

EMLÉKEZÉS A MÖSSBAUER-EFFEKTUS HAZAI ALKALMAZÁSÁNAK ELSŐ ÉVEIRE

Keszthelyi Lajos

MTA Szegedi Biológiai Központ, Biofizikai Intézet

Az 1958–60-as években fejlődésnek indult a tudományos élet Magyarországon, azonban még mindig éreztük az 1956-os forradalom leverésének következményeit. A Központi Fizikai Kutató Intézetben (KFKI) rendelkezésünkre állt egy 1 MeV energiájú gyorsító és egy atomreaktor. Magfizikai jellegű kutatásokat végeztünk, az eredményeket publikáltuk, de a nyugati országokban élő kollégákkal fenntartott személyes kapcsolataink ellehetetlenültek. A friss szakmai információk hiányát a szakirodalom gondos követésével igyekeztünk pótolni. Nagy szerencse, hogy a szakmai jellegű folyóiratok korlátozás nélkül érkeztek meg. Így találtam rá *Rudolf Mössbauer* ma már széles körben ismert cikkére, amely rendkívüli izgalommal töltött el. Ez az izgalom tovább fokozódott, amikor elolvastam *Pound és Rebka* közleményét a ^{57}Fe mag Mössbauer-effektusáról. Könnyű volt átlátni, hogy a ^{57}Fe mag Mössbauer-effektusa rendkívül széleskörűen alkalmazható a fizikai, a kémiai stb. kutatások terén. Világossá vált előttem, hogy a Mössbauer-effektus a „szegény emberek fizikája” lehet, kiváló eszköz olyan időszakokban is, amikor a kutatásokhoz szegényes anyagi körülmények léteznek csak. Írtam egy levelet Rudolf Mössbauernek arról, hogy miben látom az új effektussal kapcsolatos kutatások jövőjét. Válaszában Mössbauer mindenben megerősítette elképzeléseimet.

Nyilvánvaló volt, hogy a ^{57}Fe mag Mössbauer-effektusának alkalmazását fel kell vennünk laboratóriumunk kutatási programjába. Felmerült azonban két probléma. Az első: hogyan helyezzük el a forrást vagy az abszorbenst egy rezgésmentes helyre, mert egyiket a másikhoz képest olyan kis sebességgel kell mozgatni, amelyet a legkisebb zavaró mozgás is befolyásol. Azt gondoltam, ez könnyű lesz, hiszen nagyon jó technikusaink voltak. Az elkövetkezendő években megértettem, hogy ez távolról sem olyan egyszerű feladat. A másik nehézséget az jelentette, hogy a mérésekhez szükséges ^{57}Co izotópot, amelynek a sugárzásával kell a ^{57}Fe -t besugározni, egy „kapitalista” országból voltunk kénytelenek beszerezni, mivel a mi gyorsítónk és reaktorunk nem volt alkalmas ennek előállítására. A beszerzés lehetetlennek tűnt. Ennek ellenére megrendeltük az izotópot, és láss csodát, 1960 októberében meg is kaptuk.

Dézi István ekkor került az intézetünkbe nukleáris vegyészként és csatlakozni kívánt a programhoz. A technikusaink gyártottak számunkra egy speciálisan megmunkált forgó tengelyt, amellyel egy adott irányban mozgathattuk a forrást egy bizonyos sebességgel. A radioaktív izotópot *Dézi István* vas fóliába diffundáltatta, amelyet aztán a mozgatóra rögzítettünk. Ma is emlékszem arra a ködös novemberi estére, amikor *Dézsi*vel elkezdtük mérni a vas fólián áthatoló gamma-kvantumok számát, miközben lépésről-lépésre változtattuk a mozgó korong forgásának a frekvenciáját, vagyis a ráerősített forrás mozgásának sebességét (mm/s sebességek kellettek). Rendkívül boldogok lettünk, mikor láttuk, hogy sikerült reprodukálnunk az

irodalomból már ismert eredményeket. A boldogságunk december 5-én tetőzött, amikor az egész mérőberendezést átszállítottuk az Eötvös Loránd Fizikai Társulat szokásos hétfő esti ülésére és ott bemutattuk a ^{57}Fe mag Mössbauer-effektusát a fizikus közösségnek. (Csupán a körülmények érzékeltetése végett megemlítem, hogy a magyar titkosrendőrség egyik fedőnévvel rendelkező ügynöke jelentést írt az eseményről, miszerint előadást tartottam a fizikusok klubjában a ... effektusról. Ezt 2003-ban tudtam meg, amikor kézhez kaptam a tevékenységemről titkosszolgálati eszközökkel korábban gyűjtött információkat. Innen tudom a pontos dátumot.) 1961-ben megjelent egy magyar nyelvű közleményem, amelyben bemutattam a Mössbauer-effektust és az alkalmazásában rejlő lehetőségeket [1].

