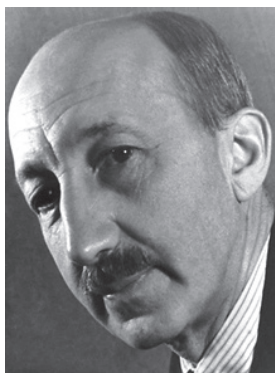


Tavaly volt 50 éve, hogy meghalt a radioaktív nyomjelzés és a hafnium Nobel-díjas felfedezője, Hevesy György kémikus

„Én mindig az egyszerűségben hiszek,
minthogy magam is egy egyszerű ember vagyok.”

Ernest Rutherford-atomfizikus

Kulcsszavak: hafnium, radioaktív nyomjelzés módszer, izotóp, nukleáris orvostudomány, pajzsmirigyek hormonjai, Föld kora, izotóphígításos-, röntgen-fluoreszcenciás-, neutronaktivációs analitikai módszerek, Nobel-díj, Atom a Békéért Díj, Copley-érme, Eötvös Loránd, Kármán Tódor, Polányi Mihály



Hevesy György – George de Hevesy (1885. augusztus 1., Budapest – 1966. július 7., Freiburg) a Piarista Gimnáziumba járt, a Budapesti Tudományegyetemen kezdett kémiát tanulni, tanulmányait Berlinben folytatta, Freiburgban doktorált 23 évesen. Ezután több híres tudósnál dolgozott: *Fritz Habernél* Németországban, *Richard Lorenznél* Svájcban és *Ernest Rutherfordnál* Angliában. Ekkortájt fedezték fel az urán és a tórium bomlásából keletkezett „radioelemeket”, amelyek közül néhányról kiderítette, hogy már ismert elemek izotópjai. Zürich, Manchester, Bécs voltak további állomásai. A Budapesti Tudományegyetemen habilitált, ott lett a gyakorlati fizika professzora. Mikor a rendszerváltás után megfosztották katedrájától, *Niels Bohr* meghívását elfogadva 1920-ban Koppenhágába ment, ott fedezte fel a hafnium

elemet. Professzor lett a Freiburgi Egyetemen, majd a Koppenhágai Egyetemen. Magyar állampolgárként kapta meg a kémiai Nobel-díjat (1943) „az izotópok nyomjelzőként való felhasználásáért kémiai reakciók tanulmányozásánál”. A stockholmi egyetem professzora és svéd állampolgár lett (1946). Tizenöt akadémianak tagja, köztük van az Academia dei Lincei, a nemzetközi Asztronautikai Akadémia, az Angol Királyi Társaság, a Dán Akadémia és a Svéd Királyi Tudományos Akadémia, a Pápai Akadémia és a Magyar Tudományos Akadémia (1945). Freiburgban temették el, hamvait 2001-ben helyezték vissza abba a földbe, ahonnan származtak. A Nemzetközi Nukleáris Orvostudományi Társaságnak van egy Hevesy-díja, a Magyar Nukleáris Orvostudományi Társaságnak pedig Hevesy-érme.

A radioaktív nyomjelzés (indikáció) módszer

1910-től Karlsruheban dolgozott *Fritz Haber* (1868–1934), az ammóniaszintézis felfedezője mellett, aki 1911-ben Angliába küldte. Hevesy Rutherford (1871–1937) laboratóriumát választotta Manchesterben, mely meghatározó helyszín lett számára tudományos karrierje szempontjából. Három éven keresztül dolgozott itt, kisebb-nagyobb

megszakításokkal. Manchesterben Rutherford tanítványa volt, aki később a barátja is lett. Itt dolgozta ki a radioaktív nyomjelzés technikáját. „De a gondolat, hogy radioaktív izotópokat mint indikátorokat alkalmazzanak fizikai, kémiai és biológiai problémák megoldására, ugyancsak termékenynek bizonyult. Olyan problémákat lehetett ennek segítségével megoldani, melyek más úton vagy nehezen lettek volna megközelíthetők, vagy éppenséggel megoldhatatlanok maradtak volna. A radioaktív indikáció módszere vezetett az ólom- és bizmuthidrogén felfedezéséhez, és lényeges szerep jutott ennek a módszernek azokban a kutatásokban is, melyek a *szabad methyl- és aethyl-gyökök izolálására* vezettek. Hevesy érdeme, hogy a radioaktív indikációs gondolatnak a biológiai kutatásban való jelentőségét felismerte.” [1]

Rutherfordtól gyakran idézik a fiatal kutatónak címzett következő mondatot, amely végül is a Nobel-díjas felfedezés alapját képezte:

„– *Nos, fiam, ha megérdemled a sót a levesedbe, a sugárzó RaD atomokat különítsd el ettől a sok piszkos ólomtól!*” A feladat megoldhatatlan volt, a rádium-D-t nem lehet elválasztani kémiai úton az ólomtól. „Hevesy és mások is Európában hiába dolgoztak a problémán, de Hevesy volt az első, aki ahelyett, hogy úgy tekintett volna a siker hiányára, mint vereségre, a negatív eredményt jelentős felfedezésé fordította.” [22] 1913. január 8-án ezt írja munkatársának, *Paneth*-nek:

„– *Mivel a RaD nem különül el az ólomtól, azt az ólom nyomon követésére használhatjuk, például arra, hogy megvizsgáljuk az ólomsók vízben történő oldhatóságát különböző hőmérsékleteken.*” Hevesy és *Paneth* 1913. április 30-án küldték el tanulmányukat a *Zeitschrift für Anorganische Chemie* folyóiratba. Alig fél évvel később, 1913. december 4-én kelt a *Nature* folyóiratban megjelent írásában *Frederic Soddy* vezeti be az *izotóp* fogalmát egyazon elem különböző atommagjainak megkülönböztetésére. Hevesynek a nyomjelzéssel kapcsolatos felismerése magába foglalta ezt a felfedezést is, vagyis azt, hogy a frissen felfedezett radioaktív nuklidok mindegyikét csak úgy lehet elhelyezni a periódusos rendszerben, ha az egyes kockákba több is jut, és innen adódik az „izotóp = azonos hely” elnevezés. Ő, mint kémikus a vegyérték alapján fogalmazta meg az izotópot, hangsúlyozta a kémiai folyamatokban való teljes helyettesíthetőségét, ami ugyanolyan helyes, sőt túl is megy a Soddyénál. A pontos definíciót, a rendszámmal és tömegszámmal, természetesen akkor még nem lehetett megadni, hiszen a neutront *Chadwich* csak 19 évvel később, 1932-ben fedezte fel.

A radioaktív nyomjelzés Nobel-díjas felfedezője e módszert diadalra is vitte azzal, hogy feltárta a legfőbb alkalmazási területeket, mindenekelőtt azt, hogy a módszer alkalmazható az élő szervezet vizsgálatára. Felfedezésével új tudományágat, a *nukleáris orvostudományt* alapozta meg. Nézzünk néhány gyakorlati alkalmazást.

Az indikátorok módszere ...ételmaradék vizsgálatban

A módszer legelső alkalmazására akkor került sor, amikor albrétükben gyanítani kezdték, hogy a megmaradt ételt a szakács más formában másnap ismét felszolgálja. Egyik vasárnap délben sok marhasültet hagytak a tányérjukon – radioaktív anyaggal enyhén megfűszerezve. Azután Geiger-számlálóval kimutatta: a hét folyamán ezt a maradék marhát többször viszontlátták fasírt, pörkölt stb. formájában. A szakácsnő a bizonyíték láttán beismerte tétlét.

... az elemző vegytanban

A rádióaktív izotópok módszerét messzemenően alkalmazta az analitikus kémia. Számos olyan esetben használták, amikor szokásos elemzési módszerek nem váltak be.

Így például egyes ólomtartalmú kőzetek ólomtartalmát csak az indikátorok módszerével sikerült megállapítani. Az utóbbi időben pedig tért hódított ez a módszer a nitrogén kimutatására élő szervezetekben a nitrogén izotópot és a hidrogén izotópot használták fel.

