

JÉKI LÁSZLÓ

A Központi Fizikai Kutatóintézet

A Központi Fizikai Kutatóintézet, korabeli helyesírással a Központi Fizikai Kutató Intézet (KFKI), az alapítók szándéka szerint kapta a „központi” jelzést, annak kifejezésére, hogy ez a kutatóműhely több tudományterülettel foglalkozó nagy intézet, az országban a legnagyobb. Az előkészítő bizottság 1949. szeptember 15-én így fogalmazta meg a tervezett intézet rendeltetését: „A KFKI célja a magyar fizikai kutatást eddigi, a többi tudományághoz képest is messze elmaradt állapotából kiemelni, és lehetővé tenni a termékeny tudományos kutatást a fizika minden területén, melyek a tudomány fejlesztése és alkalmazása szempontjából elsősorban fontosak.” A Minisztertanács 1950. augusztus 18-i ülésén elrendelte a „Központi Fizikai Kutató Intézet létesítését a Tudományos Akadémia irányítása alatt”. (1956. január 1. és 1966. december 31. között a KFKI az MTA és az Országos Atomenergia Bizottság kettős felügyelete alá tartozott.) *Kovács István* műegyetemi professzort nevezték ki igazgatónak. (Az intézetet 1956-tól *Jánossy Lajos*, 1970-től *Pál Lénárd*, 1978-tól *Szabó Ferenc*, 1990-ben *Szatmáry Zoltán*, 1990–1991-ben *Lovás István* vezette.) A KFKI 1950. szeptember 1-jén kezdte meg hivatalos, költségvetési működését.

A második világháború után, az atombomba és a radar megjelenésének hatására a politikusok felismerték a fizika fontosságát. A hidegháború első éveiben – sok más ország politikusaihoz hasonlóan – a magyar politikusok is számítottak a harmadik világháború közeli kitörésére, ezért is tartották sürgősnek az intézet létrehozását. Voltak annyira realisták, hogy sohasem tervezték atomfegyver létrehozását, de fontosnak találták, hogy az ország legyen felkészült a sugárzásos mérésében, ismerje azok hatásait. Ezért lett kezdetben az intézet legfontosabb része az Atomfizikai (vezetője *Simonyi Károly*), a Radiológiai (*Bozóky László*) és a Koszmikus Sugárzási Osztály (*Jánossy Lajos*). Az új intézet részletes terveit – nyugat-európai tapasztalatok figyelembevételével – szakemberek dolgozták ki, akik hasznosították a megelőző széles körű szak-

mai közvélemény-kutatás eredményeit. Itt kell főlni azt a gyakran megfogalmazott állítást, miszerint a KFKI a szovjet (sztálini) gigantomania hazai változatának született volna meg. A nyugati országokban hasonlóan nagy állami intézetek működtek, ráadásul az intézet terveit kialakító szakemberek a negyvenes évek végén, az ötvenes évek elején éppen a szovjet intézeteket ismerték a legkevésbé.

A „központi” szerepet erősítették az országban az egyedülálló nagyberendezések, mindenképp az atomreaktor, a részecskegyorsítók és a számítógépek. A nagyság és a komplexitás tette lehetővé, hogy olyan nagy programok valósuljanak meg sikeresen, mint a Halley-üstökös tanulmányozására indított VEGA űrszondák műszereinek létrehozása vagy a Paksi Atomerőmű számítógépes reaktorirányítási rendszerének a kidolgozása.

A KFKI nevében a „fizikai” szó sohasem fedte pontosan az intézet jellegét. Sok kutatóintézet alapvetően a fizika egyetlen ágára szakosodik. A KFKI-ban már a kezdet is sokszínű volt, majd az 1960-as évektől erős magfizikai, részecskefizikai, szilárdtest-fizikai, optikai, anyagtudományi, reaktorfizikai és más fizikai kutatócsoportok működtek. Később megjelent az űrkutatás, a mikroelektronikát megalapozó kutatások. Az elméleti fizikai témák is változatosak voltak, a relativitáselméletől a kvantum-szindinamikán át a szuperfolyékonyság elméletéig. A fizika mellett erős és eredményes volt más tudományágak képviselője is, elsősorban a kémiaé, a matematikáé és a műszaki tudományoké, élükön az elektronikával. E szakmai sokszínűség miatt volt képes a KFKI az új problémák gyors és átfogó elemzésére, valóban sokoldalú megközelítésére.

A „kutatóintézet” megnevezés sem pontos. A kutatással párhuzamosan ugyanis már a kezdetektől jellemző volt az eredmények közvetett vagy közvetlen hasznosítása. Ez kezdetben mások számára végzett vizsgálatokat, vagy néhány másutt is alkalmazható műszer eladását, később gyártásba adását jelentette. Az 1970–1980-as években már sorozatban építették a saját tervezésű számítógépe-

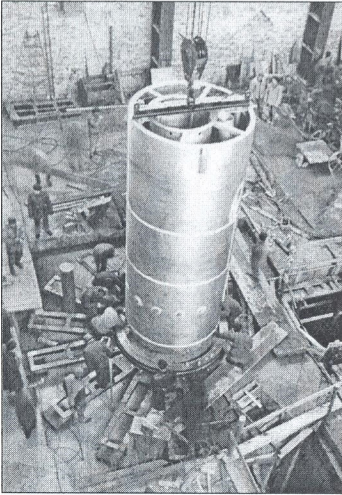
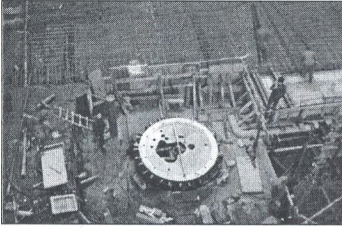
ket, sok és sokféle feladat számítógépesítést oldottak meg. Az 1980-as évek közepén 24 különböző modern anyag- és szerkezetvizsgálati módszer állt rendelkezésre, melyek a saját kutatások mellett jelentős külső igényeket is kielégítettek. Az alapkutatástól a kis sorozatú gyártásig terjedő skálán állandóan változott a kutatások és a gyakorlati alkalmazások aránya, ezt a kettőséget azonban mindig előírta és elvárta a mindenkorai politika és tudományirányítás. Sok kutató szívesen látta volna tisztán alapkutató intézménynek a KFKI-t, sok vita is folyt erről, de nem ezt a feladatot és sorsot szánták az intézetnek.

