

Mindezek alapján ki kell fejeznünk iránta a tiszteletünket azért, hogy a magyar fémfizikai közösség előtt sikeres utat tárt fel, hiszen igen sok egyetemi és akadémiai értekezés, valamint tudományos fokozat született az általa kezdeményezett kutatási területen végzett tevékenységek alapján. A budapesti fémüveg-konferenciának a társszerkesztésével megjelent, sokat idézett munkákat tartalmazó kiadványa mellett a magyar szerzők közreműködésével született, amorf ötvözetekkel foglalkozó nemzetközi publikációk nagy száma is jelzi ezt (az 1991-ben összeállított utolsó ilyen bibliográfiánk szerint már akkor 600 fölött volt ez a szám). Hálásaknak kell lennünk neki ezért az indításért és a későbbi támogatásáért is, amit olyan önzetlen odaadással végzett, hogy emellett nem tudott vagy talán nem is akart időt szakítani arra, hogy saját maga is értekezés írásával és tudományos fokozat szerzésével bajlódjon.

Az 1980-as konferencia táján történt megbetegedése miatt a későbbiekben nem tudott elég aktívan részt venni az általa indított kutatásokban. Ekkor viszont, a 80-as évek közepétől, a Csepel Művekben folyó fémüvegkutatások előkészítésében, különös tekintettel a félüzemi gyártás beindításában vállalt komoly szerepet. Társszerzője lett a csepeli kollégákkal közösen írt számos közleménynek is, amelyek a fémüvegeknek a lágymágneses alkalmazásokkal kapcsolatos tulajdonságaival foglalkoztak. Ennek az érdeklődésnek megfelelően vett részt a pásztázó elektronmikroszkópos (SEM) mágneses doménvizsgálatokban, és ebben a témakörben jelent meg három utolsó közleménye.

Szakmai érdeklődése azonban a fémüvegkutatások dominálta időszakában sem korlátozódott csupán erre a területre. Bekapcsolódott a biológiai anyagokon és fémhidrideken végzett NMR-vizsgálatok eredményeinek interpretációjába, szerkezeti modellt dolgozott ki

az amorf fémhidridekre és az 1980-as évek végén a „hidegfúzió” lehetősége olyannyira nem hagyta őt sem hidegen, hogy egy közleményt jelentetett meg ebben a témában.

Kutatói életpályáját lényegesen befolyásoló tényező volt, amikor egy külföldi konferencia alkalmával a 70-es évek végén beszerzett magának egy számítógépet. Az új iránti fogékonysága és alapvetően elméleti fizikusi indíttatása miatt ettől kezdve egyre inkább a kibontakozó számítástechnikai lehetőségek felé irányult a figyelme. Bár ezáltal egy kicsit eltávolodott a fizikától, azonban ilyen irányú érdeklődése révén nyertünk egy olyan kollégát, aki nem mindennapi megszállottsággal vetette bele magát ennek az újdonságnak a megismerésébe és osztotta meg velünk új ismereteit. Bárki, aki hozzá fordult, támogatást kapott tőle ezen a területen is.

A saját maga elé állított magas követelmények mellett bizonyára ez az önzetlenség is hozzájárult ahhoz, hogy – miközben a környezetében dolgozó kutatók publikációs tevékenységére komoly hatást gyakorolt – három és fél évtizedes kutatói pályáján 34 folyóirat-cikke (ebből 7 egyszerűen) és 17 konferenciaközleménye jelent csak meg.

Most, amikor végső búcsút veszünk tőle, átfut rajtunk az a gondolat, hogy nem mindig éreztettük a megfelelő elismerést mindazért a segítségért, amit tőle kaptunk, bár – zárkózott természetéből következően – soha nem panaszkodott erről. Érzékelve a hazai fizikusközösség részéről az elvesztése alkalmából kifejezett őszinte sajnálatot és hiányérzetet, biztosak lehetünk benne, hogy mindenkiben a tudása iránti tisztelet és a példamutató segítőkészsége iránti hála marad meg, és ennek szellemében fogjuk megőrizni emlékezetünkben.

Bakonyi Imre

A FIZIKA TANÍTÁSA

A MAGFIZIKAI KUTATÁSOK HŐSKORA, NŐI SZEMMEL – I.

