

MTA KÉMIAI KUTATÓKÖZPONT
IZOTÓP- ÉS FELÜLETKÉMIAI INTÉZET

Igazgató: Wojnárovits László
1121 Budapest Konkoly-Thege u. 29–33.
Telefon: 392-2222
Fax: 392-2533
Postai cím: 1525 Budapest Pf. 77
E-mail: wojn@alpha0.iki.kfki.hu
Honlap: <http://www.iki.kfki.hu>

Tudományos Tanács. Elnöke: Schay Zoltán
Kutatók száma: 59

az akadémikusok száma: 1
a tudomány doktorainak és az MTA doktorainak száma: 13
a kandidátusok száma: 13
a PhD-fokozattal rendelkezők száma: 7
a 35 év alatti kutatók száma: 18

TUDOMÁNYOS RÉSZLEGEK:

Felületkémiai és Katalizátorkutató Osztály, Katalízis- és
Nyomjelzéstechnikai Osztály, Nukleáris Kutatások Osztálya,
Sugárhatáskémiai Osztály, Spektroszkópiai Osztály,
Sugárbiztonsági Osztály

Az intézet megalakulása és működése

Magyarországon 1954-ben kezdődött meg a mesterséges radioaktív izotópok alkalmazása importált izotópokkal. Az alkalmazás néhány év alatt elérte a tudományos kutatás, az orvosi gyakorlat (diagnosztika és terápia) és a gazdaság (ipar és mezőgazdaság) területét.

Az izotópok importálásával és a felhasználókhoz történő eljuttatásával a Magyar Tudományos Akadémia Matematikai és Fizikai Osztályának Szaktitkárságán dolgozó fizikus, Veres Árpád foglalkozott. Vezetésével néhány év alatt egy kis csoport alakult ki, amely az Országos Onkológiai Intézetben működött az 1955-ben alakult Országos Atomenergia-bizottság (OAB), illetve annak Izotópalkalmazási Szakbizottsága felügyeletével (elnök: Straub F. Brunó akadémikus). A csoport teljes körű nyilvántartást vezetett az országba behozott izotópokról, amelyek importját – a felhasználási cél ismeretében – az Izotópalkalmazási Szakbizottság engedélyezte. Így megfelelő áttekintése is volt az országban folyó izotópalkalmazási tevékenységről.

Az Országos Atomenergia-bizottság vezetői az izotópok alkalmazását a műszaki haladás fontos eszközének tekintették, ezért a bizottság elnökségének 1959 júniusában elfogadott határozatával 1959. augusztus 1-jével megalakult az OAB *Izotópelosztó Intézete*. Az ezt létrehozó OAB-elnökségi határozat szerint az intézetnek a hazai izotópalkalmazás bázisává kell válnia: folytatni az ország ellátását izotópokkal, országos izotópnilyvántartást vezetni, támogatni az izotópok felhasználását, kapcsolatot tartani az egyes szakterületek bázislaboratóriumaival és kutatásokat végezni izotópok felhasználásával. Működésének kezdetekor az intézet létszáma 15 fő volt.

Az intézet igazgatói voltak: Tétényi Pál (alapító igazgató) 1959–70, 1975–77; Földiák Gábor 1970–75, 1987–91. (főigazgató); Veres Árpád 1977–91 (tudományos igazgató); 1977–86 (igazgató); Zsinka László 1992; Paál Zoltán 1993–98; Wojnárovits László 1998-tól.

Igazgatóhelyettesek: Veres Árpád 1959–77; Földiák Gábor 1963–70, 1975–79; Zsinka László 1977–91; Goldek Ferenc és Wojnárovits László 1993–98; Lázár Károly 1999-től.

Az intézet felügyeleti szerve 1959–66-ig az OAB, 1967-től a Magyar Tudományos Akadémia. Neve 1961-től az OAB, ill. 1966-ban az MTA Izotópkutató Intézetére változott, majd 1988-ban MTA Izotópkutató Intézetére változott.

1998-tól Izotóp- és Felületkémiai Intézet néven az MTA Kémiai Kutatóközpontja (KK) egyik intézményeként működik.

Eredeti feladatköre a következő volt:

- izotópforgalmazás és -nyilvántartás,
- izotópkalmazás elősegítése,
- kutatás izotópok alkalmazásával, illetve alkalmazásuk céljából.

E feladatok az 1960–70-es években jelentős mértékben bővültek az izotópkészítmények előállításával és izotóplaboratóriumok tervezésével. Az MTA felügyelete révén pedig az intézet kutatási tevékenysége iránt nőtt az igények. A tervezési feladatkör az 1970-es évek végén megszűnt. A hatósági feladatok végzését az MTA intézeteként is folytatta, ebben a tekintetben a felügyeletet továbbra is az OAB látta el. Az 1980-as években az intézet feladata lett a nukleáris fegyverek terjedését korlátozó nemzetközi egyezmény („atomsorompó egyezmény”) hazai végrehajtásával kapcsolatos tevékenység végzése, a nukleáris anyagok forgalmának ellenőrzése, nyilvántartása is, ugyancsak az OAB felügyelete alatt, a Nemzetközi Atomenergia-ügynökség- (NAÜ) ellenőrzések hazai teendőinek szervezése.

1993-tól az intézet közvetlen gazdasági célú tevékenysége nagy részének becsúsztatására kényszerült, miután az életbe lépett új rendelkezések értelmében költségvetési intézmények vállalkozói tevékenysége nem haladhatja meg az intézmény bevételeinek 30%-át. Ezzel megszűnt a hosszú évek alatt kiépült intézeti kutatási-fejlesztési vertikum.