Adottságai révén a KFKI Magyarországon elsőként kezdett hozzá több tudományág, műszaki terület műveléséhez. Legjellemzőbb példa az atomenergetika, általában véve a nukleáris technika és a kapcsolódó műszerek vagy a számítógépek tervezése, gyártása, alkalmazása. Első volt a lézerek építésében, az űrfizika kísérleti eszközeinek létrehozásában. Létrejött több olyan technológia, amely azóta is az alap- és alkalmazott kutatások szolgálatára áll, ilyen a vékony rétegek készítése, az ionimplantáció, a kristálynövesztés és mások. A KFKI mindig feladatának tekintette az új tudományágak, műszaki kultúrák széles körű megismertetését, az oktatásban való bevezetését és nem utolsósorban az alkalmazásukat is.

Az akadémiai kutató intézet születése

Az 1949. decemberében elfogadott első ötvenes terv törvény 177,5 millió Ft beruházást irányzott elő tudományos kutatóintézetek létesítésére és bővítésére, ebből 70 milliót, a teljes keret 40 százalékát a KFKI felépítésére és felszerelésére szánták. Három év alatt 26 ezer köbméter laboratóriumi építményt hoztak létre, ez jóval több, mint akkor valamennyi egyetem fizikai intézeteinek összes térfogata. A létszám az 1951. évi 92-ről 1953-ra 364-re nőtt.

Az atomenergia békés felhasználásával foglalkozó genfi első nemzetközi ENSZ-



A KFKI épülő atomreaktora (1957)

konferencia összehívásával egyidejűleg a Szovjetunió 1955 elején a szocialista országoknak felajánlotta, hogy tudományos és műszaki segítséget nyújt a magfizikai kutatások fejlesztését és az atomenergia békés felhasználását szolgáló kísérleti eszközök építéséhez. Az ajánlat könnyűvízes kutató atomreaktorra és ciklotron típusú részecskegyorsítóra vonatkozott. A magyar szakértők azt javasolták, hogy Magyarország csak atomreaktor építsen, mert nincs elegendő szakember két nagyberendezés működtetéséhez. Kormánydöntés alapján az atomreaktor a KFKI-ban építették fel. 1956-ban kialakították a Kísérleti Atomreaktor szervezetét, vezetője Pál Lénárd. A reaktor 1959. március 29-én helyezték üzembe.

1959-ben az MTA és az OAB elnöksége jóváhagyta a KFKI feladatának új megfogalmazását: „Alap- és alkalmazott kutatások folytatása általában a kísérleti fizika és különösen az atomenergia békés felhasználásával kapcsolatos fizikai, kémiai és műszaki tudományok területén.” A tudományos program: kozmikus sugárzás kutatása; fizikai-optikai kutatások; magreakciók vizsgálata, magspetroszkópia; neutronspetroszkópia; reaktorfizikai és technikai kutatások; szilárd-

testfizika; magkémia; elektronikai kutatások.

A kormány Tudománypolitikai Bizottsága 1974-ben kimondta a kutatóintézet négy intézetből álló kutatóközponttá való átszervezését. Új tudományos kutatások megindítását tűzte ki: termonukleáris fúzió, mikroelektronika, biofizika. Szükségesnek mondta az alap kutatások felállítását, az ipari megbízásoknál a hosszú távú megbízások kialakítását. A KFKI 1975. január 1-jén kutatóközponttá alakult át. Intézetei: Részecske- és Magfizikai Kutató Intézet, Szilárdtest Kutató Intézet (az SZTKI 1981-ben két kutatóintézetre vált szét: Szilárdtest-fizikai Kutató Intézet, Mikroelektronikai Kutató Intézet), Atomenergia Kutató Intézet, Mérés- és Számítástechnikai Kutató Intézet.

A KFKI létszámát tekintve az 1980-as évek közepén volt a legnagyobb. Az 1985. évi adatok szerint a Magyar Tudományos Akadémián az összes tudományos kulcsszámba soroltak létszáma 3195 fő, ebből a KFKI-ban dolgozik 615 fő (19,2 százalék). Az MTA intézeteinek összes bevétele, költségvetési támogatás nélkül 2,9 milliárd Ft volt, ennek több mint felét (1,5 milliárdot, 51,7 százalékot) a KFKI „termelte ki”.

Az 1980-as évek közepén megtört a korábbi lendület, intenzív belső viták folytak a szükséges változtatásokról. A kutatóközpont kormányzati segítséget is kért, hogy nemzeti laboratóriumává alakulhasson át. Az 1980-as évek végén véget ért az embargó korszaka, a világégek magyarországi megjelenésével fel lehetett, sőt fel kellett hagyni a számítógépgyártással, az intézet anyagi helyzete viszont jórészt ezekről a bevételektől függött. A nagy erővel végzett mikroelektronikai fejlesztések döntő része is