Radnóti Katalin
ELTE TTK Fizikai Intézet

A magfizika, a nukleáris technikával kapcsolatos ismereteink kialakulásában sok női kutató is tevékenyen részt vett. Az itt olvasható, majd ezt követő írásainkban elsősorban néhány ismert és ma már alig ismert egyéniség nagyságát kívánjuk bemutatni munkásságuk egyes momentumaira fókuszálva, eredeti idézetekkel, gondolatmeneteik mai jelentőségének kiemelésével tisztelegve tudományos teljesítményük előtt. Írásunk első részében *Marie Curie* munkásságából adunk ízelítőt, elsősorban kutatói pályájának korai éveire koncentrálna.

Marie Curie (1867–1934), lengyel származású, két Nobel-díjat is elnyert tudós asszony, *Becquerel* javaslatára kezdett el foglalkozni a radioaktivitással, amely elnevezés is tőle származik. Így ő tekinthető e tudományág „anyjának”.

1903-ban készült doktori értekezésében saját kutatási eredményeinek ismertetése mellett célul tűzte ki azt is, hogy összefoglalást adjon a radioaktivitással kapcsolatos addigi ismeretekről. Az értekezés címe: *Kutatások a radioaktív anyagok köréből*. Ebben írta le többek közt az általa felfedezett két új elem, a polónium és

rádium előállításának munkálatait, a radioaktív sugárzások tulajdonságait, mérési lehetőségeit, hatásait, biológiai vonatkozásait és lehetséges orvosi felhasználásait, a bomlás során keletkező, általa emanációnak elnevezett gáznemű termék tulajdonságait.

Doktori védése után fél évvel kapta meg a Nobel-díjat férjével és Henri Becquerellel közösen. A díj odaítélésének indoklása: „A radioaktív sugárzás felfedezéséért és tanulmányozásáért.” A disszertáció nagyon rövid időn belül magyarul is megjelent *Zemplén Győző* fordításában a *Mathematikai és Physikai Lapokban*, a Mathematikai és Physikai Társulat kiadásában Budapesten, az 1904. és 1905. évi számokban, öt részletben, mindösszesen 125 oldalon. Az értekezés szakmai érdekessége mellett az olvasását az is különlegessé teszi, hogy a több mint 100 évvel ezelőtt készült magyar fordítás sajátosan régies nyelvezetű. Írásunk első részében ebből adunk közre néhány részletet.

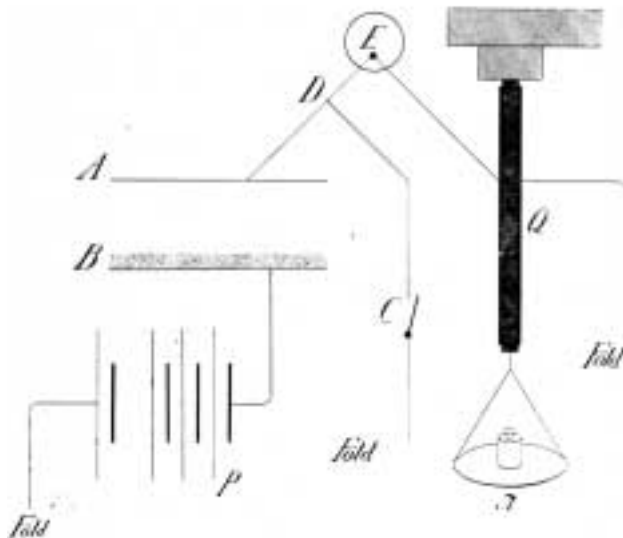
Mit és hogyan mértek?

A radioaktivitás felfedezését követően az első fontos probléma a különböző mennyiségi összehasonlításokra lehetőséget adó mérési módszerek kidolgozása volt. A sugárzás erősségére például az ionizáció révén, a levegő elektromos vezetőképessége megváltozásának mérése alapján lehet következtetni. Marie Curie ezt a módszert alkalmazta (Sklodowska Curie 1906).

„Az alkalmazott módszer a levegőnek radioaktív anyagok behatolása alatt nyert elektromos vezetőképességének le mérésében áll. Ezen eljárás előnye, hogy gyorsan végezhető és hogy számokat szolgáltat, amelyek egymással összehasonlíthatók.”

