

Interjú

KIS GYORSÍTÓK, NAGY EREDMÉNYEK DEBRECENBEN HATVANÉVES AZ ATOMKI

Hatvanadik „születésnapját” ünnepelte az Atomki, az MTA debreceni Atommagkutató Intézete. 1954-ben alapították, abban az évben, amikor megalapították a CERN-t, az Európai Atommagkutató Központot is. Munkásságával az intézet folyamatosan a tudományos élet élvonalához tartozott, *Nature*- és *Science*-cikkek, de találmányok, műszerek is születtek munkatársainak keze alatt. Kutatói részt vettek a Higgs- bozon kimutatására szolgáló berendezés kifejlesztésében. Olyan neves tudósok látogattak ide – hogy csak néhányat

említsünk –, mint Wigner Jenő vagy Gábor Dénes. Itt helyezték üzembe az ország első PET-készülékét, és közös tanszékük is van a Debreceni Egyetemmel. Ipari kapcsolataik is kitejedtek, neves cégekkel dolgoznak együtt gyakorlati problémák megoldásán. Munkájukkal számos tudományterülethez kapcsolódnak, az egészségügytől a régészeten át a környezetvédelemig. Korábbi igazgatójával, Lovas Rezsővel beszélgetett Egyed László az intézet történetéről, a tudományban betöltött szerepéről, és a gyakorlattal való kapcsolatáról is.

Egyed László: *Igazából az intézet már történetének a kezdetén is „tudománytörténetet írt”, amikor Csikai Gyulának és Szalay Sándornak sikerült kimutatni egy béta-bomlási reakcióban, hogy ennek során keletkezett egy nem észlelt harmadik részecske is. Ez volt a neutrínó egyik első gyakorlati észlelése, ami hozzájárult a modern fizika megalapozásához. (Az épületet, amelyben ezt a kísérletet végezték, az Európai Fizikai Társaság történelmi emlékhelynek nyilvánította.)*

Lovas Rezső: Így van, az impulzusmegmaradás törvénye sérült látszólag a kísérlet során.

Elegáns kísérlet volt, az ember nem is gondolná, hogy milyen bonyolult volt a megvalósítása, és meglehetősen egyszerű körülmények között végezték. Csikai Gyula oldotta meg a gyakorlati részleteket, de maga az alapötlet is ragyogó volt. Jó lett volna, ha ezt a kísérletet néhány évvel korábban tudják elvégezni.

Ha jól tudom, összesen egy fél évvel maradtak le az első sikeres ilyen kísérlet mögött.

Igen, de Szalay Sándor már a negyvenes évek végén szorgalmazta ennek a kísérletnek az elvégzését. Akkor mérték meg a ⁴He felezési idejét vagy valamilyen lényeges paraméterét,

és erről Szalaynak azonnal eszébe jutott, hogy ez egy könnyű mag, könnyű rajta a visszalökődést kimutatni, ráadásul a felezési ideje elég rövid ahhoz, hogy a kísérletet sokszor meg lehessen ismételni, és feltehetőleg sikerül úgy előállítani, hogy sorozatban lehessen az egyes atommagok bomlását észlelni. Ehhez viszont apró, de nagyon bonyolult dolgokat meg kellett oldani, és ők ezeket megoldották.

Egyébként az Atomki a CERN-nel egy időben született. Ezt hogyan sikerült azokban az időkben elérni?

Természetesen én akkor nem voltam ennek résztvevője, csak másodkézből tudok beszámolni róla. Az általános meggyőződés, hogy ez Szalay uránkutatásban elért eredményeinek volt köszönhető.

Mert hogy Szalay Sándor uránérc után kutatott?

Igen. Bár mielőtt az uránércet megtalálták volna, átvették tőle a kutatást, de mindenesetre az ő nyomán haladva és az ő eredményeit felhasználva találták meg a mecseki uránércet. Ez szerintem hatalmas tekintélyt adott neki. Akkoriban az volt a feltételezés, hogy a szenek közelében nincs értelme urán után kutatni. Ő ennek az ellenkezőjét gondolta. Feltételezése szerint azok a humuszsavak, amelyek a szenek közelében keletkeznek a rothadás következtében, miközben a szén a fából képződik, azok kötik meg a radioaktív elemeket. Ebből viszont következik, hogy a humuszsavak bizonyára nem csak az uránt kötik meg, hanem sok más elemet is megkötnék, és Szalay arra a következtetésre jutott, hogy akkor itt a nyomelemekkel kapcsolatban anomáliák léphetnek fel. Ha a humuszsavak megkötik a nyomelemeket, akkor azokat az élő szervezetek nem tudják felvenni, ezért a

növényeknek és a növényeket legelő állatoknak ezeken a helyeken nyomelemhiányuk lesz. Ez volt az ő fő kutatási területe, amelyen egészen a hatvanas évek végéig dolgozott.