1998-tól az intézet nem teljes körű felelőse a nukleáris anyagok ellenőrzésének: egy hazai nukleárisanyagkörzet-felelős teendőit látja el. Továbbra is végzi azonban a sugárzó anyagok nyilvántartásával, átadásának és szállításának engedélyezésével kapcsolatos hatósági tevékenységet.

Az intézetnek az 1960-as években kialakult szervezete a feladatoknak megfelelően:

- Szervetlen Kémiai Osztály: izotópok, zárt sugárforrások előállítása, izotópkémia.
- Szerves Kémiai Osztály: radioszármazékok és tríciummal jelzett vegyületek előállítása.
- Fizikai Kémiai Osztály: katalízis, sugárhatás-kémiai kutatások, sugártechnológia.

- Izotópkalmazási Osztály: ipari nukleáris elektronika, technológiai folyamatok vizsgálata izotópos nyomjelzéssel, radioaktív hulladékok kezelése és tárolása.
- Fizikai Osztály: magfizikai és sugárvédelmi kutatások, az intézet sugárvédelmi ellenőrzése, az intézet hatósági tevékenységét alátámasztó kutatások.

Kisebbségi változások mellett (mint a fentieknek többé-kevésbé megfelelő főosztályi szervezet, ezen belül működő irányonkénti tudományos osztályok) ez a szervezet maradt fenn az 1990-es évekig. Ekkor az izotóptermelés és -alkalmazás az intézetből kiváló Izotóp Intézet Kft. profiljába került (tulajdonosok: MTA, KKI, magántulajdonosok). Az izotópkereskedelem céljára már az 1980-as években létrehozott, az intézet leányvállalataként működő IZINTA is kft-vé alakult. (Tulajdonosok: KK, magántulajdonosok.)

Az intézet jelenlegi tudományos osztályai: Felületkémiai és Katalizátorkutató Osztály, Katalízis- és Nyomjelzéstechnikai Osztály, Spektroszkópiai Osztály, Sugárhatáskémiai Osztály, Nukleáris Kémiai Kutatások Osztálya, Sugárbiztonsági Osztály.

Tudományos kutatások

Az intézet létrejötte és működése szorosan kapcsolódott az atomenergia békés alkalmazásának az 1950-es években hazánk számára is megnyíló lehetőségeihez. 1955-ben az első, majd 1958-ban a második, az ENSZ égisze alatt megrendezett világkonferencia (International Conference on Peaceful Uses of Atomic Energy) áttekintette az alkalmazás összes lehetséges területét.

Az atomerőművek abban az időszakban még csecsemőkorukat élték, így a másodlagos alkalmazások, különösen az izotópok különböző célú felhasználása volt az elsődleges cél. A magyar sajátosságoknak megfelelően a gazdasági (főleg ipari) alkalmazás elősegítése volt hangsúlyos, amit az általános állami fejlesztési szemlélet mellett az is indokolt, hogy az orvosi alkalmazás az orvosok spontán kezdeményezőkézsége folytán gyorsan fejlődött külön segítség nélkül is.

A hazai atomerőmű létesítése miatt – az 1970-es évektől – az izotópkalmazásra kevesebb figyelmet fordítottak az állami szervek. Az intézet helyzetét hátrányosan befolyásolta az Országos Atomenergia-bizottság központi szerepének megrendülése. Ugyanakkor az intézetnek az MTA felügyelete alá helyezése, amely időben egybeesett több intézeti vezető doktori tudományos fokozatának megszerzésével, megnövelte az intézet tudományos orientációjának lehetőségeit, és megszabadította bizonyos fölösleges országos szervezési gondoktól.

Az atomerőművi programban az intézet – eltérő tevékenységi területe miatt – csak marginális szerepet játszott ugyan, de maga az erőmű léte az egzotikum-ból a valóságba vitte át a nukleáris kultúrát a szélesebb műszaki-gazdasági közvélemény szemében is. Ennek is köszönhetően az 1970-es években az izotóptechnika széleskörűen elterjedt, főleg az iparban. Hozzájárult ehhez a gazdaságossági szemlélet általános erősödése is ebben az időben. Egyúttal azonban a tudomány továbblépett az orvosbiológiai módszerek, az immunanalitika irányába. Ez a hagyományos orvosi izotópalkalmazás perspektíváinak szűkülésével járt, az intézet azonban képes volt a folyamathoz alkalmazkodni.

Az 1980-as években egyrészt az atomfegyverek elterjedésének megakadályozását célzó nemzetközi egyezmények révén előtérbe került a hatósági ellenőrző tevékenység – illetve az ehhez szükséges technikai feltételek – biztosítása, amelynek terén az intézet bizonyos tapasztalatokkal már rendelkezett. Másrészt, a csernobili baleset következtében, növekedett a szkepszis az atomenergia felhasználásával szemben (ehhez hozzájárulhatott a nyersolajok relatív csökkenésének megindulása – amit csak időnként szakított meg egy-egy esemény, mint pl. az iraki agresszió). Az ellenőrzési igényeket tovább növelte a Szovjetunió összeomlása, a nukleáris lefegyverzésre vonatkozó megállapodások, valamint a környezetvédelem igényeinek növekedése és az atomenergetika-ellenesség erősödése hazánkban is. Jelenleg az 1993 előtti nukleáris kapacitás nagyobb hányada az Izotóp Intézet Kft. keretében működik.

E körülmények között az intézet alapvetően az ellenőrzési technikák fejlesztésével, a természetes közegben lejátszódó izotópmigráció vizsgálatával, valamint a számottevő tartós radioaktivitást nem iniciáló prompt gamma-aktivációs analitika megvalósításával és alkalmazásával foglalkozik. Utóbbi természetesen a KFKI Atomenergia Kutatóintézetében működő atomreaktor berendezésein történik.