Az e célra konstruált „műszer” lényegében egy lemez kondenzátor volt, és az aktív anyagot egyik lemezre vitték föl egyenletesen elosztatva, por alakban. A kibocsátott radioaktív sugárzás vezetővé tette a lemezek közti levegőréteget. A mérési feladat e vezetőképesség le mérése volt.

Állandó áramforrás használatával feltöltöttek egy lemezes kondenzátort, majd kompenzálták feszültségét, amelyet egy elektrométer jelzett. A kompenzációhoz piezoelektromos kvarckristályt használtak. Amikor a radioaktív por a lemezek közé került, akkor a kvarckris-



1. ábra. Marie Curie készüléke

tályt fokozatosan terhelték. Minden pillanatban kompenzáció állt fenn. Így lemérhető volt az ionizált levegőn keresztül a kondenzátoron áthaladó áramerősség, amely minden esetben egy állandó értékhez közelített. Marie Curie ezt az áramerősséget tekintette a radioaktivitás mértékének. A mért áramerősségek 10^{-11} A nagy-

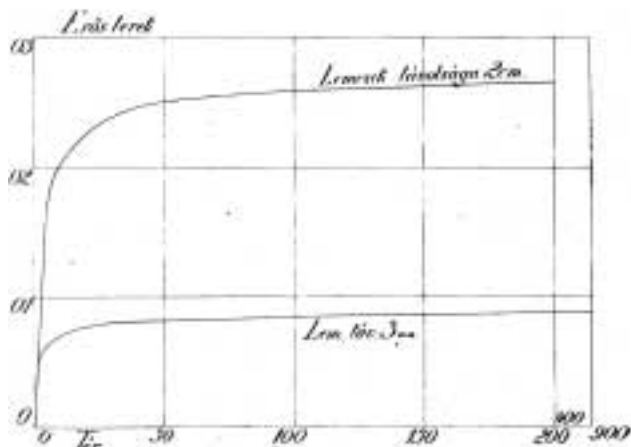
Az 1927-es, kvantumfizikával foglalkozó, brüsszeli 5. Solvay-konferencián készült kép, a tudós társaság egyetlen hölgytagja a kétszeres Nobel-díjas Marie Curie.

Álló sor balról jobbra: Auguste Piccard (1884–1962) svájci fizikus, Émile Henriot (1885–1961) francia vegyész, Paul Ehrenfest (1880–1933) osztrák fizikus, Ed(?) Herzen belga vegyész, Théophile De Donder (1872–1957) belga fizikus, Erwin Schrödinger (1887–1961) osztrák fizikus, Nobel-díj 1933, Jule-Émile Verschaffelt (1870–1955) belga fizikus, Wolfgang Pauli (1900–1958) osztrák-svájci fizikus, Nobel-díj 1945, Werner Heisenberg (1901–1976) német fizikus, Nobel-díj 1932, Ralph H. Fowler (1889–1944) angol fizikus, Léon Brillouin (1889–1969) francia-amerikai fizikus.

Második sorban ülnek balról jobbra: Peter Debye (1884–1966) holland fizikai kémikus, Nobel-díj 1936, Martin Knudsen (1871–1949) dán fizikus, William Lawrence Bragg (1890–1971) ausztrál fizikus, Nobel-díj 1915, Hans A. Kramers (1894–1952) holland fizikus, Paul A. M. Dirac (1902–1984) angol fizikus, Nobel-díj 1933, Arthur H. Compton (1892–1962) amerikai fizikus, Nobel-díj 1927, Louis V. de Broglie (1892–1987) francia fizikus, Nobel-díj 1929, Max Born (1882–1970) német fizikus, Nobel-díj 1954, Niels Bohr (1885–1962) dán fizikus, Nobel-díj 1922.

Első sorban ülnek balról jobbra: Irwin Langmuir (1881–1957) amerikai vegyész, Nobel-díj 1932, Max Planck (1858–1947) német fizikus, Nobel-díj 1918, Marie Curie (1867–1934) lengyel-francia fizikus, Nobel-díj 1903 és 1911, Hendrik A. Lorentz (1853–1928) holland fizikus, Nobel-díj 1902, Albert Einstein (1879–1955) német fizikus, Nobel-díj 1921, Paul Langevin (1872–1946) francia fizikus, C. E. Guye, Charles T. R. Wilson (1869–1959) skót fizikus, Nobel-díj 1927, Owen W. Richardson (1879–1959) angol fizikus, Nobel-díj 1928.



