

Fizikai Szemle

MAGYAR FIZIKAI FOLYÓIRAT

A Matematikai és Természettudományi Értesítőt az Akadémia 1882-ben indította
A Matematikai és Fizikai Lapokat Eötvös Loránd 1891-ben alapította

LIX. évfolyam

3. szám

2009. március

ÖTVEN ÉVE A KFKI-BAN

Pál Lénárd
Budapest

Késő este 1959 márciusában

Egyre gyorsabban kattogtak a detektorláncok számlálói, *Szívós Károly*¹ a huszonharmadik kazettát tartotta a zónában, félig behelyezett állapotban. Tudtuk, hogy itt a pillanat. Mindnyájan *Sztolero*² néztünk. Bólintott, és mint aki megállapítja, hogy kisütött a Nap, közölte: *a rendszer enyhén szuperkritikus*. Kérte az operátort, hogy eressze le a biztonságvédelmi rudakat. 1959. március 25-ét mutatott a naptár, és 21 óra 59 percet a vezénylő órája. Magyarországon, Csillebércen, a Magyar Tudományos Akadémia Központi Fizikai Kutató Intézetében (KFKI) megvalósult az első, önmagát fenntartó neutron-láncreakció, csaknem 17 évvel az után, hogy a Chicagói Egyetemen, a Stagg Field-i footballstadion egyik lelátója alatt működni kezdett *Szilárd Leó* „atommáglyája”.

Nem szeretem az ünnepélyes évfordulókat, amikor csak jót és szépet illik írni vagy mondani. A megtörtént eseményeket nem lehet megmásítani, nem lehet meg-nem-történekké varázsolni. Most, 2009-ben, ha őszintén idézzük a

múltban történeteket, azt kell mondanunk, hogy 50 évvel ezelőtt a KFKI-ban valami nagyon fontos és hasznos dolog valósult meg, amely jelentős fellendülést hozott a hazai természet- és mérnöktudományok fejlődésében.

Emlékezem, de tudom, hogy „mélységesen mély a múltnak kútja”, könnyű elsülyedni benne. Igyekszem „fennmaradni” a tények rideg világában, de nem ígérem, hogy „objektív” leszek. Tény, hogy 1955-ben

1. ábra. Így nézett ki, amikor „megszületett”



¹ Szívós Károly a KFKI munkatársa, később az ERŐTERV vezetője.

² G. A. Sztolero szovjet fizikus, aki segítette a „reaktorindításban”.

kaptam azt a feladatot, hogy irányítsam a KFKI-ban felépítendő kutatóreaktor létesítésének, majdani tudományos és gyakorlati hasznosításának munkálatait. Tény, hogy felejthetetlen élmény számomra 1959. március 25-én este az a pillanat, amikor a reaktor működni kezdett (*1. ábra*), de nem tagadhatom, hogy most, fél évszázaddal később azt tartom csodának, hogy írhatok a múltrol, mert még élek azok közül, akik akkor velem dolgoztak, és akik „bátrak voltak”, és „mertek”.

Mit írjak a régi időkről? Gondolom, tisztelt olvasóim nem munkabeszámolót várnak. Írok halványuló, töredező emlékeimről, amelyekből talán előcsillan szándékaink és cselekvéseink logikája. Természetesen minden visszaemlékezés szubjektív és pontatlan. Ez is az. Kérem, nézzék el nekem, ha a megélt múlt ereje sarkítja írásomat.

Régi történet

A történet, amelynek látszólagos kezdete 1959 márciusában volt, tulajdonképpen 1955-ben – vagy talán még korábban – kezdődött. Mindenesetre 1955 tavaszán lehetett érezni, hogy a két szuperhatalom szembenállásában az enyhülés halvány jelei mutatkoznak. Elhatározták ugyanis, hogy az ENSZ égisze alatt – Genfben – reprezentatív atomenergia konferenciát tartanak a nukleáris energia békés célú felhasználásának elősegítése érdekében, s nyilvánosságra hozzák az úgynevezett „atomtitkok” egy részét. Abban is megállapodtak, hogy nukleáris eszközökkel (reaktorral, gyorsítóval) nem rendelkező országoknak lehetővé teszik ilyen eszközök megvásárlását, hogy elkezdődjenek ezekben az országokban is a nukleáris energia békés célú hasznosítását szolgáló munka. Így 1955 tavaszán a szovjet kormány is felajánlotta a magyar kormánynak, hogy vásárolhat tudományos kutatási célokra atomreaktor és ciklotron, s egyben meghívta a magyar szakembereket, hogy tekintsék meg a berendezéseket, és állapodjanak meg az illetékes szovjet szervekkel a tennivalókban.

A magyar kormánynak abban az időben nem volt olyan intézménye, amely javaslatot tehetett volna a kiutazó delegáció tagjaira, valamint a tárgyalásokon követendő elvekre. Az történt, hogy *Gerő Ernő* miniszterelnök-helyettes döntött, hogy kik utazzanak, azt azonban nem tudom, hogy számára ki tett javaslatot. A delegációt *Incze Jenő*³ külkereskedelmi miniszter vezette. A küldöttség tagja volt *Jánossy Lajos*, *Simonyi Károly* és én is. A szovjet tárgyaló csoportot *V. Sz. Jemeljanov*, a szovjet Atomenergia Bizottság elnöke vezette. Részletes tájékoztatást kaptunk a felajánlott berendezésekről, és sok kutatóintézetben jártunk. Láttunk működő ciklotron, reaktor, Cserenkov-sugárzást, „forró-kamrákat”, manipulátorokat, nagy és bonyolult készülékeket. Mindez mély benyomást tett

ránk. A „nagy tudomány” műhelyei jelentősen különböztek attól, amit mi a saját kutató laboratóriumainkban megszoktunk.