Ilyen korán átlépett az egészségügy területére?

Ez nem igazán az egészségügy területe, mindvégig fizikusként, vagy mondhatjuk geokémikusként kutatott, mert az is a fizika egyik ága, legalábbis ő úgy tekintette. Ahogyan a radiokémia is mindannyian a fizikához soroljuk. Ő egyébként sokszor elmondta, hogy a tudományok között nincsen határ. Szalaynak nagyon sokoldalú, széles körű műveltsége volt, és mindenhez empirikus módon közelített. Ez az empirikus közelítésmódja egy nagyon erős mérés technikai hajlammal párosulva nagyon eredményes tudott lenni.

Tulajdonképpen ezt a szellemiséget viszi tovább az Atomki, amikor a legkülönbözőbb dolgokkal foglalkozik, a környezetvédelemmel, az egészségüggyel, az anyagtechnológiával, nanotechnológiával.

A környezetvédelemben is az egyik lényeges területet jelentik jelenleg is a szén-14-en alapuló vizsgálatok.

... a kormeghatározás?

Nem csak. A kormeghatározás nem *par excellence* környezetvédelmi kérdés, de szén-14 keletkezik egyebek között a reaktorok kibocsátásaként is, ez mellesleg meg is zavarja a kormeghatározást. Ugyanakkor azok az eljárások, amelyeket kormeghatározásra kifejlesztettek, nagyon alkalmasak arra, hogy a környezet radioaktív szennyezését nagyon finoman vizsgálják. A szén-14-meghatározás eredetileg egy proporcionális számlálón alapuló mérési módszer volt, manapság viszont főként gyorsító tömegspektrometriával végzik.

Ennek elsősorban az az előnye, hogy sokkal kisebb anyagmennyiségekkel és sokkal gyorsabban lehet ezeket a méréseket elvégezni. Egy ilyen tömegspektrométeres szén-14-es vizsgálóberendezés is van már az intézetben mintegy három éve.

Egyébként az Atomki működése kezdetén építettek a munkatársak gyorsítót, két Van de Graaff-generátort, és azóta is számos különböző gyorsítóberendezést helyeztek itt üzembe, viszont ezeknek az energiája nagyon kicsi ahhoz képest, amit a világ számos nagy kutatóközpontjában használnak. Azon gondolkoztam, hogy lehet-e ennek ellenére ezekkel olyan tudományos eredményeket elérni, amelyek világszínvonalúak?

Nagyon is. Elsősorban az atomfizikai, atomi ütközések, ionizációk és elektron-atom ütközések azok, amelyek ezekkel jól vizsgálhatók. Az utóbbi évtizedben azonban a nukleáris asztrofizikai vizsgálatok is felfutottak, főleg mióta Fülöp Zsolt vezeti ezeket a munkákat. Az elemeket előállító és csillagokban energiát termelő folyamatok mind jellegzetesen kis energián mennek végbe. Az az érdekes, hogy a világban ahelyett, hogy az atomi ütközéseket vizsgálták volna, először az atommagok ütközéseit vizsgálták. Ezt elég nehéz utólag megérteni, de véleményem szerint azért volt ez így, mert sokkal komolyabb változások mennek végbe, ha két atommag ütközik egymással. Az atomok ütköztetésénél az atommagot nem csupaszítják le az ütközés előtt, legfeljebb ionizálják, vagyis tipikusan egy-két elektronja hiányzik a „lövedéknek”, hogy gyorsítani lehessen. Ennek során is vannak speciális reakciók, amelyek sok szempontból hasonlítanak, más szempontból különböznek az atommagok ütközésétől. Viszont ezeket az ütközéseket olyan energiatartományban

érdemes vizsgálni, amelyek az atomi kötésekhez nagyjából úgy viszonyulnak, mint a nagy gyorsítók energiái az atommagokéhoz. Az atomi ütközéseket a sokáig Berényi Dénes vezette csoport végzi, amelynek Pálinkás József is tagja.

