scientist-quotes?no_monetization=true)

Marie később, varsói házitanítósa alatt kezdte meg tanulmányait a Varsói Ipari és Mezőgazdasági Múzeum által szervezett kémiai analitikai tanfolyamon unokafivére, Józef Boguski vezetésével, aki korábban Dmitrij Mengyelejev orosz kémikus asszisztenseként dolgozott. Ezen a tanfolyamon tett szert azokra a nagyon fontos analitikai kémiai ismeretekre, melyek segítségével évekkel később sikerült előállítania a polóniumot és a rádiumot.

Maria 1891-ben érkezett meg Párizsba. Kezdetben nővérénél és sógoránál lakott, majd később kibérelt egy egyszerű padlásszobát, és megkezdte tanulmányait a Sorbonne-on, ahol matematikát és fizikát tanult. Nappal órákra járt, esténként pedig annyira belefeledkezett tanulmányaiba, hogy vacsorázni is elfelejtett, és alig aludt. 1893-ban fizikából, és 1894-ben matematikából szerezte meg diplomáját.

Találkozás Pierre Curie-vel és házasságuk

1894-ben találkozott össze Pierre Curie-vel, aki ekkoriban a Sorbonne fizika-kémia tanszékén volt oktató. Közös tudományos érdeklődésük, a mágnesség hozta őket össze, mivel ezekben az időkben Maria a különböző acélok mágneses tulajdonságait vizsgálta.

1894 nyarán Maria Varsóba látogatott, mivel céljai között az szerepelt, hogy megszerzett tudását hazájában fogja hasznosítani. Reményét, hogy majd hazájában folytathatja karrierjét, nem tudta feladni, egészen addig, míg a krakkói egyetem női mivolta miatt megtagadta alkalmazását. Ekkor visszatért Párizsba. Távolléte egymás iránti vonzódásukat Pierre-rel csak erősebbé tette és 1895 júliusában összeházasodtak. Ettől kezdve a két fizikus tudományos munkája és magánélete is összeforrt. Maria megtalálta azt az élettársat, akire támaszkodni tudott mind személyes, mind tudományos életében egyaránt.

1897-ben született meg a házaspár Irène lánya, aki később édesanyjához hasonlóan, férjével együtt Nobel díjas tudós lett.

Marie Curie 1898. elején szeretne volna elkezdni doktori munkáját. Ehhez keresett témát és talált rá Henri Becquerel eredményeire. Megtetszett neki a téma. Pierre Curie engedélyt kapott annak az *École de Physique et Chimie Industrielle de la Ville de Paris* (Párizs Város Ipari Fizikai és Kémiai Iskolája) igazgatójától, ahol tanárként működött, hogy felesége használhasson egy, a technikumhoz tartozó üres műhelyt, ahol fűtési lehetőség sem volt (2. ábra). Időközben Pierre Curie is oly érdekesnek és izgalmasnak találta felesége kutatásait, hogy abbahagyta saját, sok eredményt hozó kutatási témáját és csatlakozott Marie sugárzó anyagainak a tanulmányozásához, elsősorban a kondenzátoros mérőeszköz megalkotásával, mellyel nagyon kis áramerősségek voltak mérhetők. A készülék elektrométerből, ionizációs kamrából és egy piezoelektromos kvarckristályból állt, amelyet Pierre és fivére, Jacques fejlesztettek ki. A műszerrel Marie Curie megmérte egy sor fém, só, oxid és ásvány sugárzókéességét, melyet a fenti módszerrel mért ionizációs árammal tekintett arányosnak.

Az elvégzett munkáról szóló dolgozatában több fontos megállapítás szerepelt [2].

- Minden megvizsgált uránvegyület aktív volt, és általában annál aktívabb, minél több uránt tartalmazott.
- A tórium és vegyületei is emittálnak ionizáló sugárzást. A radioaktivitás tehát *atomi tulajdonság*, az urán és a tórium atomok tulajdonsága.
- Egyes uránérczek aktivitása nagyobb, mint a fém uráné és uránoxidé.

Például a csehországi Joachimstálból származó uránérc fajlagos aktivitása háromszor nagyobb volt, mint a fém urán ugyanezen paramétere. Mivel a radioaktivitás atomi tulajdonság, ebből következik, hogy egy érc aktivitása csak akkor lehet nagyobb, mint a tiszta uráné, ha az érc *más radioaktív elemet* is tartalmaz. Ez azért is különösen fontos volt, mert akkor még nem ismerték az atomok felépítését, ez pedig közelebb vitte a tudományt annak feltárásához. Továbbá ebből fejlődött ki maga a nukleáris tudomány is,

mely néhány évtized múlva megváltoztatta az emberiség életét. Nem csak az atombomba megalkotására és ledobására kell gondolnunk, hanem a számtalan egyéb, békés célú felhasználásra is, mint az energiatermelés és az orvosi alkalmazási lehetőségek.