A magyar delegáció fizikus tagjai egyetértettek abban, hogy figyelembe véve a magyar szellemi kapacitást, nekünk most elegendő csak a kutatóreaktor megvásárolni. Ez meglepetést keltett a szovjet tárgyalócsoportban. Emlékszem, hogy *Incze Jenő* miniszter telefonon felhívta *Gerő Ernőt*, és megkérdezte, elfogadhatja-e a fizikusok álláspontját. *Gerőnek* az volt a kérdése, hogy atomeróműhöz kell-e ciklotron. Miután azt válaszoltuk, hogy ciklotron magfizikai kutatásokhoz és nem atomeróműhöz kell, *Gerő* hozzájárult ahhoz, hogy a szovjet ajánlat egészével szemben mi annak csak a kutatóreaktorra vonatkozó részét fogadjuk el. Egy jobb minőségű ciklotron megvásárlására később kerülhetett sor, és azt – nagyon helyesen – már nem a KFKI-ba, hanem Debrecenben, az ATOMKI-ba telepítették.

A szovjet tárgyalócsoport fizikusai elfogadták érveinket, és az 1955 júniusában aláírt államközi egyezményben már csak a kutatóreaktorra vonatkozó tételek szerepeltek. Látogatásunk érdekes epizódja volt, hogy az egyik tárgyalás végén megkérdeztük *Jemeljanov* professzort, kaphatnánk-e kis mennyiségű U-235-öt és U-233-at hasadási kamrák készítéséhez. Azt válaszolta, hogy gondolkodni fog kérésünkön. Nagy meglepetésünkre, elutazásunk napján átadott egy kis dobozt, amelyben – az akkori idők előírásai szerint csomagolva – benne volt néhány gramm a kért izotópokból. Természetesen, az izotópokat a KFKI-ban – az előírásoknak megfelelően – nyilvántartásba vettük. (Korán elhunyt, kedves munkatársam, *Nagy László*, aki a maghasadás fizikájával foglalkozott, ezeknek a „zsebben szállított” izotópoknak a felhasználásával készített jól működő hasadási kamrákat.)

Hazatérésünk után nagy lendülettel kezdtünk hozzá az előttünk álló feladatok megoldásához. *Simonyi* professzor azt javasolta, hogy írjunk *A reaktorfizika és reaktortechnika alapjairól* egy tankönyvet. *Bozóky Lászlót*, *Faragó Pétert* és engem kért fel egy-egy fejezet megírására. A könyv még 1955-ben elkészült, és 1956 elején a Mérnöki Továbbképző Intézet kiadványaként meg is jelent.

Mivel az Országos Atomenergia Bizottság csak 1955 decemberében alakult meg, egy ideig még fontos kérdések kezelésében is nagyfokú koordinátlanság volt tapasztalható. Ez alatt az idő alatt igen értékes segítséget kaptam *Sebestyén Jánostól*, aki akkor a nehézipari miniszter energiaügyekkel foglalkozó helyettese volt. Többek között energiaipari (erőművi) tapasztalatokkal rendelkező, kiváló mérnököket javasolt a kutatóreaktorral kapcsolatos beruházási és majdani üzemeltetési feladatok ellátására. Így került a KFKI-ba *Gyimesi Zoltán*, *Verle Győző*, *Szivós Károly* és még többen mások. (A reaktorüzem első főmérnöke *Verle Győző* lett, *Gyimesi Zoltán* pedig a reaktorfizikai és reaktortechnikai kutatások irányításában jeleskedett.) Hozzákezdtem a fizikus és kémikus munkatársak kiválasztásához is. *Jánossy* professzor egyetértésével először az ő tanítvá-

³ A továbbiakban személynevekhez általában nem fűzök megjegyzéseket.

nyait, Nagy Lászlót, *Kiss Dezsőt*, *Ádám Andrást* kértem fel egy-egy tudományos program megszervezésére és irányítására. A Műszaki Egyetemről a röntgen-szerkezetvizsgálatokban járatos *Szabó Pált* sikerült megnyernem. A radiokémiai kutatások vezetését a stabil izotópok kémiáját jól ismerő *Kiss István* vállalta. Sok év távlatából úgy látom, hogy nagyszerű, kreatív munkatársak szegődtek mellém, akik nélkül aligha bontakozott volna ki a reaktor neutronjait hasznosító, eredményes kutatómunka oly gyors tempóban, mint ahogyan ez megtörtént.

Külön meg kell említenem azt a sokoldalú támogatást, amelyet szervezeti, államigazgatási kérdésekben *Szabó Ferenc*től, a Minisztertanácsi Hivatal munkatársától⁴ kaptam, akinek hatáskörébe tartozott – többek között – a hazai tudományos kutatások inspekciója, és aki 1955 decemberében az Országos Atomenergia Bizottság titkára lett.

