

KESZTHELYI LAJOS 80 ÉVES

Nagy öröm számunkra, hogy a *Fizikai Szemle* hasábjain is köszönhetjük a 80 éves *Keszthelyi Lajost*, akit a tudományos közélet fizikusként, biofizikusként tart számon, de életpályája, gondolkodásmódja, a természet titkainak megfejtésére irányuló lankadatlan törekvése, minden új gondolat, jelenség iránti érdeklődése okán sokkal jobban illik rá a *természettudós* jelző.

Visszaemlékezéséből tudhatjuk, hogy tudományos ismeretterjesztő könyveket olvasva még gimnáziumi éve alatt beleszeretett az atomfizikába, és mindenképpen fizikus szeretett volna lenni. Az első egyetemi hónapokban rázúduló nehézségek, az önmagába vetett hit elbizonytalanodása majdnem letértették erről az útról, nagyon komolyan fontolgatta, hogy atomfizikus helyett inkább orvos lenne. Különös fordulata életének, hogy orvos ugyan nem lett, de azután, hogy az MTA Központi Fizikai Kutatóintézetében dolgozva atomfizikusként, magfizikusként nagy nemzetközi elismertséget és tekintélyt vívott ki magának, legnagyobb tudományos sikereit az orvosi tudományokhoz szorosan kapcsolódó biofizikában érte el. Mivel meggyőződése volt, hogy egy nagy fizikai kutatóhelyen szükség van az élet titkainak, törvényszerűségeinek kutatására is, a KFKI-ban létrehozta a később osztállyá fejlődő biofizikai csoportot, és ezzel megteremtette annak lehetőségét, hogy az intézetben létrejöhesse a számítógépes agytudomány egyik vezető hazai kutatóközössége. Az azóta is csupán formális „nyugalomba” végül az MTA Szegedi Biológiai Központ főigazgatói székéből vonult.

Kutatási témát mástól először és egyben utoljára pályája legelején kapott, amikor *Faragó Péter* javaslatára hozzálátott a világon alig két évvel korábban felfedezett szcintillációs számláló megépítéséhez. A legújabb tudományos felfedezések befogadása, a legígéretesebb kutatási irányok gyors és alkotó felismerése iránti csodálatos érzéke következtében ezután már ő adta magának és munkatársainak az ötleteket, tudományos feladatokat. Még felsorolni is nehéz azokat a kutatási területeket, ahol ő indította a munkát, érte el az első nemzetközi szintű eredményt, majd figyelmét és érdeklődését továbbra is a témán tartva „engedte át” azok művelését munkatársainak, tanítványainak.



Elsőként végzett Magyarországon az akkoriban elkészült részecskegyorsítóval olyan magfizikai méréseket, melyek eredményeit a legtekintélyesebb magfizikai szaklap, a *Nuclear Physics* is leközölte. A lítiumon (p, γ) reakcióval keltett nagyenergiájú fotonokat használta (γ, p) reakciók tanulmányozására más atommagokban. Eredeti ötletként kihasználta azt a tényt, hogy a szcintillációs számláló NaI kristályában a jód atommagon kiváltott protonok közvetlenül adnak jól mérhető fényfelvillanásokat.

A Mössbauer-effektust, felfedezése után szinte azonnal, sikeresen demonstrálta az Eötvös Loránd Fizikai Társulat egyik klubestjén, és ezzel egy azóta is igen eredményes kutatási témát indított el Magyarországon. Joggal nevezhetjük őt a hazai Mössbauer-spektroszkópia „atyjának”. (Ahogy később kiderült, ez a bemutató még a belügyi szervek érdeklődését is felkeltette, a titkos jelentő magának az effektusnak a nevét ugyan nem jegyezte meg, hanem megelégedett a „... effektus” elnevezéssel.) Munkatásaival együtt, sok más értékes eredmény mellett, felfedezett egy új „Mössbauer-magot”, úttörő vizsgálatokat végzett lefagyasztott oldatokon, de több dolgozatot közölt ókori egyiptomi kerámiák Mössbauer-vizsgálatairól is. Az ilyen, a kulturális örökség megóvását is segítő kutatások éppen az utóbbi évtizedben kaptak nagy nemzetközi lendületet. Kísérleti fizikusi tapasztalataival, kifogyhatatlan mérés technikai ötleteivel meghatározó módon segítette elő a nemzetközi színvonalú Mössbauer-spektrométerek, sokcsatornás analizátorok hazai gyártását, és így közvetve a magyar számítástechnikai ipar megmentését is.

