

A polónium története

Mester András¹, Radnóti Katalin²

¹Diósgyőri Gimnázium és VPI
3534 Miskolc, Kiss tábarnok u. 42.

²Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Fizikai Intézet

A polónium rendkívül ritka elem, természetes módon csak a radioaktív bomlási sorokban keletkezik a Földön. Felfedezése Marie Curie és férje, Pierre Curie áldozatos munkájának köszönhető. 1911-ben Marie Curie többek között ezért kapta meg második, kémiai Nobel díját, amelynek 100 éves évfordulóját az idén ünnepeljük, így ez adja jelen cikk aktualitását [1]. Írásunk célja, hogy összefoglaljuk e ritka elemmel kapcsolatos ismereteket, kitérve a nem minden esetben pozitív alkalmazás lehetőségeire is.

A polónium felfedezése

A polónium felfedezésének történetét elég jól ismerjük. Azt követően, hogy Henri Becquerel 1896-ban megfigyelte, hogy az uránsó anélkül, hogy fény érné, magától bocsát ki ismeretlen eredetű sugarakat, kezdett el Marie Skoldovska és férje Pierre Curie komolyan foglalkozni a radioaktivitásnak nevezett jelenséggel [2].

Néhány évvel Pierre halála után felesége, megírta a Pierre Curie című könyvet, amelynek köszönhetően mintegy „első kéz”-ből ismerhetjük a polónium és a rádium felfedezésének történetét, a két kiváló tudós különleges munkáját és módszereit. „Az uránsurokércet választottuk, egy olyan uránércet, amelynek aktivitása tiszta állapotban körülbelül négyszer nagyobb volt, mint az urán-dioxidé. ... A radioaktivitás mérésén alapuló új vegyelemzési módszert használtunk, amelynek az volt a lényege, hogy miután a kémiai vegyelemzés szokásos módszereivel szétválasztottuk az anyagokat, azonos körülmények között megmértük minden termék radioaktivitását. Így képet kaphattunk a keresett radioaktív elem kémiai tulajdonságairól, amely azokban a frakciókban dúsult fel, amelyekben az egymást követő elválasztások során a radioaktivitás egyre nőtt. Hamarosan már azt is meg tudtuk állapítani, hogy a radioaktivitás leginkább két különböző kémiai frakcióban dúsul fel, és arra a következtetésre jutottunk, hogy az uránsurokércben legalább két új radioaktív elem van jelen... 1898 júliusában bejelentettük a polónium nevű elem felfedezését, és még ugyanabban az évben, decemberben hírt adtunk a rádiumról.” Idézik a Radioaktív elemek Po ... című könyvükben a Petrijanov és Szokolov szerzőpáros [3].

Egész pontosan a 84-es rendszámú elemnek a „Po” jele 1898. július 13-án került először (Pierre kézírásával) a Curie-házaspár laboratóriumi jegyzőkönyvébe és a polóniumról szóló első közleményt július 18-án keltezték [4].

Ez volt az első olyan elem, amely csak a radioaktivitás felfedezése után került a Mengyelejev-féle táblázatba. Nevét Marie Sklodowska hazájáról, Lengyelországról kapta.

A polónium tulajdonságai: viszonylag alacsony olvadáspontú és forráspontú, (olvadáspontja 254 °C, forráspontja 962 °C, sűrűsége 9,32 g/cm³), fémes, ritka és nagyon erősen radioaktív. Kémiai tulajdonságaiban hasonlít a tellúrra és a bizmutra. Uránércekben fordul elő (kb. 100 µg az érc 1000 kg-jában).

A későbbi kutatások megmutatták, hogy a ²³⁸U bomlási sorában (1. ábra), a feldúsulásra alkalmas felezési idejű (138,4 nap) polónium izotóp, a ²¹⁰Po található. Az ebben a bomlási sorban lévő másik két polónium izotóp a ²¹⁸Po és ²¹⁴Po felezési ideje igen rövid: 3,05 perc, illetve 1,62×10⁻⁴ s.