Közeledett az ENSZ égisze alatt megrendezésre kerülő nemzetközi atomenergia konferencia ideje, és még nem lévén Atomenergia Bizottság, feltehetően a minisztertanács hagyta jóvá a magyar delegáció személyi összetételét. A delegáció vezetőjének Sebestyén Jánost nevezték ki. Tagja volt a küldöttségnek: Jánosy Lajos, Simonyi Károly, Szabó Ferenc és én is. A konferencián elhangzó orosz és amerikai előadások meggyőzően mutatták azt a triviális igazságot, hogy a „hatáskeresztszettek” ugyanazok az Egyesült Államokban és a Szovjetunióban is. Számomra külön nagy élményt jelentett, hogy *Wigner Jenő* professzor meghívott egy „magán-ebédre” az egyik kellemes, genfi vendéglőbe, és részletesen érdeklődött, hogyan élünk mi most Budapesten. Reaktorfizikáról is beszélgettünk. Kérdeztem a véleményét, érdemes-e a neutron láncreakciók sztochasztikus viselkedését tanulmányozni. Bátorító szavai jelentős szerepet játszottak abban, hogy később ezen a területen sikerült maradandó eredményeket elérnem.

Az előtörténethez hozzátartozik az is, hogy 1955 augusztusában a minisztertanács döntést hozott a KFKI Kísérleti Atomreaktor Osztályának (röviden: KAR) létrehozásáról, és az MTA elnöke engem bízott meg az osztály vezetésével. 1955 decemberében a kormány létrehozta az Országos Atomenergia Bizottságot (OAB) is, amelynek elnöke *Hidas István* miniszterelnök-helyettes lett. Emlékeim szerint ez a Bizottság testületként nem működött. Az OAB létrehozását kimondó minisztertanácsi határozat egyben intézkedett arról is, hogy a Központi Fizikai Kutató Intézet felett, amelynek természetesen része volt a KAR, 1956. január 1-jétől a felügyeletet az Országos Atomenergia Bizottság a Magyar Tudományos Akadémiával közösen lássa el. Erre a döntésre valószínűleg azért volt szükség, mert az MTA vezetése idegenkedett a kutatóreaktor létesítésével járó, speciális gazdasági és adminisztratív feladatok elvállalásától.

⁴ Szabó Ferenc 1957-től a KFKI munkatársaként dolgozott, koordinálta az atomenergia-kutatásokkal kapcsolatos feladatokat, majd 1978 és 1990 között a KFKI főigazgatója volt.

Felkészülés

1956-ban a szovjet fél megkezdte a kutatóreaktor műszaki dokumentációjának a szállítását. A dokumentáció „szigorúan titkos” minősítéssel érkezett, és a leszállított, fénymásolással készült kötetek csaknem teljesen megtöltöttek egy nagy szobát. Előírás szerint gondoskodni kellett a dokumentáció állandó őrzéséről, amit a Belügyminisztérium fegyveres alkalmazottai láttak el. A szobába belépni, a tervrajzokat tanulmányozni csak külön engedéllyel lehetett. Ez a kezelésmód nagyon megnehezítette az iratok feldolgozását, a tervező, majd a kivitelező vállalat munkáját. Mai szemmel nézve nem is tudom, hogyan birkóztunk meg az értelmetlen titkosítással járó előírások megtartása mellett a tényleges műszaki feladatokkal.

A kutatóreaktorral kapcsolatos szerződésben benne volt, hogy a szovjet fél külön díjazás nélkül felkészíti a magyar mérnökök és fizikusok egy-egy csoportját a reaktor üzemeltetésére, illetve a reaktor neutronjaival végezhető kísérleti munka alapfogásaira.

Az üzemeltetésre kiválasztott, főként mérnökökből álló 10 fős csoport 1956 első felében megérkezett Moszkvába, és a „Gázgyárnak” nevezett reaktornál kezdte meg a munkát. A „Gázgyár” elnevezés abból az időből származott, amikor még a „biztonság” érdekében minden nukleáris létesítménynek, de még a sorozatban gyártott műszereknek is fedőnevet adtak. A kiképzés mind az elméleti, mind a gyakorlati területekre kiterjedt, és magas színvonalú volt. Többször meglátogattam a csoportot, és a kiképzéssel foglalkozó szakemberektől részletes információt kaptam arról, hogyan sajátítják el jövődő munkatársaim az üzemeltetés irányításához nélkülözhetetlen ismereteket. Mind a tíz szakember sikeresen letette a „nukleáris reaktoroperátor” vizsgát. (Talán nem felesleges felsorolni neveiket: *Ádám A.*, *Bronner G.*, *Gyimesi Z.*, *Haiman O.*, *Kollányi M.*, *Pallagi D.*, *Tóth M.*, *Vámos T.*, *Várkonyi L.*, *Verle Gy.* Közülük azonban csak Gyimesi Z., Pallagi D., Tóth M., Várkonyi L. és Verle Gy. vállalta, hogy a KFKI KAR munkatársaként részt vesz az üzemeltetés előkészítésében, majd az üzemeltetésben.)

1956 második felében utazott Moszkvába az a fizikus csoport, amelynek tagjai közül Ádám Andrástra, Kiss Dezsőre és Nagy Lászlóra emlékezem, és akiknek az volt feladatuk, hogy megtanulják, hogyan kell neutronfizikai kísérleteket csinálni. A Lomonoszov Egyetem Fizikai Fakultásán lényegében azokat a laboratóriumi gyakorlatokat végezték el, amelyeket – diplomamunkájuk elkészítése előtt – a magfizikára szakosodott, orosz diákoknak is el kellett végezniük. Sajnos, nagyberendezéseken (neutron diffraktométeren, repülésiidő-spektrométeren, háromtengelyű kristályspektrométeren stb.) fizikusaink nem szerezhettek tapasztalatokat. Többször meglátogattam őket, és kérdeztem a szovjet illetékeseket, hogy miért nem dolgozhatnak munkatársaim reaktor mellett nagyberendezéseken. Választ azonban nem kaptam.