Gyakorlati kutatások

Az intézetben folyó kutatások az OAB-felügyelet időszakában főleg gyakorlat-orientáltak voltak. Központi feladatot képezett az izotópok előállítása a Csillebércei Kutatóreaktorban besugárzott célanyagokból. A legfontosabb izotópok előállítási technológiájának kidolgozása mintegy 5-6 év alatt befejeződött. Ez elsősorban komplexkémiai és elválasztástechnikai kutatásokat igényelt.

Az 1970-es évek végén az intézeti kutatás és fejlesztés az izotópos medicina nagy paradigmaváltását követve áttért a radioimmunológiai készletek (kitek) fejlesztésére, az 1990-es években pedig sikerült a legújabb izotópos terápiai igényeket is kielégíteni hazai készítményekkel.

Ugyancsak többszöri irányváltás jellemezte a szerves kémiai kutatásokat: a kezdeti, tríciummal és radioszénnel jelzett vegyület-előállítást követte a radiofoszforral és radioaktív kénnel jelzett vegyületek szintézismódszereinek fejlesztése, majd a molekuláris biológiai célú fejlesztés.

Ugyancsak gyakorlatorientált volt az ipari izotóppalkalmazási módszerek fejlesztése: izotópvezérlésű elektronikus mérő-szabályozó berendezések, ipari defektoszkópok, az ipari folyamatok izotóp-nyomjelzéses vizsgálata játszották a főszerepet az 1960-70-es, bizonyos mértékig még az 1980-as években is. Ezek az alkalmazások azonban mára nagyrészt elvesztették időszzerűségüket. Jelenleg a sugártechnikai alkalmazás főleg a többcélú ipari besugárzó berendezések, teleterápiás „kobaltágyuk” fejlesztését, készítését, üzembe helyezését igényli, továbbá igen egyszerű sugárzás-, illetve sugárdózismérőket.

Elméleti célú kutatások

A gyakorlat által vezérelt kutatások mellett az intézetben az 1960-as évek elejétől kifejezetten *elméleti célú kutatások* is indultak, amelyek az intézet akadémiai felügyelet alá kerülése után felerősödtek, a közvetlen gazdasági célú kutatások többségének a gazdasági társaság keretei közé kerülésével pedig az intézet alapvető tevékenységévé váltak. E kutatások fő irányait ismertetjük az alábbiakban.

Heterogén katalízis és felületkémia

Eredetileg a kutatások fő irányát a szénhidrogének fémkatalizált reakcióinak izotóp-nyomjelzéses mechanizmusvizsgálata képezte. Az 1970-es években a fémpor katalizátorokról a hordozós (alumínium-oxid, szilícium-oxid, zeolit) katalizátorokra tértek át, majd a reakciók köre bővült egyszénatomos vegyületek (metán, szén-monoxid), továbbá a kéntartalmú vegyületek átalakulásainak tanulmányozásával. A kutatások kiterjedtek a korszerű fizikai felületvizsgáló technikák (infravörös és elektronspektroszkópia) alkalmazásával a felületi adszpecieszek szerkezetének kutatására, a legutóbbi időben pedig speciális módszerekkel készített, jól definiált katalizátorrendszerek szintézisére és működésük atomi szintű megértésére, illetve befolyásolására irányultak.

Sugárhatás-kémia

A kutatások fókuszpontjában a kezdeti szakaszban a szénhidrogén-radiolízis állt, majd, miután az országban a korábban több helyen is folyó sugárkémiai kutatások nagyrészt megszűntek, az intézet vált e kutatások gyakorlatilag egyetlen hazai labo-

ratóriumává. Ezért a sugáriniciált polimerizáció, biopolimerekkel analóg hidrogének előállítása és cellulózanyagok sugárkezelése is a kutatások témakörébe került.

Nukleáris kutatások

A nukleáris diszciplínák művelése részben a gyakorlati tevékenységhez közvetlenül kapcsolódó nukleáris mérés technika (sugárintenzitás, sugárenergia) fejlesztésére, részben a gamma-sugárzással létrehozott magizomeria tanulmányozására irányult. Művelésük jelenleg is folyik, a tematika bővült a következő főbb irányokban:

- nukleáris hulladékok migrációja a talajban,
- nukleáris fűtőelemek hasadóanyag-tartalmának, kiegészi szintjének és hűtési idejének meghatározása,
- termo- (radio) lumineszcencia alkalmazása sugárdózisok mérésére,
- prompt gamma aktivációs analitika fejlesztése kémiai elemzések céljára.

Spektroszkópia

Az 1970-es évek elején – részben a felületkémi és katalízis-, részben a szerves kémiai kutatásokhoz kapcsolódva – indult az infravörös spektroszkópiára épülő kémiai szerkezetkutatás, amely az utóbbi évtizedben kibővült a környezetanalitikai módszerek fejlesztésével.

A kísérletes szerkezetvizsgálat mellett jelentős szerepet játszik az elméleti számításokra épített kutatás, különösen a sűrűség-funkcionálanálízis (DFT).

Kutatási koncepció

Az intézet kutatási koncepciója – távlataiban és rövid távon – a következő alapelvekre épül:

- a) Elsődleges igény az eredmények nemzetközi megmértetése és elismertése. Ez biztosítja a tematika és az alkalmazott módszerek korszerűségét, a megoldások színvonalát.
- b) A problémák zöménél többoldalú megközelítés, különböző módszerek alkalmazása érvényesüljön (fizikai, fiziko-kémiai, nukleáris, izotóp- és sugárkémi, felületkutatási, spektroszkópi).
- c) Az intézet két alapvető irányban folytatja kutatásait:
 - nukleáris és izotópkémia,
 - határfelületek szerkezete és katalitikus tulajdonságai.
 A témák kiválasztásánál és kidolgozásánál a kutatók törekszenek a két terület eszközeinek, egyes módszereinek alkalmazására.

d) A kutatások csatlakoznak a Kémiai Kutatóközpont következő fő kutatási irányaihoz:

- felületkémi és -katalízis,
- különböző módon aktivált kémiai folyamatok,
- polimerkémi és -fizika,
- környezeti és analitikai kémia,
- anyag- és molekulaszervezet,
- nukleáris kémia.