... a növényélettanban

A növényélettanban is felhasználták az izotóp indikátorok módszerét. Azt kellett eldönteni, hogy a talajból felszívott anyagoknak vagy csak egyetlen elemnek mi a sorsa a növényben, egy helyben marad-e vagy vándorol; akkor azt kellett tenni, hogy a vizsgálat tárgyává tett elemet valamilyen izotóp indikátorral „jelölték meg”, és azután ennek az izotópnak a növényben való vándorlását viszonylag egyszerű módon végig lehetett kísérni. Természetesen bonyolultabb életfolyamatok vizsgálatát is meg lehetett oldani izotóp indikátorok módszerével.

... a gyógyszertertanban

A század első évtizedében a *vérbaj* kezelésére bizmut-vegyületeket használtak. Munkatársaival azt vizsgálták, hogy e készítmények közül melyek a leghatásosabbak. E vizsgálat elvégzésénél is az izotóp indikátorok módszerét alkalmazták, a bizmutot egy bizmut izotóppal jelölték meg és ennek az izotópnak a szervezetbe való felszívódását és kiürülését vizsgálták. Ezzel a módszerrel a kérdést el is döntötték, és bizonyították, hogy a bizmut-hidroxid olajos szuszpenziója a legalkalmasabb gyógyszer.

... az orvostudományban

A rákbetegségek vizsgálatánál azt a kérdést vetették fel, hogy az ólom az egészséges és tumoros szövetek között hogyan oszlik meg. Kézenfekvő volt az ólmot valamely alkalmas izotópjával indikálni. Ezek a vizsgálatok ugyan negatív eredménnyel jártak biológiai szempontból, mindamelllett nagymértékben hozzájárultak a methodika kifejlesztéséhez és ahhoz, hogy később a fehérjék és zsírok anyagforgalmának tanulmányozásakor nagy sikerrel alkalmazzák a rádióaktív izotóp indikátorok módszerét.

A nehézvíz

1933-ban felfedezték a nehézvizet (deutériumoxid-D₂O), ettől kezdve sikerrel lehetett alkalmazni a szervezet vízkeringésének tanulmányozására mint izotóp indikátort. Munkatársaival ½% nehézvíz tartalmú vizet vittek be a szervezetbe és ezzel a módszerrel megállapították, hogy a vízmolekulák átlagos tartózkodási ideje a szervezetben 13 és fél nap. Ebből az következik, hogy a felnőtt ember szervezetében egyetlen olyan vízmolekula sincsen, amely az egyén születésekor is már a szervezetben volt.

A mesterséges rádióaktív izotóp indikátorok

Hevesy módszerének új lendületet csak mintegy 30 évvel felfedezése után, a *mesterséges radioaktivitás* felismerése (1934 – Joliot házaspár) adott, ami új izotópok előállítására adott lehetőséget.

„Hevesy munkássága a stockholmi évek alatt mindinkább a *nukleáris medicina* irányába toldott. A mesterséges radioizotópok szerepe jól bevált mind az orvosi diagnosztikában, mind pedig a gyógykezelésben. A nagyobb kórházak izotóplaboratóriumainak mind nagyobb szerepe lett a rákos daganatok eredményes kezelésében. Hevesy felfedezései ezen a téren mind közelebb vitte őt az *orvosi rákkutatáshoz* és az orvostudományok új ágához, a *radiobiológiához*. Hevesy ezzel előkelő helyet foglalt el az orvostudományokkal foglalkozók körében is. Ezirányú munkásságával kiérdemelte az Egyesült Nemzetek Szövetsége az »Atom a békéért« nevű kitüntetését², amelyet 1959-ben a főtitkár, *Dag Hammarskjöld* adott át Hevesynek, ünnepélyes keretek között.” [1]

Két nagy jelentőségű vizsgálatot lehetett végrehajtani, egyrészt a vas anyagforgalmát lehetett tisztázni, másrészt pedig szénizotópok felhasználásával a szén anyagforgalmára derült fény. Így például bebizonyosodott az, hogy nemcsak a növények tudják a szén-dioxidot asszimilálni (beolvasztani), hanem az állati szervezet is fel tudja használni a szénsavat, illetve annak oxigénjét. A rádióaktív jód segítségével ki lehetett mutatni, hogy a pajzsmirigyek hormonjait, a tiroxint és a dijódtirozint a szervezet előállítja még akkor is, ha a pajzsmirigyeket a szervezetből eltávolították. E módszer legújabb felhasználásai közül csak egyet említek, a pozitronemissziós tomográfiát (PET), amely az *agydiagnosztika* leghatásosabb módszere. „Ma már a nukleáris orvostudományt például a rák diagnosztizálás esetén a PET szkenneléssel együtt alkalmazzák. A nukleáris orvostudományban a vizsgálatok kis adag radioaktív anyagok (nyomjelző) injekcióján alapulnak, amely lehetővé teszi, hogy az orvos értékelje a szerv, szövet vagy csont funkcióját. A beadott vagy belélegezett radioaktív nyomjelzőt azután vizsgálják, ami után az felszívódott a szervekben vagy a test területen. Egy speciális kamerát, vagy egy szkennert használva, fotókat készíthetünk, és részletes tájékoztatást kaphatunk az anyag szervezetben való eloszlásáról. Számos vizsgálatot CT- vagy MR-vizsgálatokkal egészítenek ki, amelyek lehetővé teszik a kutatók számára, hogy egyszerre vizsgálják az anatómiát és funkciót.

»A pozitronemissziós tomográfia« (PET) egy nukleáris orvosi képalkotó technika, amely a jelölőanyagok egy speciális típusát alkalmazza (amelyek egy pozitron kibocsátásakor szét-esnek) ahhoz, hogy a testfolyamatok háromdimenziós képét hozza létre. A PET vizsgálat olyan képalkotó vizsgálat, ahol radioaktív nyomjelzőt injekciónak a testbe szkennelés előtt. A PET vizsgálat a betegség aktivitásának képét nyújthatja az egész szervezetben, és különösen használhatók a rák esetén, hogy egy teljesebb képet kapjunk a betegségről az egész szervezetben, nem pedig csak az egyes testrészekben. A módszer annyira érzékeny, hogy képes felismerni a metabolikus változásokat a szövetekben egy korai szakaszban – gyakran még az előtt, hogy CT vagy MRI felvételen a rák látható lenne. Modern szkennerek már egyesített PET és a CT szkennerek, amelyek lehetővé teszi, hogy ugyanazon vizsgálat során és ugyanabban a szkennerekben rögzítse a (PET) és a részletes anatómia (CT) adatokat.” [21]

A rádió-foszfor

A legrészletesebb vizsgálatokat a rádióaktív foszforral végezték. Ez az anyag különösen alkalmas biokémiai vizsgálatokra, mert könnyen előállítható, felezési ideje megfelelő és Geiger–Müller-féle számlálóval könnyűszerrel kimutatható. Azt találták, hogy a foszfor a szervezetben a csontváz felé halad és a csontvázban lévő foszfort: „az öreg foszfort” helyettesíti, az „öreg foszfort” pedig kiürül a szervezetből. Ez azt mutatja, hogy az emberi szervezet örök keletkezésben, megsemmisülésben, szakadatlan folyásban, fáradhatatlan mozgásban és változásban van.

Mire használják még az izotópdiagnosztikát?