A ²³⁵U bomlási sorában (2. ábra) viszont a ²¹⁵Po és ²¹¹Po található és ezek felezési ideje 1,8×10⁻³ s és 0,52 s. Tehát ezeket sem lehet elkülöníteni, kinyerni az uránércből. A ²¹⁰Po anyaeleme a ²¹⁰Bi (felezési ideje: 5 nap), így a bizmutos együtt-kristályosítás során Marie Curie a ²¹⁰Po anyaelemét, a kisebb mértékben feldúsult ²¹⁰Bi-et is elkülönítette az uránércről.

A tórium bomlási sorában is keletkeznek rövid felezési idejű polónium izotópok (3. ábra), a 212-es tömegszámú 3×10⁻⁷ s felezési idővel és a 216-os tömegszámú 0,15 s felezési idővel.

Miért különleges a polónium 210-es tömegszámú izotópja?

A ²¹⁰₈₄Po izotóp az urán 238-as bomlási sorozatának az utolsó előtti eleme, amely alfa bomlással a stabil ²⁰⁶₈₂Pb-re bomlik.

Felezési ideje 138,376 nap. Fajlagos aktivitása igen nagy, egyetlen milligramm ²¹⁰Po ugyanannyi alfa részecskét bocsát ki, mint közel 13 t urán 238-as izotóp.

A néhány Curie aktivitású ²¹⁰Po izotóp (1 Ci = 37 GBq) kék ragyogást bocsát ki, amelyet a környező levegőmolekulák gerjesztése okoz. Egyetlen gramm ²¹⁰Po izotóp 140 watt teljesítményt ad le. Egy alfa részecske energiája 5,33 MeV.

A dolog érdekessége, hogy a ²¹⁰Po szinte csak alfa-részecskét kibocsátva bomlik. Körülbelül minden százazredik esetben bocsát ki gamma sugarat, és ez szinte lehetetlenné teszi az izotóp azonosítását, mert ez a gyakoriság túl alacsony gamma-spektrométeres vizsgálathoz.

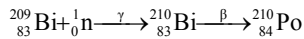
A polónium 210-es tömegszámú izotópjával kapcsolatos fenti adatok meghatározása – a később említésre kerülő Litvinyenko ügyel összekapcsolva – érdekes iskolai feladat. (Országos Szilárd Leó Fizikaverseny 2010. évi döntőjének 9. feladata a II. kategóriában)

valószínűleg ebben az esetben is szükséges egy hipotetikus részecske, a neutrínó szimultán kibocsátását feltételezni, hogy teljesüljön az energia-megmaradás törvénye, amely napjainkban már közismert [5].

A polónium előállítása napjainkban

Már Marie Curie-ék is jelezték, hogy a polónium nagyon ritka és érceiből nehezen előállítható elem.

A kutatók 1934-ben felismerték, hogy a ^{210}Po izotópjának előállítása lehetséges **mesterséges úton** is, ugyanis a bizmut egyetlen természetes izotópjának neutronnal történő bombázásával polóniumhoz juthatunk:

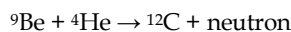


Ezzel az eljárással, amely az atomreaktorokban képződő neutronnalábokat használja fel, milligrammnyi polónium mennyiségeket állítanak elő. Évente csak mintegy 100 grammnyi ^{210}Po készül ezzel a módszerrel.

A polóniumnak napjainkban 33 ismert izotópj van, 194-218 atomi tömegegység között és valamennyi radioaktív. A leggyakoribb a ^{210}Po . A ^{209}Po (felezési ideje 103 év) és a ^{208}Po (felezési ideje 2,9 év) bizmut vagy ólom-ciklotronos alfa, proton, vagy deutérium besugárással állítható elő.

A polónium felhasználása neutronok előállításában

A polónium berilliummal keverve neutronforrásként használatos. A reakció azonos a neutron felfedezéséhez vezető folyamattal. A polónium bomlásakor keletkező alfa részecske ütközik a berillium atommaggal, majd szén 12-es izotóp és neutron keletkezik.