Tehát lényegesen alacsonyabb energiákkal kell itt dolgozni?

Igen. Dubnában, az Egyesített Atommagkutató Intézetben viszonylag nagy energián próbálták az ionokat ütköztetni, és az eredmény ahhoz képest, hogy mekkora energiát fektettek bele, nem volt olyan jelentős. Az itthoni kis gyorsítókkal érdekesebb fizikai folyamatokat lehetett vizsgálni és megérteni, mint azzal a naggyal. A kis gyorsítókkal végzett kísérletekből egyébként egy sor igen jelentős cikk született. A kis gyorsítók másik előnye, hogy gyorsítós analitikai vizsgálatokra sokkal alkalmasabbak, mint minden más. Viszont a fő gyorsítóink, a Van de Graaff-generátorok 1970 körülről származnak, és bizony nagyon megöregedtek, és közben hatalmasat fejlődött az elektronika és a számítástechnika is, úgyhogy az ion-atom ütközések, nukleáris asztrofizikai problémák vizsgálatához, valamint a gyorsítós kémiai analitikának a műveléséhez szükség volt egy új gyorsítóra.

Ez a tandetron?

A tandetron, amelynek az installálása egy kicsit elhúzódik, egyszerűen azért, mert nem volt annyi pénze az intézetnek, hogy egyszerűen megvegye a teljes berendezést.

Mit remél ettől az új készüléktől az intézet?

A legjelentősebb dolog, ami kijöhet belőle, az a nanonyaláb. A nagy Van de Graaff-on van egy mikroszonda, amelyik mikrométer átmérőjű nyalábot produkál, és ennek a segítségével

vel a céltárgyak felületét le lehet pontosan tapogatni, a felületet 10×10 mikrométeres vagy még kisebb részenként lehet elemezni. Az új berendezéssel ennél mintegy két-három nagyságrenddel kisebb oldalhosszúságú négyzetként is lehetne ezt az elemzést végezni.

Egyébként meglepő módon itt, az intézetben helyezték üzembe az első magyarországi PET-készüléket. Ez egy orvosi készülék, és nyilván nem véletlenül került ide.¹

Természetesen nem. Elsősorban azért, mert itt volt (és van is) egy ciklotron, itt lehetett előállítani a pozitronokat emittáló izotópot. És amikor azt előállították, akkor ide kellett tenni azt a kémiai kamrát, amelyikben a megfelelő radiofarmakont, tehát megfelelő vegyületet állították elő, amelyik sugárzó izotóppal ilyen formán meg volt jelölve.

Emiatt idejártak az orvosok és a betegek?

Igen, idejártak. És ez az ő-s-PET itt van még mindig az intézetben, de vizsgálatokra már nem nagyon használják, mert nem elég jó a felbontása (persze annak idején jó volt). Ezzel

* A PET speciális orvosi képalkotó eljárás, a *pozitron-emissziós tomográfia* kifejezés rövidítése. Lényege, hogy a beteg szervezetébe, a vizsgálni kívánt szervbe vagy szövetbe olyan radioaktív izotóppal megjelölt anyagot juttatnak, melynek a bomlása során pozitronok keletkeznek. Ennek segítségével nyomon lehet követni ennek az anyagnak a eloszlását, illetve az eloszlás változását a kívánt helyen. Ezen módon nem az anatómiai viszonyokat jelenítik meg, hanem az élettani folyamatokat. Az eljárás nehézsége, hogy a sugárterhelés csökkentése érdekében rövid felezési idejű izotópokat használnak, amelyek gyorsan elbomlanak. Emiatt nincs idő a szállításra, a jelölő izotópot a helyszínen kell előállítani, ehhez pedig egy gyorsítóra van szükség, erre általában kisebb energiájú ciklotront használnak. Nemrég Debrecenben helyeztek üzembe egy PET-centrumot, és itt is telepítettek ciklotront erre a célra.

szemben tanítási célra nagyon is alkalmas, egyetemisták, orvosok és különféle természet-tudományi szakra járó hallgatók számára molekuláris képalkotás címmel tartanak itt speciális előadásokat, és ezzel a készülékkel gyakorlatoznak.

Egyébként most van az intézetben egy olyan PET, amellyel kisállatokat lehet vizsgálni.