Az új elemek kinyeréséhez 8 tonna uránszurokércet dolgoztak fel kis laboratóriumi edényeikben, míg végül 0,1 gramm tiszta rádium-kloridot sikerült elkülöníteniük. Eljárásukat szabadalom nélkül közkinccsé tették.



2. ábra: Az első laboratórium

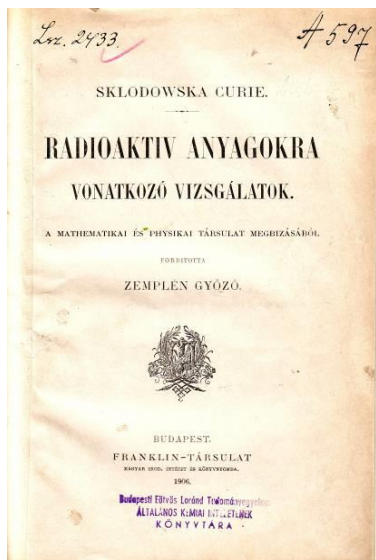
(<https://www.google.hu/search?q=marie+curie+id%C3%A9zet&sa=X&tbm=isch&tbo=u&source=unio&ved=0ahUKEwjPzYmF44jUAhVDORQKHVSdBSYQsAQIPw&biw=1097&bih=512&dpr=1.75#imgrc=mN33J2T7YiFoIM:&spf=1495637767610>)

Marie Curie 1903. június 25-én védte meg doktori disszertációját, melynek címe: *„Kutatások a radioaktív anyagok köréből”* volt [3]. A Doktori Bizottság a Sorbonne három professzora: Lippmann, Bauty és Moissan volt. Marie Curie dolgozata sok nyelven megjelent, nagyon rövid időn belül magyarul is Zemlén Győző fordításában a Matematikai és Fizikai Lapok-ban, a Matematikai és Fizikai Társulat kiadásában Budapesten az 1904. és 1905. évi számokban, öt részletben, majd könyvben is kiadták (3. ábra). Doktori munkája során közel száz különböző kísérletet, mérést, mérésorozatot végzett el. Ezek közül néhány eredeti mérési leírás, idézet olvasható a Nukleon 90-es számú írásában [4]. Értekezése szokatlanul hosszú, mintegy 100 oldal körüli, míg abban az időben azok 20-30 oldalt tettek ki. De Marie Curie fontos feladatának tartotta, hogy értekezésében az akkor nagyon új területről minél teljesebb körű áttekintést nyújtson.

Doktori értekezésének fejezetei a következők voltak:

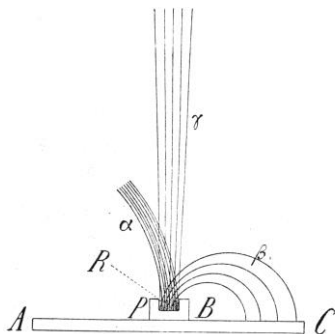
- Mérési lehetőségek
- A polónium és a rádium előállításának munkálatai
- A radioaktív sugárzások tulajdonságai
- A radioaktív sugárzás hatásai
- A biológiai felhasználás lehetőségei
- Gáznemű termékek (emanációk)

Mint az a fejezetcímekből látható, már ekkor fontos kérdés volt az orvosi alkalmazási lehetőségek kérdése, melyből végül a mai széleskörű felhasználási módok fejlődhettek ki, mint például a rákos daganatok esetében alkalmazott sugárterápia.



3. ábra: Marie Curie doktori értekezésének magyar kiadása

A természetben szép számmal megtalálható instabil atommagok által kibocsátott α -, β - és γ -sugárzások mágneses tulajdonságainak tanítása során az ő doktori értekezésében szereplő ábrát (4. ábra), vagy ahhoz nagyon hasonló szokatlan bemutatni a témával foglalkozó tankönyvekben. A leírás szerint az ABC fényképezőlemezre az R rádiumot egy ólomtömbbe P vajt kis mélyedésbe elhelyezve és annak környezetében erős homogén mágneses teret létesítve, mely a rajz síkjára merőleges, a preparátumból kiinduló sugarak különválnak.