- **szívizom** szöveti vérrellátásának vizsgálatára
- **vese** működésének vizsgálatára
- **agyi vérkeringés** vizsgálatára
- **csontvizsgálatokra**

A hafnium felfedezése

1923-ban Dirk Costerrel együtt azonosította és elemezte a periódusos rendszer egyik utolsó ismeretlen 72. elemét, a hafniumot. Ezen felfedezését ő addigi élete legjelentősebb eredményének tartotta. Ezen felfedezésével egyszerre világhírű lett. *Rutherford* az elsők között gratulált Hevesynek, s ezt írta: „*Biztos vagyok abban, hogy az Ön neve*

maradandó lesz.” Amikor 1943-ban Hevesynek ítelték a Nobel-díjat az izotópok nyomjelzőként való alkalmazásáért, természetesen nagyon örült ennek a hírnek, de keserűen jegyezte meg környezetében, hogy szerinte a Nobel-díjat már 20 évvel ezelőtt, 1923-ban kiérdemelte, amikor felfedezte a hafniumot. (Ebben az évben ugyanis nem kevesebb, mint 14 dolgozata és 2 könyve jelent meg nemzetközi folyóiratokban a hafniumról.) Nemcsak felfedezte, hanem elemezte is az új 72. alapelemet, amelynek ő a *hafnium* nevet adta, ami Koppenhága latin neve.

A felfedezés a Bohr-elmélet egyik állítását igazolta. E szerint a ritkaföldfémek száma 14-re korlátozódik, amiből az következett, hogy a 72. elem nem lehetett ritkaföldfém, hanem csak a titánhoz és a cirkóniumhoz hasonló kémiai tulajdonságokkal rendelkező elem. Hevesy ennek alapján 1922 nyarán Magyarországon töltött szabadsága alatt elkészítette a 72. elem felkutatását célzó tervét. E szerint nem ritkaföldfém ásványokban, hanem a cirkónium ásványaiban kereste és 1923-ban Koppenhágában meg is találta a 72. elemet, melyet Koppenhága latin neve után hafnium-nak nevezett el. 30 dolgozata foglalkozik ezzel az elemmel. Többek szerint ezért a felfedezéséért is megérdemelte volna a Nobel-díjat.

Freiburgi évek

1925-ben elfogadta a Freiburgi Egyetem meghívását, itt professzori éveit a elemek gyakoriságát vizsgálta, ugyanis összefüggést sejtett a gyakoriság és az atommag stabilitása között. Meghatározta az ólom átlagos koncentrációját urán-ásványokban, ennek segítségével 1926-ban elsőként vont le következtetéseket a Föld kialakulására vonatkozóan, illetve adta meg a Föld életkorának nagyságrendjét. A freiburgi idő másik fontos eredménye a samárium radioaktivitásának felfedezése. Ez volt a radioaktív bomlás alapuló nagypontosságú geológiai kormeghatározás kezdete.

Nukleáris analitikai módszerek

Az analitikai kémia számára feltalálta az izotóphígítást (1931), a röntgen-fluoreszcenciát (1932), és a neutronaktivációs (1934) analitikai módszereket.

Izotóphígítási analitikai módszer

Közetek ólomtartalmának vizsgálatáról R. Hobbie-val és Holmes-szal közösen végzett és publikált munkájával 1931-ben megalapozta az izotóphígítási analízist. Ezt a módszert (angolul: Isotope Dilution Analy [IDA]) Hevesy fedezte fel, melyet többek között a környezeti, geológiai, kozmológiai vizsgálatokhoz, nukleáris tevékenységekhez és azok ellenőrzéséhez, biokémiai folyamatok vizsgálatához vagy mennyiségi meghatározásokhoz alkalmaznak. Az izotóphígítási technika alkalmazási köre napjainkra kiszélesedett. Olyan molekulák előállítására is lehetőség nyílt, melyek nem organogén elemek stabil izotópjával, hanem azoktól eltérő heteroelemek (pl. Cr, Se, Hg, Sn stb.) stabil izotópjával vannak jelezve. Ezáltal a technika átlépte határait és új analitikai technikákban kapott teret. Az izotóphígítási technika nagy előnye, hogy elsődleges, abszolút módszer révén, a mennyiségi analízishez nincs szükség kalibrációra. Ezzel a technikával, pontosabb, precízebb eredményt, valamint kis kimutatási határokat érhetünk el a hagyományos kalibrációval szemben.

Röntgen-fluoreszcenciás analitikai módszer

Röntgen fluoreszcencia (XRF) a karakterisztikus „másodlagos” (vagy fluoreszkáló) röntgensugarak kibocsátása olyan anyagból, amelyet nagy energiájú röntgen vagy gamma-sugarakkal való bombázással gerjesztenek. A jelenséget széles körben használják elemvizsgálathoz és kémiai elemzéshez, különösen fémek, üveg, kerámia és építőanyagok

gok vizsgálatához, valamint a geokémiai, kriminalisztikai kutatásokhoz, a régészeti minták összetételének meghatározásához, és műtárgyak, mint például a festmények és a falfestmények vizsgálatában. Számos meteoritot elemeztek ezzel a módszerrel.

Neutronaktivációs analitikai eljárás/módszer

Hilde Levi munkatársával együtt felfedezte, kidolgozta a neutronaktivációs analízis módszerét. Ezzel a módszerrel meg lehetett határozni egy mintában az összetevőket, az elemek koncentrációját. Ennek előnye, hogy nem károsítja a mintát, így műalkotások és történelmi tárgyak vizsgálatára is alkalmas. Ez a módszer használható egy radioaktív minta aktivitásának meghatározására is. Hitler hatalomra jutása után 1934-ben Hevesy visszament a Bohr Intézetbe Koppenhágába. 1935-ben Bohr vásárolt 0,6 g rádiumot és ennek segítségével Hevesy ismét új tudományterületeket elindító kísérleteket végzett. A neutron felfedezése után *Lise Meitnerrel* rádium-berillium neutronforrást készített – a következő években ezzel számos kísérletet végeztek. A ^{238}U bomlási sorában lévő $^{226}_{88}\text{Ra}$ (rádium) bomlásakor 3 db α -részecskét nyerünk. Így a rádiumforrást berilliummal körülvéve, a berilliumot céltestnek használva a következő magreakció játszódik le: $^4_2\text{Be}(\alpha, n)^{12}_5\text{C}$, vagyis α -részecskével bombázott berillium (Be) szénné (C) alakul és közben egy *neutron* is keletkezik. Ezekkel a neutronokkal Hilde Levi ritkafelemeket sugározott be. Így radionuklidokat állítottak elő, amelyeket felezési idejük alapján azonosítottak. Az egyik bomlási görbe vizsgálata azt mutatta, hogy a preparátum szennyezést tartalmaz – így fedezték fel a neutronaktivációs analízist. *Otto R. Frisch*³, Lise Meitner unokaöccse segédkezett Hilde Levinek a berendezés összeállításában.

A Nobel-díj

A kémiai Nobel-díjat magyar állampolgárként 1943-ban kapta a *radioaktív nyomjelzés* kidolgozásáért.⁴ A Nobel-díj bizottság indoklása: „*az izotópok nyomjelzőként való alkalmazásáért a kémiai folyamatok tanulmányozásában*”. 1924 óta többször javasolták a díjra, de a felfedezés után 30 év múlva kapta meg. Otto Hahnmal volt versenyben, akinek 1944-ben ítéltek meg a díjat. A Nobel-díj odaítélésében foglalt munkásságának legszélesebb körű felhasználása napjainkban egyértelműen az orvosi diagnosztika területe. Vagyis munkássága interdiszciplináris jellegű volt! A 2001. évi újratemetés alkalmából fia, Georg de Hevesy a Magyar Tudományos Akadémiának adta Hevesy György Nobel-érmét, melyet másfél évtizeden át az MTA székházában, illetve könyvtárában őriztek. Mivel a stockholmi Nobel Múzeum egy új épületet emelt a Nobel-díj tiszteletére, az ifjú Hevesy úgy döntött, hogy az éremnek ott, az állandó kiállításon lenne a helye, ezért 2015 szeptemberében elvitte apja Nobel-érmét Svédországba. Így Magyarország most már csak egy Nobel-éremmel, Szent-Györgyi Albertével, rendelkezik.