Többek között éppen Mössbauer-mérések mutatták meg azt, hogy ferromágneses ötvözetekben igen nagy belső mágneses terek léphetnek fel az atommagok helyén. Ez a felismerés adta az ötletet Keszthelyi Lajosnak ahhoz, hogy a gerjesztett atommagok mágneses momentumának mérésére használt perturbált szögkorrelációs módszerben az addigi külső mágneses terek helyett a méréshez szükséges perturbációt ezekkel a belső terekkel helyettesítse. A módszert kiterjesztette a néhány MeV energiájú protonokkal keltett γ -sugarak perturbált szögeloszlásának mérésére is. Mind-

két módszer új lehetőséget teremtett a perturbáló hiperfinom terek tulajdonságainak vizsgálatára.

A hetvenes évek kezdetén a rohamosan fejlődő félvezetőiparban egyre jelentősebb szerephez jutottak a néhány MeV energiájú ionnyalábokat használó besugárzási, illetve felületminősítő technikák. Az ilyen irányú ionimplantációs kutatás a KFKI-ban is beindult, és a Keszthelyi Lajos vezette csoport hamarosan meghonosította a ion-visszaszórásos spektrometriát. De őt a rutinszerű alkalmazás sohasem hozta igazán lázba, ha már valamit csinál, akkor abban feltétlenül legyen új gondolat is. Nem történt ez másképp ekkor sem. „Magfizikus korából” emlékezett arra, hogy az (α, α) rugalmas szórásban (a visszaszórási spektrometriában többnyire ezt a Rutherford-szórásnak nevezett folyamatot használták) oxigén céltárgy esetén 3 MeV protonenergia táján van egy keskeny, de erős rezonancia. Rögtön felismerte, hogy ezt a rezonanciát kitűnően fel lehetne használni a felületi oxidrétegek érzékeny kimutatására, és csoportjával azonnal demonstrálta is a jelenséget. Az ötlet közlésére akkor egy inkább csak belső használatra szánt kiadványban kerülhetett sor, így az azóta az ionnyaláb-analítika egyik alapeljárássá vált felfedezés egy később, de jobb helyen publikáló amerikai csoport hírnevét öregbíti.

Tudományos érdeklődése már erősen a biofizika, a biológia problémái felé fordult, amikor kezdeményezte egy másik ionnyaláb-analitikai módszernek, a részecskék keltette karakterisztikus röntgensugárzás-spektrometriának (PIXE) a meghonosítását is. De ennek a biológiai, biokémiai, orvosi biológiai anyagok elemösszetételének vizsgálatára is nagyon hatékony módszernek az alkalmazásakor is azonnal új megközelítést szorgalmazott. Nem elégedett meg az egyszerűen megkapható mennyiségi adatokkal, koncentráció értékekkel, a problémákat már „bio”-szemszögből nézve a fehérjemennyiségre vonatkoztatott mennyiségi adatokat szolgáltató PIXE-RP (PIXE relative to protein) módszer kidolgozásával búcsúzott több évtizedes „játékszerétől”, a Van de Graaff gyorsítótól és hivatalosan a KFKI Részecske- és Magfizikai Kutatóintézetől is. De mindannyiunk szerencséjére azóta is rendszeresen meglátogatja hajdani munkahelyét, ahol sohasem vendég, hanem továbbra is gondolkodásra, munkára serkentő, szeretettel fogadott mester.

A gondolati váltást sima átmenetben munkahelyi váltás követte. 1973-ban került Szegedre, kezdetben még csak félállásban az akkoriban alapított MTA Szegedi Biológiai Központ Biofizikai Intézetébe, ahol a biológiai aszimmetria eredetének kutatásába kapcsolódott be. Az élet alapvető tulajdonságára vonatkozó régi kérdés, hogy vajon mi az oka a földi élő anyag azon sajátosságának, hogy az optikailag aktív molekulapárok közül mindig csak az egyik – aminosavakban a balra, cukrokban a jobbra forgató – változat fordul elő. Ennek az időszaknak az újdonsága volt a fizikában a gyenge kölcsönhatás paritássértése, és rögtön felmerült a gondolat, hogy a fizikai és biológiai aszimmetriáknak esetleg kapcsolata lehet. *Garay András-*

nak, az Intézet akkori igazgatójának korábbi kísérletei alapján azt vizsgálták, hogy a béta-bomlás során felszabaduló polarizált spinű elektronok különbözőképpen hatnak-e kölcsön a jobbos, illetve balos molekulákkal. Az egyre alaposabban elvégzett kísérletek nem mutattak összefüggésre. A kérdés végleges megoldása azóta sem történt meg, de Keszthelyi Lajos a felmerült magyarázatok kritikus értelmezésével, fontos kísérletek elvégzésével tisztázta a témakört, és jelenleg is a terület egyik meghatározó szakértője. Még évekkel azután is, hogy aktívan dolgozott a területen, rendszeresen felkéri a összefoglalók írására.