Az eufórikus hangulat múltán folytatnunk kellett munkánkat, immár a valódi kutatások irányába. A forgó tengely nem volt igazán jól használható megoldás, ezért megkértük mérnökeinket, hogy építsenek számunkra egy olyan, olajnyomással működtethető berendezést, amely negatív és pozitív sebességek előállítására egyaránt alkalmas. Elkészült, de mindenütt folyt belőle az olaj. Ennek ellenére dolgoztunk vele, és magyar nyelven közzé is tettünk néhány nem különösen érdekes eredményt [2].

Az első igazán figyelemre méltó publikációnk egy olyan közlemény volt, amelyet a ^{159}Tb mag Mössbauer-effektusáról írtunk. Az előzetes mérések eredményeiről a Dubnában rendezett Mössbauer-konferencián számoltunk be. A részletes eredményeinket tartalmazó cikk 1966-ban jelent meg. A KFKI mérnökei tehetségének köszönhetően ekkorra már rendelkezésünkre állt egy „modern” Mössbauer-berendezés. Ennek két fő egysége egy hangszóróból kialakított mozgó volt, amelynek tekerésére a forrást rögzítettük, illetve egy sokcsatornás analízátor, amely az adatgyűjtést végezte. Mindent, beleértve a sokcsatornás analízátort is, a saját műhelyünkben gyártottak. Az első berendezés 1964 elején készült el, amelyet később termékké fejlesztettek, és Magyarországon, valamint külföldön is, például Egyiptomban, értékesítettek.

Közel négy év kellett ahhoz, hogy a kísérleti körülmények tekintetében kielégítő szintet érjünk el. Az első igazán érdekes vizsgálatok 1964-ben történtek *Dézi István* javaslatai nyomán, amikor lefagyasztott vas oldatok Mössbauer-spektrumait mértük. Az eredmények meglepőek és előremutatóak voltak, akkori publikációink egy egész alfejezet kialakulását alapozták meg a Mössbauer-effektus alkalmazásai terén.

A „szegény emberek fizikája” sok kiváló embert vonzott a csoportunkba: *Cser László*, *Nagy Dénes Lajos* és *Vincze Imre* voltak az elsők, akik csatlakoztak hozzánk. Az Eötvös Loránd Tudományegyetemen szintén elkezdődtek a kutatások, ahol *Korecz László*, *Vértes Attila* és *Burger Kálmán* foglalkoztak Mössbauer-spektruskópiával. Hosszú időre fogadtunk vendégkutatókat Kelet-Németországból (*Werner Meisel*, *Klaus Fröblich*), Lengyel-

országból (*Dominik Kulgawczuk, Jozef Bara*), Egyiptomból (*Nabil Eissa, Ahmed Sanad*) és sok más helyről is. Tevékenységünk nemzetközi elismertséget is hozott számunkra: felkértek minket, hogy szervezzük meg az 1969-es Nemzetközi Mössbauer Konferenciát.

Az én személyes kutatói tevékenységem 1973-ban más utat vett, amikor elfogadtam egy felkínált állást az MTA Szegedi Biológiai Központ Biofizikai Intézetében. Az a téma, amellyel először foglalkoztam a biofizikai kutatások terén – a biomolekulák homokiralitása eredetének vizsgálata – nem állt távol az én fizikusi beállítottságomtól. A biomolekulák homokiralitása azt jelenti, hogy minden élőlény tartalmaz L-aminosavakat és D-cukrokat, annak ellenére, hogy szintetikus előállítás során ezek egyenlő arányban keletkeznek. Az aszimmetria eredetének felderítésére vonatkozó egyik elképzelésünk azon az ötleten alapult, hogy a béta-részecskék által keltett cirkulárisan polarizált fékezési sugárzás szétrombolhatja a D-aminosavakat. Vincze Imrével azt gondoltuk ki, hogy a feltételezésünk ellenőrizhető a ^{57}Fe mag mágnesesen felhasadt spektrumában megfigyelhető cirkulárisan polarizált vonalak segítségével. Azt találtuk, hogy az L- és D-aminosavak 14 keV-os gamma-sugárzásra vonatkozó abszorpciójának relatív különbsége kisebb, mint 10^{-4} .

A fizika fejlődésével a Mössbauer-effektus más fontos alkalmazására is nyílt lehetőség. Kiderült, hogy a semleges gyenge áram miatt energiakülönbség van az L- és D-molekulák között. Az elméletileg számított különbség nagyon kicsi, azonban az aszimmetriacentrumban levő atom rendszámának a hatodik hatványa szerint növekszik.

Arra gondoltam, hogy a Mössbauer-effektus rendkívül nagy felbontóképessége következtében rendelkezésünkre áll egy olyan módszer, amellyel ellenőrizhető kísérletileg ez az alapvető elméleti állítás. Burger Kálmán és Vértes Attila segítettek megszervezni azt, hogy L- és D- Ir-komplexeket kapjunk Dániából (*F. Galsbol* és *B. Rasmussen*) és azt, hogy mérési lehetőséget kapjunk Németországban (*F. Wagner*). Feltételeztük, hogy az izomér eltolódásértékek eltérése jelezni fogja a két komplex közötti energiakülönbséget. A mérések eredményeként felső határértéket tudtunk megállapítani: az izomér eltolódások különbsége biztosan kisebb, mint az elméletileg számolt érték $3,8 \cdot 10^2$ -szorososa. Mostanában mutattam rá, hogy ha egyáltalán mérhető ez a különbség, akkor annak kimutatása leginkább a ^{181}Ta mag vizsgálatával érhető el.