Róna Erzsébet is folytatott ezzel kapcsolatos kutatásokat. Róna az egyik női úttörője a hazai radiokémiának, de sajnos nem Magyarországon, hanem Bécsben, majd később az Amerikai Egyesült Államokban kifejtett munkásságával ért el sikereket. A bécsi Rádium Intézetben végzett munkájához szükség volt polónium forrásra, amelynek elkészítéséhez Párizsba utazott Irène Curie-hez. Később ezt a tudását használta fel az USA-ban az atombomba előkészítési munkálataihoz szükséges neutronforrás elkészítéséhez. Érdekes tény, melyet saját visszaemlékezésében leírt, hogy a munka idején sokuknak, így neki sem volt fogalmuk arról, hogy valójában milyen cél érdekében is dolgoztak [6].

A ^{210}Po , mint energiaforrás

A ^{210}Po -ot felhasználták a Lunohod - program mindkét holdjárójának belső hőforrásaként, hogy melegen tartsa a belső alkatrészeket a Hold éjszakája során.

Néhány műhold energiaforrásaként is használták az izotópot, így pl. a Kozmosz-84 és a Kozmosz-90 szovjet szputnyikokon.

A tiszta alfa sugárzóknak, és elsősorban a ^{210}Po izotópnak a többi sugárforrással szemben számos nyilvánvaló előnyük van. Először is, mivel az alfa részecske relatíve nagy tömegű, sok energiát hordoz. Másodsorban, az ilyen típusú sugárforrások gyakorlatilag nem igényelnek semmilyen

speciális védőberendezést; az alfa részecskék áthatolóképessége és hatótávolsága minimális.

A kilépő részecskék mozgási energiája termikus energiává alakul, amelyet termoelemek segítségével elektromos energiává alakítanak.

Példátlan gyilkossági ügy: Litvinyenko halála

A radioaktív izotóppal elkövetett gyilkosság, a Litvinyenko ügy évek óta foglalkoztatja az embereket. Egészen annyira, hogy nemrég egy ismert krimisorozatban az orosz férfi halálához hasonló esetet dolgoztak fel.

Alekszandr Litvinyenko az orosz állambiztonsági szolgálat (FSZB) alezredese volt, aki - miután szembekerült a munkaadóival - halála előtt hét évvel Nagy-Britanniába szökött. 2006. november 23-án, háromheti haláltusa után hunyt el a londoni University College egyetem klinikáján. Halálát a szervezetébe került polónium okozta, amelyet vélhetően az italába kevertek. "A Litvinyenko holttestén végrehajtott boncolás eredményei szerint az egykori hírszerző tisztet a ^{210}Po izotóp halálos adagjának több mint tízszeresével ölték meg" - közölte a The Times újság nyomozókra hivatkozva.

A nehezen előállítható polónium értékesítésével foglalkozó ritka vállalatok közé tartozó United Nuclear Scientific Supplies amerikai társaság képviselője az újság kérdésre elmondta, hogy a Litvinyenko szervezetében kimutatott tízszeres adag tízmillió dollár körüli értéket képvisel és ez nagyjából 10 mikrogrammnyi mennyiség.



4. ábra: Az egészséges és a halálos beteg Litvinyenko

Az eset sokkolta az embereket. Hasonló volt a zűrzavar, mint annak idején a csernobili baleset után. A Health Protection Agency folyamatosan adott ki közleményeket. 2006 novemberében a gyilkossággal kapcsolatosan ismertették az ügyrel kapcsolatba hozható helyszíneket majd megnyugtatták az érintetteket, hogy mindenütt elenyésző volt a sugárzás miatti veszély.

Az említett egészségügyi szervezethez a Litvinyenko közelében lévők rendszeresen juttattak el kérdéseket, amelyekre a HPA honlapján nyilvánosan válaszoltak.

Néhány ezek közül:

- Milyen jelei vannak a sugárszennyezésnek?
- Milyen hatást mutattak ki a Barnet Kórház betegei és személyzete körében?
- Kimutatható-e az érintett bárokban, éttermekben valamilyen sugárzás?
- Szoptathatom-e a továbbiakban a gyerekeket, ha Litvinyenkoval egy kórházban voltam?
- Miért kell zuhanyozni vagy fürödni, ha polónium mintával érintkeztünk?