További kutatásaiban a biológiai energiaátalakítás alapvető lépéseinek tanulmányozása vált meghatározóvá, „kedvenc” vizsgálati tárgyává pedig a bakteriorodopszin molekula. Ez az akkoriban felfedezett színes fehérje számos előnyös tulajdonsága révén különösen alkalmas a biofizikusi kutatásokra. A fehérje sötét baktérium sejtfalában található, és az a biológiai szerepe, hogy fény hatására protonokat pumpál a sejten belülről a sejten kívülre, a fény energiáját alakítja át a külső és belső protonkoncentráció különbségének a baktérium számára felhasználható energiájává. Ellentétben a fotoszintézissel, itt egyetlen molekula látja el a feladatot, a fény elnyelése után egy néhány egymást követő lépésből álló reakcióban, mint egy mechanikus gép végzi el ezt a munkát. E működést tanulmányozva a fehérjék működésének általános törvényszerűségeit, a biológiai energiaátalakítás részleteit lehet jobban megismerni. Keszthelyi Lajos észrevette, hogy a bakteriorodopszin tartalmazó membrándarabkákat elektromos térben könnyen lehet orientálni. Az orientált mintákon egy sor különleges optikai és elektromos mérés végezhető, hiszen ha az orientáció miatt a rövid lézerezéssel szinkronizáltan indított molekulákban minden változás térben és időben rendezett módon zajlik, sokféle mozgás teljes leírására nyílik lehetőség. Ilyen kísérletekből a fehérje mozgását, a proton pumpálásának lépéseit jól meg lehetett határozni. A nagy visszhangot kiváltó alapkísérlet hazamosan művelt és eredményes témát indított az Intézetben, az itt kidolgozott eljárásokat más laboratóriumok is alkalmazták. Aktív tudományos iskola alakult ki széles módszertani repertoárral, spektroszkópiái, fotoelektromos mérésekkel, alkalmazva a génebérszet akkoriban úttörő módszereit is. A Keszthelyi-iskola nagyban hozzájárult ahhoz, hogy a bakteriorodopszin mára az egyik legjobban megismert aktív funkciójú fehérjévé válhatott. A megközelítési mód általánosításaként különböző, azóta felfedezett, a rodopszincsaládba tartozó más molekulákat is jellemeztek így, de az eljárással eredményesen vizsgálták például az ionpumpáló ATPáz molekulákat is.

Mivel a bakteriorodopszin színes fehérje működése során változtatja optikai tulajdonságait, a biológiai funkciótól teljesen függetlenül nemlineáris optikai anyagként is viselkedik. Ez mostanában igen intenzíven kutatott irányzat, a nemlineáris optikai anyagok a modern telekommunikáció, adatfeldolgozás remény-

beli kulcsszereplői. A Keszthelyi Lajos által kidolgozott orientálás ezen optikai (pl. holográfiai) alkalmazások szempontjából is nagyon sok előnyös tulajdonsággal rendelkezik. Jelenleg is intenzív kutatások folynak az Intézetben ebben témakörben.

Keszthelyi Lajos 1975-ben lett az Intézet igazgatója, egészen 1994-ig töltötte be ezt a posztot. Az alig pár évvel korábban alapított Intézet arculatának kialakulása tulajdonképpen igazgatóságának idejére esik. 1989-től öt éven át egyidejűleg főigazgatóként irányította az egész SZBK-t.

A biofizika közismerten interdiszciplináris tudomány, az alkotó tudományágak súlya nagyban függ művelői tudományos habitásától. Keszthelyi Lajos jellegzetes megtestesítője a kísérleti fizikus mentalitású biofizikusnak. Megmutatkozik ez gondolkodásmódjában, a témák kiválasztásában, tárgyalásában, még ab-

ban is, hogyan alakította az SZBK Biofizikai Intézetének tematikáját, kutatói gárdáját. Jelenleg is aktív résztvevője az Intézet életének. Saját kutatási témát vezet, és rendszeresen konzultál valamennyi más területen dolgozó kutatóval, akik tanácsait mindig nagyra értékelik. Az intézeti szemináriumokon most is lenyűgözi kollégáit a témák gyors átlátásával, a problémák azonnali feltárásával, előre mutató javaslataival. Tanítványai igyekeztek és azóta is igyekeznek eltanulni egyedülálló kutatói tulajdonságait, a nagy szakmai tudáson, kiváló kísérleti készségen és munkabíráson túl széles műveltségét, eredetiségét, ötletességét, különleges fogékonyságát az új dolgok iránt.