1957-ben az egyik főfeladatommak azt tekintettem, hogy megkezdődjön a beruházás, amelynek „generál-

kivitelezője” az Erőmű Beruházási Vállalat (ERBE) volt. A másik főfeladatomban pedig nyilván az volt, hogy jól átgondolt terv alapján meginduljon a felkészülés a kutatómunkára.

Munkatársaimmal együtt számos programtervezetet dolgoztunk ki. Később estig tartó vitákban latolgattuk, melyik változat látszik jobbnak, ígéretesebbnek. Akkor ugyan még nem írta meg „Becket”-jét Jean Anouilh, de vitáink jellemzésére némi szarkazmussal idézhetném drámájának következő sorait: „De nekünk, Szentatya, nagy erőt ad, hogy nem tudjuk pontosan, mit akarunk. A szándékok mély bizonytalanságából bámulatos manőverezési szabadság születik.” Éreztem, hogy ezt a „szabadságot” arra kell felhasználnunk, hogy ahonnan csak lehet, szerezzük meg mások tapasztalatait. Megszerveztem egy látogatást Jugoszláviába, ahol akkor már működött kutatóreaktor. *Pavel Savic*, akivel a genfi atomenergia konferencián ismerkedtem meg, fogadott bennünket. *Savic* valamikor *Joliot-Curie* munkatársa volt, s az volt a nagy bánata, hogy nem ő fedezte fel a maghasadást. A látogatás eredményesnek bizonyult, sok korszerű berendezést, kitűnő műszereket láttunk, és megismerkedtünk a jugoszlávok irreálisan nagyra törő nukleáris programjával. Hazaérkezésünk után bizonyos körök kifogásolták látogatásunkat, amire én azt válaszoltam, hogy a reaktorfizika törvényei Jugoszláviában is ugyanazok, mint más országokban, és *Pavel Savic* sem akárki a fizikusok között.

Kezdett kialakulni, hogy mit akarunk, és ez azt eredményezte, hogy szándékaink bizonytalansága „elpárolgott”. Megállapodtunk abban, hogy a *magfizikai kutatásokban* a neutronokkal kiváltott reakciók közül a maghasadást és az $n-\gamma$ reakciót vizsgáljuk, a *kondenzált rendszerek kutatásában* pedig a szilárdtestek fázisátalakulásait és mágneses szerkezetváltozásait tanulmányozzuk. Egyértelmű volt, hogy meg kell indítani a *radioaktív izotópok* előállítását, és elő kell segíteni széleskörű felhasználásuk megalapozását. Fontos kérdésnek ítéltük a *radioaktív sugárzások kémiai hatásainak* kutatását. Az is természetesnek látszott, hogy hozzá kell kezdenünk a *reaktorfizikai kutatásokhoz*, ki kell dolgoznunk a szükséges kísérleti módszereket, fel kell készülnünk a kritikus rendszerek vizsgálatára, a reaktorok fizikai jellemzőinek megbízható mérésére. Tudtuk, hogy jelentős előrehaladást kell tennünk a *korszerű mérés technikában* általában, a *nukleáris elektronikában* pedig különösen. Nagy fontosságot tulajdonítottunk a *sugárvédelem* operatív megszervezésének. A felsorolást folytathatnám, de nem teszem. Csak annyit jegyzek meg, hogy programunkat 1957-ben ismertetem Szegeden, a Középiskolai Fizikatanári Ankét első, alakuló ülésén, és két szerzőtársammal együtt publikáltam a *Fizikai Szemle* 1958. évi 7. és a *Magyar Tudomány* 1958. évi 5. számában.

A reaktor neutronjait hasznosító tudományos kutatás már 1960-ban megindult, köszönhetően az idejekorán elkezdett előkészítő munkának. Hozzákezdtünk a reaktorfizikai kutatásokhoz is. A reaktor meg-

maradt fűtőelemeiből szubkritikus, majd kritikus rendszerek (ZR-program) épültek, amelyeken végzett méréseink nemzetközileg elismert eredményekre vezettek. Ezeket a rendszereken sajátították el fizikusaink, mérnökeink azokat az ismereteket, amelyek később nagyon hasznosaknak bizonyultak az atomerőművi programmal kapcsolatos feladatok megoldásában. A mérésekhez különféle magfizikai műszerek kellettek. A kezdeti időben, ameddig saját fejlesztésű műszerekkel nem rendelkezünk, az alpműszereket a Szovjetunióból szereztük be. Ezek a műszerek azonban normál kereskedelmi forgalomban nem voltak kaphatók, és még a neveikben is viselték a korábbi „titkosítás” következményeit. Szép fedőnevek voltak: „Oreh” (Dió), „Jáblokó” (Alma), „Szireny” (Orgona) stb. Az „Oreh”, azt hiszem, a nagyfeszültségű tápegység neve volt, a többire pontosan nem emlékszem.