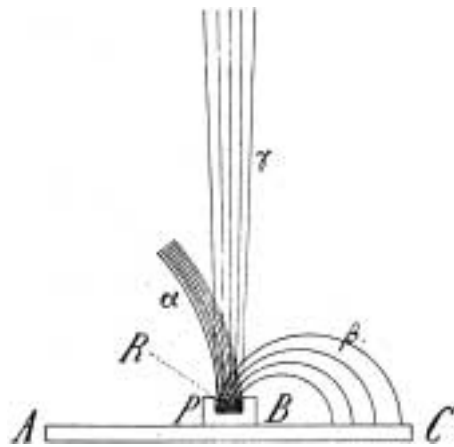


2. ábra. Ionizációs áramerőségek

ságrendűek voltak. A kondenzátor minden esetben légköri nyomáson volt, vagyis állandók voltak a körülmények. Az értekezésben bemutatja a műszer rajzát (1. ábra), néhány grafikont, és a különböző, általa vizsgált radioaktív anyagok esetében mért telítési áramerőséget értékeket. Ezek alapján megállapítja, hogy a radioaktívítás atomos jelenség kell, hogy legyen.

Az 1. ábrán AB lemezes kondenzátor. Az aktív anyag a B lemezen terült el por alakjában. A B lemez magas potenciálra került, míg az A lemez a CD drót segítségével földelt. Az A lemez potenciálját az E elektrométer jelezte. Ha a C kapcsolóval megszakították a földdel való kapcsolatot, akkor az A lemez feltöltődött, ami kitérítette az elektrométert. A kitérítés sebessége arányos az áramerőséggel, ennek mértékétül szolgálhat. Előnyösebb volt azonban a mérést úgy végezni, hogy az A lemez töltését úgy kompenzálták, hogy az elektrométer ne térjen ki. Kompenzálsra a Q piezoelektromos kvarckristály szolgált. Ennek egyik fegyverzete az A lemez, a másik pedig a földhöz volt kötve. A kvarckristályt húzásnak vetették alá, úgy hogy a π tálcába súlyokat helyeztek. A húzás fokozatosan történt, és mérni kellett annak idejét. Tehát adott idő alatt mérték le a kondenzátoron áthaladt töltést, ami maga az áramerősség. Az áramerősség értéke telítésbe megy, amint ez a 2. ábrán látható.

A Curie-házaspár laboratóriuma



3. ábra. A radioaktív sugárzás eltérülése mágneses mezőben

A természetben szép számmal található instabil atommag által kibocsátott α -, β - és γ -sugárzások mágnesestérbeli viselkedésének tanítása során az ő doktori értekezésében szereplő ábrát (3. ábra), vagy ahhoz nagyon hasonló el szoktak bemutatni a témával foglalkozó tankönyvekben. A leírás szerint az R rádiumot egy P ólomtömbbe vájt kis mélyedésbe helyezik és annak környezetében erős homogén mágneses teret létesítenek, amely a rajz síkjára merőleges. A preparátumból kiinduló sugarak különválnak, s ezt az ABC fényképezőlemezen észlelhetjük.

Amennyiben a kis vályút vékony (0,1 mm vastagságú) alumíniumlemezrel befedik, az α -sugarak nagy része már eltűnik. A β -sugarak abszorpciója sokkal kisebb mértékű, míg a γ -sugaraké alig észrevehető. Marie Curie vizsgálta, hogy a különböző típusú sugárzások számaránya miként változik az összeshez viszonyítva. Sok ilyen mérésorozat is található az értekezésben. Ezzel az egyszerű módszerrel a különböző forrásokból származó és különböző típusú sugárzások hatótávolságát próbálták meghatározni levegőben, illetve különböző vastagságú fémlemezek segítségével. A sugarak hatótávolsága az energiájuktól függ.