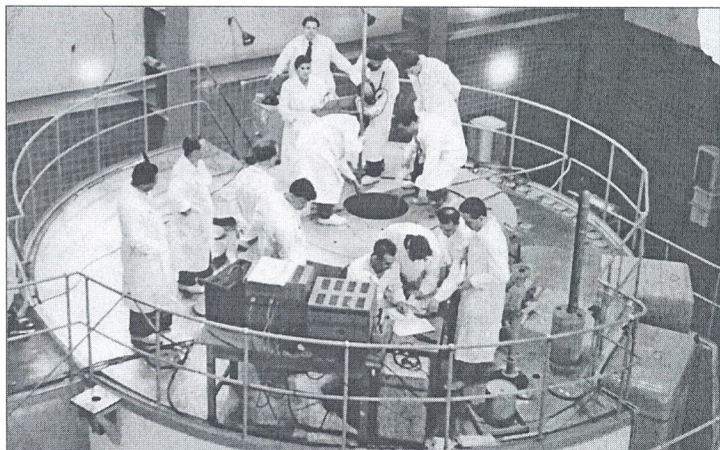
okafogyottá vált. A külső hatások gyorsan kikényszerítették a változásokat. A már korábban létrejött gazdasági vállalkozások önállósultak, nagy részük ma KFKI Számítástechnikai Csoport néven a magyar informatikai piac fontos és sikeres szereplője. 1992. január 1-jén öt önálló akadémiai kutató intézet jött létre a kutatóközpontból. A változtatás szükségességét már korábban minden érintett felismerte, a megvalósított átalakulás és annak módja viszont még ma is viták tárgya.

Alapkutatások

Eredményes volt a KFKI alap kutatási tevékenysége. Igazolják ezt a különböző szcientometriai mutatók és a nemzetközi együttműködések, valamint az, hogy a világ minden részén zivenes látott előadók és kutatótársak voltak a KFKI munkatársai. Minden részterületen született néhány, világviszonylatban is határozottan kiemelkedő eredmény. A terjedelem szabta korlátok miatt csak szűk válogatást adhatunk közre címszavakban.

Az elméleti részecskefizikában *Kuti Gyula* az elemi részec zsákmódeljének kidolgozásával szerzett hírnevet. Az erős kölcsönhatást leíró kvantum-szindinamika rácselméletének művelésében a korabeli szakmai értékelés szerint a magyarok voltak a legjobbak. *Zimányi József* a kvark-gluon plazma létrejöttének feltételeit vizsgálta. *Bence Gyula* vezette le a nevét viselő egyenleteket a kvantummechanikai N-test-probléma tárgyalására. A néhánytest-problémák elméleti kezelésében igen eredményes kutatókat, *Lovás Istvánt* és munkatársait, „budapesti iskola” néven említették. Az általános relativitáselmélet keretében az Einstein-

A kutatóreaktor üzembe helyezése (1959. március 29.)



egyenletek megoldásainak keresésében, a megoldások vizsgálatában *Perjés Zoltán* ért el jelentős eredményeket. A hatvanas évek közepétől nemzetközileg kiemelkedő erős szilárdtest-fizikai elméleti iskola alakult ki *Zawadowski Alfréd* körül. Elsősorban a kondenzált anyagok fizikájával foglalkoztak, kutatásaik szoros kapcsolatban álltak a kísérleti vizsgálatokkal, a megfigyelt jelenségek megértésére, értelmezésére törekedtek.

A kísérleti részecskefizika művelésére nemzetközi együttműködésben nyílt lehetőség. Először, 1956-tól Dubnában, az Egyesített Atomkutató Intézetben, majd Szerpuhovban és Genfben, a CERN-ben. A magyar kutatók nagy nemzetközi kutatókollektívák tagjaiként mindig részesei lehetnek az adott időszak legnagyobb kísérleti berendezéseinek végzett alapvető kísérleteknek. Az adatok feldolgozására szoftver- és hardvereszközöket fejlesztettek ki.

A magfizikai kutatások alapeszközei a részecskegyorsítók voltak. Az első magyarországi részecskegyorsítót *Simonyi Károly* vezetésével Sopronban építették 1951-ben. Az Atomfizikai Osztály munkatársai Csillebércen több gyorsító építéséhez láttak hozzá *Simonyi Károly* vezetésével. A máig legnagyobb gyorsító, a nyomás alatti Van de Graaff-generátor kezdetben magfizikai alaputatásokat szolgált, majd fokozatosan előtérbe kerültek az alkalmazott magfizikai témák, anyagtudományi, biofizikai vizsgálatokhoz használták a gyorsító analitikai technikákat. 1986-tól a NIK nehéziongyorsító berendezést elsősorban a mikroelektronika és a fémtechnológia új anyagainak kutatásához használták. A gyorsítóépítésben szerzett jártasság tette lehetővé azt is, hogy kisméretű gyorsítókat tervezzenek és építsenek az aktivációs analízis és az ionimplantáció céljaira.

Csillebércen már 1953-ban megismertelték az először 1951 decemberében Sopronban végrehajtott atommagatalkitást [$Li(p,\gamma)^{6}Be$]. 1958-ban publikálták nemzetközi folyóiratban az első magfizikai eredményt, a jód-127 izotóp magfotoeffektusának részleteit. Az atomreaktor üzembe álltával maghasadási kísérletekbe is kezdtek. A hetvenes években a magfizikai kutatások mind nagyobb részecskeenergiák felé toldódtak el, külföldi nagyberendezések mellett végezték a méréseket.

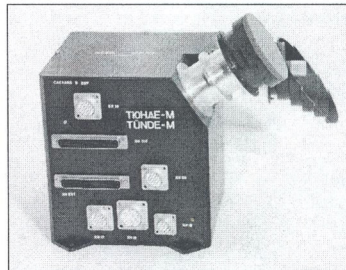
1960-ban *Keszthelyi Lajos* vezetésével sikeresen reprodukálták a nem sokkal korábban felfedezett Mössbauer-effektust. A gamma-sugárzás visszalökésmentes rezonanciaabszorpciója a szilárdtestfizika, az anyagtudomány, a kémia, a metallurgia, a geológia, a biológia napjainkban is kiterjedten alkalmazott vizsgálati módszerévé vált. 1961-ben új Mössbauer-su-

gárzó atomot találtak a ritkaföldfémek között (terbium-159). *Décsi István* és munkatársai megmutatták: egyes szilicidok a szilícium kristályrácsára „folytonosan ráépülve” (epitaxiálisan) nőnek. Ez világszerte további vizsgálatokat indított el, amelyek eredményeképpen ma a mikroelektronikában megfelelő minőségű kontaktusok készíthetők.