1958 és 1960 között gyakran utaztam Moszkvába, hogy a szovjet Atomenergia Bizottság illetékeseinél elérjem, hogy megkapjuk ezeket a műszereket. Nem ismertem tárgyaló partnereim „rangját”, sokszor indultam el érveltem, de nem vették rossz néven. Sok műszer behozatalát sikerült elintéznem, még egy jól használható tömegspektrográfot is szállítottak a KFKI-ba. Ezek a műszerek általában nem voltak élvonalbeliek, a KFKI-ban pár év múlva sokkal korszerűbbeket tudtunk előállítani, de az elinduláshoz nélkülözhetetlenek voltak.

A gyors tempóban fejlődő reaktorfizikai és neutronfizikai kutatómunkához számítógépre is szükségünk volt, amelynek beszerzéséhez ugyancsak a szovjet Atomenergia Bizottság nyújtott támogatást. 1960-ban kezdte meg működését a KFKI-ban egy URAL-típusú, elektroncsöves számítógép, amelynek használata sok tapasztalattal szolgált. A mintegy 4000 db elektroncsövet tartalmazó gép, amely másodpercenként körülbelül 100 aritmetikai művelet elvégzésére volt képes, a kutatóreaktorhoz tartozó épület egyik nagy termébe került. Az elektroncsövek annyi hőt „termeltek”, hogy a terem fűtését télen sem kellett bekapcsolnunk, nyáron pedig hűtéséről kellett gondoskodnunk. Elkövettük azt a hibát, hogy a gépet időnként kikapcsoltuk. Tudhattuk volna, hogy sok elektroncsövet tartalmazó készüléket nem szabad kikapcsolni, mert a ki- és bekapcsolásnál áramcsúcsok jelennek meg, amelyek tönkreteszik az elektroncsöveket. A hibák felderítése mindig sok munkába került. Elrendeltem, hogy az üzemeltetők hétvégeken se kapcsolják ki a számítógépet. 1966-ban azután üzembe helyeztünk egy ICT 1905-típusú számítógépet, amely akkor az ország legnagyobb számítógépe volt.

Kezdeti eredmények

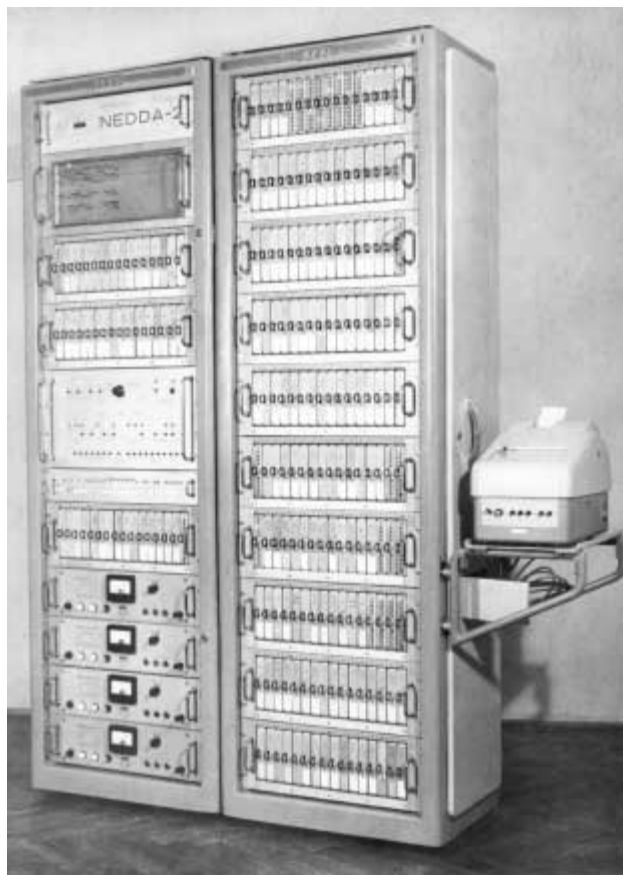
Most, ötven év elteltével, aligha vállalkozhatom arra, hogy sorra vegyem, mit, hogyan valósítottunk meg. Ezzel kapcsolatban csupán azt szeretném megjegyezni, hogy kiválasztott főirányaink helyeseknek bizonyultak; hozzájárultak ahhoz, hogy kialakuljon egy új

kutatási stílus, hogy a nukleáris energia békés célú hasznosítása hazánkban is számos területen elterjedjen. Megépültek a tervezett berendezések, amelyekkel értékes felismerések születtek a magfizika, a szilárdtestfizika és a nukleáris kémia területén. Megvalósult sokféle radioaktív izotóp előállítása az orvosi, ipari és mezőgazdasági szükségletek kielégítésére. Elterjedtek az aktivációs analitika módszerei. Értékes eredmények születtek a reaktorfizikai kutatások területén, amelyek megalapozták annak a nemzetközi kutatócsoportnak a működését, amely a víz-vizes-reaktorokat alkalmazó nukleáris erőművek tervezéséhez alapvetően fontos adatbázist hozott létre. Az elmúlt évtizedekben sok nemzetközi és hazai tudományos tanácskozáson számoltunk be munkáinkról és sikereinkről. Ezekről most nem kívánok írni, de egy, *Mezei Ferenc* nevéhez fűződő, kiemelkedő eredményről, az első „neutronspin-echó” kísérletről, meg kell emlékezni. 1972-ben jelent meg a „KFKI-72-44” jelű kiadvány, amelynek kivonatában Mezei azt írta: „A fenti kísérleti technika több új készülék, vagy kísérleti technika alapjait veti meg. [...] A módszer lehetővé teszi a neutron részecske egyes jellemzőinek nagyságrenddel pontosabb meghatározását is.” Ismeretes, hogy a Mezei-féle neutronspin-echó módszer világhíres lett, és sok laboratóriumban alkalmazzák.