A rövid távú kutatási koncepciót az alábbiakban vázoljuk.

Nukleáris és izotópkutatás

1. Magfizika: új magspektroszkópai módszerek kidolgozása; magizomer gerjesztés gamma/gamma reakcióval.

2. Nukleáris elemanalitika: hideg neutronokkal végzett prompt gamma aktivációs analitikai módszerek fejlesztése; új spektroszkópi adatbázis létrehozása (NAÜ-együttműködés).

3. Nukleáris biztonság és sugárvédelem: új módszerek kidolgozása fűtőelemek dúsítási és kiegészi szintjének meghatározására. Nukleáris hulladékok karakterisztikus izotópjai talajban lejátszódó migrációjának vizsgálata.

4. Sugárhatás-kémia, sugárfizika, magkémia: nagy ionizáló sűrűségű részecskék nyomvonalában végbemenő fizikai és kémiai folyamatok vizsgálata; polimerek és biopolimerek kutatása; a szilárdtest-dozimetria fejlesztése; mikropórusos rendszerek vizsgálata az *in situ* Mössbauer-spektroszkópia módszerével.

Határfelületek szerkezete és katalitikus tulajdonságai

1. Felületek felépítése és szerkezeti tulajdonságai: katalizátorok határfelületének molekuláris szintű megértése, tudományos alapú tervezésük, a felületi reakcióképesség kiépítése.

2. Felület-szubsztrátum kölcsönhatás vizsgálata: különböző morfológiájú fémek (egykristályok, fólia, fémpor) adszorpciós képességének összehasonlítása, a felületi fém-szubsztrátum kölcsönhatás és a fémek katalitikus tulajdonságai közötti különbségek értelmezése felületkutatási módszerek által szolgáltatott adatok alapján. Az 1. és 2. pont alatt felsorolt kutatásokhoz alkalmazott módszerek: X-Ray Photoelectron Spectroscopy (XPS), Ultraviolet Photoelectron Spectroscopy (UPS), Transition Electron Microscopy (TEM), Scanning Tunneling Microscopy (STM), XRD, TPR, TPD, Auger Electron Spectroscopy (AES), elektronkilépési munkaváltozás (electron work function charge), szelektív kémiai szorpció.

3. Heterogén katalitikus reakciók vizsgálata: katalizátorok összetételének, fizikai és elektronállapotának, adszorpciós készségük és katalitikus tulajdonságaik

összefüggéseinek, a reagáló molekulák szerkezete és katalitikus reakcióképességük közötti kapcsolatok tanulmányozása. Katalitikus reakciók mechanizmusának vizsgálata izotópos nyomjelzéssel. Katalizátorok: kétfémes, fém-fémoxid, fémszulfid rendszerek. Főbb reakciók: C₁-átalakulások, telítetlen szénhidrogének hidrogénezése, telített szénhidrogének vázátrendezése, környezetvédelmi fontosságú reakciók: oxidáció, kén-nitrogén-oxid- (denox) és oxigénmentesítés.

Jelentősebb eredmények

Izotóptermelés

A szerves izotópvegyületek és zárt sugárforrások termelése 1961-ben egy ideiglenes laboratóriumban kezdődött el a Központi Fizikai Kutatóintézet (KFKI) Magkémiai Főosztálya által kidolgozott technológiák alapján. 1966-ban az intézet keretei között megkezdte működését az „A” szintű (tehát a legnagyobb radioaktivitású és radiotoxicitású sugárzó anyagokkal történő műveletekre alkalmas) izotóp-előállító üzem az akkori követelményeknek mindenben megfelelő színvonalon. Az 1970-es évben már 7750 izotóptételt szállított az intézet hazai és külföldi megrendelőknél.

Az 1960–70-es években az intézet munkatársai kidolgozták az akkor szükséges legfontosabb izotópok előállítási technológiáit. A technológiai fejlesztés azóta is folyamatos.

Így a nagy tömegű jód-, technécium- és más készítmények, irídium, kobalt és más sugárforrások előállítási módszereinek fokozatos fejlesztése mellett történt meg az áttérés az ismertetett további készítménytípusok (pld. immunoassay kiték) előállítási technológiájára.

A technológiai eljárások fejlődése szükségessé tette a berendezések fejlesztését is, különös tekintettel a termékek humán célú felhasználására. Az Izotóp-üzem épületében létrejött egy GLP (Good Laboratory Practice) minősítésű, steril preparátumok előállítására alkalmas laboratórium. Az Izotóp Intézet Kft. 1998-tól alkalmazza az ISO 9001 minőségbiztosítási rendszert.

Sugártechnika

A kutatások két β -sugárforrás segítségével indultak. 1968-ban az intézet üzembe helyezte a munkatársai által kifejlesztett, nagy 3PBq (80000 Ci) névleges aktivitású kobalt γ -besugárzó berendezést, amely alkalmas mind kutatási, mind fél-

üzemi besugárzásokra. Ezt követte a 4MeV-es lineáris elektrongyorsítóval üzemelő impulzusradiolízis-mérőlaboratórium létesítése 1985-ben. A számítógép vezérlésű berendezés 80–2600 ns időtartamú elektronimpulzusok előállítására alkalmas.