1958-ban állt üzembe a kozmikus sugárzás müonkomponensének vizsgálatára szolgáló „föld alatti obszervatórium” *Somogyi Antal* vezetésével. A világon mindössze három teleszkóp működött megbízhatóan több napfoltcikluson keresztül, ezek egyike a „Budapest állomás”. Itt észlelték először a Forbush-effektust a nagy energiák tartományában, a Forbush-effektus a kozmikus sugárzás intenzitásának hirtelen, a bolygóközi térben terjedő lökéshullámok által kiváltott csökkenése. A bulgáriai Rila-hegységben a Muszala-csúcson levő magashegyi laboratóriumba telepített magyar mérőrendszerrel 1960 óta folyamatosan regisztrálták a nagy energiájú kozmikus részecskék által keltett kiterjedt légizapórok adatait. Elsőnek mutatták ki anizotrópiát a galaktikus kozmikus sugárzás irányeloszlásában, ez arra utal, hogy a vizsgált energiatartományban a kozmikus sugárzás nagy része galaktikus eredetű.

Az űrkutatás a kozmikus eredetű szilárd anyagok kémiai összetételének aktivációs analitikával történő vizsgálatával kezdődött. 1970. november 28-án szovjet *Vertiyikál-1* rakétával a világűrbe emelkedett az első magyar berendezés, a KFKI-ban készített mikrometeorit-csapda. Az 1974-ben indított Interkozmosz-12 mesterséges holdon repült kombinált mikrometeorit-érzékelők voltak az űrkutatás történetében az első magyar fejlesztésű és készítésű fedélzeti elektronikai műszerek. 1978-ban *Fehér István* vezetésével érzékeny, széles mérés határú termolumineszcens buradózismérőt és fedélzeti mérésre alkalmas kisméretű, kompakt termolumineszcens dózismérő kiértékelőt fejlesztettek, a Pille volt az első, a fedélzeten kiolvasható doziméter. 1980-ban *Farkas Bertalan*, 1984-ben *Sally Ride* amerikai űrhajósnő eredményesen alkalmazta űrrepülése során.

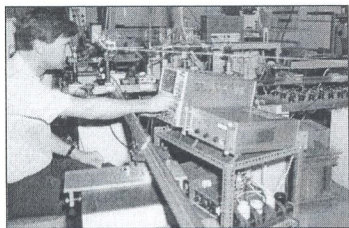
Az 1980-as évek elején indult *Szabó Ferenc* és *Szegő Károly* irányításával a máig legnagyobb magyar űrfizikai vállalkozás, a részvétel a szovjet Vénusz-Halley- (VEGA-) programban. 1986. március 6-án a VEGA-1 űrszonda 8890 km távolságban elrepült a Halley-üstökös mellett, a VEGA-2 március 9-én 8030 km-re közelítette meg az üstökösöt. A szondák műszereinek egyharmada Magyarországon, ennek jelentős hányada pedig a KFKI-ban készült. A magyar-francia együttműködésben terve-



A VEGA űrszondához tervezett részecske-detektor

zett és épített televíziós rendszer nemcsak képeket közvetített az üstökösről – a történelemben először kaptunk képeket egy üstökös magjáról –, hanem önállóan is, földi utasítások nélkül megkereste és folyamatosan nyomon követte az üstökös magját, ráirányította a szondák mérőműszereit. Ez volt az űrkutatás történetében az első eset, amikor valós idejű képfeldolgozás alapján történt az autonóm vezérlés. Az adatok alapján sikerült kidolgozni az üstökös mag háromdimenziós dinamikus modelljét, új, döntő felismerések születtek az üstökös körülvevő plazmáról. A VEGA-misszió teljes siker volt. A Mars térségének és a Mars Phobos nevű holdjának a tanulmányozására indított Phobos-program keretében szovjet-magyar együttműködésben készült az első kisméretű, hibataleráns autonóm fedélzeti számítógép.

Jánossy Lajos az ötvenes évek elején kezdte meg fizikai optikai kísérleteit, a fény kettős természetére vonatkozó ismert gondolat-kísérletek megvalósítását. A máig gyakran idézett *Jánossy-féle* ko incidencia- és interferenciakísérletek bizonyították a fény kettős természetét. 1963. december 6-án a Fizikai-optikai Laboratóriumban működni kezdett az első lézer Magyarországon, egy infravörös fényt sugárzó hélium-neon gázlézer. Az új korszakot megindító eredmény *Bakos József*, *Csillag László*, *Kántor Károly* és *Varga Péter* nevéhez fűződik. 1974-ben *Jánossy Mihály* vezetésével a világon elsőként új típusú, üregek katódú folyamatosan sugárzó kék színű hélium-kripton ionlézert hoztak létre. A gázlézer csoport 1974-ben a világon elsőként hozott létre katódporlasztással működő üregek katódú lézert. A katódporlasztás teszi lehetővé a lézer szobahőmérsékleten való működtetését, egyébként 1300 °C hőmérsékleten kellene elpárologtatni a rezet. 1979-ben *Horváth Zoltán* a világon egyedülálló, síkban sugárzó lézert hozott létre, a Glória (angolul Halo) lézer impulzus-üzem-módban „fénykarikákai” bocsát ki.



János Mihály és az általa kifejlesztett lézer

A fény és anyag kölcsönhatását tanulmányozva *Farkas Győző* és *Varga Péter* mutatta ki – nagy teljesítményű rubinlézert alkalmazva – 1967-ben elsőként a nemlineáris fotoeffektus létezését. Extrém nagy intenzitásoknál a fémből akkor is lépnek ki elektronok, ha a fény kvantumenergiája kisebb az elektronok kilépési munkájánál, a kilépő elektronáram nemlineáris függvénye a beeső fényintenzitásnak.

