



IZOTÓPKUTATÓ INTÉZET MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA

1121 Budapest, XII, Konkoly Thege Miklós út 29-33. Levélcím: 1525 Budapest, Pf.77.

telefon: (1) 392-2531
e-mail: wojn@iki.kfki.hu

telefax: (1) 392-2533
honlap: www.iki.kfki.hu

dr. Wojnárovits László igazgató

Beszámoló a 2008. évi tudományos tevékenységről

I. A kutatóhely fő feladatai a beszámolási évben

Az intézet 2008. évi terve az elvégzendő feladatokat az Alapító Okiratban megjelölt alaptevékenységek fő irányai szerint négy csoportba sorolta.

A nukleáris analitikai módszerek alkalmazása és fejlesztése terén elsősorban a prompt gamma aktivációs analízis (PGAA) módszerének fejlesztése, alkalmazási körének bővítése és művelése volt a kijelölt feladat, valamint a Mössbauer-spektroszkópia mérési módszerének továbbfejlesztése és alkalmazása.

A nukleáris anyagok és izotópjaik kimutatása és mennyiségeik meghatározása terén is elsősorban a mérési módszerek továbbfejlesztése, érzékenyséjük növelése volt a kitűzött feladat. Ez a munka szorosan kapcsolódik a nemzetközi nukleáris biztosítéki rendszer hazai megvalósítása feltételeinek biztosításához.

A sugárzások hatásainak vizsgálata, dozimetria terén egyrészt polimerizációkinetikai vizsgálatok végzése, kompozit polimerek tulajdonságainak javítása, valamint peszticid molekulák sugárzás hatására történő bomlásának vizsgálata, másrészt dozimetriai célra használható új anyagok előállítása és vizsgálata, továbbá a módszer új (nukleáris biztosítéki) alkalmazási lehetőségének felderítése volt a kijelölt tevékenység.

A katalizátorok és katalitikus folyamatok vizsgálata terén a régebben folyó eredményes kutatások folytatása volt a cél, így a fém/fém-oxid hatások tanulmányozása aranykatalizátorokon, PROX és kétfémes (módosított) katalizátorok jellemzése és katalitikus tesztelése, az eredmények értelmezése.

Folyamatos, az intézet Alapító Okiratában rögzített feladat a szakhatóságok (Országos Atomenergia Hivatal) számára végzett szakértői tevékenység, mely esetenként meghatározott célfeladatok teljesítését, az országos sugárzóanyag- és nukleáris anyag-nyilvántartás működtetését, ill. az ellenőrző módszerek fejlesztését jelenti. E területen fontos feladat volt a paksi erőmű 2003-as üzemzavara során megsérült, újratokozott üzemanyaga nukleáris anyagtartalmának meghatározása, amely munka 2008-ban fejeződött be.

II. Az év folyamán elért kiemelkedő tudományos és más jellegű eredmények, azok gazdasági-társadalmi haszna

2008-ban elért *különösen kiemelkedő eredményként* egy, az alapkutatás, és egy, a módszerfejlesztés terén elért eredmény jelölhető meg (erről a két eredményről készült külön ismertetés is).