„Az apám természetesen nagyon büszke volt a Nobel-díjára, de olyan ember volt, aki nem beszél saját magáról. Nagyon diszkrét személyiség volt, így a díjak sem volt téma nálunk családi körben” – emlékezett vissza édesapjára Georg de Hevesy.

Kitüntetései

Közel húsz egyetem választotta díszdoktorává. Számos akadémia – köztük a Magyar Tudományos Akadémia (1945) –, egyesület, és társaság (pl. 1951 – Bunsen Társaság) tagja. A Royal Society is tagjai közé választotta, 1958-ban elnyerte az Egyesült Nemzetek Szervezetének „Atom a Békéért Díját” (Atoms for Peace Award), melyet az előző évben kollégájának, Niels Bohr-nak ítéltek oda. (Rajta kívül még két magyar kapta meg ezt a kitüntetést: Teller Ede (1908–2003) és Wigner Jenő (1902–1995). Tehát a 16 kitüntetett közül 3 magyar volt!)

Az Atom a Békéért Díjat Henry Ford II, Benson Ford, Henry Clay Ford javaslatára alapították 1955-ben a Ford Motor Company Alap 1.000.000 \$-os támogatásával Henry és Edsel Ford emlékére, hogy díjazzák azokat, akik hozzájárultak az atomenergia békés célú felhasználásához. Egy független nonprofit társaság jött létre, hogy kezelje a békés nukleáris technológia alkalmazására és fejlesztésére létrehozott díjat. A díjat az Egyesült Államok elnökének, Dwight D. Eisenhowernek az Egyesült Nemzetekhez intézett, *Atom a békéért* című beszédére válaszként hozták létre. 1955. július 20-án Genfben (Svájc) Dwight D. Eisenhower elnök a nukleáris tudomány békés célokra történő alkalmazása érdekében nemzetközi erőfeszítést sürgetett és reményét fejezte ki, hogy „a magán üzleti és szakmai emberek az egész világon érdekeltek lesznek az új utak megtalálásában, és ösztönzik, hogy ez az új tudomány az emberiség javára és nem a pusztításra legyen használható...” A díj létrehozását Lewis L. Strauss admirális, az Egyesült Államok Atomenergia Bizottságának elnöke jelentette be, az atomenergia békés felhasználására összehívott világkonferencián Genfben, 1955. augusztus 8-án.

A díj összege 100.000 \$ évente. Eddig mindössze tízszer adták ki.

Nobel-díjnál is nagyobb kitüntetés

A világ számos egyeteme választotta díszdoktorává, és 1949-ben Paul Dirac (1902) előtt megkapta a *Copley-érmét*, amely a Royal Society legrégebbi és legmagasabb kitüntetése, amire különösen büszke volt. Ez utóbbiról úgy nyilatkozott: „A közönség azt hiszi, hogy egy kémikus számára a Nobel-díj a legnagyobb kitüntetés, amit tudós elnyerhet, de nem így van. Negyven-ötven kémikus kapott Nobel-díjat, de csak tíz külföldi tagja van a Royal Societynek, és közülük csak ketten [Bohr és Hevesy – a szerző] kaptak Copley-érmét.”

Nyelv–zene–matematika

E hármas, összefüggő képesség közül legalább kettő nála is szignifikáns volt. Kiválóan beszélt *angolul, németül, dánul, türhetően franciául. Svédiül* tökéletesen soha nem tanult meg, erős akcentussal használta ezt a nyelvet, svédiül tartott előadásaira nyelviileg is külön készült. De fejben élete végéig magyarul számolt. Korán érdeklődött a matematika iránt, de tudományos munkáiban később nem használta. Kiváló memóriája volt, mindenkire és minden beszélgetésre emlékezett.

Felfedezései

A már említett radioaktív nyomjelzéstechnika, hafnium, nukleáris analitikai módszerek felfedezésén kívül azonosította a ^{40}K természetes radioaktív izotópot (ami az izomban is előfordul) – amely 10⁹ év felezési idővel alakul át argonná és kalciummá –, kimutatta, hogy a ^{41}K stabil, a ^{42}K pedig mesterséges izotóp. Felfedezte és vizsgálta a szamárium izotópjait (^{147}Sm , ^{148}Sm és ^{149}Sm nuklidokat) és azok radioaktivitását (α -sugarakat bocsátanak ki). Sokoldalúan tanulmányozta az ionizáló sugárzásoknak a DNS-re és a rákos sejtekre kifejtett hatását is. Jelentős szilárdtestfizikai eredménye volt, amikor a ^{210}Pb segítségével felfedezte a fémek öndiffúzióját.⁵ A röntgenspektroszkópia segítségével meghatározta a talaj káliumtartalmát, új távlatokat nyitott az élőlények vízháztartásának vizsgálata területén.

Véletlen felfedezései is voltak, ha véletlennek lelet tekinteni a *Hafnium* elem és a *Samarium radioaktivitásának* felfedezését, valamint a *cirkónium* választását a *tórium* helyett, és a *fluorid* választást a hafnium kikristályosításához (elválasztásához).

Elszalasztott felfedezései: kis szerencsével ő lehetett volna a *nehézhidrogén* (*deu-*

térium), a *nehésvíz* (D_2O -deutérium oxid) és a *mesterséges radioaktivitás* felfedezője is (csak a véletlenen múlt, hogy ezeket is nem fedezte fel!). A nehézhidrogént végül Harold Urey – akivel a Niels Bohr Intézetben találkozott először – ismerte fel 1932-ben, amiért 1934-ben kémiai Nobel-díjban részesült; a nehésvizet Gilbert N. Lewis, Urey tanára 1933-ban; a mesterséges radioaktivitást pedig a Joliot–Curie házaspár találta meg 1934-ben, amiért 1935-ben kémiai Nobel-díjjal jutalmazták őket.

Túl korai felfedezése volt a radioaktív indikátor módszer 1913-as megtalálása, mert a mesterséges radioaktivitás módszert (amivel könnyen lehet izotópokat előállítani), csak 1934-ben ismertették. Úgy járt vele, mint Gábor Dénes a holográfia módszerrel (1947), akinek 15 évet kellett várnia, amíg az amerikai Theodore Harold Maiman feltalálja a lézert (1960). Ezért csak 1971-ben kapta meg a fizikai Nobel-díjat, 24 évvel a felfedezés után!

Elméleti tudományos teljesítményei közé tartozik az *eltolódási szabály*⁶ felfedezése és az *izotóp fogalom*⁷ megalkotása Soddyval (1913).

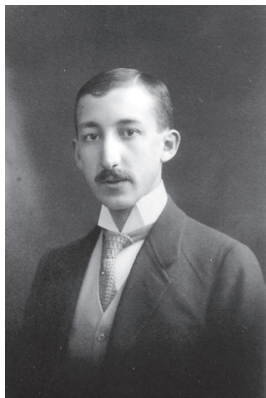
Kutatási módszere, stratégiája

Kutatási módszerének egyik igen jellegzetes sajátossága volt az, hogy – Szent-Györgyihez hasonlóan – rendkívül egyszerű eszközökkel, zseniális eleganciával vitte keresztül a kísérleteit, többnyire saját kezűleg, minden segítség nélkül. Aki abban a szerencsés helyzetben volt, hogy hosszabb ideig tanítványa lehetett, az megtanulta egyszerű eszközökkel megoldani a problémákat és alig volt oka panaszkodni, hogy a technikai segédeszközök hiánya miatt nem tudja problémáit megoldani. Matematikai apparátust alig használt tudományos munkáiban. Hevesy egyszerű eszközökkel és kevés munkatárssal dolgozott.

Kutatási stratégiája: oda kell menni, ahol intellektuális vagy anyagi szempontból legkedvezőbbek a feltételek a probléma megoldására. Igazi kísérletező tudós volt. Az elmélet az ő kezében elsősorban munkahipotézist jelentett. Saját magán is kísérletezett, nehésvizet ivott és megállapította, hogy a víz egy része fél óra alatt távozik, másik része csak 1,3 nap múlva.