A szilárdtestfizikában új kísérleti lehetőségek nyíltak meg az atomreaktor elkészültével, tanulmányozni lehetett a neutronok kiváltotta változásokat és új, neutronokra alapozott vizsgálati módszereket alkalmazhattak. A neutronos technikákkal atomi felbontásban vizsgálható a szilárd testek szerkezete, az atomi folyamatok dinamikája. Az első eredmények az anyagok mágneses szerkezetére vonatkozó kutatásokban születtek, új kísérleti tényeket tártak fel, amelyek fontosak az atomi és a mágneses rendeződés kapcsolatának megértéséhez.

Mezei Ferenc 1972-ben új neutronfizikai mérőeljárást fedezett fel, a neutron spin-echo spektrometriát, a gondolat megvalósíthatóságát a KFKI-ban és a Laue–Langevin Intézetben (Grenoble) végzett kísérleteivel igazolta. A módszer alkalmas óriásmolekulák, biológiai molekulák mozgásainak nyomon követésére, polimerfizikai vizsgálatokra, diffrakciós folyamatok, másodrendű fázisátalakulások vizsgálatára. A neutron spin-echo módszer felfedezését a legnagyobb hazai fizikai felfedezések közé sorolják.

A hetvenes évek második felétől és a nyolcvanas években a kísérleti kutatások középpontjában a fémüvegek és a folyadékkristályok álltak. A folyadékkristály-kutatások egyik célja a meglevőknél lényegesen gyorsabban kapcsolható folyadékkristály kifejlesztése volt. A fejlesztés során új fizikai jelenséget, elektro-mechanikai hatást figyeltek meg. Kiterjedt kísérleti és elméleti vizsgálatok folytak a mozgó töltéssűrűség-hullámok dinamikájának tanulmányozására. A legjelentősebb kísérleti eredményeket jól leíró modellt dolgoztak ki.

Számítógépmemória- és ionimplantációs kutatások

A számítógépmemóriák kutatását 1974-ben több irányba indították meg, de ezek közül néhányal rövid idő múlva felhagytak. A mágneses buborékmemória esetében a világsők után viszonylag rövid idővel elkészült a memóriacsomag a laboratóriumban. A kis sorozatú kísérleti gyártás megteremtésére már nem volt pénz, nem lett termék a fejlesztési eredményből. A KFKI azonban megoldotta vállalt feladatát, nem kevés szellemi és anyagi ráfordítással létrehozta a működő memóriacsomagot. Az eszköz piaci kudarcát ellenére megmaradtak a félvezető-kutatásban hasznosítható kristálynövesztési és litográfiai ismeretek és technikák. A fejlesztőmunka hozzájárult egy igen magas technológiai kultúra megteremtéséhez, eközben technológiai és tudományos eredmények születtek.

A KFKI 1971-ben az ionimplantációs kutatások programot azzal a céllal indította, hogy fokozatosan készítsék elő a félvezető elemek kísérleti gyártását. Az implantáció módszerével korábban elképzelhetetlen pontossággal lehet atomok egy szilárd test felületi rétegébe bejuttatni. A félvezető áramkörök szempontjából fontos vékony rétegek, ezek implantációs előállítás, módosítása terén végzett kutatások a világ élvonalába tartoztak. *J. W. Mayer* (California Institute of Technology) és *Gyulai József* csoportja több alapvető felismerést tett az ionimplantáció terén, felfedezte a „dual implantation” módszert, ez a kutatási eredmény a világon mindenütt az implantált áramkörti technológia részévé vált. A nyolcvanas évek közepén az intézet háromféle alapáramkört fejlesztett ki. Programrendszer alkotott áramkörök hatékony tervezésére. A KFKI berendezések egy csoportja olyan mikroüzem elemeket képvisel, amelyeken a gyártók kialakíthatják alkalmazáspecifikus integrált áramköreiket. A nyolcvanas évek vége felé az érdeklődés a mikroszenzorok felé fordult. Mikroelektronikai technikákat alkalmazva nyomásérzékelő membránokat, miniatűr neurológiai elektródákat, mágneses ellenálláson alapuló helyzetérzékelőket fejlesztettek ki.

Nukleáris technikák

Az alkalmazott kutatások igazi sikertörténete a nukleáris technikák meghonosítása, melyet a reaktorfizikai kutatások eredményes évtizedei követtek. Az alapításkor megszabott feladatoknak eleget téve kidolgozták a sugárzások mérésének módszereit, megépítették a szükséges eszközöket, megtették az izotópgyártás kezdeti lépéseit, meghonosították

a nukleáris analitikát. A kritikus rendszerek (zéróreaktorok) mellett végzett kísérletek és a párhuzamosan végzett modellszámítások a reaktorok üzemeltetéséhez és tervezéséhez fontos és hasznos ismeretanyagot adtak. A Paksi Atomerőmű blokkjainak létesítésében komoly előkészítő szerepe volt a KFKI szakembereinek.

Az Atomfizikai Osztályon 1954-ben, Magyarországon először, mesterséges radioaktív izotópot állítottak elő. Deuteront gyorsítottak a 800 kV-os kaszkádgenerátorban, majd neutronbesugárzással állítottak elő radioaktív ezüstöt. A Radiológiai Osztályon foszfor- és jódizotópokkal jelzett gyógyszereket készítettek. Izotópos nyomjelzéses módszert dolgoztak ki alumíniumkohókhoz az olvadék térfogatának mérésére és az áramlási viszonyok tanulmányozására. A Kémiai Osztályon 1958-ban rövid felezési idejű izotópot készítéséhez szükséges eljárásokat dolgoztak ki, az év végére 18-féle izotóp előállítására készültek fel. A próbakészítmények tisztasága elérte vagy meghaladta az importált szövet és angol készítmények tisztaságát. 1961-ben már 25-féle izotóp készült 35 különböző vegyület formájában, majd 1962-ben fokozatosan átadták az izotópgyártást az OAB Izotóp Intézetének.