- Az alapkutatási eredményt a Pd katalizátorok felületközeli rétegeiben reakciók közben lejátszódó szerkezeti változások és a reakciók kapcsolatának vizsgálatában érték el. Kimutatták, hogy a Pd katalizátorok attól függően hidrogéneznak szelektíven, vagy kevésbé szelektíven telítetlen hármaskötéseket, hogy a felületközeli rétegekbe kis mennyiségű szén, vagy hidrogén épült be. Az eredményeket a berlini Fritz-Haber Institut kutatóival közösen érték el. A vonatkozó méréseket *in operando* körülmények között, szinkrotronos gerjesztésű, „nagy” (1 torr) nyomású XPS készülékben (BESSY, Berlin), ill. speciális kialakítású PGAA mérőcellában, valamint katalitikus cirkulációs reaktorban végezték (IKI). Az eredményekről több közleményben, köztük egy Science publikációban számoltak be.
- A módszerfejlesztési eredményt ismeretlen eredetű nukleáris minták karakterizálása terén érték el. A hagyományos roncsolásos ICP-MS módszereket továbbfejlesztve új, a nukleáris törvényszéki analitikában eddig nem alkalmazott kvázi-roncsolásmentes, lézerablációs (LA-ICP-MS) módszereket dolgoztak ki lefoglalt urán-oxid üzemanyag tabletták izotóp-összetételének és gyártási idejének meghatározására, amelyek lényegesen gyorsabbak az eddig elterjedten használt roncsolásos tömegspektrometriai eljárásoknál. A módszer nagy előnye, hogy a vizsgálathoz nem szükséges a minta roncsolása, ami törvényszéki minták esetén döntő jelentőségű. A kifejlesztett módszer segítségével meghatározható lefoglalt hasadóanyagok eredete, gyártási helye. Az eljárás alkalmazása segíti a nukleáris anyagok illegális forgalma elleni küzdelmet, növeli a nukleáris biztonságot. A módszer továbbfejleszthető mikrométer méretű szennyezések nukleáris törvényszéki vizsgálatához. A módszerek alkalmazhatóságát bemutatták egy korábban lefoglalt, 4,4 %-os dúsítású reaktor-fűtőelem tabletták teljeskörű karakterizálása során, melyet az említett ICP-MS, valamint gamma-spektroszkópiás módszerrel végeztek.

Az intézet tevékenysége 2008-ban is, hasonlóan az azt megelőző két-három évhez, két fő karakterisztikus irányban tovább erősödött és válik egyre inkább jellemzővé:

- A *hideg neutronos prompt gamma aktivációs analízis (PGAA) mérési módszer továbbfejlesztése, alkalmazási lehetőségeinek szélesítése*. Ez jól tükröződik abban is, hogy a Budapesti Neutron Centrum keretében működő PGAA mérőhely mérési kapacitása kb. 1/3-a különböző hosszabb távú többoldalú EU-s projektek számára előre le van kötve és a tervezett munkák a projektek szerves részeit képezik.
- A *nukleáris anyagok kimutatási módszereinek továbbfejlesztése*. Ez a tevékenység két fő mérési módszerre épül, a nagyérzékenységű, lézer ablációs ICP-MS, valamint alacsony háttérű gamma-spektroszkópiás módszerek továbbfejlesztésére, alkalmazási módszereik szélesítésére. Az utóbbi tevékenység az egyik azok közül, amelyek az Országos Atomenergia Hivatal részére végzett intézeti szakmai háttértevékenységet megalapozzák.

A jelentősebb további eredmények ismertetése a bevezető, I. részben felsorolt tématerületek szerint csoportosítva következik.

A nukleáris analitikai módszerek továbbfejlesztése és alkalmazása terén

- A PGAA módszerét *továbbfejlesztették*, és az alábbi *magfizikai és nukleáris analitikai* vizsgálatokban alkalmazták
- = Hideg neutronnyalámban mérték a Ni, Ru, Zn, Pt, Rh, Mg, Hg, K, Sb, Bi, Mo, Li, In, Sc, Sr, Te, Ta, P, Zr, Rb, F, Fe, Na elemek sugárzási spektrumait, valamint a V és Se bomlási csúcsainak mérését nyalábszagatásos módszerrel standardizálták,