Gyakran voltak sérülései, egyszer leöntötte a karját sósavval.

Élő bizonyítéka volt annak, hogy még a szükségszerű tudományos specializálódás korszakában is egy nagy alkotó tudósak nem kell szűk körű szakértőnek lennie. Hevesy bizonyos értelemben polihisztor volt. Tudományos érdeklődése mindig a természettudományok lelegevenebben fejlődő pontjai felé fordult. Hol a radioaktivitásban, hol a fizikai-kémiában, hol a magfizikában, hol a biológiában, hol a biofizikában alkotott, de mindig élenjáró úttörő és kísérleti elgondolással.



Mint ember

Magas, egyenes tartású, elegáns, nemes megjelenésű, előkelő volt. Minden nagyvonalúsága, szellemi nagysága mellett, vagy talán éppen ezért, végtelen szerény, közvetlen, kedves modorú, szeretetre méltó ember volt, különösen munkatársaival, tanítványaival és általában kutatókkal szemben. Szórakozott, csendes humorú (soha sem nevetett, csak elmosolyodott) ember volt, élvezte a természetet, szerette a hosszú sétákat, télen gyakran síelt. Főnként soha nem adott utasítást vagy parancsot, emberi gyengeségek iránt elnéző volt, hitt a korlátlan gondolatszabadságban, az egyén szabadságában. Minden durvaságot és kegyetlenséget elítélt.

Epilógus

Barátai és támogatói között találjuk: *Eötvös Lorándot*, *Kármán Tódort*, *Polányi Mihályt*. E három barát mindegyike külön-külön is megérdemelt volna egy-egy Nobel-díjat. Eötvöst és Polányit többször fel is terjesztették a legnagyobb tudományos elismeréssel való díjazásra, Kármán pedig csak azért nem kapott Nobel-díjat, mert a műszaki teljesítmények elismeréséért – a matematikai eredményekhez hasonlóan – sajnos nem jár Nobel-díj. (Bár az ő esetében talán kivételt lehetett volna tenni, mivel elméleti munkássága a fizika számos területét, így pl. az áramlástant, az *aerodinamikát* stb. olyan mélyen érintette, hogy nyugodtan megkaphatta volna értük a méltó elismerést.)

A tudomány fejlődése szempontjából ritka szerencsés esemény volt az, hogy három olyan zseniális kutató, mint Bohr (1855), Rutherford (1871) és Hevesy (1885) egy korban születtek, sőt munkatársak és jóbarátok lettek, és kölcsönösen inspirálták egymás munkáját. Ez a véletlen egybeesés döntően segítette elő századunk tudományos fejlődését. „Élethosszig tartó barátság fűzte Niels Bohrhoz és *Fritz Paneth*hez. Tiszteletteljes kapcsolatot tartott az általa nagyra becsült idősebb tudósokkal, *Fritz Haberrel*, *Albert Einsteinnel* és *Stefan Meyerrel*. Baráti és kollegiális köréhez tartoztak olyan német tudósok, mint *Hans Geiger*, *Wilhelm Westphal*, *Gustav Hertz*, *Peter Pringsheim*, *Otto Frisch*, *James Franck*; *Hilde Levi*, *Otto Hahn*, *Rudolf Ladenburg*, *Otto Hönlgschmidt*, valamint a Németországban tevékenykedő osztrák és svájci tudósok (*Lise Meitner*, *Auer von Welsbach*, *Viktor Goldschmidt*).” [11]

Hevesy hosszú évtizedeken át volt tanítványa, majd munkatársa *Hilde Levi*, a kémiai tudományok doktora így írt, tanítómesterének elhunytá alkalmából: „Miért volt olyan, fontos neki, hogy részt vegyen a Pápai Tudományos Akadémia ülésén Rómában és még inkább az, hogy a pápa fogadta őt a Vatikánban? Vágyódott arra, hogy lezárja szellemi életciklusát, amely egy római katolikus pap keresztelésével kezdődött? Ezt a nagy, egyidejűleg kissé misztikus személyiséget sohasem fogjuk tudni megismerni, mert ő egy különleges egyéniség volt. Ezt igazolja mélyeséges gyásza is, munkatársa és jó barátja, a dán Nils Bohr elhunytá alkalmából. Amit Hevesy róla írt, az vonatkozik önmagára is, Hevesyre is. Ő a világot gazdagabbá tette értékes, nagy jelentőségű haladásával a tudományok területén. Minden kétségen kívül megállapítható ezen felül az is, hogy kutatásainak eredményei az emberiség részére előnyöket jelentettek.” [9]

Vizi E. Szilveszter, az *MTA akkori alelnöke* 2001-ben, újratemetése alkalmából nyilatkozta róla:

„Munkássága során elsőnek határozta meg a Föld korát, útjára indította a nukleáris medicinát. Nemcsak a magyar tudományosság hajt fejet e nagy tudós előtt, de tiszteleg előtte az a sok-sok millió magyar és külföldi beteg ember, aki életét, az életminőségének javulását Hevesy zseniális felfedezésének, a nukleáris izotópok diagnosztikai és terápiás alkalmazásának köszönheti. A kutatók milliói használják módszerét, hogy izotópjelzéssel követhessék egyes molekulák sorsát, és mindezt sokszor anélkül teszik, hogy tudnák, kinek köszönhetik eredményeiket. Szerte a világban, a kórházakban, laboratóriumokban, kutatóintézetekben mindenhol használják e felfedezését, gyógyítva az embereket, újabb és újabb felfedezéseket téve. Meg merem kockáztatni, kevés tudós tett több jót

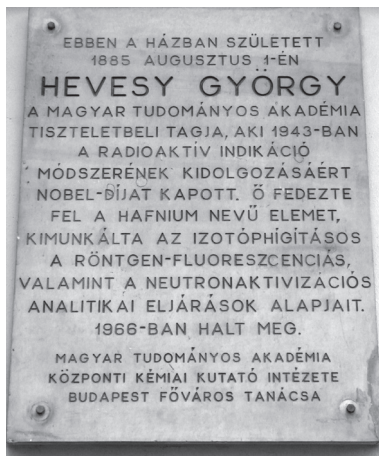


az emberiségnek, kevés tudós érdemelte meg jobban a Nobel-díjat, mint Hevesy, és nincs felfedezés a világon, amelyet többen használnák az emberiség javára, mint ennek a magyar tudósnak a felfedezését. Hevesy György tanításában, felfedezéseiben tovább él, hisz a tankönyvekben, róla elnevezett díjakban, társaságokban ott van neve és a gyerekek, a betegek ezrei, milliói, akiknek életét az ő kutatásának eredményeképpen mentenek meg, halhatatlanná teszik őt.” [6]

Szalay Sándor atomfizikus így emlékezik rá: „Bár magyar szempontból talán sajnálatos, hogy egész tudományos munkásságát külföldön végezte, de egész pályafutása során a nemzetközi tudományos kutatás azon centrumaiban találjuk, ahol éppen a legakutabb munka folyt. Az emberiség tudományos haladásának szempontjából jobb volt ez így, mert századunk első felének mostoha hazai tudományos körülményei között sokkal kevesebbet alkothatott volna itthon. Talán nem annyira az apparatív technikai nehézségek gátolták volna, mert ezeken intuitív zsenialitásával és egyszerű módszerével át tudta volna törni magát. Sokkal jobban gátoló tényező az első vonalban haladó tudományos központokkal való közvetlen, eleven, szellemi kapcsolat hiánya. Joggal lehetünk büszkék arra a tényre, hogy kis, szerény, de kultúrában, civilizációban és újabban tudományos kutatásban sem elmaradt hazánk több igen nagy tudóssal ajándékozta meg az emberiséget és ezek közül Hevesy egyike volt a legnagyobbaknak. Egyben örömmel kell, hogy eltöltsön bennünket az, hogy hazánk rohamosan fejlődő tudományos élete itthoni is biztosítja tehetséges fiataljainknak a kutató munka lehetőségét. Az új nemzedék, a jövő tudósainak már nem kell külföldre távozniuk azért, hogy eredményesen tudjanak dolgozni.” [8]