Még évekig úgy utaltak egy-egy radioaktív anyag bomlástermékeinek energiájára, hogy az általa kibocsátott sugárzás hatótávolságát adták meg. Az α -részecskék esetében 15°C hőmérsékletű és 760 Hgmm nyomású levegőben cm-ben mért adatokat hasonlították össze (2–8 cm közötti értékek). A hatótávolság az az úthossz, amit a részecske megtesz megállásáig. A β -sugárzás esetében azt az alumíniumlemezvastagságot adják meg, amely a sugárzás felét elnyeli. A γ -sugárzás esetében pedig a felezési ólomlemez vastagságát.

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 körivet rajzolt.

„A β -sugarak ugyanúgy terelődnek el, mint a katódsugarak, és a rajzsíkban kör alakú görbékbe mennek át, amelyek sugara tág határok közt ingadozik. ... Valóságos folytonos spektrum.”



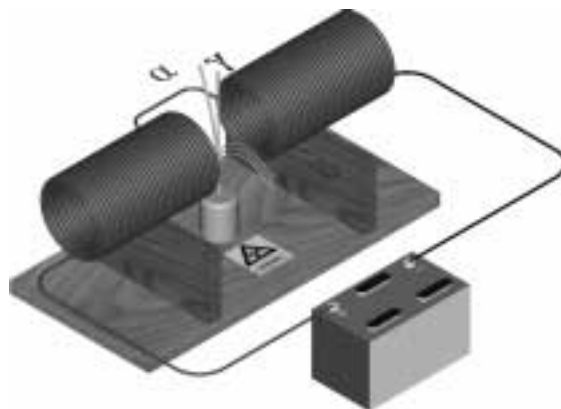
4. ábra. Mágneses mezőben eltérített α -, β - és γ -sugárzás „fénycépe”

Fénycépek a radioaktív sugarakról

Nagyon érdekesek a radioaktív sugarak elhajlásáról a Curie-házaspár által hosszú expozíciós idővel készített fénycépek, amelyeket *Weszelzky Gyula* közölt 1917-ben megjelent könyvében.

A kép (4. ábra) rádiumkészítményt tartalmazó anyag sugárzásáról készült, amelyet mágneses mezőbe helyeztek. Az eredeti képet úgy vették fel, hogy teljesen elsötétített helyiségben elektromágnes két sarka közé, alul elzárt, vastag falú, szűk nyílású ólomcsövet és e mellé fényérzékeny lemezt helyeztek. A fénycépező lemezt úgy hajlították a cső nyílása felé, hogy a csőből kilépő sugarak ériék. Az ólomcső feneke régebbi rádiumkészítményt helyeztek el. Erre azért volt szükség, hogy mindhárom típusú sugárzás jelen legyen. A mérési elrendezés sematikus képe az 5. ábrán látható.

Lányaival, Irene-nel és Eve-vel útban Amerikába



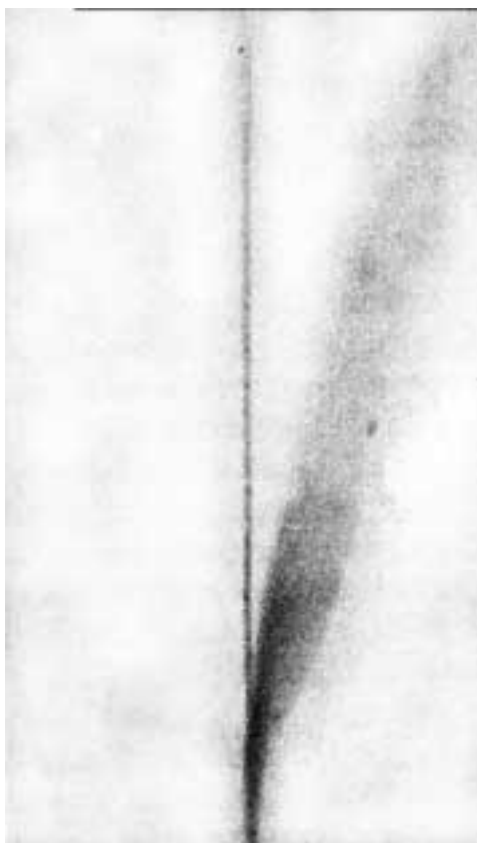
5. ábra. A mágneses mezőben eltérülő sugarak pályája

