

környezetben végzik munkájukat. Az Elméleti Fizikai Tanszék és a keretében működő akadémiai kutatócsoport az iskola szellemiségét megőrizve, a világ fizikai kutatásaira nyitottan, a legaktuálisabb kérdésekhez kapcsolódva végzi ma is a kutatásokat. Mivel már régen nem én vagyok a Tanszék és a Kutatócsoport vezetője, nem tűnhet hivalkodásnak vagy dicsekvésnek, ha azt mondom, hogy nemzetközi vonatkozásban is elismerten, magas szinten. (Egyébként különös ajándéka a sorsomnak, hogy ennek az iskolának elsőgenerációs tagja lehettem, sőt annak továbbfejlesztésében és életésében több mint negyed századon át, vezetőként tevékenykedhettem.)

Novobátczy elmúlt már hatvanegy éves, amikor Ortway halála után meghívták az egyetemre a Tanszék vezetőjének. A fiatalokat felülmúló lelkesedéssel és energiával látott hozzá az oktatás tartalmának megreformálásához. A hagyományos elméleti tárgyak tananyagát kitűnő pedagógiai érzékkel állította össze, és új tantárgyakat vezetett be. Természetes, hogy az utóbbiak témaköreit, azok felépítését önállóan alakította ki. Felújította az Eötvös által bevezetett szemináriumok rendszerét. Ezek témájául olyan kérdéseket választott, amelyek csemegének számítottak az érdeklődő hallgatóságnak. Az elméleti fizika oktatását néhány év alatt olyan magas szintre emelte, hogy Európa számos rangos egyeteme megirigyelhette. Előadásaiiban a fizika egészen új fejezetei is sorra kerültek. Jól emlékszem, hogy a kvantumelméleti két fél éves előadásában részletesen tárgyalta az elektromágneses sugárzás kvantumelméletét, vagyis a kvantumelektrodinamikát. Azt csak később, első tudományos munkám során, már munkatársaként tudtam meg, hogy az előadott tárgyalás az ő önálló munkája, amelyre tekintélyes fizikusok is elismerően hivatkoztak. Az előadásokat nemcsak tartalmukban, hanem módszereiben is megújította. Több fejezetnél olyan eredeti tárgyalást adott, amely jó hírű tankönyvekben sem szerepel. Az oktatás mellett jegyzetek és tankönyvek írásával is segítette a hallgatók munkáját. Külön méltatást érdemel *A relativitás elmélete* című tankönyve. Ez a monográfiának is beillő könyv számos olyan tételt tartalmaz, amely az ő eredeti munkája. Előadásain a fizika legújabb eredményei is olyan letisztult formában kerültek a hallgatóság elé, mint a legnagyobb mesterek keze nyomán kifinomult klasszikus tételek. Szinte a kinyilatkoztatás erejével hatot-

tak. Sok tanítványa az ő hatására választotta az elméleti fizika alkotó művelését és tanítását élethivatásának. Ez a tanító–nevelőképessége vonzotta köréje a tanítványokat, akik a Novobátczy-iskolát alkották. Élete vége felé egyszer úgy nyilatkozott, hogy ezt tekinti tudományos és oktató–nevelőmunkája legszebb eredményének.

A tudós tanár Novobátczy Károly élete, a hivatását és munkáját tekintve, teljesnek mondható. Minden tudományos problémát, amellyel foglalkozott, megoldott és lezárta. Tudományos iskolát teremtett, és még életében megtapasztalhatta annak virágzását. Családot nem alapított, nőtlen volt, pedig a gyerekek érdekelték. Az órája utáni rendszeres tanszéki beszélgetések során a fizika aktuális kérdései mellett gyakran érdeklődött kis gyermekeink iránt. Ilyen alkalmak után többször gondoltam arra, hogy talán hiányzott neki a család. Magányos nem volt, mert két hajadon húgával élt együtt. Nagyon szerényen, mondhatni spórolósan élt. Arra törekedett, hogy egy kis pénzt gyűjtsön, hogy az ő halála után nővérei anyagiakban ne nagyon szűkölködjének. Ezek ugyan nem tartoznak a tudós tanári egyéniséghez, de úgy érzem, hogy így, ezek felemlítésével teljesebb a kép. Teljesebb, de mégis elég hézagos. Egyrészt azért, mert a fiatalabb éveiről semmit nem tudunk mi sem, kivéve azt, hogy egész fiatal korában magas rangú (talán vezérkari) katonatiszt szeretett volna lenni. Másrészt nem említettem azokat a születésnapra köszöntő „tanszéki értekezleteket”, amelyek a tanszéki dolgozószerződésben és tantermen kívül mesterünk emberi oldalát mutatnák meg. Az emléke előtt tisztelgő kis írásomat az ő szavaival fejezem be. Amikor az egyik riportban arról beszélt, hogy az újat kutató fizikus, aki egy személyben fiatal diákok között élő tanár is, nem tud megöregedni, a következőket mondta: „A harcos fiatalossággal karöltve menetelek, és ha a végzet holnap vagy holnapután kidönt a sorból, még most is fiatal szívvel búcsúzom.” Ez a búcsú harminchat évvel ezelőtt, 1967. december 20-án, a tanulmányi félév utolsó napján volt. Az elméleti fizika oktatása és kutatása az Eötvös Egyetemen az ő szellemi örökségén folytatódik tovább, a tudomány újabb eredményeit és a társadalom igényeit figyelembe vevő folyamatos megújulásban.