Hevesy György 1920 után külföldön élt és dolgozott, de szeretett hazalátogatni, és kiterjedt levelezést folytatott általa becsült tudósokkal. Akkor volt elemében, ha kutatómunkával foglalkozhatott, arról beszélgethetett. 76 éves koráig volt aktív kutató, és ezalatt megírt négy monográfiát és csaknem 400 közleményben számolt be eredményeiről. „Apám leginkább a tudományról és az éppen zajló kísérleteiről szer-

retett beszélgetni velem. Kedvelte a sétákat, én pedig elkísértem, és azzal szórakoztatott, hogy éppen mi folyik a tudományban, és milyen új tervei vannak. Politikáról úgy az idő huszonöt százalékában beszélgettünk. Nagyon érdekelte, hogy mi van a világban, rendszeresen olvasta a napilapokat. Tudományról pedig nem elméleti síkon beszélt, hanem arról, ami konkrétan a leginkább érdekelte. Együttműködő ember volt, számos különféle szakterületen dolgozó kutatóval volt kapcsolatban, *fizikai kémikusként* biológusokkal dolgozott együtt, sőt még a saját fogorvosát is bevonta egy olyan kísérletbe, amelyben azt vizsgálták, hogyan szívódik fel a foszfor a fogak anyagába és a fogzománcba. Szóval sok kapcsolata volt, akikről mind szívesen mesélt, és akikkel én is találkoztam, amikor a barátok, ismerősök összejöttek egy-egy családi partin, teázáson. Nagy élmény volt!” – emlékezett vissza édesapjára Georg de Hevesy.



1. ábra: Emléktábla Hevesy szülőházán, Budapest, Akadémia utca 1. – a szerző felvétele

Családtörténet

Hevesy ősei egy Székesfehérvártól nem messze lévő településről, Sárbogárdról származnak. Magyarországra, így Fejér megyébe is a 18. században települtek be zsidók Morvaország és Galícia felől. A ma Sárbogárdhoz tartozó egykori Bogárd és Tinód pusztai zsidóságra vonatkozó első adatok 1781-ből származnak. A két településen összesen 90 zsidó család élt. A zsidóság sárbogárdi jelenlétének legkorábbi tárgyi emlékei: a sírkövek, ma is láthatók az egykori temetőben. E temetőben található *Bischitz Salamon* síremléke 1788-as évszámmal, *Bischitz rabbi*, a híres talmud tudós, kabbalista Prágából menekült és az ő nevéhez fűződik a sárbogárdi hitközség megalapítása is. Bischitz Salamon tizennégy gyermeket hagyott maga után. Hét leánya közül B. Róza férje alapította meg az ajkai üveggyárat, mely világhírnévre tett szert. A hét fiú közül csak *Bischitz Artúr* nősült meg, akinek házasságából született *Bogárdy-Bischitz Sándor*. Bogárdy Bischitz Sándor a fasori evangélikus gimnáziumban érettségizett kiváló eredménnyel. Ezt követően végigharcolta az I. világháborút, majd agrártudományi diplomát szerzett a Hochschule für Bodenkulturon. Az időközben nemzetközi hírűvé vált agrárszakember a zsidó törvények miatt kényszerült a majsai uradalom, majd az ország elhagyására. Az Egyesült Államokban különböző egyetemeken vezette az agrárképzést (University of California Los Angeles-i Intézete, San Francisco, Berkeley Főintézet) 1943 után az amerikai hadirepülőgépgyártás egyik vezetőjeként a hadiiparban dolgozott. Ezt követően Nixon felkérésére a Marshall-terv fejévé nevezték ki Párizsba. Számos nemzetközi elismerése mellett megkapta a rendkívül megtiszteltetésnek számító francia becsületrendet.

A család egyik ágához tartozik nagyapja, *Bischitz Dávid*, aki miután megözvegyült, 1852-ben feleségül vette *Fischer Johannát*.⁸ Johannában egy rendkívüli képességű, intelligenciájú, nemes lelkű asszonyra talált.⁹ Az 1877-es boszniai háború sebesültjei ápolásában kifejtett tevékenységéért I. Ferenc József császár Bischitz Dávidnét koronás aranyéremkereszttel tüntette ki. A rendkívül magas kitüntetés mellett a család kimagasló érdemei, társadalmi-szociális munkássága elismeréseképpen 1895. június 9-én nemesi rangot kapott. A Bischitz család a Hevesy előnevet 1904. április 13-án vette fel (Hevesy-Bischitz), melyet 1906-ban *Hevesyre* változtattak. A névváltoztatásban bekövetkezett fordulat egyértelműen utal az asszimilációs folyamat azon fázisára, amikor már nem tartották fontosnak – több okból is – az egykori Bischitzekre, nevezetesen a sárbogárdi rabbira való emlékezést.

Az apai ág

Bischitz Dávid és Fischer Johanna házasságából hét gyermek származott. A legidősebb fiuk, *Hevesy-Bischitz Lajos* korán megözvegyülvén feleségül vette a tonyai Schossberger Eugénia (Jenny) bárónőt. Bischitz Lajos egy pesti kereskedő fia volt, és az Esterházy család egyik birtokát bérelte, hevesi földbirtokos volt. Neve 1886-ban nemesítés folytán *Bischitz de Heves-re* változott, majd ezt a nevet néhány évvel később *Hevesy-re* változtatta.

Az anyai ág

Édesanyja *Schossberger Eugénia (Jenny)* bárónő volt.¹⁰ Édesanyja családjának Hatvan közelében Turán egy Bukovics Gyula¹¹ által tervezett, nagystíliú, hatalmas kastélya volt. A kastély építtetője Schossberger Zsigmond volt. A nagy kastély egy óriási parkban épült. Az 1883-ban épült, eklektikus épületegyüttes még romjaiban is lenyűgözően szép. Egy zseniális építész remeke, amelyben korszakalkotó gondolatok fogantak meg. Schossberger bárónőnek szintén jómódú családja olaj- és dohánykereskedelemmel foglalkozott. A Schossberger család birtokában több észak-magyarországi bánya volt, ahol Hevesy apja igazgató és a felügyelőbizottsági tag volt.



2. ábra: A turai kastély, amely meghihlette a nácikat, a szovjeteket, Angelina Jolie-t és egy indiai milliommot

1955) jeles író volt. Párizsban, Brüsszelben élt és kitűnő monográfiákat jelentetett meg francia nyelven, többek közt Mátyás király korvináiról. Felesége, Marie-Henriette D'Aspremont-Leyden grófnő kimutathatóan kapcsolatban volt II. Rákóczi Ferenc családjával.

A harmadik fiú, *Hevesy Ödön (Edmond)* (1881–1963), atyja munkásságát folytatta. Érdemei közé tartozott több olyan bánya megnyitása, melyet az ókor óta nem műveltek.