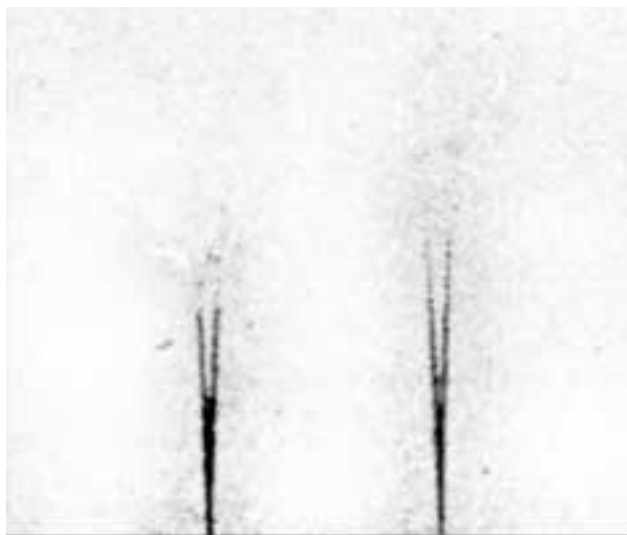
Az egyenes irányú, sötétebb sáv az el nem térített γ -sugárzásra és az α -sugárzásra utal. Ez utóbbi csak kis mértékben térítődik el, amelyet nem is vettek észre még a kutatások elején. A ferde irányú és kicsit világosabb szétterülő sáv a β -sugarak útját mutatja. Látható, hogy a β -sugarak határozottan eltérülnek a mágneses mezőben, és egyben az is, hogy különböző mértékben.

A kép (6. ábra) az előzőhöz hasonlóan készült, de itt csak γ - és β -sugárzást kibocsátó preparátumot alkalmaztak. Jól látható, hogy a γ -sugarak útját jelző egyenes sokkal keskenyebb szélű, mint az előző képen. A β -sugárzás nyoma hasonló az előzőhöz.

A harmadik esetben (7. ábra) kizárólag α -sugárzást kibocsátó készítményt használtak a felvétel elkészítéséhez, és az előbbieknél jóval erősebb mágneses teret al-

6. ábra. Mágneses mezőben eltérített β - és γ -sugárzás „fénycépe”





7. ábra. Mágneses mezőben eltérített α -sugárzás „fényképe”

kalmaztak. Továbbá az elektromágnes áramkörébe átkapcsolót iktattak, mely néhány perces időközökben megváltoztatja az áram irányát, és ezzel felcseréli a mágnessarkokat. Ezért láthatóak V alakban elhajló csíkok.

A β -részecskék tömege

Marie Curie értekezésében olvasható *Walter Kaufmann* (1871–1947) vizsgálata is, aki a béta-részecskéket és a katódsugárzást is tanulmányozta. A β -részecskék vizsgálatához szükséges rádiumot a Curie-házaspártól kapta. Marie Curie dolgozatának bevezetőjében leírta, hogy több fizikusnak küldtek mintákat kifejezetten azért, hogy minél többen foglalkozhassanak a radioaktivitás témakörével, és kialakulhasson az új tudományterület.

Kaufmann azt állapította meg, hogy a β -sugárzás a katódsugárzáshoz hasonló természetű, ellenben a fajlagos töltésre (e/m , ahol e a részecske töltése, m pedig a tömege) más értéket kapott (1. táblázat).

Kaufmann mérésének leírása 1901-ből Marie Curie interpretációjában: „...a rádiumsugaraknak igen vékony kévét elektromos és mágneses tér egyidejű hatásának vetette alá, a két tér homogén, irányuk ugyanaz volt (merőleges a sugár eredeti irányára). A sugárzó forrással ellentett oldalra, a terek határán túl,

1. táblázat		
Az elektronok fajlagos töltésének változása sebességük függvényében		
	e/m (elektromágneses egység, 10^7)	v (10^{10} cm/s)
katódsugaraknál	1,865	0,7
rádiumsugaraknál	1,31	2,36
	1,17	2,48
	0,97	2,59
	0,77	2,72
	0,63	2,83

az eredeti sugárirányra merőlegesen elhelyezett fényképező lemezen hagyott benyomás egy görbe, melynek minden pontja az eredeti összetett sugárkéve egy-egy sugarának fele meg. A legnagyobb áthatoló képességű és legkevésbé eltérített sugarak azok, amelyeknek sebessége a legnagyobb.”