Nagy Károly  
ELTE Elméleti Fizikai Tanszék

## SIMONYI KÁROLY ÉS A MAGYAR RÉSZECSEKGYORSÍTÓK

A részecskegyorsítók a 20. század 30-as évei óta a korszerű atommag-fizikai kutatás nélkülözhetetlen eszközei, amelyek létrehozása igen komplex mérnöki, fizikusi ismereteket igényel. Az alább felsorolt gyorsítók – a 13. pontban említettek kivételével – kizárólag a KFKI-ban készült tervek alapján, a KFKI és a hazai ipar kivitelezésében készültek el (néhány, kereskedelembe kapható külföldi részegység kivételével).

1) *Bay Zoltán* már 1939-ben tervbe vette egy kaszkád-generátor megépítését. A József Nádor Műszaki és Gaz-

daságtudományi Egyetem Atomfizikai Tanszékén (amely *Aschner Lipót* kezdeményezésére és támogatásával jött létre) *Varga Géza* tervei alapján készült el az 1 MV-os Cockcroft–Walton feszültségforrás, majd *Simonyi Károly* és *Papp György* tervezésében a gyorsító számos részegysége. A háború közbeszólt, és a berendezés nagy része – elkészülte előtt – elpusztult. A megmaradt alkatrészeket a háború után épült különböző gyorsítóknál használták fel.

2) Az első – ténylegesen működő – részecskegyorsító *Simonyi Károly* vezetésével 1949–1951 között épült meg

a Budapesti Műszaki Egyetem Bánya- és Kohómérnöki Kara Elektrotechnikai Tanszékén, Sopronban (750 kV-os, szabadtéri Van de Graaff-generátor, inhomogén terű gyorsítócsővel). Előzménye Sopronban egy 200 kV-os, majd egy 750 kV-os szabadtéri VdG feszültségforrás volt.

A 750 kV-os soproni gyorsítón végeztek el 1951. december 22-én az első magyarországi atommag-reakciót, a  ${}^7\text{Li}(p,\gamma){}^8\text{Be}$  elemátalakítást, amelynek küszöbenergiája 441 keV. Az ionforrás földpotenciálon, a target a nagyfeszültségű elektródban kapott helyet.

A 750 kV-os gyorsító – a KFKI megalakulása után – 1952-ben Budapest/Csillebércre került. A berendezés lényeges továbbfejlesztésével készült el a KFKI Simonyi Károly által vezetett Atomfizikai Osztály, Csillebércen az S-100 típusjelű, 1 MV-os szabadtéri Van de Graaff elektron-gyorsító, kemény fékezési röntgensugárzás (Bremsstrahlung) előállítására (150–800 kV,  $\leq 40 \mu\text{A}$  elektronáram). A kísérleti témák: olajok sugárzástűrő képességének vizsgálata, élelmiszerek besugárzással való tartósítása, elektronok kisszögű szórása. A berendezést az 1950-es évek végén lebontották és raktározták (Csillebérc, Kiscelli Múzeum), majd 2001-ben a Budapesti Millenáris Parkba, az *Álmok Álmodói – Világraszóló Magyarok* kiállításon került bemutatásra. A kiállítás bezártával ismét lebontották. 2004. május 19-én ünnepélyes keretek közt állították fel az Eötvös Egyetem Atomfizikai Tanszékén, a Pázmány Péter sétányon levő Fizikustomb földszintjén (lásd címképünk).