A negyedik fiú, *Hevesy Pál (Paul)* (Budapest, 1883. április 9. – Kitzbühel, 1987. június 30.¹³) kiváló diplomata. A budapesti piarista gimnáziumban kezdte tanulmányait, majd Münchenben, Freiburgban, Párizsban, Londonban folytatta azokat. Zenesznek készült, de kezének károsodása miatt abbahagyta tanulmányait. 1908-ban lépett diplomáciai szolgálatba. Az Osztrák–Magyar Monarchia diplomáciai képviselőtét látta el Isztambulban, majd a Közel-Keleten, Dél-Amerikában és Londonban. 1927 és 1931 között Apponyi Alberttel együtt képviselte Magyarországot a Népszövetségnél, ahol a világ élelmezési ügyeivel foglalkozott. Ezt követően ragyogó karriert futott be Briand mellett párizsi ügyvivőként. 1942-ben kilépett a külügyi szolgálatból és Angliába települt, ahol állampolgárságot kapott. Az első világháború után e kimagasló államférfi volt egykor az angol Mária királynő, Queen Mary franciatanára, de szoros barátságba került Chaplinnal és a 20. század számos államférfijával, vezető személyiségeivel. Első könyve 1929-ben jelent meg, amely a gazdasági világválság idején arra hívta fel a figyelmet, hogy a felhalmozódó feszültségek egy második világháborúhoz vezetnek. Lord Butler, angol külügyminiszter ezért a könyvért béke Nobel-díjra javasolta. Később a diplomata az alábbi szellemes megjegyzést fűzte mindehhez: *Szüleim minden gyermeke „normális” volt, kivéve György öcsémet, aki 1943-ban megkapta a kémiai Nobel-díjat. Milyen érdekes lett volna két Nobel-díjas egy családban.*¹⁴

Az ötödik legkisebbik fiú, **Hevesy György** (Budapest, 1885. augusztus 1. – Freiburg im Breisgau, 1966. július 5.), a Nobel-díjas tudós, aki életművével maradandó értékeket hozott létre az egyetemes emberi kultúra történetében. Kimagasló tudományos munkásságát szakirodalmi munkák, monográfiák részletesen tárgyal-

A Hevesy-család

Szülei házasságából nyolc gyermek, köztük öt fiúgyermek származott. A gyerekek iskoláztatása magánúton, otthon történt, gyakran napi 10-12 órán át. Ezen idő alatt a gyerekek elemi iskolai kiképzést kaptak, ezenkívül német, angol és francia nyelvoktatásban részesültek¹².

A legidősebb fiú *Hevesy Vilmos (Wilhelm)* (1877–1945) villamosmérnök volt. Párizsban a Blériot cég gyárigazgatójaként működött, és részt vett annak a repülőgépnak a tervezésében, amellyel Blériot átrepülte a csatornát.

A második fiúgyermek *Hevesy Andor*, azaz *André de Hevesy* (1879–

ják. Hevesy György 1924-ben megnősült és feleségül vette Pia Riist, aki egy dán hajótulajdonos lánya volt. Nászútjuk Új-Zélandba vezetett, Rutherford szülőföldjére. Egy fiuk, George Luis és három lányuk született: Jenny, Ingrid és Pia. Legfiatalabb leánya Pia családjával Genfben él, két unoka van. A legidősebb leánya, Jenny svéd férjével, *Arrhénius Gusztáv*-val Kaliforniában él. Itt három unoka született.

IRODALOM

- [1] Bakos Károly: Hevesy György élete. *Fizikai Szemle*, 1997/1. 16–18. o.
- [2] Gergely Anna: Adalékok Hevesy György családtörténetéhez. *Fizikai Szemle*, 1999/7. 267. o.
- [3] Marx György: *Marslakók érkezése*. Budapest, 2000, Akadémiai Kiadó.
- [4] Vértes Attila: Hevesy György és nyomjelzéstechnika. In Vértes Attila (szerk.): *Szemelvények a nukleáris tudomány történetéből*. Budapest, 2009, Akadémiai Kiadó.
- [5] Radnóti Katalin: Az izotópfogalom történetéhez. *A kémia tanítása: módszertani folyóirat*, 2008/5. 7–14. o.
- [6] Vizi E. Szilveszter: Hevesy György, a magyar Nobel-díjas. *Fizikai Szemle*, 2001/5–6. 145. o.
- [7] Hevesy Pál – Magyar Életrajzi Lexikon 1000–1990 [web:] mek.oszk.hu/00300/00355/html/ABC05727/06318.htm
- [8] Szalay Sándor: DR. HEVESY GYÖRGY (1885–1966). *Fizikai Szemle*, 1966/12. 353. o.
- [9] Hilde Levi: *George de Hevesy Life and work*. Rhodos, Copenhagen, 1985, 147 p. (398 tételes bibliográfiát is tartalmaz)
- [10] László Kovács – László Kovács jr.: *George de Hevesy 1885–1966*. Szombathely, 2000, 66 p. (398 tételes bibliográfiát is tartalmaz)
- [11] Siegfried Niese: Hevesy György Németországban. *Fizikai Szemle*, 2001/5–6. 147. o.
- [12] Palló Gábor: *Hevesy György. /A Múlt Magyar Tudósai./* 1998, Akadémiai Kiadó.
- [13] *Sárbogárd története* (szerk.: Farkas G.) – Sárbogárd, 1989. 67.
- [14] *Zsidó lexikon* (szerk.: Újvári Péter) Budapest, 1929:766.
- [15] Pfeiffer Károly: *Fejér vármegye 1848. évi zsidó összeírása* – Székesfehérvár, 1940. 43.
- [16] Emlékek apánkról, Hevesy Györgyről; Beszélgetés Hevesy leányaival. *Fizikai Szemle*, 1998/10. 346. o.
- [17] Gróh Gyula levele a Nobel-Alapítványnak Hevesy ajánlására.
- [18] Bakos Károly: Hevesy György élete. *Fizikai Szemle*, 1997/1. 16. o.
- [19] Hevesy György: *Az izotóp indikátorok módszere*, Természet és Technika, 1949, 141–142. o.
- [20] Svédországba vitte Hevesy György Nobel-érmét a fia, MTA hírek, 2015-09-22.
- [21] The origin of nuclear medicine [web:] http://www.nbi.ku.dk/english/www/george/_de_hevesy/

JEGYZETEK

- 1 *Fritz Haber* (Wrocław, 1868. december 9. – Bázeli, 1934. január 29.) Sziléziai zsidó családból származó Nobel-díjas német kémikus volt, akinek az alkalmazott kémiában való munkálkodása jelentősen befolyásolta a világ történelmét. A „vegyszeripar atyjaként” is szokták emlegetni. A levegő nitrogénjéből ammóniát szintetizált, ezáltal lehetővé vált az ammónia nagy mennyiségben történő előállítása. Az ammóniaszintézis hírnevet és gazdagságot hozott Haber számára. A BASF (Badische Anilin & Soda Fabrik) cég minden kilogramm előállított ammóniáért jutalékot adott Habernek, aki így hamarosan multimilliomos lett. 1911-től a Berlini Kaiser Wilhelm Institut fizikai-kémiai részlegének igazgatója lett, a világ egyik

legjobban felszerelt laboratóriumával rendelkezett. Haber ammóniaszintézise elősegítette a salétromsav, továbbá különböző robbanóanyagok (nitroglicerin, lőgyapot, nitrocellulóz) gyártását: elkezdődött a gázfegyverek kifejlesztése. Ez volt az első eset, hogy kémiai szintézist katonai célokra használtak fel. Intézte a hadsereg számára titkos kutatásokat végzett. Haber maga irányította a klórgáz első hadászati bevetését 1915-ben az Ypern melletti ütközetben. (Ugyanakkor a bevetésekkel párhuzamosan a hatékonyabb védekezés érdekében mindkét oldalon feltalálták a *gázálarcot* is.) Felesége mélyen elítélte férje militarista alapállását, amely szerint a tudományt a tömegvilágosság eszközüvé tette, ezért 1915-ben

öngyilkosságot követett el. Haber a vesztes háború után attól tartott, hogy háborús bűnösként felelősségre vonják, ehelyett 1918-ban (erősen vitatott) kémiai Nobel-díjat kapott a háború előtti munkásságáért, a műtrágya gyártását lehetővé tevő ammóniaszintézisért.

