

használt eszközrendszerbe. Ennek köszönhetően a KFKI Részecske- és Magfizikai Kutatóintézet kutatói eredményesen vesznek részt a nemzetközi tudományos és műszaki együttműködésének ezen a területén is. Jól emlékszem, hogy Pál Lénárd az Akadémia főtitkáráként a leg határozottabban támogatta a KFKI kutatóinak bekapcsolódását az amerikai űrkutatási programba is.

A KFKI-nak nagy szerepe volt a magyar fizika, a magyar tudomány nemzetközi elismertségében. Az erre utaló tényeket hosszan lehetne sorolni. Nagy szerepet játszott ebben Pál Lénárd nemzetközi ismertsége, elismertsége, nyitottsága és – képessége arra, hogy ennek fontosságát megértesse az Akadémián kívül is. A KFKI kutatóinak nemzetközi elismertsége már a 60-as, 70-es években kiemelkedő volt. *Marx György* mondotta 1975-ben a KFKI megalakulásának 25 éves évfordulója alkalmából: „...a magyar fizikustársadalom jelentős szerepet vívott ki a nemzetközi tudományos életben”. És: „A magyar tudomány nagykorúvá érett. Ebben a 30 éves fejlődésben kulcsszerepet játszott a Központi Fizikai Kutató Intézet.”

Ez a KFKI-től független, az adott alkalommal az MTESZ és az Eötvös Loránd Fizikai Társulat nevében felszólaló tudós által adott jellemzés egyértelműen és máig érvényesen meghatározza a KFKI helyét hazánkban és a nemzetközi tudományos életben. Érvényességét és igazságát az azóta eltelt három évtized ítélete, a KFKI-ból jött tudósokat a világ nagy intézeteiben fogadó nyitott ajtók tanúsítják, vagy az EU értékelése, amely a KFKI intézeteit kiválóan minősítette. Pál Lénárd szerepe mindebben elvitathatatlan. Gondolom, nem is vitatja senki, aki mindezt ismeri.

Lénárd egy napra sem függesztette fel a tudományos munkát: most is dolgozik. Illő ebből az alkalomból idézni *Kapicát*, a világszerte ismert orosz fizikust: „Az hiszem – és élettapasztalatom is erre mutat –, hogy munkájukkal az alkotó emberek elégedettek. Tudjuk, hogy ezek az emberek általában nem különböztetik meg a munkaidejüket szabadidejüktől. Ezek az emberek tevékenységükben élnek, munkájukban látják életük lényegét.”

Tétényi Pál

MTA Izotópkutató Intézet

MINDIG IZGATOTT A »MIÉRT?« KÉRDÉSE

Jéki László beszélgetése Pál Lénárd akadémikussal

– *Mikor, mivel, hogyan kezdődött a természettudomány iránti érdeklődésed?*

– Az égés foglalkoztatott először. A gyertyagyújtás, a tűzrakás mindennapjainkhoz tartozott gyerekkoromban. Első kísérletemben a gyertya égésekor fejlődő gázokat veztettem el, majd meggyújtottam. A sikeres kísérlet igazi nagy örömet, boldogságot okozott. A IV. osztály végén, 1939-ben kaptam a polgári iskolában év végi jutalmul *Faraday A gyertya természetrajza* című, az ifjúság számára írt könyvét. Remek könyv, az Athenaeum adta ki 1921-ben, érdemes lenne újra kiadni. Érdekeltek a robbanóanyagok is, már 12 éves koromban sikeresen gyártottam puskaport.

Nagyon megszerettem a kémiát, a kísérletezés örömet okozott. Kémiai ismereteimet *Grób Gyula Általános kémia* kötetéből igyekeztem bővíteni. A kísérletezés közben mindig izgatott a „miért?” kérdése, ez vezetett el ahhoz a felismeréshez, hogy matematikát és fizikát kell tanulnom a kémiai reakciók megértéséhez. A természettudományok iránti belső vonzódásomat tanárain is felismerték. Békéscsabán a felső kereskedelmi iskolában *Kircsi István*, a kereskedelmi számtantanára – akinek nem lehetek eléggé hálás – adta kezembe *Beke Manó Bevezetés a differenciál- és integrálszámításba* című könyvét. Ajánlására olvastam a *Sammlung Göschens* sorozat *Höbere Analysis* kötetét, középiskolás koromban már tanulmányozni kezdtem *Ortway Rudolf* kvantummechanika-jegyzetét is.