Katalízis-, felület- és szerkezetkutatás

A szokványos laboratóriumi adszorpciós és katalitikus vizsgálati módszerek, kromatográfiás és tömegspektrometriás termékelemzés mellett az izotópos nyomjelzés (deutérium, trícium, radioszén, radioaktív kén) alkalmazása az intézeti katalitikus kutatási technika egyik jellemző vonása. A deutérium és radioszén együttes alkalmazására épülő „kettős” jelzés módszere lehetővé tette a felületi köztí állapotok és az adszorpciós/deszorpciós egyensúly együttes tanulmányozására.

Az 1970-es évektől kezdődően az intézetben növekvő szerepet kaptak a sokrétű felületfizikai vizsgálati módszerek: elektron- (UPS, XPS, AES) és infravörös spektroszkópiai módszereket alkalmaztak mind a távoli, mind a közepes IR-tartományban. A Mössbauer-spektroszkópia segítségével pedig a hordozós (pl. zeolit) katalizátorok vas-, illetve ónatomjainak oxidációs és koordinációs viszonyait tanulmányozták.

A Fourier-transzformációs infravörös spektroszkópia módszerét a felületi szerkezetek mellett fémkomplexek szerkezetvizsgálata céljából is alkalmazzák.

Mind a felületi adszpecieszek, mind a komplexek szerkezetvizsgálata céljából kiterjedt kvantumkémiai számítások is folynak a sűrűségfüggvény-elméletre alapuló módszer segítségével.

Nukleáris mérés-technika

Az intézetben általában sikerült a nukleáris mérés-technika adott időszakban korszerűnek tekintett műszereit beszerezni mind a sugárintenzitás és -dózis-mérés, mind a sugárzási energiaszétválás mérése terén. Az intézeti tevékenység speciális igényeinek kielégítésére került sor egyedi fejlesztésekre, úgymint:

- alacsony háttérű mérések technikájának kidolgozása a magfotóeffektus mérése és módszerkénti alkalmazása céljából;
- sugárdózis-mérés, ezen belül kémiai dózis-mérés (alkoholos klórbenzolból radiolízis során képződő sósav mennyiségének meghatározása nagyfrekvenciás vezetőképesség-mérés útján, valamint termo [radio]lumineszcencia

jelenségén alapuló meghatározás). A kémiai módszer az amerikai szabványba is bekerült. A lumineszcenciás mérés előnye többek között, hogy extrém körülmények között is alkalmazható. E módszer megbízható voltát mutatja, hogy a NASA űrhajóin is felhasználták;

- lágy béta-sugárzó izotópok aktivitásának folyamatos mérése átáramlásos rendszerben radiogázkromatográfia-termékelemzés céljára.

A legjelentősebb eredmények:

1. Gamma-részecskékkel kiváltott magfotóeffektus kimutatása stabil atommagok 43 izomerjének fotoaktivációs gerjesztése útján és számos magfizikai adat kísérleti meghatározása. A módszert több területen is alkalmazzák (többek között asztrofizikai nukleoszintézis vizsgálata, gamma-lézerek fejlesztése, fém-érmék, numizmatikai tárgyak vizsgálata).

2. A molekulaszervezet meghatározó szerepének bizonyítása a szénhidrogének sugár bomlásában: kis különbségek a radiolízisnek kitett molekulák szerkezetében a bomlás irányát (termékeit) nagymértékben befolyásolják, annak ellenére, hogy a besugárzás energiája 5-6 nagyságrenddel meghaladja a kémiai (szén-szén, szén-hidrogén) kötések energiáját. E szerkezeti hatás a sugár bomlás kezdeti lépéseinél is fellép.

3. Kvantitatív emissziós mérésekre alkalmas emissziós-abszorpciós FTIR méréstechnikai (Fourier Transformation Infra Red Spectroscopy) módszer kidolgozása: a módszer lehetőséget ad hordozós fémkatalizátorok mellett elektrokatalizátorok és fém porok (kormok) esetében is kisfrekvenciás adszorbatum-szubsztrátum rezgések meghatározására.

4. Sűrűség-funkcionálmélet alkalmazásával és mátrixizolációs mérések segítségével számos új, eddig ismeretlen fém-ligandum rendszer (átmenetifém-komplex) azonosítása.

5. A katalitikus rendszer koncepciójának kidolgozása különböző szénhidrogének fémeken lejátszódó adszorpciója és átalakulási mechanizmusának izotópnymjelzéses felderítése és elemzése alapján. A koncepció értelmében a kémiai reakciók kinetikáját (azonos termodinamikai és sztöchiometriai feltételek mellett) megváltoztató katalitikus hatást a reagáló molekulák és a fémkatalizátor közötti kölcsönhatás eredményeképpen kialakuló *katalitikus rendszer* fejt ki. A reakciók irányát és sebességét a rendszer egészének természete, a fémkatalizátor és a reakciókomponensek jellege határozza meg.

6. A felület szerkezete (morfológia, elektronszerkezet, pl. vegyértéksáv) és reakcióképessége (aktivitás és szelektivitás) közötti összefüggés értelmezése a nanométer átmérőjű fémrészecskék felületének atomi szintű tanulmányozása alapján. A határfelület szerepének tisztázása többek között a zeolit üregeiben előállított kétfémes, a Si (100) felületén lézerablációval létrehozott Co-, Pt-,

Cu-, Ag-, Au-nanorészecskék által alkotott katalitikus rendszereknél, illetve amorf fémötvözetek katalitikus viselkedésénél a C₁ molekulák (CO és CH₄) átalakításában.

7. Szublimációs, majd kromatográfias eljárás kidolgozása a 99-es rendszámú metastabilis technécium elválasztására a 99-es rendszámú molibdéntől. Technéciumgenerátor kifejlesztése és technéciumjelzésre alkalmas szervspecifikus készletek (kitek) előállítási módszerének kidolgozása.