Egy sajátos együttműködés

Amikor a KFKI kutatóreaktorával kapcsolatos régi emlékeimet idézem, elkerülhetetlennek érzem, hogy szóljak a Kurcsatov Intézettel kialakult kapcsolatokról, hiszen azok hatása számos területen meghatározó volt.

Az 1960-as évek első felében *A. P. Alexandrov*, a Kurcsatov Intézet igazgatója javasolta, hogy a Szovjetunió által szállított és installált VVRSz-típusú kutatóreaktorok üzemeltetési tapasztalatainak áttekintésére, továbbá a reaktorok felhasználásával végzett kutatások eredményeinek megbeszélésére – évente legalább egyszer – találkozzanak a különböző országok szakemberei. A reaktortípus főkonstruktorát, *G. A. Goncsarovot* bízta meg ezeknek a konferenciáknak a megszervezésével, amelyek az érdekelt országokban váltakozva kerültek megrendezésre. Egy ilyen konferencián találkoztam *M. Pevzner* kiváló fizikussal, aki a Kurcsatov Intézetben dolgozott, és mint megtudtam, korábban részt vett az úgynevezett „Urán Program”-ban is. (Urán Programnak nevezték a szovjet atombomba-programot.) Széleslátó körű, művelt, szabadgondolkodású kutató volt, aki beszélgetéseinkben szívesen idézte – a szovjet vezetés által nem kedvelt – *B. Paszternák* verseinek egy-egy sorát, különösen azt, amelyik a „hírnévre törekvőkről” szól. Amikor megismerkedett a KFKI-ban folyó neutronfizikai kutatásokkal, az alkalmazott mérési módszerekkel, felvetette, hogy építsünk közösen komplex mérőberendezéseket, például elsőként két, teljesen automatizált neutron-diffraktométert, egyet a



2. ábra. Vezérlő és adatkezelő berendezés (NEDDA) neutron-diffraktométerhez

KFKI, egyet pedig a Kurcsatov Intézet számára. A javaslat szerint a finommechanikai alkatrészeket a Kurcsatov Intézet, az elektronikus berendezéseket pedig a KFKI készítené el. *Szlávik Ferenc*, kitűnő elektromérnök munkatársam rögtön vállalta, hogy csoportjában megtervezi és elkészíti a vezérlő és adatkezelő berendezéseket, amelyeknek a „NEDDA” nevet adta (2. ábra). Nem írtunk alá semmiféle szerződést, a munka szóbeli megállapodás alapján indult el, és mindenki mindent a megbeszélte határidőre elvégzett. Pevzner elmesélte a közös programot *A. P. Alekszandrov*nak, a Kurcsatov Intézet igazgatójának, akinek tetszett vállalkozásunk.

Amikor már minkét intézetben működött a berendezés, meghívást kaptam a Kurcsatov Intézetbe a NEDDA ünnepélyes átadására. Jelen volt Alexandrov is. Ekkor ismerkedtünk meg. Meghívott dolgozószobájába, és jó kétórás beszélgetésben latolgattuk a két intézet közötti további együttműködés lehetőségeit. Egyetértettünk abban, hogy a KFKI és a Kurcsatov Intézet között az együttműködést ne engedjük besorolni az úgynevezett sokoldalú nemzetközi együttműködések általános kereteibe, hanem tekintsük azt teljesen különálló, kétoldalú munkakapcsolatnak. Felmerült az a javaslat, hogy a következő berendezés, amelyet közösen létrehozunk, legyen a háromtengelyű kristályspektrométer. A diffraktométer programhoz hasonló munkamegosztással, mindkét intézetben megépült a háromtengelyű kristályspektrométer.

Később, B. Szamojlov és N. Csernopljokov kérésére, Szlávik Ferenc és csoportja szupravezető szolenoidokhoz fejlesztett precíziós tápegységet. A KFKI-ban is működött ilyen szolenoid. Az ionimplantációs kutatásokhoz a Kurcsatov Intézet átadott egy robusztus ionimplantert, amelyet annak idején izotópok szétválasztására terveztek, és alkalmas volt arra, hogy felgyorsítsa az ionokat és a céltárgyba (pl. szilícium kristályba) „belője”. Ez az implanter, amelyért korszerű TPA-típusú kisszámítógépet adtunk, kezdetben nagy segítséget jelentett Gyulai Józsefnek és csoportjának az ionimplantációs kutatásokban.

Tapasztalataink azt mutatták, hogy nem a hivatalos szervek által jóváhagyott dokumentumokban rögzített megállapodások az eredményesek, hanem azok, amelyekben a személyes kapcsolatokra épülő, kölcsönös tudományos és műszaki érdekek a meghatározóak.

A KFKI kisszámítógépei és mérőberendezései megtegyék a Kurcsatov Intézet fúziós kutatással foglalkozó szakembereinek is, és megrendelték legnagyobb TOKAMAK berendezésük teljes számítógépes vezérlését. A KFKI Sándory Mihály által vezetett intézete sikerrel teljesítette a megrendelést. Alexandrov javasolta, hogy létesüljön a KFKI-ban is egy kisméretű TOKAMAK, plazmadiagnosztikai célokra, a mérési módszerek kipróbálására és fejlesztésére. Én ezt helyes kezdeményezésnek tekintettem. A TOKAMAK berendezést a Kurcsatov Intézet leszállította, és üzembe helyezte. Sok értékes eredmény született. Kár, hogy 1990 után leszerelték, és a kutatásokat megszüntették.