4. ábra: A mágneses mező hatása a radioaktív sugárzásra.

A mágneses mezőbe az indukcióvonalakra merőlegesen érkező töltött testek körpályán mozognak a Lorentz erő hatására.

Marie Curie dolgozatában utalt arra is, hogy míg az α -részecskék energiája meghatározott érték, addig a β -részecskék esetében ez közel sincs így. Ezt jelzi az ábrán is, hiszen a β -sugarak mágneses mezőben való eltérülésének érzékeltetésére több különböző sugarú körvet rajzolt.

„A β -sugarak ugyanúgy terelődnek el, mint a katódsugarak és a rajzsíkban kör alakú görbékbe mennek át, melyek sugara táj határok közt ingadozik, valóságos folytonos spektrum” [2]

Ugyanebben az évben, 1903-ban kapta a fizikai Nobel-díjat férje és Becquerel társaságában. A díjat először csak Becquerel-nek és férjének akarták odaítélni, de Pierre Curie ezt visszautasította. Levélben tájékoztatta a Nobel Bizottságot, hogy eredményeiket feleségével közösen érték el, azokban felesége szerepe meghatározó volt, és ha őt kihagyják a díjazottak közül, akkor visszautasítja azt (5. ábra).



5. ábra: Marie Curie Nobel díja

Marie Curie második leánygyermekét, Eve-t, 1904. december 6-án, 37 éves korában szülte. Ez a leánya, Eve Curie (6. ábra) írta meg később édesanya érdekesítő, küzdelmes, sok betegséggel terhelt, de mégis diadalmas életét a Madame Curie című könyvében [5]



6. ábra: Eve Curie fényképe

(<http://www.mimicsoda.hu/cikk.php?id=1354>)

Ki kell, hogy emeljük Pierre Curie, a férj szerepét Marie Curie munkássága kapcsán, mely nem csak a fent említett mérőeszköz megalkotásában állt. Abban az időben teljesen szokatlan gondolat volt az, hogy a nők is karriert építsenek, mint az írás első felében olvasható, a tanulás szabadságát sem engedték minden országban. Ezért kellett Marie Curie-nek külföldre menni. Ha dolgoztak a nők, amint férjhez mentek, abbahagyták a munkát, de az első gyerek megszületése után mindenképpen. Ellenben Pierre Curie és az ő édesapja akkor is támogatta, aki vigyázott a gyerekekre. Ezt nem minden család biztosította a nők számára, sőt általában nem.

Ki volt nagyobb tudós kettőjük közül? – teszi fel a kérdést Hargittai Magdolna könyvében, melyet meg is válaszol, miszerint ezt lehetetlen eldönteni. De az valószínű, hogy a sikerekhez mindketten kellett. Ketten együtt többet alkottak, mint tették volna külön-külön egyedül. Pierre karrierje miként alakult? Függetlenül attól, hogy fontos felfedezéseket tett már korábban, mielőtt Marie-vel találkozott volna, mint piezoelektromos hatás felismerése bátyjával, Jacques-kal, és az összefüggés a ferromágneses és a paramágneses viselkedés között, mely átalakulási hőmérsékletet Curie-hőmérsékletnek is neveznek, az igazi elismerést a radioaktivitás terén végzett kutatómunka hozta el számára [1].

Az özvegy Marie Curie

Marie Curie 1906-ban tragikus körülmények között elvesztette férjét. (Pierre Curie ekkor 47 éves volt.) Ezután egyedül vezette kutatólaboratóriumát, tartotta az előadásokat a Sorbonne-on és nevelte leányait (7. ábra).



7. ábra: Marie Curie és leányai

(<http://www.chemgeneration.com/hu/marie-curie/marie-curie-élete-és-munkássága.html>)

A Francia Tudományos Akadémia 1911. január 23-án, egy szavazatkülönbséggel nem Madame Curie-t, hanem vetélytársát, Edouard Branly-t választotta meg akadémikusnak. Viszont ugyanebben az évben megkapta második Nobel-díját a kémikusként elért eredményeiért. Ennek emlékére, a száz éves évfordulóra lett a 2011. év a kémia éve. Marie Curie-t a párizsi Sorbonne Egyetem díszdoktorává avatta 1913-ban.

Ez az elismerés többek között azt is eredményezte, hogy a francia kormány létrehozta a Rádium Intézetet, a későbbi Curie Intézetet (Institut Curie). Itt nagy intenzitással indultak meg a rádium további fizikai és kémiai tulajdonságainak, valamint élettani hatásainak a vizsgálatai.