Születésnapja alkalmából, valamennyi tisztelője nevében is, további jó egészséget és eredményes munkát kívánunk a 80 éves Keszthelyi Lajosnak.

Ormos Pál, Szőkefalvi-Nagy Zoltán

FERENCZI DÍJ, 2006

A Ferenczi György Emlékalapítvány Kuratóriuma a beérkezett pályázatok közül a 2006. évi Ferenczi György Díjat sorrend megjelölése nélkül *Osváth Zoltánnak* és *Radnóczi György Zoltánnak* ítélte oda. A Díj igazoló oklevelét, a kitüntetettek nevét mutató

Ferenczi György emlékplakettet és a Díjjal együtt járó 75-75 ezer forint pénzjutalmat 2006. október 20-án a Csodák Palotájában rendezett ünnepségen adták át. Az alábbiakban a két kitüntetett pályamű összefoglalását adjuk közre.

Szén nanocső ponthibák alagútmikroszkópos megfigyelése

Osváth Zoltán
MTA MFA, Nanoszerkezetek Osztály

Felfedezésük után a szén nanocsövek kutatása az egyik erőteljesen virágzó kutatási területté vált. Fizikusok, vegyészek és az anyagtudomány művelői egyaránt nagy figyelemmel fordultak az elmúlt évtizedben e parányi objektumok világa felé. Mindez azért történt, mert a szén nanocsövek egyedi és igen különleges vezetési és mechanikai tulajdonságokkal rendelkeznek. Különleges tulajdonságaik miatt a szén nanocsövek rengeteg területen nyerhetnek alkalmazást, mint például a nanoelektronikában, kompozit anyagok készítésében (úgy elektromos, mint mechanikai tulajdonságok javítására), vagy sík képernyők, tér-emissziós lámpák gyártásában (e termékek ipari termelése a küszöbön áll).

Az egyfalú szén nanocső úgy modellezhető, mint egyetlen grafit síkból (grafén) feltekert, henger alakú objektum, melynek tulajdonságai függenek a feltekerés módjától [1]. A többfalú szén nanocsövek olyan egymásba koncentrikusan helyezett egyfalú csövekkel modellezhetőek, amelyekben a szomszédos hengeralakúak közötti távolság $0,34$ nm körül van. E modellek tökéletes hengerszerkezetekként kezelik a szén nanocsöveket. A valóságban azonban már az előállítás során hibák épülnek be a nanocsőszerkezetbe [2],

amelyek befolyásolják mind a mechanikai, mind a vezetési tulajdonságokat. A szerkezeti hibák jelenléte nagyon fontos például a szén nanocső alapú térvezérlésű tranzisztorok (CNT-FET) működésénél. A katalitikus CVD-módszerrel előállított nanocsövek általában görbültek, ami a szerkezeti hibákkal van összefüggésben. Ezzel szemben az elektromos ívkisüléssel előállított szén nanocsövek általában egyenesek, jól grafitizáltak, azaz kevesebb szerkezeti hibát tartalmaznak.

Szerkezeti hibák utólagos beavatkozással is létrehozhatók a nanocsövekben, mint például kémiai kezeléssel vagy besugárással. Ebben a munkában ívkisüléses módszerrel előállított többfalú szén nanocsöveket sugároztunk be 30 keV-os Ar^+ ionokkal, a Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Kutatóintézet (MFA) egyik ionimplantációs berendezésével. Ezen az energián az ionok még főleg az atommagokkal való rugalmas ütközések során veszítik el energiájukat, így feltételeztük, hogy a besugárzás hatására sok ponthiba (vakancia, intersticiális atom) keletkezik a nanocsövek szerkezetében. A besugáráshoz kis, $D = 5 \cdot 10^{11}$ ion/cm² dózist alkalmaztunk azért, hogy egyedi, egymástól jól elkülöníthető ponthibákat hozzunk létre, amelyeket vizsgálni tudunk egy arra alkalmas eszköz-