1959. március 29-én helyezték üzembe a kísérleti atomreaktort. A kutatóreaktor hármas feladatot lát el: kísérleti kutatás, izotóptermelés, szakemberek képzés. Legutóbb 1986-tól modernizálták a reaktort, átépítés utáni indítására 1992-ben került sor. A reaktor szolgáltatja neutronok új lehetőségeket kínált a magfizikai és szilárdtest-fizikai kísérletekhez.

Pál Lénárd 1958-ban publikálta a hasadási neutronszám ingadozását leíró átfogó elméletét, a mérések igazolták a Pál–Bell-egyenlet helyességét. Később a neutronszám-ingadozás (neutronzaj) mérését fontos reaktordiagnosztikai módszerré fejlesztették.

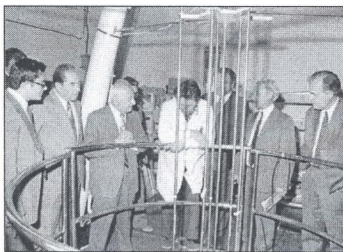
A hatvanas évek elejétől három évtizeden át összehangolt elméleti és kísérleti reaktorfizikai kutatások folytak *Szabó Ferenc*, *Gyimesi Zoltán*, *Szatmáry Zoltán* irányításával. A reaktorfizikai számítási modellek alapvető adatokból (geometriai méretek, anyagi összetétel, magfizikai folyamatok hatás keresztmetszetei) kiindulva elméleti összefüggések, alapegyenletek alkalmas közelítéseinek numerikus megoldásával adják meg a fizikai mennyiségeket. Az elméleti reaktorfizikai modellek alapján gyakorlatilag is alkalmazható számítógépi programok születtek. A számítások eredményeinek ellenőrzésére kitűnő lehetőséget adtak a sorozatban épített zéróteljesítményű kritikus rendszerek. A sikeres kutatásoknak köszönhetően hét KGST-ország 1971-

ben Ideciglenes Nemzetközi Kutató Kollektíva alapításáról döntött. A KFKI-ban felépített ZR-6 modellreaktoron végzett kísérletek eredményeit felhasználták a VVER-1000 reaktorok nukleáris tervezése során. A publikált adatbázist energetikai világécek használják reaktorfizikai számítások érvényességének ellenőrzésére. A Paksi Atomerőműben a sűrített rácsosztású kiégett fűtőelem-tároló szubkritikusági tervezésénél a ZR-6 méréseket és a ZR-6-on kipróbált számítási modelleket használták, a reaktor-zóna tervezésére használt reaktorfizikai modell ellenőrzésének egyik alapja a ZR-6-méréssorozat adatbázisa. Az erőmű biztonságos üzemvitelét nagyban javító VERONA zónamonitorozó rendszert szintén a ZR-6 adatbázist felhasználva ellenőrizték.

Az 1987-1990-ben kidolgozott KARANATE számítógépi programrendszer az 1000 megawattos erőművi reaktorok modellszámításait szolgálja, egyesíti a neutronfizikai és a termohidraulikai modelleket. A programrendszerrel számíthatók a névleges működési feltételek, a kiegészés, a xenon- és szamárium-franzenek és bizonyos baleseti feltételek is. Módosított változata a 440 MW-os blokk számítására alkalmas.

A zéróreaktorhoz hasonló feladatra szolgálnak a termohidraulikai kísérleti berendezések. Adatokat szolgáltatnak a termohidraulikai számítások érvényességének az ellenőrzéséhez és segítik a különböző üzemzavari állapotok részleteinek a felderítését. 1975-re készült el az NVH (Nagynyomású Vízűtőes Hurok) termohidraulikai kísérleti berendezés, amely a VVER-440 és a VVER-1000 típusú atomerőművi reaktorokban lejártszerű hűtadási és hidrodinamikai folyamatok vizsgálatára szolgált. 1985 óta működik a Paksi Modell Kísérlet (PMK) kísérleti berendezés, a Paksi Atomerőmű primer körének termohidraulikai modellje. Ez az első eszköz a működő VVER típusú atomerőművek tanulmányozására, az eszközzel a kis és közepes folyások, a természetes cirkuláció és az üzemzavari transziens jelenségek jelentős köre vizsgálható.

1982-ben kapcsolták az országos hálózatra a Paksi Atomerőmű I. blokkját, a KFKI jelentős mértékben hozzájárult az építéshez, az üzembe helyezéshez és az üzemvitelhez. Laboratóriumot hoztak létre a nukleáris műszerek hitelesítésére. Megterveztek és kiviteleztek a sugárvédelmi környezet-ellenőrző rendszert, a mérési metodikákkal együtt. Több számítási és mérési eljárást honosítottak meg (biológiai védelmi számítások, indítási számítások, a szovjet üzemviteli program honosítása és kiegészítése, a zónán belüli mérések kiértékelési eljárás-



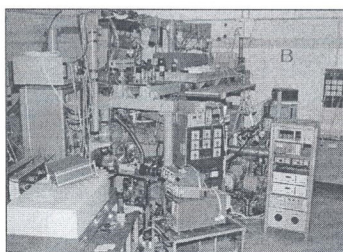
Látogatók a ZR-6 modellreaktornál. Középen fehér köpenyben Sztarmár Zoltán, tőle jobbra: Osztrovski György, Szabó Ferenc és Pál Lénárd

sai, sugárkárosodásra vonatkozó számítások, a blokk termohidraulikai bemérése, a biztonsági elemzések felülvizsgálata, a primer köri forgalom mérése, adatarchiváló rendszer, dinamikai szimulációs modell kidolgozása).