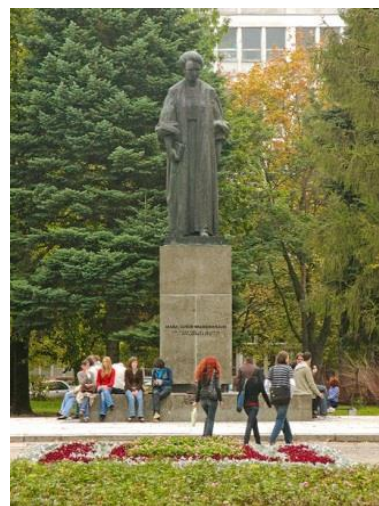
Ám 1911-ben nem mint tudóst ünnepelték Franciaországban, hanem egyenesen támadták, magánéleti okokból. Curie ekkor már öt éve özvegy volt, miután Pierre, férje és társa a kutatásaiban, balesetben meghalt. Két lányukat, Iréne-t és Ève-t egyedül nevelte tovább, és átvette férje helyét a Sorbonne-on, ahol tanszékvezetőként fáradhatatlanul dolgozott, hogy új értelmet találjon életének. 1910-ben kapcsolatba kezdtek Paul Langevin fizikussal, aki bár külön élt feleségétől, de technikailag még nős volt. Miközben 1911 őszén Curie, Langevin és 20 másik tudós egy brüsszeli konferencián voltak, Langevin felesége átadta a sajtónak a férje és Curie közötti szerelmes leveleket, amit megjelentettek, és házasságrombolónak bélyegezték Curie-t. Kitért a botrány. Miután Curie lengyel volt, felerősödtek a kívülállóságára utaló hangok, és hasonló közutálat kezdett kibontakozni ellene, mint Richard Dreyfuss esetében. Pletykálni kezdtek esetleges zsidó származásáról is. Miután hazaértek a konferenciáról, Curie háza körül kiabáló tömeg gyűlt össze, az akkor 7 és 14 éves lányai annyira féltek, hogy Curie a család egy barátjához költözött velük, amíg elült a botrány.

Idősebb lánya, Iréne mintegy örökölte édesanyja vonzalmát a fizika iránt, folytatva a családi dinasztiát - az I. világháború ideje alatt - édesanyjával a röntgenográfia alkalmazásainak fejlesztésén dolgozott. Nekik köszönhetően az orvosok röntgenfelvételeket készíthettek a sérült csontokról és a testekben található repeszekről. Irányítása alatt kétszáz új röntgenállomás létesült. Húsz darab röntgenkocsit saját maga szerelt fel és adott át a hadseregnek, melyek zömmel személyautók, vagy szállítókokcsik voltak és gazdag magánemberek, vagy nagyvállalatok bocsájtottak rendelkezésére. Megtanult vezetni, sőt, sokszor még autószerelői feladatokat is ellátott. Iréne-nel közösen végezték a röntgenes személyzet kiképzését is. A háború végén „katonai érdemeiért” tüntették ki.

1914-ben megalapította a párizsi Rádium Intézetet (Institut du Radium) a radioaktivitás gyógyászati alkalmazásainak kutatására és a rádium előállítására. Az Intézet pár évvel később a magfizikai és magkémiai kutatások központjává vált. Marie Curie haláláig dolgozott itt. Az eltelt évek alatt a legkülönbözőbb nemzetek fizikusai, vegyészei dolgoztak itt. Az időszak alatt körülbelül ötszáz tudományos dolgozat készült, melyek közül harminc volt Marie Curie saját munkája, de az összes többinél is közreműködött segítő tanácsaival.

Két lánya kíséretében 1921-ben nagy sikerű utat tett az Egyesült Államokban, ahol Warren B. Harding elnök az amerikai nők által gyűjtött pénzből vásárolt 1 grammnyi rádiumot ajándékozott neki [6]. Marie Curie sok előadást tartott, főleg Belgiumban, Brazíliában, Csehszlovákiában és Spanyolországban. A Népszövetség Tanácsa beválasztotta a Szellemi Együttműködés Nemzetközi Bizottságába.

1922. február 7-én, miután már az egész világ ünnepelte Marie Curie-t (8. ábra), a Francia Akadémia is tagjává választotta az orvosi röntgendiagnosztika terén kifejtett eredményes munkája elismeréseként, első nőként.