– *1943-ban érettségiztél, tanárképzős hallgató lettél a Műegyetemen, majd 1945-től a Pázmány Péter Tudo-*

mányegyetemen tanultál, 1949-ben kaptad meg vegyészdiplomádat. Hol kezdtél dolgozni, mi volt az első kutatási témád?

– A Tudományegyetemen lettem tanársegéd a Gyakorlati Fizikai Intézetben. Az állapotváltozások fizikájával kezdtem foglalkozni, az olvadás és a fagyás folyamatai érdekelték.

– *Rövidesen az életedben is alapos „állapotváltozás” következett be.*

– Az 1940-es évek végén zajlott a Központi Fizikai Kutató Intézet (KFKI) létrehozásának az előkészítése. Készültek a tudományos tervek, és munkatársakat toboroztak, engem is hívtak az új intézetbe. Az intézet 1950 szeptemberében alakult meg, de én akkor már Moszkvában voltam aspiráns. A KFKI tervezett programjában fontos helyen szerepelt részecskegyorsító berendezés építése, és engem azért küldtek Moszkvába, hogy a gyorsítók fizikáját tanulmányozzam. Ott azonban kiderült, hogy ez titkos területnek számít, külföldi nem foglalkozhat vele. Elméleti magfizikát tanulhattam volna, de felajánlották a ferromágneses kutatások lehetőségét is. Akadémiai jóváhagyással a mágnességet választottam. Ez egy újabb nagy változás volt az életemben.

Egykristályos anyagban könnyen megfigyelhető, hogy a mágnességhetőség függ attól, hogyan áll a mágneses tér iránya a kristálytani tengelyekhez képest. Polikristályos anyagokban általában véletlenszerű a kristályszemcsék eloszlása. Mérési módszert dolgoztam ki, melynek révén nagy pontossággal volt meghatározható a mágneses telítettséghez közeli állapotú anyag mágne-



Van de Graaff részecskegyorsító (1971)

ses szuszceptibilitása. Kobaltmintákat vizsgáltam, és sikerült felderítenem a kobalt szaturációs szuszceptibilitásának hőmérsékletfüggésében jelentkező anomália okát. A jelenség elméleti megalapozását is megadtam. Ez volt a kandidátusi disszertációm.

– *Itthon, a KFKI-ban is folytattad ezt a témát?*

– 1953-ban jöttem haza, és azonnal megbíztak a Ferromágneses (későbbi nevén Mágneses) Osztály megszervezésével és vezetésével a KFKI-ban. Az MTA Műszaki Osztálya is támogatta a mágneses kutatások megindítását. A Moszkvában végzett kísérleteket itthon sikeresen megismételtük. Ezután a vas–alumínium rendszert kezdtük tanulmányozni. Arra voltunk kíváncsiak, hogy az atomi rendezettség hogyan befolyásolja a mágneses tulajdonságokat. Ismert volt, hogy ez az anyag kettős „Curie-ponttal” rendelkezik: melegítés hatására mágnessége csökken, majd újra nő. Alapos vizsgálatokat végeztünk, a folyamat időfüggését is meghatároztuk, és sikerült megismernünk a változások okait. Kellemes emlék életemben az az előadásom, amelyet ezekről a kérdésekről Schenectadyben, a General Electric központi laboratóriumában J. Kowal professzor meghívására tartottam.

Az ötvenes évek közepén a Távközlési Kutatóintézet-től kaptunk egy érdekes feladatot. Azt kérték, hogy mérjük meg ferritmintáink mágneses permeabilitásának frekvenciafüggését a mikrohullámú tartományban. A probléma tanulmányozása messzire, a mágneses tartományokat határoló doménfalak mozgásának leírásához, a doménfal-dinamika elméletéhez vezetett.

Munkatársaimmal együtt nagy érdeklődéssel tanulmányoztam a vas–ródiium ötvözetet, amely szobahőmérsékleten antiferromágneses, majd melegítésre ferromágnessé válik. Az atomok közötti távolságtól függő kicserélődési kölcsönhatás előjelváltásával magyarázható az átalakulás, amelynek *Ch. Kittel* által felvázolt elméletét sikerült jelentősen továbbfejlesztenem. Fiatal éveim szép emléke, hogy *L. Bates*, a mágneses kutatások akkori egyik „nagy öregje” felkért, hogy tartsak előadást vas–ródiium kutatásainkról a Nottinghamban rendezett nemzetközi mágneses konferencián.