A kérdésekből kitűnik, hogy az emberek keveset tudnak az alfa sugarakról, sőt általában a radioaktivitásról. Nem tudták, hogy például a vizeletből kimutatható a sugárszennyezés, nem tudták, hogy a determinisztikus (meglehetősen nagy) sugársérüléseknek hányinger, hányás, fehérvérsejtek számának csökkenése, bőrpír, a szőrzet kihullása a jellemzői.

Igaz, hogy az egyenértékdózis meghatározásakor a sugárzásra jellemző biológiai minőségi tényező, mint szorzó a röntgensugarak hússzorosa a polónium által kibocsátott alfa sugarak esetében, de azt is tudni kellene, hogy az alfa részecskék csak a gyomorba vagy a tüdőbe jutva igazán veszélyesek, hiszen áthatolóképességük kicsi, ruhán, sőt a

külső bőrrétegen sem jutnak át. A testbe jutott ^{210}Po biológiai felezési ideje az anyagcsere miatt 30-50 nap.

A tünetekből és az eltelt időből az orvosok azt állapították meg, hogy Litvinyenko 185 MBq aktivitású polóniumot nyelt le, melynek tömege 1 μg . Ennek térfogata egy közel 0,6 mm átmérőjű gömbnek felel meg [7].

Érdekességként meg kell jegyezni, hogy vélhetően nem Litvinyenko volt a sugárzó polónium első áldozata. A feltételezések szerint Iréne Joliot-Curie 1956-ban leukémiában bekövetkezett halála egy 10 évvel korábban felrobban polónium tartalmú kapszula hatására vezethető vissza. Michael Karpin A bomba az alagsorban (The Bomb in the Basement) című könyvében [8] leírtak szerint Izraelben a Weitzmann Institute laboratóriumában dolgozók közül 1957 és 1969 között többen rákban haltak meg. A laboratóriumban ^{210}Po nyomára bukkantak.

Összefoglalás

Írásunkban igyekeztünk olyan szakanyagot összeállítani, elsősorban fizika- és kémiatanár kollégáinkra gondolva, melyet tanítási óráikon, tehetség gondozó foglalkozásaikon fel tudnak használni, hogy érdekesebbé, színesebbé tegyék tanári munkájukat.

Irodalomjegyzék

- [1] Radnóti Katalin (2011a): *A Kémia Éve. Marie Curie kísérletei. Nukleon. 2011. májusi szám* <http://mnt.kfki.hu/Nukleon/index.php?action=cikkek>
- [2] Curie, Eva: *Madame Curie, Gondolat Kiadó, Budapest, 1962*
Goldsmith, Maurice: *Frederic Joliot-Curie. Gondolat Kiadó. Budapest. 1979.*
- [3] L. V. Petrjanov-Szokolov: *Radioaktív elemek Po-..., Műszaki Könyvkiadó, Bp., 1979.*
- [4] Curie, P., Curie, Mme P. (1898) *Sur une substance nouvelle radio-active, contenue dans la pechblende, Compt. Rend., 127, 175. (Az uránszurokérc egyik radioaktív anyagáról.)*
- [5] Radnóti Katalin (2011b): *Egy Nobel-díjas család. Második rész. Természet Világa. 2011/2. 68-71. oldalak*
- [6] Rona, Elizabeth (1978) *How it Came About. Radioactivity, Nuclear Physics, Atomic Energy. Oak Ridge Associated Universities.*
- [7] Somlai János: *Esetek. Sugárbaesetek. Radioökológiai Tisztaságért Társadalmi Szervezet Veszprém. 2008*
- [8] http://www.amazon.com/Bomb-Basement-Israel-Nuclear-Means/dp/0743265947#reader_0743265947 (2012. 01. 09.)
- [9] http://www.metropol.hu/images/1227612934_1215460600_litvinyenko.jpg