1985 decemberében adták át Pakson a KFKI-ban kidolgozott VERONA-rendszert az I. és II. blokknál. A VERONA a reaktorból a vezérlőterembe folyamatosan befutó 2000-3000 adatot fogadja, elemzi, összegzi és megjeleníti. A rendszer elemzi az adatok hihetőségét is. A rendszer az atomerőmű-irányítás nélkülözhetetlen eszközévé vált. Hasonló, továbbfejlesztett rendszerek működtek 1986-tól a III., 1987-től a IV. blokknál. 1989-ben adták át a Paksi Atomerőmű tréning-szimulátorát. A KFKI-ban is egyedülálló volumenű és komplexitású program négy évig tartott. A szintén a KFKI-ban készült alapvető szimulátor a szakemberképzésben kiegészíti a teljes léptékű blokk-szimulátort, segítségével az erőmű alapvető fizikáját és irányítás-technikáját lehet real time viszonyok között tanulmányozni. A szimulátorokat a finn Nokia Electronics céggel együtt fejlesztette ki a KFKI.

A hetvenes évek első felében a mainál lényegesen kedvezőbbben, viszonylag közelinek ítélték meg a szabályozott termokleáris fűzésű reaktorok létrehozását. Az ígéretes új energiatermelési mód kuen-

A KFKI tokamakberendezése (1985)

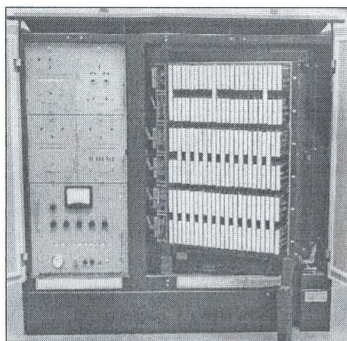


tatás-fejlesztési előkészületeibe való bekapcsolódás érdekében épült meg a tokamak-kísérleti berendezés. 1979-ben avatták az MT-1 tokamakot. A tokamakokon plazmadiagnosztikai vizsgálatokat végeztek lágy röntgenspektroszkópiával, lézeres módszerekkel és semlegesnyaláb-technikával. A tokamak többszöri modernizálással 1998-ig szolgálta a plazmafizikai kutatásokat, ezután a plazmadiagnosztikai eljárásokkal külföldi nagyberendezéseknél kísérleteznek.

Számítógép-fejlesztés a KFKI-ban

A számítógépes kultúra hazai megteremtésében és elterjesztésében is meghatározó volt a KFKI szerepe. A saját fejlesztésű TPA számítógépcsalád gépei olyan kategóriájúak voltak, amilyeneket más piacokról nem lehetett beszerezni a nyugati embargó miatt. A közel 1500 TPA gép nagyobb hányada itthon működött, kutatólaboratóriumokban, kórházban, erőművekben és kőolajvezetékeknel, mezőgazdasági laboratóriumokban, a minisztériumok, a posta vagy bányaiüzemek irodáiban. A legkülönbözőbb feladatokat ellátó számítógépes rendszerek megtervezésén és elkészítésén túl a számítógépes kultúra elterjesztéséhez nagymértékben hozzájárult az intézet oktatási tevékenysége. A szakoktatás, szakkönyvek írása mellett kiemelten foglalkoztak a gyerekekkel. Az intézet kezdeményezéseinek komoly szerepe volt abban, hogy megindult az iskolák számítógéppel való ellátása.

A kísérleti kutatások eredményeinek feldolgozása, az elméleti számítások, különösen a reaktorfizikai, részecskefizikai, elméleti magfizikai kutatások folyamatosan nagy számítástechnikai igényeket támasztottak. A KFKI ezért a kezdetektől arra törekedett, hogy nagy teljesítményű, nagy kapacitású számítógépei legyenek. Jelentős fejlesztőmunka is folyt. A KFKI a hazai élvonalat képviselte a hálózati hardver- és szoftvereszközök fejlesztésében és a hálózatépítésben. 1960-ban a két importált szovjet URAL I. számítógép egyike a KFKI-ba került. 1966-ban helyezték üzembe az angol gyártmányú ICT 1905 számítógépet, az ország az időben legnagyobb számítógépét. Jelentősen hozzájárult a számítástechnikai kultúra hazai elterjedéséhez, igen sokan ezen ismerkedtek meg a számítógépekkel, a felhasználók között voltak budapesti és vidéki egyetemek, kutatóintézetek, egyéb szervezetek. 1973-tól az intézetben egymást követően több, IBM 360/370 kompatibilis gép működött, ezek hozzájárultak az IBM-kultúra elterjedéséhez. A saját fejleszté-



A KFKI első TPA számítógépe (1968)

sű TPA gépek már az ICT 1905 mellett megjelentek a számítóközpontban, a kisgépek elsősorban előfeldolgozást végeztek. Interaktív szövegszerkesztő és job előkészítő programrendszer dolgoztak ki, ez volt az első ilyen működő rendszer a KGST-országokban. A lokális hálózati rendszerek fejlesztése a LOCHNESS (Local Highspeed Network System) rendszerrel indult meg. 1981-től telefonvonalon történő adatátvitel, 1985-től műholdas adatátviteli rendszer működött a KFKI és a moszkvai Űrkutatási Intézet között. Az 1988–1990-es években kiépült a lokális Ethernet hálózat, az első nagyméretű Ethernet hálózat az országban, mintegy 300 géppel.

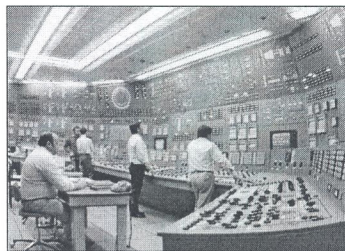
Sokféle méréstípusnál visszatérő feladat az elektronikus jelek nagyság (amplitúdó) szerinti szétválogatása, a jelek eloszlásának rögzítése. Ezt a feladatot végzik el a sokcsatornás analizátorok. 1959-től előbb 128, majd 256, illetve 512 csatornás analizátorokat építettek. A KGST-ben Magyarországon lelt az analizátorfejlesztési és -gyártási profil. A sokcsatornás analizátorok fejlesztésének, építésének folytatásaként logikus lépés volt számítógép-építéshez kezdeni.