Nagyon hiányos lenne ez a visszapillantás, ha nem írnék azokról a reaktorfizikai kutatásokról, amelyeket – a KFKI eszközeire és tapasztalataira alapozva – egy nemzetközi kutatócsoport végzett a VVER-típusú atomerőművek fizikájának jobb megismerése érdekében. A csoport, amelyet Ideiglenes Nemzetközi Kutatókollektívának neveztek, 1972 és 1990 között működött. A tevékenység jelentős része a KFKI ZR-6 jelű kritikus rendszerén végzett mérésekre összpontosult, a másik fontos területe pedig a reaktorszámítások fejlesztése és kísérleti ellenőrzése, validálása volt. A mérési programban Szatmáry Zoltán és Gadó János játszották a legfontosabb szerepet. A kollektíva által létrehozott adatbázis bekerült a szakmai körökben nagyra értékelt *International Handbook of Evaluated Criticality Safety Benchmark Experiments* OECD NEA-NSC kiadványba. Azt hiszem, nem túlzok, amikor azt állítom, hogy ez a kollektíva azért működhetett a KFKI-ban, mert kiemelkedő volt a reaktorfizikai kutatások színvonala és biztonsága, mert a KFKI fejlett mérés-technikai kultúrával rendelkezett, és nem utolsósorban pedig azért, mert létrehozását A. P. Alexandrov, a Kurcsatov Intézet igazgatója támogatta.

Ha most valaki azt kérdezné, hogy az együttműködésből melyik félnek, a KFKI-nak vagy a Kurcsatov Intézetnek volt-e nagyobb haszna, akkor azt válaszolnám, hogy mindkettőnek. Ilyen kérdés azonban az együttműködés során soha sem merült fel, mindkét intézet kutatói elégedettek voltak, és örültek a közösen elért eredményeknek.



3. ábra. Petroszjánc, a szovjet Atomenergia Bizottság elnöke megtekintte a ZR-6 kritikus rendszert. (Jobbról-balra: Erdey-Grúz, Gyimesi, Petroszjánc, Pál és a munkatársak.)

Emlékek és a jövő

A múlt emlékeinek felidézése arra készítet, hogy befejezésül röviden elmondjam kiforrotlan gondolataimat a nehezen megjósolható nukleáris jövőről. Jól tudom, hogy hazánkban megváltozott a társadalmi rendszer: ma Magyarországon piacgazdaság, azaz kapitalizmus van. Ebből következik, hogy a tudományos kutatás és a műszaki fejlesztés feladatait elsősorban a profitnövelés érdekei határozzák meg. Az új, fundamentális ismeretek megszerzésének, a társadalom egészét szolgáló, és csak hosszú távon eredményt hozó kutatásoknak a támogatottsága nagymértékben csökkent, a rövid távon hasznot ígérő innovációk pedig nem eléggé hatékonyak. Ennek az állapotnak lesznek káros következményei, amelyekről már sokan sokat írtak. Én most csak a nukleáris energia hasznosításával kapcsolatos néhány kérdéstről szeretnék beszélni.

Triviális kijelentés, hogy energiára az élet minden területén szükség van, s talán az is, hogy a távlati hatásokkal számoló piacgazdaságnak sem mindegy, hogyan elégíti ki a növekvő energiaszükségleteket. Nem vitatható, hogy a megújuló energiaforrások hasznosítása, az energiefelhasználás hatékonyságának növelése fontos feladat, de le kell számolnunk azzal a hamis illúzióval, hogy ezen az úton eljuthatunk a megoldáshoz. Aki azt hiszi, hogy a nap- és szélenergia, a geotermikus energia, valamint a biomassza hasznosításával elérhetjük, hogy hazánkban már nem kell nagy erőművet építeni, az naiv ábrándokat kerget.

Úgy látszik, egyre több országban kezdik felismerni, hogy az emberiség nem mondhat le a nukleáris energia hasznosításáról. A csernobili katasztrófa után olyan hisztériakeltés vette kezdetét, hogy a megfélemlített, hozzá nem értő emberek jelentős többsége szembefordult a nukleáris energia mindenféle alkalmazásával. (Azt azért érdemesnek tartom megjegyez-

ni, hogy a gyógyászatban használt, sokszor életmentő, nukleáris technikák alkalmazását általában ma sem utasítják el az emberek.) Fontos feladat újból megszerezni a társadalom többségének támogatását a nukleáris energia felhasználásához. Az ezt szolgáló munkát már a középiskolákban, vagy talán még korábban el kell kezdeni. Új módszerekkel kell felkelteni a tanulók érdeklődését a műszaki és természettudományok, s köztük a nukleáris technika iránt. Jelentős változást eredményezhetnek a különféle ifjúsági kutatócsoportok, amelyekben a tanulók – megfelelő tanári irányítással – önálló kutatómunkájukkal sajátíthatják el a természettudományos gondolkodást. Meg kellene mutatni, legalább a középiskolásoknak, hogy a nukleáris energia „tisztá”; mivel alkalmazása nem növeli a légkör széndioxid tartalmát, segít fékezni a felmelegedés folyamatát, és hogy hosszú távon is biztonságosan lehet kezelni a működtetés során keletkező radioaktív anyagokat.