Sokat idézik azokat az eredményeinket is, amelyeket a mangánalapú ötvözetek mágneses szerkezeteinek felderítésében értünk el. Megemlítem, hogy az antiferromágneses mangán–nikkel ötvözet tulajdonságait tanulmányozva megmutattuk, hogy rézatomok bevitelével és megfelelő hőkezeléssel egytengelyű gyenge ferromágnesség hozható létre. Az idézetekből úgy látszik, hogy a probléma mostanában ismét időszerűvé vált a nanomágneses rétegszerkezetek kutatásában.

Nem folytatom a felsorolást, csupán megjegyzem, hogy mágneses kutatásaimban engem mindig a változások, a struktúrák közötti kapcsolatok természetének megismerése érdekelt.

– *Alig egy éve dolgoztatok még csak a mágneses vizsgálatokon, amikor újabb nagy feladatot kaptál és vállaltál. 1955-ben a kormány döntött: kísérleti atomreaktor épül a KFKI-ban. Az Országos Atomenergia Bizottság Téged bízott meg a tudományos és szervezeti kérdések összefogásával, javaslatok kidolgozásával. A reaktor 1959-re elkészült; kezdeményezésedre a KFKI-ban új tudományos irányok művelése kezdődött meg. Egyéni kutatói érdeklődésedet, témaválasztásodat hogyan befolyásolta az atomreaktor megjelenése?*

– Tudtam, hogy a semleges, ugyanakkor mágneses momentummal bíró neutronok remek lehetőséget kínálnak a mágneses anyagok vizsgálatára. Neutron-diffraktómétert építettünk, és vizsgáltuk különböző ötvözetek mágneses szerkezetét és fázisátalakulásait. Több új szerkezetet és átalakulási mechanizmust sikerült felismernünk. Azt is tudtam, hogy termikus neutronok rugalmatlan szórásának segítségével tanulmányozhatjuk a szilárdtestek elemi ger-

Rudolf Mössbauer és Mezei Ferenc (1985)



jesztéseit (a fononokat, magnonokat). Hozzákezdünk egy „korrelációs neutronspektrométer” fejlesztéséhez; a beeső neutronnyaláb pszeudovéletlen modulációjára érdekes módszert dolgoztunk ki. A kutatásokba bekapcsolódó *Mezei Ferenc* azonban felismerte, hogy a lassú neutron energiájának mérésére sokkal célszerűbb mágneses momentumuk precesszióját felhasználni, s ezzel megalapozta a nevéhez fűződő „neutronspin-echo” módszert.

Miután kérdésed az atomreaktor megjelenésének tudományos érdeklődésemre gyakorolt hatására vonatkozott, szólnom kell a legfontosabbról. Már a reaktor üzembe helyezése előtt foglalkoztatott az a kérdés, hogy a neutronláncreakció sztochasztikus természetének milyen következményei lehetnek. Elárulhatom, hogy az az eredményem, amelyre a „legbűszkébb” vagyok, az ezzel a problémával kapcsolatos. Az általam levezetett egyenlet, később a Pál–Bell-egyenlet nevet kapta, ma is így idézik.

– *Felidézned a megszületését?*

– A reaktorban a neutronok számának változásaiban bizonyos esetekben fontos szerepet játszik a véletlen. A véletlenen múlik, melyik neutron idéz elő hasadást, hány neutron keletkezik a hasadásban, melyik fogódik be, melyik szökik meg stb. Az ingadozásokra 1946-ban *Feynman* vezetett le egy elemi megfontolásokra épülő formulát, de 1957-ben még hiányzott a neutronláncreakció tér- és energiafüggő változatának egzakt sztochasztikus elmélete. 1957 nyarán, egy balatoni kertben jöttem rá, hogy a folyamatot egy adott időpontban akkor kezelhetem egyszerűen, ha visszamegyek a kezdő pillanathoz, és megvizsgálom egy „indító” neutron sorsának lehetséges kimeneteleit. Tulajdonképpen a sztochasztikus folyamatok elméletében jól ismert, úgynevezett „hátrahaladó” egyenletet vezettem le a neutronláncreakcióra. Az egyenletet 1958-ban a *Nuovo Ciment*ben publikáltam, s ugyancsak 1958-ban előadásban ismertettem az ENSZ II. *Békés atom* konferenciáján Genfben. Hamarosan kiadták kínai fordításban; későbbi, oroszul írt cikkeimet pedig gyorsan angolra fordították Harwellben.