8. A molekuláris biológiai kutatás részére nagy fajlagos radioaktivitású nukleotidok teljes választéka szintézismódszereinek kidolgozása, különös tekintettel a 32 és 33 tömegszámú foszforral, 35 tömegszámú kénnel jelzett nukleotidokra, valamint a nem radioaktív Genefix termékcsalád kifejlesztése szelektív immobilizálás céljára, ami számos alkalmazást (jelzett egyszálú DNS/RNS-próbák, PCR-kvantifikálás, DNS/RNS-kötő fehérjék izolálása, egyszálú DNS előállítása stb.) tesz lehetővé. Az alkalmazási protokollok kidolgozása.

9. Radioimmunoassay kutatás keretében nagy hatékonyságú eljárások kidolgozása radiojódval jelzett nanomennyiségű vegyületek, pikomól, femtomól koncentrációjú bioaktív mediátorok elválasztása céljából. A megoszlási hánycsúcsra, illetve a sztöchiometrikus modell érvényességére építő eljárások alkalmazásának bizonyítása, továbbá prosztanoid, eikozanoidok szerepének tisztázása egyes élettani, biológiai folyamatokban (orvoskutatókkal közösen).

10. Prompt neutron-gammaaktivációs analitikai (PGAA) módszer bevezetése és továbbfejlesztése. Ehhez szükség volt: a) PGAA spektrum könyvtár létrehozására csaknem az összes kémiai elemre; b) a Hypermet PC spektrumanalizáló szoftver kifejlesztésére; c) alkalmazási módszerek kidolgozására, többek között ipari – nem radioaktív – nyomjelzéses vizsgálatokra, régészeti leletek összetételének, többkomponensű katalizátorok kémiai összetételének meghatározására.

A tudományos eredmények hasznosítása

Az intézetben folyó nukleáris kutatások túlnyomó többségének eredményei – mint az eddigi példák is mutatják –, a gyakorlatban hasznosultak.

A szervetlen kémiai, komplex kémiai és elválasztástechnikai kutatások gyakorlati eredménye az izotópkészítmények előállítása volt. Az intézet évtizedeken át kielégítette a hazai igényeket mindazokból a preparátumokból, amelyek előállítását a KFKI kutatóreaktorának kapacitása lehetővé tette. A reaktor rekonstrukciójának időtartama alatt is biztosította az ellátást a legfontosabb készítményekből importált radionuklidok feldolgozása útján. A hazai célú gyártás mellett – évről évre növekvő mértékben – sor került exportra is. Kiemelkedő eredmény

volt a technéciumgyártás licencének és termelési technológiájának exportja Finnországba. A szerves kémiai kutatások gyakorlati eredménye volt a nagyszámú radioszénnel és tríciummal jelzett szerves vegyület, majd a foszforral és radioaktív szénnel jelzett nukleotidok előállítása.

Az intézeti kutatások kiemelkedő eredményeit és egyúttal folyamatos gyakorlati alkalmazását reprezentálják a radioimmunoassay kitek, pajzsmirigyhormonok, szteroidok és prosztaglandinok. A radioizotópos jelzési technikán túlmenően sor került a fluorescens-immunoassay kitek kidolgozására és üzemszerű előállítására is. A kutatási és fejlesztési tevékenység ötvöződésének kiemelkedő példái, a jóddjelzett vegyületek kromatográfiája, az arachidonsav-metabolizmus biológiai szerepe és a radioimmunoassay elmélete terén elért eredmények, a több mint tíz szabadalom elnyerése és a nagyszámú készítmény folyamatos előállítása. E magas színvonalú kutatásnak, az ennek révén szerzett tudásnak köszönhető, hogy az intézet – illetőleg 1992 után az Izotóp Intézet Kft. – képes volt megtartani és dinamikusan növelni piacát a kelet-európai piac összeomlása után is: 1998-ban egyedül az immunoassay-preparátumok termelési értéke 207 millió forint – 74%-ban export – volt.

A kémiai és lumineszcens dozimetria széles körben elterjedt a gyakorlatban is. 1999-ben kezdődött meg például a paksi atomerőmű primerköri dózisviszonyainak „feltérképezése”. A sugárkémiai kutatások és az intézeti besugárzó-állomás létesítése terén szerzett tapasztalatok üzemszerű kobaltbesugárzó berendezések tervezését és létesítését tették lehetővé hazai és külföldi felhasználók számára, többek között Afganisztánban, Törökországban, Vietnamban, Romániában és Jordániában.

Az intézet elektronikai fejlesztéseinek eredményeként mintegy 3000 szint-, határérték-, vastagságmérő és egyéb ipari ellenőrző berendezés áll a kutatók rendelkezésére. A nukleáris kutatások eredményeinek nagy hányada az Izotóp Intézet Kft. keretében realizálódik jelenleg, az intézetben is folynak azonban – a már említett – gyakorlati felhasználást is eredményező kutatások (PGAA, dozimetria, anyagmozgás természetes közegben). Az intézeti magfizikai, radiokémiai kutatások eredményei és programozási tapasztalatai alkalmazhatók a nukleáris ellenőrzés módszereinek fejlesztésében és a hatósági ellenőrzés napi működésében. Az intézeti spektroszkópiai kutatások egy része nagy érzékenységgű környezet-analitikai módszerek kifejlesztésében hasznosult.