Részt vett a később *Zyklon-B* néven elhíresült készítmény megalkotásában is. (A *Zyklon-B* rovarölő készítmény légmentesen leforrasztott dobozban tárolt szilárd hordozóanyagban elnyeletett hidrogén-cianidot tartalmaz. Ez a doboz felnyitása után 26–28 °C hőmérsékleten gáz formájában szabadul fel, amely a hideg- és melegvérű állatok, illetve az ember sejtlegzését károsító halálos mérgezést okoz.) A második világháború kitöréséig a legtöbb *Zyklon-B* készítményt Amerikában vasúti kocsik és mexikói bevándorlók ruházatának fertőtlenítésére használták. A második világháború alatt 1941. decemberétől a németek megsemmisítő táborok gázkamráiban emberek tömeges elpusztítására is alkalmazták. A gyilkos hidrogén-cianid gáz a gázkamrákban összezsúfolt emberek testhőjétől felmelegített levegőben szabadult fel. A *Zyklon-B* körülbélül egymillió ember életét oltotta ki. Az áldozatok többsége zsidó származása miatt deportált személy volt, és Auschwitzban lelta halálát.

Tehát az a paradox helyzet állt elő, hogy zsidó találmánnyal zsidókat ölték.

- 2 Rajta kívül ezt a kitüntetést a magyarok közül csak Szilárd Leó és Wigner Jenő kapta meg 1959-ben.
- 3 1938-ban *Otto Hahn* kísérleteit *Lise Meitner és unokaöccse Otto R. Frisch* zsidó fizikusok értelmezték először *maghasadásnak*, de származásuk miatt nem számíthattak megosztott Nobel-díjra, pedig ennek elméleti leírását, az ún. *cseppmodell*t is megadták.
- 4 *Otto Hahnnal* volt versenyben, aki 1944-ben kapta meg a Nobel-díjat. Akárhogy is, Hevesy sosem kapott Nobel-díjat a hafniumért. Csupán világhírt. Mert világhírű kémikus az az eredménye tette.
- 5 *Difúzió*. A fémek felhevítésekor a fémeket alkotó atomok rezgőmozgási amplitúdója megnő, s az atomok elhagyva helyüket, az atomrác másik rácshelyére vándorolnak. Az atomok hőenergia hatására bekövetkező helyváltoztatását diffúciónak nevezzük. Öndiffúzió akkor következik be, ha az atom az atomrác másik, üres rácshelyére vagy a rácsatomok közé vándorol. Az öndiffúzió a fémek egyik legfontosabb diffúziója.
- 6 *α-sugárzás*: egy hélium atommag válik ki a magból
 - új elem keletkezik
 - a vegyérték kettővel csökken,
 - a test elektropozitívabb lesz

- a tömegszám (A) 4-gyel, a rendszám (Z) 2-vel csökken

- az új elem a periódusos rendszerben balra 2-vel toódik el

- a neutronszám (N) és a protonszám (P) egyaránt 2-vel csökken

β-sugárzás: magból (nem az elektronhéjból) származó sugárzás

β⁻sugárzás: neutron protonná alakul ($n \rightarrow p + e^{-} + \bar{\nu}$)

- a vegyérték eggyel nő

- a test elektronegatívabb lesz

- a tömegszám nem változik, a rendszám 1-gyel növekszik, új elem keletkezik

- neutronszáma (N) eggyel csökken

- az új elem a periódusos rendszerben jobbra 1-gyel toódik el

- egy egyszerűen töltött pozitív ion jött létre, mert a héjelektronok száma nem változott, viszont a magtólts 1-gyel növekedett (héjelektronok száma 1-gyel kevesebb lett)

β⁺sugárzás: proton neutronná alakul ($p \rightarrow n + e^{+} + \nu$)

- a vegyérték eggyel csökken

- a test elektropozitívabb lesz

- a tömegszám nem változik, a rendszám 1-gyel csökken, új elem keletkezik

- neutronszáma (N) eggyel növekszik

- egy egyszerűen töltött negatív ion jött létre, mert a héjelektronok száma nem változott, viszont a magtólts 1-gyel csökkent (héjelektronok száma 1-gyel több lett)

v neutrínót, $\bar{\nu}$ antineutrínót jelent

Izotóp: az elem atomsúlya eltér, de kémiai tulajdonságai azonosak, csak a magjuk különbözik, de az elektronrendszerük nem. 1909-ben két svéd vegyész már sejtette, hogy a priódusos táblában egyetlen helyre több, különböző atomsúlyú elemet kell beírni. Ő, mint kémikus a vegyérték alapján fogalmazta meg az izotópot, hangsúlyozta a kémiai folyamatokban való teljes helyettesíthetőségét, ami ugyanolyan helyes, sőt túl is megy a Soddyénál. Több radioaktív anyag (~2000) van, mint ahány hely van a periódusos táblában. (Ezt Bohr sem tudta, Hevesy magyarázta el neki!)

A Fischer család karrierjét az atya, Fischer Móricz (Tata, 1800 – Tata, 1880)alapozta meg. 1839-ben alapított porcelángyárat Herenden. A herendi porcelángyár már 1842-ben szerepelt az első magyar iparkiadállításon, majd 1845-ben a bécsi iparműkiállítás. Fischer Móricz fiai az 1848–49-es szabadságharc katonáiként harcoltak a magyar szabadságért; leánya Johanna pedig otthon ápolta a sebesült honvédeket. A világhiállításokon aratott sorozatos sikerek (London, 1851, 1855; Párizs, 1867; Bécs, 1873) révén Európa-szerte híres gyárrá vált Herend. Fischer Móriczot Párizsban a Becsületrend tisztikeresztjével tüntették ki, 1867-

- ben pedig magyar nemességet kapott, „írsai” előnévvel. Családi nevüket később Farkasházyra változtatták. (Ennek a családnak leszármazottja Farkasházy Tivadar matematikus, neves humorista.)
- 9 1866-ban elsőként az országban létrehozta a Meisel főrabbival együtt a Pesti Izraelita Nőegyletet, melynek a nemes szívű hölgy 1873-tól 25 éven át elnöke volt. Mintájára országszerte alakultak nőegyletek, s nemcsak zsidó felekezettek, hanem valamivel később katolikus és református egyletek is. Személyes áldozatvállalásával jött létre 1867-ben a zsidó leányváház, melyet Erzsébet királyné is felkeresett. 1870-ben nyílt meg a népkonyha – szintén az ő kezdeményezésére –, mely felekezeti hovatartozás nélkül táplálta a rászorulókat.
- 10 A Schossberger család története *Schossberger Lázár* rabbinikus tudással megáldott kereskedő pályájával kezdődött. A Morva melletti Nyitráról betelepült kereskedő, fiával *Schossberger Vilmos Simonnal* együtt gabonakereskedőként kezdett dolgozni. Az 1850-es években bekapcsolódott a dohánytermelésbe. Schossberger Vilmos 1863-ban nemességet kapott, amely a társadalmi rangon túlmenően rendkívül nagy dolog volt, hiszen ő volt a középkor óta az első át nem tért zsidó nemes. 1867 után a Schossberger család Pest leggazdagabb kereskedői közé tartozott. Az 1880-as években a Béccsel és a kormánnyal való jó kapcsolataik révén bekapcsolódtak a cukoriparba, s ezzel a hazai cukorgyártás alapjait rakták le.
- 11 Több publikációban hibásan: *Ybl Miklós* szerepel.
- 12 Később tudományos publikációit is ezeken a nyelveken írta.
- 13 A sírfeliraton 1988 szerepel. Lásd: Wikipedia/Hevesy György: Hevesy György sírja Budapesten. Kerepesi temető: 27. MTA. Halálózási időpontja a lexikon [7] szerint 1987. jún. 30. A sírkövön szereplő 1988 alapján ez hibásnak tekintendő.
- 14 S ha György még a *hafnium* felfedezéséért is megkapta volna a méltó elismerést (1924 és 1936 között már hét alkalommal javasolták Nobel-díjra), és nem szalasztja el a *nehézhidrogén* (deutérium) és a *nehésvíz* (D₂O-deutérium oxid) és a *meszterséges radioaktivitás* felfedezését, akkor négy Nobel-díj birtokosa lehetett volna, ami példátlan lett volna a tudomány történetében.