Az összetartozó adatok kiszámítása, a számítás menete a következőképp írható le mai jelöléseinkkel:

Az elektromos mező hatása:

$$E \cdot e = m \cdot a, \quad \text{innen} \quad a = \frac{E \cdot e}{m},$$

beírva

$$s = \frac{a}{2} t^2 = \frac{v^2}{2 \cdot a} = \frac{v^2 \cdot m}{2 \cdot E \cdot e},$$

innen

$$\frac{e}{m} = \frac{v^2}{2 \cdot E \cdot s},$$

ahol E a kondenzátorban lévő elektromos mezőt jellemző elektromos térerősség, a a mező hatására létrejött gyorsulás, s a kondenzátorlemezekre merőleges elhajlás, v pedig a kiválasztott sugárkévében lévő β -részecskék sebessége.

A mágneses mező hatása:

$$e \cdot v \cdot B = \frac{m \cdot v^2}{R},$$

innen

$$\frac{e}{m} = \frac{v}{B \cdot R},$$

ahol B a mágneses mezőt jellemző indukcióvektor nagysága, R pedig a mező hatására kialakuló körpálya sugara.

Mindkét esetben kifejeztük e/m értékét, melyek adott kéve esetében azonosak, így ezt felírva

$$\frac{v^2}{2 \cdot E \cdot s} = \frac{v}{B \cdot R},$$

innen a sebesség:

$$v = \frac{2 \cdot E \cdot s}{B \cdot R},$$

majd az adott sebességhez tartozó e/m érték is meghatározható.

„Ebből az következne, hogy a részecske m tömege a sebesség növekedésével növekszik.” Így szól Kaufmann és Marie Curie interpretációja. *Einstein* ezzel foglalkozó cikke 1906-ban jelent csak meg, melyben a mennyiségi viszonyok is szerepelnek. *Einstein* azonban nem tudott a fent említett mérésekről, pedig azok már akkor magyar nyelven is megjelentek!

Mekkora energia szabadul fel?

A radioaktivitás felfedezése után komoly feladat volt a keletkező részecskék energiájának pontosabb meghatározása. A Curie-házaspár különböző módokon próbálta ezt megtenni. Az első adatok az α -részecskékre vonatkoztak. A mágneses eltérésekből és egyéb megfigyelésekből, például a kalorimetrikus mérések alapján látszott, hogy a kémiai reakciókhoz képest óriási energiák szabadulnak fel a radioaktív folyamatok során.

Az könnyen észrevehető volt, hogy a rádiumvegyületek mindig kissé melegebbek, mint a környezetük. Ha egy ilyen vegyületet kaloriméterbe helyeztek, megállapítható volt, hogy minden gramm rádium körülbelül 588 J hőt fejleszt óránként. Ezt az értéket elosztva a keletkező α -részecskék számával, meg lehet határozni egy részecske energiáját. A bomlások számának a meghatározása egy spintariszkópnek nevezett műszer segítségével történt.

A spintariszkóp egy kis méretű doboz, amelynek az alját belülről cink-szulfiddal vonták be, míg a másik oldalára egy lencsét helyeztek. A lencse és a cink-szulfid felület közé egy tüt tettek, amelyre kis mennyiségű radioaktív anyagot vittek fel. A tűről a cink-szulfid felületre került α -részecskék a nagyítón keresztül megfigyelhető szcintillációt, fényfelvillanást hoznak létre. Figyelembe kell venni azt is, hogy a rádium bomlása során három olyan bomlási termék, leányelem is felhalmozódik, amelyek szintén α -részecskéket bocsátanak ki.