Miközben ezt a régi PET-et szelídítették és babusgatták az itteni elektronikusok, aközben kitanulták a PET konstruálásának módszereit. A kisállat-PET elsősorban a gyógyszerkutatásban nagy jelentőségű, és ennek érdekében, összefogva a Mediso nevű céggel, nem is egy, hanem több prototípust is kifejlesztettek. Azóta már az együttműködés tovább szélesedett, európai dimenziókat vett föl, és olyan készüléket is fejlesztettek már, amelyikben kombinálva van a PET és az MRI. Ilyen készülékekkel komplex élettani folyamatokat, gyógyszerhatásokat tudnak embereken és állatokon vizsgálni, ráadásul nem invazív módon.

Szó volt itt a „születésnap” előadások során kopásvizsgálatokról is.

Autóipari cégek és fejlesztő laboratóriumok számára van ezekre szükség, ezekkel dolgozunk együtt. A mintákat, azokat az alkatrészeket, amelyek kopnak, jól kontrollált módon ciklotronnal kell besugározni, utána ezt az alkatrészt beszerelik a helyére, és megvizsgálják, hogy egy bizonyos számú fordulat megtétele után milyen mértékben kopott le, vagyis a felület aktivitása mennyire csökkent.

Gondolom, ez egy érzékeny módszer.

Igen. Emellett természetesen teljesen veszélytelen módszer, bár tudjuk, hogy az emberek tartanak mindentől, ami sugároz.

Ha már ez került szóba, mi a helyzet a környezetvédelemmel, gondolom ezzel kapcsolatban is vannak munkáik?

Elsősorban a Paksi Atomerőművel és a Nukleáris Hulladékokat Kezelő Részvénytársasággal vagyunk kapcsolatban. Pakson és Paks környékén vizsgáljuk a talajvíz radioaktivitását, valamint a szellőzőkéményeken távozó gázok radioaktivitását. A lerakóknál pedig a hordóba vagy betondobozba zárt hulladékoknál vizsgáljuk a csomagolás hermetikusságát, és időnként egyet-egyét megfúrunk és megvizsgáljuk, hogyan változik az aktivitása.

Emellett régóta mérik itt az intézetben a lebulló csapadék radioaktivitását is. Amivel például szépen nyomon lehetett követni a kísérleti atomrobbantások alakulását.

Ezeket a méréseket a kilencvenes évek elején abbahagyták. Annak idején ezeket a méréseket Szalayné Csongor Éva, Szalay Sándor felesége kezdte el. Az a munkatársunk, aki ezt átvette tőle, úgy döntött, hogy erre ma már nincsen szükség. Csernobil után még a *Nature*-ben közöltek egy cikket erről, mert annyira érdekes volt az eset tanulsága. De Fukushima már ilyen szempontból érdektelen volt, nemcsak azért, mert nem volt olyan jelentős az ehhez kapcsolódó radioaktív szennyeződés Debrecenben, hanem azért is, mert nem volt olyan gazdag háttéranyag, amivel ez összehasonlítható lett volna.

Beszéljünk az intézetnek az oktatásban való részvételéről. Van egy közös tanszékük a Debreceni Egyetemmel. Itt az intézet munkatársai is oktatnak?

Igen. Először Koltay Ede volt a tanszékvezető, majd Kiss Árpád és Csige István következett, és a tanszék munkája összekapcsolódott

a Van de Graaff-gyorsítósok munkájával, akik aeroszolszennyezéseket vizsgálnak az említett mikroszonda segítségével: honnan származnak a levegő aeroszol szennyeződései, milyen méretűek, mi a szennyezők összetétele. Azok a fizikusok, radiokémikusok, akik ebben a munkában részt vesznek, alkotják nagyrészt a tanszékét, a tanszék munkatársainak másik része az egyetemről került át ide. Bár jogilag az egyetem alkalmazottai, de itt, az intézetben van a tanszék, az egyik épületet átrendeztük, mondhatnám átépítettük, a kaszkádgyorsító épületében alakítottunk ki egy új emeletet, ott vannak azok a laboratóriumok, ahova a környezetfizikát tanulmányozó diákok járnak.

Ahogy erről beszélünk, itt a sok kis gyorsítón is fontos eredmények születnek, de azért előfordul, hogy ezek teljesítménye nem elegendő, és akkor a kutatók elmennek mondjuk a CERN-be (Organisation Européenne pour la Recherche Nucléaire), vagy elmentek korábban Dubnába, Szerpuhovba. Például a Higgs-bozon felfedezésénél is ott voltak az intézet munkatársai.