A két utolsó bekezdésben írtak nem tartoznak a Mössbauer-effektus hazai alkalmazásának első éveire. Csupán azt bemutatandó tettem róluk említést, hogy amit a Mössbauer-effektus területén tanultam, az megjelent a gondolkodásomban, és segített olyankor is, amikor más jellegű problémákkal találkoztam. Így a korai évek lelkesedése visszatér még ma is – érzem a munkám során, és érzik tevékenységünkben mindazok, akik a nagy létszámú magyar Mössbauer közösség tagjainak vallhatják magukat.

Irodalom:

1. KESZTHELYI L.: *Mössbauer-effektus és alkalmazásai* – Magyar Fizikai Folyóirat 9 (1961) 2891
2. DEMETER I., DÉZSI I., KESZTHELYI L.: *Mérések a Mössbauer-effektus segítségével* – KFKI Közlemények, 10 (1962) 21

Keszthelyi Lajos írásában olvashattuk, hogy a kezdeti lépések után több kutatóhelyen is elkezdtek Mössbauer-effektust alkalmazó kísérletekkel foglalkozni. Négy csoport alakult ki, amelyek ma is működnek. A következőkben röviden körvonalazzuk e csoportok fő kutatási területeit. Természetesen egy ilyen rövid írásban még címszavakban sem mondható el több mint 40 év minden eredménye, ezért csak a legfontosabb irányokat jelezzük. A csoportokat a megalakulásuk időbeli sorrendjét követve említjük.

A négy csoport különböző anyagcsaládok és jelenség-csoportok vizsgálatára specializálódott:

Az MTA KFKI Részecske és Magfizikai Kutatóintézetben a jelenleg Dézsi István és Nagy Dénes Lajos által vezetett, most 13 tagú csoport folytatta a legszerteágazóbb kutatást. A munka sokirányúságára jellemző, hogy nemcsak a leggyakrabban használt ^{57}Fe mag átmeneteit felhasználva mértek, hanem ^{159}Tb , ^{161}Dy , ^{191}Am , ^{125}Te , ^{129}I , ^{133}Cs , ^{119}Sn magokéit is. Az általuk vizsgált anyagcsaládok között a legjelentősebbek: a szilárd oldatok (pl. $\text{Fe}(\text{ClO}_4)_2$), ionimplantált rendszerek (pl. Co/Si , Te/Si , LiNbO_3) és a magas-hőmérsékletű szupravezetők ($\text{Co:YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$). Az utóbbi tíz évben a csoport érdeklődése a vékonyréteg rendszerek felé fordult, a néhány atom vastagságú rétegek kialakulását és mágneses doménszerkezetét tanulmányozzák. Vizsgálataikban a szinkrotron sugárforrásoknál kifejlesztett Mössbauer-reflektometriát is felhasználják.

A következő az 1967-ben az ELTE Kémia Tanszékén alapított – először Vértes Attila, jelenleg *Homonnay Zoltán*

vezetésével dolgozó – 11 tagú csoport. Kutatásaik elsősorban kémiai indíttatásúak. Foglalkoztak oldatok szerkezetének vizsgálatával, koordinációs és elektrokémiai problémákkal. Legújabb kutatásaik pedig alumínium-ötvözetek, amorf rendszerek, szupravezetők és kolosszális mágneses ellenállást mutató anyagok tulajdonságainak megértésére koncentrálnak.

A harmadik az MTA Szilárdtestfizikai és Optikai Kutató Intézetében 1970-ben Cser László, majd Vincze Imre vezetésével alakult 9 tagú csoport. Kutatási témáik közül kiemelendők: vasalapú híg ötvözetek, nagykoncentrációjú, többkomponensű ötvözetek vizsgálata, fémüvegek atomi és mágneses szerkezetének tanulmányozása. Újabb kutatási területük a különböző módokon (mechanikus őrléssel, amorf anyag részleges kristályosításával, párologtatással) előállított nanoszerkezetű anyagok (Fe, Fe–B, Fe–Zr–B, Fe–Al, Fe–Ag) határréteg szerkezetének és méretfüggő mágneses tulajdonságainak vizsgálata. E mellett a csoport egyik része – *Fai Gyula* vezetésével – úttörő munkát végzett a szinkrotron sugárforrásoknál lévő nukleáris rezonanciaszórás alapuló kísérletek kifejlesztésében.

A negyedik az 1979-ben, az MTA Izotópkutató Intézetben *Guczi László*, majd *Lázár Károly* vezette 4 fős csoport. Fő kutatási területük a katalízis *in situ* tanulmányozása Mössbauer-spektroszkópia segítségével. Témáik között szerepel a két-fémes katalízis, a zeolittal kapcsolatos kutatások és mezoporózus rendszerek vizsgálata.

Fai Gyula