8. ábra: Marie Curie szobra Varsóban

Marie és Pierre Curie-nek munkájuk során fogalmuk sem volt róla, hogy tudományos felfedezésükért mekkora árat kell majd fizetniük. Akkoriban még nem tudtak a radioaktív sugárzás veszélyes hatásairól, így Marie a legkisebb elővigyázatosság nélkül dolgozott a radioaktív anyagokkal, a tesztelésre szánt, radioaktív izotópot tartalmazó csöveket például a zsebében hordozta, és az íróasztala fiókjában tárolta.

Marie Curie egész életében igen intenzíven dolgozott. Utolsó munkája, 1934 első hónapjaiban, az aktínium optikai spektrumának tanulmányozása volt. Egészségét felőrölte az élete során a testét ért ionizációs sugárzás óriási dózisa, melyet elsősorban az első világháború alatti röntgenvizsgálatok során szedett össze. Vérszegénységben hunyt el 1934. július 6-án. A Sceaux-i temetőben temették el férje mellé, majd Marie és Pierre Curie földi maradványait 1995. április 20-án helyezték el a párizsi Pantheonban (9. ábra).



9. ábra: Marie Curie és Pierre Curie sírja a párizsi Pantheonban

Emlékezete

Szüllőházában, a varsói Újvárosban múzeum ápolja a kétszeres Nobel-díjas emlékét (10. ábra). A kiállítás képeket mutat be az életéből, láthatóak személyes tárgyak, jegyzetfüzetek, levelek, valamint első laboratóriumának berendezése a hozzá tartozó eszközökkel.

Marie Skłodowska-Curie kémikust választották minden idők legnagyobb lengyeljének a lengyel történelmi múzeum és a Mowia Wieki történelmi folyóirat interneten zajló szavazásán az érdeklődők 2011. március 8-án.



10. ábra: Marie Curie szülőháza Varsóban

Marie és Pierre Curie munkássága új korszakot nyitott a fizikában és a kémiában, a radioaktivitás vizsgálatának terén nagy lendületet adott a kortársaknak és a későbbi kutatóknak egyaránt. A nukleáris tudomány eredményei az élő és élettelen természettudományok szinte minden területén alkalmazást nyertek. A nukleáris tudomány a természettudományok motorja volt a 20. században. Ezt az állítást a tudományterület által elnyert 57 db Nobel-díj is igazolja [7]. A 96-os rendszámú elem Marie és Pierre Curie után kapta nevét, mely kúrrium, vegyjele Cm.

A Curie házaspár tiszteletére határozták meg a radioaktivitás egyik mértékegységét (curie, jele Ci). Pierre és Marie Curie után három radioaktív ásványt neveztek el: curite, sklodowskite és cuprosklodowskite. Lublinban van a Maria Curie-Skłodowska Egyetem, Varsóban pedig a Maria Skłodowska-Curie Rákkutató Intézet.

"Egyikünk élete sem könnyű. És akkor? Legyen bennünk kitartás, és mindenek előtt bízzunk önmagunkban. Hinniünk kell benne, hogy tehetségesek vagyunk valamilyen, és ezt - kerül, amibe kerül - meg tudjuk valósítani."

(Marie Curie)

Irodalomjegyzék

- [1] Hargittai Magdolna (2015): *Nők a tudományban határok nélkül*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- [2] Curie, P., Curie, Mme P., Bémont, G. (1898) *Sur une nouvelle substance fortement radioactive, contenue dans la pechleude*, *Compt. Rend.*, 127, 1215.
Magyar változat: Vértes Attila (Szerk.): *Szemelvények a nukleáris tudomány történetéből*. Akadémiai Kiadó, Budapest. 2009. 25-27. oldalak. Silberer Vera és Kárpáti Szilvia fordítása
- [3] Skłodowska Curie (1904): *Radioaktív anyagokra vonatkozó vizsgálatok (fordította: Zemplén Győző) Franklin-Társulat, Budapest, 1906*. (Eredeti. Mme S. Curie 1904-es könyve, amely az 1903-as doktori disszertációján alapult.)
- [4] Radnóti Katalin (2011): *A Kémia Éve - Marie Curie kísérletei* Nukleon. IV. évfolyam 2. szám http://nuklearis.hu/sites/default/files/nukleon/Nukleon_4_2_90_Radnoti.pdf
- [5] Curie, Eva: *Madame Curie*. Gondolat Könyvkiadó, Budapest. 1967, ötödik kiadás
- [6] Emling, Shelley (2013): *Marie Curie és lányai*. HVG könyvek.
- [7] Vészits Ferencné (Szerk. 1974): *A Nobel-díjasok kislexikona*. Gondolat Könyvkiadó, Budapest.