Sopronban annak idején – ugyancsak Simonyi professzor vezetésével – megépítésre került egy AG-1 jelű nyomás alatti, 1 MV-os VdG feszültségforrás-prototípus, amely szintén Csillebércre került, és a későbbi, 4 MV-os, nyomás alatti VdG előtanulmányait szolgálta. Később elektron-gyorsítótá alakították át, de nem váltotta be a hozzá fűzött reményeket.

3) A KFKI Atomfizikai Osztályán – Simonyi Károly vezetésével – több gyorsító tervezése és építése kezdődött el. 1952-ben indult el a K-800 jelű, 800 kV-os, 4-fokozatú, szabadtéri, inhomogén gyorsítócsővű, Cockcroft–Walton kaszkádgyorsító tervezése és építése, a Műegyetemtől átvett alkatrészekkel. 1953-ban ezen a berendezésen már sikerült megismételni az 1951-es soproni  ${}^7\text{Li}(p,\gamma){}^8\text{Be}$  atommag-reakciót. A K-800 1966–67-ig szolgálta a magfizikai kísérleteket (700 kV,  $\leq 500 \mu\text{A}$  targetáram, p, d és He-ionok), egyes kísérletekben a  ${}^9\text{Be}(d,n){}^{10}\text{Be}$  magreakció felhasználásával gyorsneutronforrásként is funkcionált. A szűkös, zsúfolt targethelyiség (vákuumszivattyúk, target, műszerek, sugárvédelem) és a befogadó terem magassága (átütés veszélye) igen nagy akadály volt a kísérleteknek.

4) 1953-ban felmerült egy második – K-600 jelű – 600 kV-os szabadtéri, inhomogén gyorsítócsővű, 3-fokozatú Cockcroft–Walton kaszkádgyorsító építésének terve. A gyorsító 1956-ban készült el, és az 1970-es évek közepéig működött mint p-, d-, He<sup>+</sup>- és Li<sup>+</sup>-iongyorsító. A készülék érdekessége volt, hogy az egyenirányító nagyfeszültségű ventilcsövek katódútításának energiaellátását rádiófrekvenciával oldották meg, és először alkalmaztak úgynevezett homogén terű gyorsítócsövet. Az rf-fűtés megoldás nem működött kielégítően, ezért áttértek nagyfeszültségű szelén egyenirányítók alkalmazására.

5) A KFKI Atomfizikai Osztálya a BME Simonyi Károly által vezetett Elméleti Villamosság-tan Tanszéke részére megépített, illetve átadott egy szabadtéri, névlegesen 700 kV-os Van de Graaff elektron-gyorsítót a hallgatói mérések céljára. Az alacsony helyiség a berendezés feszültségét erősen korlátozta.

6) 1952/53-ban felmerült egy AG-12 típusjelű, 12 MV-os, nyomás alatti VdG tervezése és építése. Az előtervetket Simonyi Károly vázolta fel, de kiderült, hogy a cél sok vonatkozásban irreális (pénz, tapasztalat, anyagok, technológia, ipari háttér hiánya), ezért a tervezéssel már annak korai szakaszában leálltak.

7) 1957-ben elkészült a KFKI Atomfizikai Osztályán az NG-200 típusjelű, 200 kV-os, szabadtéri Cockcroft–Walton kaszkádgenerátorra alapozott neutron-generátor, amely  ${}^3\text{H}(d,n){}^4\text{He}$  magreakcióból (DT) származó, 14 MeV-es gyorsneutronokat szolgáltatott. Néhány évvel később a Magfizikai Osztályon egy 100 kV-os, úgynevezett „neutroncső” kifejlesztéséhez fogtak, mely szénhidrogén-kutató mélyfúrások karotázsvizsgálatát tette volna lehetővé. A tervek és a kísérleti darab elkészítése után ez a munka – ugyancsak pénz, tapasztalat és megfelelő ipari háttér hiánya miatt – sajnos félbeszakadt.

8) 1958-ban a KFKI a brüsszeli Világkiállításon egy működő VdG-generátort is kiállított, amely feltalálónak és névadónak, *Robert Jemison Van de Graaff*-nak a tetszését is elnyerte. Ez a készülék később a Budapesti Nemzetközi Vásáron is látható volt, majd a BME-re került.