A nukleáris energia társadalmi elfogadtatása érdekében is fel kell lépni azok ellen a törekvések ellen, amelyek csökkenteni akarják a középiskolai képzésben a fizika szerepét. („Mellesleg” a mai életnek már nincs egyetlen olyan területe sem, amely ne a fizika terén elért eredményeknek köszönhetné létezését.) Amikor a fizika fontossága mellett érvelek, ezzel a műszaki tudás jelentőségét is hangsúlyozom. Kreatív mérnökök, új értéket termelő szakmunkások hiányában nem gyarapodhat az ország. A fizika és általában a mérnöki tudományok megkövetelik a pontos fogalmazást, segítik a kifogástalan szövegértést. Nem a fizika rovására, hanem éppen a fizika tanításával lehet orvosolni az e téren tapasztalható hiányosságokat.

Érdekelte kellene tenni a médiaipar felelős vezetőit is abban, hogy jóval több figyelmet fordítsanak a műszaki és természettudományok népszerűsítésére. El kellene érni, hogy a műsorvezetők – az áltudományos szenzációhajhászás helyett – objektív és érdekes tájékoztatást adjanak a lakosságnak a nukleáris technika társadalmi és gazdasági fontosságáról. Sok munkára lesz még szükség ahhoz, hogy a társadalom többsége ismét elfogadja, hogy az energiaszükségletek várható növekedését nukleáris energiával lehet és kell kielégíteni.

Több országban tapasztalható, hogy a gazdasági élet meghatározó tényezői újból érdeklődést mutatnak a nagy biztonságú, megnövelt hatásfokú nukleáris reaktorokkal megvalósítható atomerőművek iránt. Magam is úgy vélem, hogy a nagy hőmérsékleten működő, és hidrogén előállítására is alkalmas reaktor-típusoké lesz a jövő. A hidrogén üzemanyagot használó járművek valóban nem szennyeznek a levegőt. Ilyen járművet már 1979-ben láttam a híres hannoveri vásáron. A Volkswagen mutatta be azt a hidrogénnel hajtott gépkocsit, amelynek akciórádiusza már akkor 100 km volt.

A nukleáris energia hasznosításához való visszatérésnek – természetesen – csak akkor van értelme, ha az erre felkészült országokban gyors ütemben folytatják az új generációs tenyésztő-reaktorok technológiai

fejlesztését. Ezeknek a reaktoroknak a működtetése azonban nemcsak lokális, hanem igen jelentős, globális biztonsági kérdéseket is felvet, amelyek megválaszolását a politikai érdekek nehezítik.

Hazánkban van kellő műszaki és tudományos háttér a nukleáris energetika azon területeinek kiemelkedő szinten történő kutatásához, amelyek megfelelnek az ország gazdasági adottságainak. Gondot jelent azonban, hogy a kutatóknak és az iparban dolgozó nukleáris mérnököknek viszonylag magas az átlagéletkora. Több fiatal mérnök, fizikus képzésére van szükség.

A nukleáris energia hasznosításával, általában a veszélyt jelentő nagyberendezések működtetésével kapcsolatban az egyik legfontosabb feladat a biztonság további növelése. A számítástechnika és a kísérleti berendezések mai fejlettsége sok új lehetőséget kínál a biztonsági analízis módszereinek fejlesztésére. Ma már szinte mindent még megbízhatóbbá lehet tenni, mert megvan az a megfizethető technikai háttér, amelyre ehhez szükség van.

A nukleáris energia biztonságos hasznosítása megköveteli a gazdasági és politikai érdekektől független, szigorú ellenőrző tevékenységet. Fontos, hogy az ezt ellátó hatóság az államigazgatási struktúrában feladatainak megfelelő helyet foglaljon el, és ne kerüljön függő viszonyba olyan szervekkel, amelyeket ellenőriznie kell.

Befejezés helyett

Ma sokat beszélnek a „tudásalapú” társadalomról, de a konkrét munkát elképesztően bonyolult és visszélésekre is alkalmas bürokrácia nehezíti. Az ország gazdasági felemelkedése érdekében – éppen most, a recesszió idején – a legkorszerűbb technikák és technológiák elsajátítására és alkalmazására kell az erőforrásokat koncentrálni. Ehhez pedig szükség van profitorientált közvetlenül nem „termelő” alapkutatásokra. Nem igaz az a mostanában gyakran hangoztatott állítás, hogy egy kis országnak nem szabad alapkutatásokra pénzt költenie. Ha egy országban elsorvad az alapkutatás, akkor nem lesznek olyan szakemberek, akik képesek felismerni, hogy mi az, amit át kell venni, mi az, amit alkalmazni kell. Ha nincs olyan szakembergárda, amely rendelkezik megfelelő kutatási tapasztalatokkal, akkor az új módszerek alkalmazása lassan és nagy hibákkal valósul meg. Szükség volna olyan fórumra, amely gondos mérlegelés alapján képes meghatározni az állami intervenciók irányait. Ennek a fórumnak a tagjait nem politikusokból, hanem hozzáértő szakemberekből kellene kiválasztani. Tudom, hogy az érdekek mai zűrzavarában ez csaknem teljesíthetetlen kívánság, de

„Csak akkor születtek nagy dolgok,
Ha bátrak voltak, akik mertek
S ha százszor tudtak bátrak lenni,
Százszor bátrak és viharverték.”

(*Ady Endre*)