A Digital Equipment Corporation PDP-8 számítógépének megjelenése után a KFKI-ban *Sándory Mihály* vezetésével hozzákezdtek a PDP-vel csak utasításrendszerében kompatibilis, de saját fejlesztésű áramkörökre épülő számítógép megalkotásához. Az 1968-ra elkészült első számítógép a Tárolt Programú Analizátor (vagy Adatfeldolgozó) nevet kapta, mert a hivatalos szervek nem a KFKI feladatának szánták a számítógép-építést. A TPA-1001 12 bit szóhosszúságú, 4 k szó operatív tárolóval rendelkező tranzisztoros, második generációs kisszámítógép volt. A kisszámítógép sikert aratott, megindult a sorozatgyártása a KFKI-ban. Ezzel párhuzamosan hozzákezdtek a következő generációs gépcsalád fejlesztéséhez. Az al-

katréz-technológiák gyors ütemű fejlődését követve egyre korszerűbb eszközök felhasználásával tervezték az újabb típusokat. A KFKI-ban 1974-re készült el az első 16 bites gép, a TPA-70, ez a *Bogdány János* vezetésével épített gép saját hardver- és szoftverkonstrukció volt. A DEC 32 bites VAX és MikroVAX gépeinek a TPA-másolatai is elkészültek, majd saját fejlesztéssel növelték meg a gép sebességét. A KFKI számítástechnikával foglalkozó szakemberei a nyolcvanas évek közepétől egyre inkább a szoftverfejlesztés, az alkalmazások, a rendszerintegráció felé fordultak. 1989-ben, az embargó megszűntével, a magyar piacon is megjelentek az eredeti DEC gépek, a DEC 1990-ben közös vállalatot alapított a KFKI-val.

A számítógépek megjelenése lehetővé tette a laboratóriumi vagy ipari mérési adatok közvetlen feldolgozását, és megfordítva, a mérések, az ipari folyamatok számítógépes vezérlését. Nemzetközi szervezet alakította ki a CAMAC szabványrendszert, egységesítették a valós idejű adatgyűjtő, ellenőrző, szabályozó perifériák és a számítógépek illesztését. A KFKI-ban összesen 160 különböző CAMAC-modult fejlesztettek ki és alkalmaztak, Európában elsőként készítettek ipari környezetben alkalmazható CAMAC-modulokat. A nagyszámú elemről álló modulválaszték tette lehetővé, hogy a KFKI sokféle, nagyon eltérő számítógépes feladat megoldására vállalkozzon, a legnagyobb megépített rendszer közel 1500 CAMAC-modult tartalmazott

A KFKI kezdetől fogva arra törekedett, hogy ne pusztán számítógépeket állítson elő és adjon el, hanem a számítógépek felhasználásával feladatokat oldjon meg. Ezért volt szükség többféle géptípus, gépcsalád kialakítására, a hardverfejlesztés és -építés mellett jelentős szoftverfejlesztés is folyt. Első nagy alkalmazási területként a laboratóriumi mérésautomatizálás fejlődött ki, *Biri János* irányításával. Nagy volt az igény és az érdeklődés, a szocialista országokkal kialakított tudományos együttműködésben igen értékes fizetésekköznek, „cseretárgynak” bizonyultak a KFKI-s számítógépes rendszerek, elsősorban az NDK-ban és a Szovjetunióban. Az ipari folyamatellenőrző és folyamatvezérlő rendszerek elsősorban a magyar gazdaság kulcsfontosságú iparágai, nagyvállalatai számára készültek, de jelentős exportmunkákat is végeztek *Vashegyi György* vezetésével. A legjelentősebbek a villamos erőművekben üzemelő rendszerek voltak. 1975-ben a százhatalombattai hőerőműben, a 215 MW-os blokkhoz telepített TPA/i számítógépre és CAMAC-folyamatperifériákra alapozott



A Paks Atomerőmű tréning-szimulátora (1989)

számítógépes mérő, adatgyűjtő és folyamat-ellenőrző rendszer volt az első ipari környezetben installált online rendszer. A Paks Atomerőmű számítógépes rendszerei a KFKI gazdag reaktorfizikai és számítástechnikai tapasztalatait ötvözve születtek. Más rendszerek a gáz- és olajiparban csővezetéki szállítókat, vasúti ponttöltőket, tartályparkokat irányítottak. 1984-ben helyezték üzembe az Országos Kőolaj- és Gázipari Trösztnél az országos földgázhálózat számítógépes irányítórendszerét, a siófoki központban 150 nyomomádu elosztó-, ellenőrző és fogadóállomás adatait dolgozták fel. Ez volt az első számítógépes gázhálózat-irányító rendszer a KGST- országokban, a rendszert a KFKI, a SZTAKI és az MMG Automatika Művek építette. A harmadik fontos alkalmazási terület az ügyvitel-gépesítés. Elsősorban online tranzakciófeldolgozó rendszereket hoztak létre *Karádi Pál* irányításával. Az ügyviteli munkafolyamat minden tranzakcióját közvetlenül az ügyintézői munkahelyekre kihelyezett számítógép-terminálok hajtják végre, a tranzakciók eredményei pedig azonnal – következményeikkel együtt – bekerülnek a központi adatbázisba. Az ilyenfajta megoldások már a nyolcvanas években nélkülözhetetlenek voltak bankokban, raktárakban, a kereskedelemben, az utazási irodákban és a termelésirányításban. Később kialakították a Magyar Posta, a vízűgy, a KSH meghatározott célú számítógépes rendszereit. A legnagyobb ügyviteli rendszert a Központi Statisztikai Hivatal részére készítették a nyolcvanas évek második felében. A laboratóriumi és ipari alkalmazásoktól eltérően az ügyviteli alkalmazásoknál általában csak a hardvert és az alapszoftvert szállította a KFKI és elvégezte a rendszerintegrációt.

Négy évtizedes fennállása alatt a KFKI kiemelkedően eredményes, országos kisugárzású, nemzetközileg elismert kutató-fejlesztő intézet volt. Megszabott és vállalt feladatait teljesítette, volt munkatársai ma is büszké a KFKI-ban töltött éveikre.