9) 1964-ben a KFKI Magfizika II. Laboratóriumában megépült az első aktivációs analitikai célokat szolgáló, kisméretű, hordozható 120 kV-os, 14 MeV-es neutronokat szolgáltató, homogén gyorsítócsővű neutron-generátor (NA-1), majd az ezt a következő évben újabb két – továbbfejlesztett példány – követte (NA-2). Az elkövetkező években ezeket a neutron-generátorokat és a hozzájuk tartozó csőposta- és mérőrendszert a KFKI Műszaki Szakigazgatása kis sorozatban gyártotta. 1967-ben a Dunai Vasműben ipari felhasználásra megépített és üzembe állított ilyen rendszer – in situ oxigénmeghatározásra – első volt Európában. Összesen 33 db NA-típusú berendezés készült; ezek egy része belföldre, többségük külföldre került eladásra (SZU, NDK, Románia, Lengyelország).

10) 1952-ben – az AG-12 után – reális tervbe fogott a KFKI. Simonyi Károly vezetésével hozzákezdtek az AG-4 típusjelű, 4 MV-os, nyomás alatti, homogén terű, porcelán gyorsítócsővű VdG-gyorsító tervezéséhez és építéséhez. 1954-ben elkészült a feszültségforrás. Próbaüzemben, 17 bar gáznyomás alatt gyorsítócső nélkül 4,5 MV-ot értek el. Ettől kezdve a munka – elsősorban pénzhány miatt – igen lelassult. A készüléket 1962 végén a KFKI III. épületéből az e célra épített XIII. épületbe telepítették át; ettől kezdve EG-2 néven szerepelt. Proton- és deuteron-gyorsítóként való üzembeállítására 1963-ban került sor a 0,8–3,7 MeV energiatarományban. 12 ezer mérési üzemóra teljesítése után, 1968-ban került sor az első rekonstrukcióra (tartály, szigetelőgáz-rendszer, nagyfeszültségű elektród és oszlop, osztólánc, PVA-val ragasztott, bórszilikát-üveg homogén terű gyorsítócső, analízáló mágnes stb.). A berendezés ettől kezdve az EG-2R nevet viselte. Felmerült a gondolat, hogy tandem rendszerűvé építsék át, de ennek komoly

költségigényű gépészeti, építési és épületgépészeti akadályai voltak, ezért a tervet elvetették. 1970-ben indult újra az üzem a 0,8–5,0 MeV energiatarományban (proton, deuteron, alfa-részecske, provizórikus kiosztómágnes). Később ferde terű gyorsítócső került beépítésre. 1977-ben üzembe állították az 5 targethelyet kiszolgálni képes, új kiosztómágnes, a korszerűsített vákuum- és nyalábvezető rendszert. 1979-ben került sor először  $^{14}\text{N}$ -ionok gyorsítására 2 MeV-ig. Az energiakorlátot az analizáló mágnes tömeg-energia szorzata jelentette.

55 ezer mérési üzemóra teljesítése után, 1989-ben újabb rekonstrukció tervezése kezdődött el. 1991-ig összesen 70 ezer mérési üzemóra után kezdődött el ez a munka (nagyfeszültségű elektróelektronika, gázellátó rendszer, nagyfeszültségű osztólánc,  $\text{SF}_6$  szigetelőgáz, analizáló mágnes és új térstabilizáló rendszere, nagyméretű targetkamra, összekapcsolás a NIK-vel (lásd 11. pont). A fizikai mérések 1993-ban indultak újra. A korábbi – klasszikus – alapvetési magfizikai mérésekhez képest előtérbe kerültek az alkalmazott magfizikai témák (anyagtudomány, felületfizika, félvezetőfizika, biofizika és ezek magfizikai technikái: Rutherford-visszaszórás [RBS], channelling, PIXE, ellipszometria, reakcióanalitika stb.). 2002-ben körülbelül évi 2000 mérési üzemóránál folytak ezek a kísérletek a 0,5–4,6 MV gyorsítófeszültség-tartományban, 1–10  $\mu\text{A}$  p, d,  $^4\text{He}^+$ ,  $^{14}\text{N}^+$ -ionokkal, az energiastabilitás néhányszor  $10^{-4}$ , 6 kiépített targethelyen.