Az LHC-nél (*Large Hadron Collider*) a legfontosabb munkájuk az volt, hogy a CMS (*Compact Muon Solenoid*) nevű detektor optikai kontrolláló rendszerét, amelyik több tucatnyi számítógépből, és egy csomó lézerforrásból és detektorból áll, megtervezték. Erre azért van szükség, mert a CMS óriási tömegű, és már gravitációs okokból is deformálódik. De amikor bekapcsolják a mágneses teret, akkor még inkább torzul. Ezért elmozdulnak egymáshoz képest a detektorok, és előfordulhat, hogy nem lesz koncentrikus a nyaláb, nem a megfelelő tengelyben megy, és hasonlók. Ezeket, és azt, ahogyan az energia és a detektorra kapcsolt tér változik, nyomon kell követnie és korrigálnia kell a rendszernek, és

ezt a rendszert csinálták itt az intézetben, valamint a Kísérleti Fizikai Tanszéken.

Ez nagyon fontos része volt a kísérletnek.

Valóban, és olyasmi, ami nem ér véget azzal, hogy beállították, hanem állandóan finomítani kell, ellenőrizni, hogy jól működik-e még. Ezért egy munkatársunk „ki van telepítve” oda. És mindig van még néhány munkatársunk, aki ott van a CERN-ben, és a kísérleteken dolgozik. De nem csak a CERN van nekünk, mert az mégiscsak részecskefizika, és a részecskefizika az intézetben viszonylag új „divat”, a kilencvenes évektől futott fel. Ezzel szemben a hagyományos magfizika, a nehézion-fizika radioaktív nyalábos ága áll legközelebb az intézet magfizikusaihoz, és ennek a tudománynak a fellegvárai a darmstadti GSI (*GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung GmbH*), Európában még Caenban a GANIL (*Grand Accélérateur National d'Ions Lourds*), és a Tokió melletti RIKEN Intézet (*Institute of Physical and Chemical Research*). Ezekkel vannak a legintenzívebb kapcsolataink, kutatócsoportjaink évente két-három alkalommal elmennek ezekre a helyekre, részt vesznek a kísérletekben, és hazahozzák a kiértékelnivalót, lényegében a kutatómunkájukat ezeken a gyorsítókon végzik.

És születnek a Nature-cikkek?

Többes számban azért elég nehéz beszélni, de születnek néha ilyenek is.

Beszélnék még az elméleti fizikáról?

Szívesen, én is elméleti fizikus vagyok. A matematikai fizikai ág olyan, hogy valamiféle

leírási módoknak kitaláljuk a metodikáját és azt megpróbáljuk tesztelni, és ezek vagy jól működnek, vagy kevésbé jól. A konkrét magokra végzett számításoknál egyfelől a megszerkezeti számítások az érdekesek. Itt a legfontosabbak a nukleoncsomó vagy más néven klaszter modellek, amelyeken többen dolgoztunk, dolgozunk, ezeknek az eredményeit kell összevetni a kísérleti magspektroszkópiai eredményekkel, ennek érdekében tehát konkrét számításokat is végzünk. Emellett vannak a magreakció-számítások, amelyek lényegében az egyes reakciók hatásrésztmetszetének megjósolását jelentik, amit szembesíteni lehet a kísérletekkel. De ezen kívül általánosabb kvantummechanikai dolgokkal is foglalkozunk, egyrészt az egzaktul megoldható kvantummechanikai problémák új családjait tanulmányozzuk, másrészt viszont a logikai műveleteket a kvantumszámítógépek számára kidolgozó munkákba csatlakoztunk be. Az Einstein–Podolski–Rosen (EPR) paradoxon szerint ha van egy részecskepár, amelynek tagjai eltávolodnak egymástól, és az egyik tagján végeznek valamilyen manipulációt, akkor az befolyásolja a másik tag mérhető tulajdonságait, akármilyen messzire is került egymástól a két részecske. Ez a kvantum-összefonódottság. Ez lehetővé teszi például titkos üzenetek küldését, vagy a kvantum-teleportálást és hasonlókat; két munkatársunk dolgozik ilyen típusú vizsgálatokon.

Kulcsszavak: *Atomki, atomi ütközések, gyorsító, neutrínó, nanotudomány, ciklotron, tandem*