– *Mi volt Bell szerepe? Együtt dolgoztatok, vagy Tőled függetlenül ugyanarra az eredményre jutott?*

– Egyik sem. G.I. Bell öt évvel később, 1963-ban az egyenlet generátorfüggvényes alakjának matematikai

Jéki Lászlóval a tokamak avatásán (1979)



Szatmáry Zoltán, Hetényi István pénzügyminiszter és Szabó Ferenc a ZR-6 előtt (1986)

tulajdonságait vizsgálta, s azóta idézik az 1958-ban publikált egyenletemet Pál–Bell-egyenlet néven. Bell egyébként csak a részecskeszám ingadozását vette figyelembe, a tér- és sebességfüggést nem vizsgálta.

A részecskegyorsítóval kombinált neutronforrások, a spallációs források kutatása láthatóan új aktualitást ad az elméletnek, megszorodtak a hivatkozások.

– *Az egyenlet sikeres megalkotásával lezártad magadban ezt a témát, vagy továbbra is foglalkoztatott a probléma?*

– Sohasem „zártam le” ezt a témát. A Pál–Bell-egyenlet az elágazó folyamatok elméletének egy szép alkalmazása. Az elágazó pont folyamatokkal kedvtelésből az eltelt évtizedekben állandóan foglalkoztam. A közelmúltban általánosítottam az egyenletet véletlenül változó sokszorozó közeg esetére. Tanulmányomat tavaly ősszel a Chalmers Egyetem adta ki. Nemrégén egy magyar nyelvű jegyzetben foglaltam össze az elágazó folyamatok fizikájának elméletében elért legfontosabb eredményeimet. A jegyzetet a KFKI Atomenergia Kutatóintézet az idén adta ki. A neutronláncreakció sztochasztikus elmélete alkalmazható más területeken: a kémiában, a biológiában, sőt a társadalomtudományokban is. Felmerült az a gondolat, hogy egy kedves, régi tanítványommal, aki most igen aktív és eredményes kutató, közösen elkészítjük egy monográfia kéziratát. Talán kiadót is találunk.

– *Mi foglalkoztat még mostanában?*

– Sok minden. Bizonyára tudod, hogy nagy és bonyolult rendszerek (repülőgépek, vegyi gyárak, atomerőművek stb.) működésének biztonságát gondos vizsgálatokkal ellenőrzik. A rendszerekben lejátszódó folyamatokat számítógépen szimulálják, és megfigyelik, hogy a rendszer biztonsága szempontjából fontos paraméterek (az ún. kimenő változók) különböző feltételek mellett mekkora értékeket vesznek fel. A bemenő változók ingadozásai (bizonytalanságai) miatt a kimenő változók is ingadoznak. Ha a szimulációk során a kimenő változók egy csoportja,

vagy akár csak egyetlen kimenő változó is kilép a technológiai megfontolások alapján meghatározott elfogadási sávból, akkor nyilvánvaló, hogy további alapos vizsgálatra van szükség. Érdekelt, hogy a matematikai statisztika milyen módszereket kínál a kimenő változók analizésére. Írtam egy összefoglaló házi dolgozatot a nagyrendszerek biztonságának matematikai statisztikai ellenőrzéséről, amelyből később több publikáció született.

Sok érdekes probléma van, amelyek tanulmányozásához jól használhatók a valószínűség-elmélet módszerei. Kellemes időtöltést jelentett számomra például az autokatalitikus folyamatok sztochasztikus modelljeinek vizsgálata. Eredményeimet az *arXiv:cond-mat*-ban publikáltam.

– *Tíz éve jelent meg A valószínűségi számítás és a statisztika alapjai című kétkötetes munkád az Akadémiai Kiadónál. A könyv sikert aratott, nem csak fizikusok forgatják. Sikeresen egyezettél össze két szempontot, a matematikai igényességet és a fizikusi szemléletmódot.*

– Örülök a könyv sikerének, egyetemi előadásaim tapasztalatai alapján írtam. Az azóta eltelt évtizedben változott az álláspontom a véletlen, a valószínűség megítélésében. Ma nagyobb jelentőséget tulajdonítok a szubjektív tényezőknél, mint régebben. Egy esemény nyilván azért véletlen számunkra, mert az eseményt előidéző „kísérletben” a meghatározó okok teljes halmazának mindig csak egy részhalmaza rögzíthető. Ha azonban a részhalmazra vonatkozó tudásunk változik, változnia kell a véletlenség mértékének, az esemény valószínűségének is. Nemi túlzással azt mondhatnám, hogy tudásunk állapotától „függ” az esemény valószínűsége.