A kutatások gazdasági hatását az egész 40 éves időszakra nehéz megítélni. 1986–91 között az intézet átlagos évi bevétele vállalkozói tevékenységből 200 millió forint volt, akkori költségvetési támogatásának több mint kétszerese. A közvetlen termelési értékben, illetve az ún. intézeti eredményben kimutatható hatás a forint értékvesztése, a forint/dollár akkori időben irreális értékaránya

miatt 1999-ben használhatatlan. Legcélszerűbb az Izotóp Intézet Kft. jelenlegi adatai alapján érzékeltetni, hogy milyen mértékű tevékenységet alapozott meg az intézetben folyó kutatás: 1998-ban a kft. bevétele közel 1,5 milliárd Ft volt, melynek mintegy kétharmada exportból származott. Az eladott készítmények száma 80 000. Az export 53%-a az EU, 8% Kelet-Európa, 6% Amerika, 17% a Távol-Kelet, 16% a Közel-Kelet országaiba, összesen 37 országba irányult. A közvetlen gazdasági eredmény mellett figyelemre érdemes a közvetett nemzetgazdasági haszon, például a műszerek vagy a gamma-defektvizsgáló berendezések révén elért megtakarítás, valamint a gyógyászati célú felhasználás biztonsága is.

Az intézet helye a hazai tudományos életben

Az előző fejezetekben ismertetett izotópkémiai, nukleáris fizikai és termelőtevékenysége és hatósági feladatainak ellátása révén az intézet átfogó szerepet töltött be a magyar izotópkalkulációban. Az 1990-es években bekövetkezett szervezeti változások következtében ez a szerepe visszaszorult ugyan, de a nukleáris és sugárzó anyagok forgalmának ellenőrzésében, a teljes országos izotópnnyilvántartás vezetésében, a hatósági feladatok ellátásának technikai támogatásában ma is fontos szerepet játszik. Egyedi kutató- és tudományos szolgáltatómunkát folytat a nukleáris analitika terén. Gyakorlatilag ez az egyetlen hazai kutatóintézmény, amely sugárkémiai kutatásokat folytat. Több akadémiai doktori és kandidátusi értekezés készült e tudományterületen, a sugárhatás-kémiával foglalkozó akadémiai és kémikus egyesületi szervezetben fontos szerepet játszanak e laboratórium kutatói. Az intézetben működik az ország egyik legjelentősebb katalitikus és felületkémiai kutatóiskolája, amelyben 6 akadémiai doktori értekezés, 12 kandidátusi, illetve PhD-disszertáció, valamint nagyszámú egyetemi doktori értekezés készült. Az e területen dolgozó kutatók jelentős szerepet játszanak a Magyar Tudományos Akadémia Katalízis- és Szilárdtest-kémiai Munkabizottságaiban.

Az intézeti munkatársak tollából 1999 végéig több mint 3300 publikáció, közöttük 30 monográfia, könyv, könyvfejezet készült.

Külön említést érdemel három alapvető – intézeti munkatársak által írt – idegen nyelven is megjelent monográfia: *Az izotópok ipari alkalmazása* (szerkesztette és a 17 tagú szerzőcsoportot irányította Földiák Gábor), Földiák Gábor, Cserép György, György István, Rodek Magda, Wojnárovits László: *Szénhidrogének radiolízise* (magyar, angol, orosz; angol 1981), Rózsa Sándor: *Nukleáris mérések az iparban*, valamint *A kémia újabb eredményei* című akadémiai sorozatban megjelent nyolc kötet, továbbá több nemzetközi konferenciáról ké-

szült *Proceedings* és a *Studies in Surface Science and Catalysis* sorozatban megjelent több monográfia szerkesztése.

Az intézet kutatói aktív szerepet játszanak a hazai tudományos közéletben: 36 akadémiai bizottsági, illetve munkabizottsági tagságot töltenek be a Kémiai, illetve Fizikai Tudományok Osztálya mellett működő bizottságokban, ketten az MTA Közgyűlése által választott bizottságok tagjai. Az intézetben az MTA 1 rendes tagja és 1 közgyűlési doktor-képviselő, a Magyar Mérnökakadémiának 2 tagja dolgozik, egyéb hazai tudományos testületekben 9 helyet foglalnak el intézeti munkatársak. Jelentős mértékű az intézeti kutatók részvétele az MTA Fizikai-Kémiai, Radio-kémiai Bizottságában, valamint a Katalízis-munkabizottságban.

A kutatók közül Állami Díjban részesült Gucci László (1983), Paál Zoltán (1983), Tétényi Pál (1983), Akadémiai Díjban Tétényi Pál (1967).

Akadémiai Ifjúsági Díjat kapott Matusek Károly (1967), Böszörményi László (1985), Zsoldos Zoltán (1987), Kisfaludy Gábor (1988), Hoffer Tamás (1991) Zsoldos Zoltán (1992), Pápai Imre (1996). A Magyar Köztársasági Érdemrend tisztí keresztiét Gucci László (1993) nyerte el.

Az intézet kutatói a következő külföldi elismerésekben részesültek: American Standards of Testing of Materials (plaket): Kovács András (1995), Digilab Users Award, Düsseldorf: Mink János (1982), Alexander von Humboldt Research Award: Mink János (1994), Award of the Friedrich-Emich Medal of the Austrian Society of Analytical Chemistry: Mink János (1995), Tétényi Pál pedig a Királyi (Svéd) Mérnöktudományi Akadémia külső tagja (1987).

Intézeti munkatárs az *Applied Catalysis* folyóirat egyik szerkesztője, és további 9 szerkesztőbizottsági helyet töltenek be az intézeti munkatársak nemzetközi vagy külföldi folyóiratok szerkesztőbizottságaiban.

Az intézetben a Veszprémi Egyetem három kihelyezett tanszéke működik, 1 tanszékvezető egyetemi tanár, 1 egyetemi tanár és 8 c. egyetemi tanár, illetve egyetemi magántanár dolgozik. Általában 10-15 kutató végez rendszeres oktatási tevékenységet.