Egy konkrét mérés a következőképp történhetett: Lemérték 5 mg rádiumot tartalmazó sót, amelyet 5 liter vízben feloldottak. A jól összekevert oldatból ezután 1 mm³ jutott a spintariszkóp tűjére, ahonnan a víz elpárolgott, és ottmaradt a rádiumtartalmú anyag. A mérési összeállítás elrendezése olyan, hogy az α -részecskéknél csak századrészt lehet észlelni (hatásfok). A mérés 100 másodperce során 37 felvillanás volt látható. A spintariszkóp tűjére 10⁻⁹ g rádium került. Mivel csak minden 100-ikat lehet észlelni, így 100 s alatt 3700 bomlás történik, vagyis 1 s alatt 37. 1 g rádium esetében pedig 10⁹-szer több, vagyis 3,7 · 10¹⁰ bomlás másodpercenként, ami óránként 1,33 · 10¹⁴ bomlást jelent. Az egy óra alatt fejlődő hő 588 J, ami az összes bomlás során keletkező energia. Bomlási sorra számolva az energia 588/(1,33 · 10¹⁴) = 4,42 · 10⁻¹² J, aminek még a negyed részét kell venni, tehát a rádium bomlási sorában keletkező α -részecskék energiája körülbelül 1,1 · 10⁻¹² J.

A korabeli kutatók megdöbbentek a kiszámolt energiák láttán. Hiszen a kémiai reakciók esetében elemi átalakulásonként csak 10⁻¹⁸ J nagyságrendű energia szabadul fel átlagosan. Tehát az atommag esetében körülbelül milliószoros az energia-felszabadulás!

Befejezésként végezzünk el néhány egyszerű modellszámítást, becslést a korabeli adatok felhasználásával, hogy mennyire is térülhetek el az α - és a β -részecskék a mágneses mezőben!

A mágneses mezőbe az indukcióvonalakra merőlegesen érkező töltött testek körpályán fognak mozogni a Lorentz-erő hatására. A mozgásegyenlet a következő:

$$m \frac{v^2}{R} = q \cdot v \cdot B.$$

Innen a körpálya sugara:

$$R = \frac{m \cdot v}{q \cdot B}.$$

Tehát a fajlagos töltés reciprokára és a sebességadatra is szükség van. Marie Curie leírása alapján elektromágnezt alkalmaztak, az így előállított mágneses indukció 0,025 T volt mai mértékegységünkben felírva. (Ekkora mágneses indukció állítható elő egy 500 menetes, 10 cm hosszúságú tekercsben, ha abban 4 A áram folyik.)

Az 1. táblázatban található értékeknél a keresett körpályák sugaraira: 7,2 cm, 8,48 cm, 10,68 cm, 14,13 cm és 18 cm-nek adódnak.

Marie Curie írása alapján tudjuk, hogy az α -részecskék eltérítéséhez 0,07 T mágneses indukciójú teret állítottak elő. Becsüljük meg, hogy mekkora sugara lenne a létrejövő körpályának! Vegyük a részecske energiáját 3 MeV-nek, mely reális érték!

A számoláshoz fel kell használnunk mai ismereteinket is (az α -részecske tömegét és fajlagos töltését). Először számítsuk ki egy ilyen részecske sebességét!

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot E}{m}} = 1,2 \cdot 10^7 \text{ m/s}.$$

Ezt behelyettesítve előbbi összefüggésünkbe 3,55 m-t kapunk. Tehát a levegőben néhány cm-es hatótávolságú α -részecskék eltérülését valóban nem volt könnyű kimutatni.

Láthatjuk, hogy az α -részecskék energiája nincs a relativisztikus tartományban. A proton tömegét a részecskefizikusok által használt 1 GeV-es nyugalmi energiával adva meg, az α -részecske tömege ennek körülbelül a négyszerese, míg az energiája három nagyságrenddel kisebb. Ellenben az elektron nyugalmi energiája körülbelül 0,5 MeV, így a MeV nagyságrendű energiák esetében a β -részecskék energiája már a relativisztikus tartományban van (legalábbis a spektrum nagy energiájú vége). És ezt vette észre Kaufmann.

Irodalom

Curie, Éva: *Madame Curie*. Gondolat Könyvkiadó, Budapest, 1967, ötödik kiadás

Curie, Marie: Doktori értekezés. (fordította: Zemplén Győző) *Mathematikai és Fizikai Lapok*. 14. és 15. évfolyam (1904 és 1905). 1904. 1. rész 228–245., 2. rész 354–375., 1905. 3. rész 25–48., 4. rész 110–142., 5. rész 280–312. Matematikai és Fizikai Társulat, Budapest kiadása.

Weszelzky Gyula (1917): A rádióaktivitás. *Magyar Kémiai Folyóirat* XXIII. évfolyamának melléklete. A Királyi Magyar Természettudományi Társulat, Budapest kiadása.