Fontosnak tartom itt megjegyezni, hogy véleményem szerint a klasszikus mechanikában és az elektrodinamikában nincs véletlen, a fázistér dinamikájának szinte mindig lehetséges belső instabilitásait (a kaotikus mozgásokat) nem tekintem véletlennek. *Gibbs* és *Boltzmann* zsenialitására volt szükség, hogy megszülessen a klasszikus statisztikus mechanika, és ezzel mély értelmezést kapjon a termodinamika. A kvantummechanikában viszont a véletlen *esszenciális*, az elmélet immanens része; nélküle nem kaphatnánk a mi embereméretű világunkban is használható üzeneteket a mikrovilág történéseiről.

– *A Science folyóirat a nyáron volt 125 éves, ebből az alkalomból 125 megválaszolóra váró tudományos kérdést fogalmaztak meg. Ezek egyike azt firtatta, vajon igaza lesz-e Einsteinnek, miszerint Isten nem játszik kockajátékot. Mi a véleményed erről?*

– Nem tudok jósolni, de azt hiszem, hogy az a két szigorú „grammatikájú” nyelv (a gravitációelmélet és a kvantumelmélet), amelyeket az emberi méretektől radikálisan eltérő extrém nagy és extrém kis világok üzeneteinek megértésére ma használunk, változni fog. Nyilván szeretnénk megismerni a sötét energia titkát, megfejtetni, hogy a természeti állandók értékei miért akkorák, mint amekkorák, de az is lehet, hogy arról fogunk meggyőződni, hogy a tudásnak vannak számunkra megismerhetetlen birodalmi. Ki tudja?

– *Eddig egyéni vagy a kutatócsoportban végzett fizikusi munkádról beszélgettünk. Ez is imponálóan sokszínű. A KFKI hosszú időn át volt vezetőjeként azonban a kutatóintézet egészére nagy befolyással, hatással voltál.*



Wigner Jenővel (1983)

Témák sora indult kezdeményezésedre. Mindannyiunknak imponált, hogy minden témáról érdemi diszkussziót lehetett Veled folytatni. Hogyan csináltad?

– Nem volt különleges módszerem, egyszerűen minden érdekelt. Örömmel töltött el, ha valami újdonságról értesültem, és igyekeztem megérteni. Rendszeresen olvastam a legfontosabb folyóiratokat, és sokat beszélgettem a kutatókkal. Nem vezetői kötelességből, hanem szakmai érdeklődésből tettem fel kérdéseket és vitatkoztam. Szerettem, és szeretem a jó, az érdemi szakmai vitákat. Szerettem megismerni mások munkáját, én is szívesen beszéltem a magaméről. Publikációim is születtek ilyen beszélgetésekből, eredetileg tőlem távol eső témákban is. A fizikusokon kívül elsősorban a matematikusokkal folytatott beszélgetéseim voltak gyümölcsözőek. Mindig örömmel gondolok azokra a régi, szép esti sétákra, amelyeken *Rényi Alfréd* (Buba) mesélt nekem a határeloszlás-tételekről, a feltételes valószínűség új definíciójáról és sok minden egyébről.

Mások példájából is tanultam. Minden iránt érdeklődő ember volt *A.P. Alekszandrov*, a moszkvai Kurcsatov Intézet vezetője, a Szovjetunió Tudományos Akadémiájának elnöke, akivel több közös kutatási programot indítottunk el. Tiszteltem nyitottságáért, széles körű érdeklődéséért. Szerettem a mélyen gondolkodó *D.I. Blobincev*vel találkozni. Élmény volt részt venni a Nobel-díjas *P.L. Kapica* híres ebédjein. Intézetének munkatársai és külföldi vendégek ülték körül az asztalt, és fizikáról beszélgettek. Kapica távoli, egymáshoz látszólag nem kapcsolódó dolgokat tudott szellemesen összekapcsolni. Sokszor készítették gondolkodásra *Jánossy Lajos*nak az elfogadott nézetekkel általában szembenálló, meghökkentően érdekes kérdéseit. Szívesen emlékszem a francia *Louis Néelle*vel folytatott diszkussziókra is, ő az antiferromágnességgel és a ferrimágnességgel kapcsolatos kutatásaiért kapott Nobel-díjat.

Sok híres fizikus látogatta meg a KFKI-t, szólt elismeréssel tudományos eredményeiről. Jó most erre emlékezni.

– *Olvásóink nevében is további alkotó éveket kívánok Neked, legyen továbbra is sok örömed új tudományos problémák megismerésében és megoldásában. Köszönöm a beszélgetést.*