Egyetemi címekkel rendelkeznek a következő kutatók: Gucci László (egyetemi magántanár, BME, címzetes egyetemi tanár, JATE), Földiák Gábor (egyetemi tanár, BME), Mink János (egyetemi tanár, tanszékvezető, Veszprémi Egyetem [VE]), Molnár Gábor (címzetes egyetemi tanár, VE), Paál Zoltán (egyetemi magántanár, BME, címzetes egyetemi tanár, VE, címzetes egyetemi tanár, JATE), Schay Zoltán (egyetemi magántanár, BME), Tétényi Pál (címzetes egyetemi tanár, JATE), Veres Árpád (címzetes egyetemi tanár, ELTE), Wojnárovits László (címzetes egyetemi tanár, VE).

Az intézetben folyamatosan mintegy 8-10 fiatal kutató dolgozik PhD-értékezésén. Az itt dolgozó 13 MTA doktora fokozattal, 20 kandidátusi, illetve

PhD-fokozattal rendelkező kutató túlnyomó többsége a tudományos fokozatot az intézetben szerezte. Többen vesznek részt egyetemi doktori tanácsokban a habilitációs értékelésekben, egy intézeti munkatárs az Országos Doktori és Habilitációs Tanács tagja.

Nemzetközi kapcsolatok

Az intézet rendszeres kapcsolatot tart fenn a bécsi székhelyű Nemzetközi Atomenergia-ügynökséggel. Ez kiterjed egyes intézeti munkák támogatására, a kutatók szakértői közreműködésére, az ügynökség megbízásából végzett konkrét fejlesztési munkákra. Az intézet több-kevesebb rendszerességgel szervez nemzetközi dozimetriai tanfolyamokat az ügynökség megbízásából.

Az intézet az 1990-es években mintegy 40 nemzetközi kutatási együttműködésben vett részt, így többek között European Cooperation in the Field Scientific and Technical Research (COST), Magyar–Amerikai Kutatási Alap (MAKA), Pays Européenne Central et Oriental (PECO) programokban, és több sokoldalú (többek között egy COST-program) vezetője.

Jelentős szerepet tölt be nemzetközi tudományos összejövetelek szervezésében. Példaképpen említhetők a rendszeresen ismétlődő „Tihany” Sugárhatáskémiai Szimpóziumok, a „Pannónia” Közép-európai Katalízis Szimpózium, a Magyar–Osztrák Vibrációs Spektroszkópiái Szimpóziumok, a több mint 1000 résztvevővel 1992-ben rendezett 10. Nemzetközi Katalízis Kongresszus. 1995–99-ben az intézet 9 nemzetközi tudományos konferenciát (szimpóziumot) rendezett, összesen mintegy 1800 résztvevővel. Kutatói rendszeresen vesznek részt meghívott, illetve plenáris előadóként rangos nemzetközi konferenciákon. Rendszeresen tartanak informális előadásokat is külföldi kutatóhelyeken. Az intézetet jelentős számban keresik fel látogatók. Évi 15–20 előadást tartanak itt ismert külföldi tudósok.

★

Az elsődlegesen gyakorlati célokkal kis csoportból létrehozott intézet (1959) mintegy 10 év alatt képes volt mind a gyakorlati feladatok megoldására, mind a legfontosabb egyedi laboratóriumok, berendezések létesítésére, mind megfelelő tudományos színvonalat képviselő kapacitás kiépítésére. Ebben különböző okok játszottak szerepet, különösen:

- a szakterület felívelő pályája,
- a jelentős külső támogatás,

- a munkatársak rendkívül fiatal volta, az intézet tevékenységének kezdeti időszakában és az 1980-as évekig folyamatos „feltöltődés” fiatal kutatókkal,
- az a körülmény, hogy a munkatársak a kezdeti időszakban különböző munkahelyekről, akadémiai és ipari kutatóintézetekből, valamint vállalatoktól kerültek az intézetbe.

Az intézet évtizedeken át sikeresen ötvözte a gyakorlati feladatok teljesítését az igényes kutatómunkával. A tapasztalatok azt mutatják, hogy a tudományos kutatás és a fejlesztő-termelő tevékenység egy szervezetbe tömörülése mindkét tevékenység eredményességére pozitív hatású, olyan esetben is, amikor a kutató-tevékenység nem közvetlenül kapcsolódik tematikailag a fejlesztéshez és a termeléshez. A fejlesztő- és termelőtevékenység feltétlenül igényelt közvetlen tudományos háttérrel is, az ilyen szakági vertikum létrehozása elengedhetetlen feltétele volt a termékek versenyképességének. Ez különösen az 1990-es években bizonyosodott be: az intézet, 1993-tól a kft., képes volt helytállni rendkívül nehéz körülmények között, éles versenyben a hazai és a nemzetközi piacokon is, a kelet-európai piacok összeomlása ellenére. Ehhez szükség volt arra is, hogy a vállalati formában is folytatódjék a kutatás és fejlesztés.

Az intézeti eredményesség további lényeges eleme a rugalmas alkalmazkodás mind a tudományos, mind gyakorlati tevékenységben a változó trendekhez. Ennek feltétele volt a széles körű, jól kiépített hazai és nemzetközi tudományos, műszaki és gazdasági kapcsolatrendszer.

A tapasztalat azonban azt is megmutatta, hogy a kutatóintézeti forma és mentalitás egy szinten már túlhaladottá vált a vállalkozási tevékenység számára, ezt bizonyítja, hogy 6 év alatt a vállalkozási formában a bevételek reálértékben az 1993. évinek mintegy háromszorosára nőttek.

A kutatótevékenység is új formába került az Akadémia intézethálózatának konszolidációja keretében: az intézet a Kémiai Kutatóközpont egyik intézményeként folytatja tevékenységét 1998 óta. Ebben a döntésben az Akadémiát szorító külső körülmények mellett bizonyos szerepet játszott az a tény is, hogy a kft. kiválását követő néhány év alatt az intézet még nem tudta teljesen kialakítani az új helyzetnek megfelelő markáns, sajátos, egységes kutatási profilt.