11) 1974-ben a KFKI vezetése elhatározta egy 500 kV-os szabadtéri kaskád nehézion-gyorsító (NIK) megépítését. Az RMKI Gyorsítóberendezések Osztályán 1975-ben megkezdődött a tervezés, majd a részletes specifikáció és előtervek elkészülte után a KFKI Műszaki Kísérleti Üzeme megtervezte és legyártotta (ill. kooperációban legyártotta) a részegységeket. A kivitelezési munka – kapacitásgondok miatt – 1978-tól lelassult. A helyszíni szerelés 1982-ben befejeződött, majd a gyorsítón 1983-ban kipróbálásra került az argonionforrás. Ezután tervezték és építették meg a nagyméretű, sokfunkciós targetkamrát (mintamozgató és -váltó, hűthető-fűthető mintatartó).

Az első ionimplantálást 400 kV gyorsítófeszültséggel, 1984 márciusában végezték. A próbaüzem 1986-ban befejeződött; a nyaláb mérete és az implantált dózis széles határok között szabályozható, maximum 50 mm × 50 mm

méretű mintán lehet separtetni a nyalábot (100–450 kV, 10–20  $\mu\text{A}$  nemesgáz- és fémionok). Xenonig bezárólag izotóptisztaságú nyalábok állíthatók elő. A felhasználás elsősorban a mikroelektronika és a fémtechnológia területére terjed ki. A NIK-et – a nagyméretű targetkamra közbeiktatásával – 1997-ben közvetlenül összekapcsolták az EG-2R VdG-gyorsítóval. A megoldással zárt rendszerben, in situ lehet vizsgálni az implantált minta tulajdonságait; ez teszi a rendszert unikálissá. Kevés hasonló, kombinált rendszer működik a világon.

12) 2002-ben az EG-2R gyorsító egyik targetágra telepítésre került a Hamburgi Egyetemről térítésmentesen kapott proton mikronyalábformáló berendezés (*microbeam*), amely az addigi néhány tized mm méretű nyaláb helyett néhány mikrométer méretű nyalábot képes előállítani. 2002 végén a rendszer már 10  $\mu\text{m}$ -es protonnyalábot szolgáltatott. A *microbeam*-rendszer segítségével a PIXE (Proton Induced X-ray Emission) magfizikai analitikai módszer mikrométer léptékű elem-mappinget tesz lehetővé.

13) A KFKI más szervezeti egységeiben is épültek, működtek gyorsítók (vagy gyorsító jellegű berendezések), de ezek létrehozása már nem elsősorban Simonyi Károly nevéhez, szellemi örökségéhez fűződik. Ezek, az Elektromágneses Hullámok Osztályának mikrotronja és LINAC-modellje, az ILU-3 szovjet ionimplanter, a 150 kV-os SAFI ionimplanter, az RMKI szovjet MT-1 tokamakja, az AEKI-ben kifejlesztett elektronsugaras hegesztőberendezés és a Termohidraulikai Osztály kaskádgenerátora. Simonyi Károly szellemi öröksége azonban gyümölcsözően fennmaradt: az ILU-3, a SAFI és a tokamak létrehozásában és üzemeltetésében is több – korábbi Simonyi-tanítvány – gyorsító szakember meghatározó szerepet játszott.

A gyorsítóberendezések tervezésében, építésében, üzemeltetésében és fejlesztésében kulcsszerepet játszó KFKI-munkatársak (alfabetikus sorrendben): *Berecz György, Berkes István, Bürger Gábor, Demeter István, Erő János, Horváth Béla, Karlovits József, Kálmán Gábor, Királybidi László, Klopfer Ervin, Kostka Pál, Mérey Imre, Pásztor Endre, Roósz József, Schmidt György, Siegler Jánosné, Varga László, Vályi László, Veres Imre.*

*Klopfer Ervin*  
ny. főmunkatárs, KFKI

BOR PÁL

1919–2004

a tehetséggondozó tanár emlékére

A végtelen falban legyen egy tégl,  
Lépcső, min felhalad valaki más,  
Ekevas, mely mélyen a földbe ás,  
Ám a kalász nem az ő érdeme.

Reményik Sándor: *Akarom*

Mi volt varázsa?

Életének 85. évében eltávozott közülünk *Bor Pál*, aki nemzedékekkel szeretett meg a fizikát, és számos szegedi, illetve orosházi kötődésű fizikus hálás neki, hogy

elindította ezen a pályán. Magával ragadó tanáregyéniség volt, a fizika iránt fogékony diákokkal nagyon jól megértette magát, és megfellebezhetetlen tekintélyt vívott ki magának a tanítványai körében. A nyiladozó értelmű diákokban a fizika iránti érdeklődést felkeltette és fenn-