- = Meghatározták Fe-54 és U-235 izotópok neutronbefogási hatáskeresztmetszeteit, az utóbbi izotópnál a hasadási neutronok szögeloszlását, továbbá a Ru-101 izotóp befogási gammasugárzását.
- A PGAA módszerét sikerrel alkalmazták *archeometriai* vizsgálatokban:
 - = Csiszolt kőeszközök és szerszámkövek, obszidián és radiolarit pattintott kőeszközök, mezopotámiai hematit pecsétnyomók, egyiptomi piramis mészkő építőanyagának, valamint vörsi kerámiák nyersanyaglelőhelyeinek azonosítására
 - = Középkori angol sírfeliratok bronz betűinek összetétel meghatározására,
 - = Foszfor mennyiségi meghatározására 7. századi vas kardok anyagában a készítés technológiájának felderítésére.
- A PGAA módszerét *geológiai* vizsgálatokban is eredményesen alkalmazták:
 - = Vulkáni, üledékes és metamorf kőzetminták (sziléziai, új-zélandi, és argentin eredetű bazalt, mátrai andezit, grano- és mikrodiorit, lösz, xenolit, lamprophire stb.) elemi összetételének meghatározására,
 - = Kondrit meteoritok és gyémántok elemi összetételének vizsgálatára, forrásaik azonosítására.
- A PGAA módszerét *anyagtudományi* vizsgálatokban is alkalmazták katalizátorok (Ni-P-S, Au/CeO₂, Au/TiO₂, Pd(Ga), Pt black) pontos összetételének meghatározására, nyomelemek (pl. 100 ppm urán) kimutatására, bronz és dohány sztenderdek, valamint környezeti minták (fakéreg, hamu) elemzésére.
- A NIPS (Neutron Indukált Prompt gamma Spektroszkópiás) berendezéssel tokozott urán, valamint régészeti mintáknál germán eredetű övcsat és korong fibula neutron radiográfias mérését végezték el, nagytisztaságú Au, In, Gd, Dy lemezek neutronabszorpcióját határozták meg.
- A Mössbauer-spektroszkópia módszerét alkalmazva
 - = ferriszilikát katalizátorokon végzett *in situ* mérésekkel megállapították, hogy kisebb hőmérsékleten (< 300 °C) a dinitrogén oxid bontásában a kisebb oxidációs fokú Fe²⁺ állapot stabilis, míg nagyobb hőmérsékleten (< 400 °C) vegyes Fe²⁺-O-Fe³⁺ centrumok is katalizálhatják a reakciót.
 - = megállapították, hogy a Bodai Agyagkőzet mállási folyamatai a réteg felső 10 m-es zónájában játszódnak le, és jól követhetők a rétegszilikát ásványokban a Fe²⁺/Fe³⁺ arány változásának mérésével.

A nukleáris analitikai módszerek alkalmazásával és továbbfejlesztésével az intézet tíz kutatója foglalkozik, a becsült munkaidőráfordítás 8 kutatóév, az összes ráfordítás 86 MFt, ebből pályázati forrás 44 MFt.

Nukleáris anyagok és izotópjaik kimutatása, mennyiségeik meghatározása terén

- Gamma spektrometriai és neutron mérési módszerek továbbfejlesztése során
- = Nagy neutronhozamú források gyorsabb és pontosabb mérésére módszert dolgoztak ki a digitális holtidő csökkentésével. Sokcsatornás készüléket fejlesztettek ki a neutron-koincidencia mérési eredmények ún. lista módú rögzítéséhez. A rögzített impulzussorozatok visszajátszásához a NAÜ támogatói programja keretében készült egy visszajátszó készülék, mellyel a valódi mérés szimulálható, és mérési gyakorlatoknál, oktatási céllal szemléltetésként alkalmazható.

= Meghatározták a sérült nukleáris üzemanyagot tartalmazó 72 db tok hasadóanyag-tartalmát (U-235, össz-U, Pu). Szoftvert fejlesztettek ki a paksi újratokozott sérült üzemanyag-mérésekből származó, kb. 35 ezer adatállományból álló adathalmaz kezelésére. A szoftvert eredményesen alkalmazták a sérült nukleáris üzemanyagot tartalmazó tokok hasadóanyag-tartalmának meghatározását célzó mérések kiértékelésénél a Paksi Atomerőműben. Az ennek alapján készült nukleáris-anyag készletváltozási jelentést a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (NAÜ) elfogadta. A Paksi Atomerőmű sérült üzemanyagát tartalmazó tokok hasadóanyag-tartalmának meghatározása szakmailag úttörő jellegű, nagyvolumenű és gazdasági kihatásaiban is jelentős munka volt, melyet érvényben levő nemzetközi (atomsorompó) szerződés teljesítése miatt kellett elvégezni.

= Periódikusan ki-bekapcsolható, impulzus-üzemű izotópos neutronforrás fejlesztéséhez módszert dolgoztak ki Am-241 alfa-forrás felvitelére elektrolizálással az elkészült kísérleti berendezés lemezeire.

A *gamma- és neutronspektroszkópai vizsgálatokkal 7 fő intézeti kollektíva foglalkozik, a felsorolt eredményeket 5 kutatóév munkával érték el. Az intézeti ráfordítás kb. 105 MFt volt, ebből 25 MFt a pályázati ráfordítás.*

- Környezeti ill. biztosítéki egyezmény keretében vett minták elemzésére alkalmas módszerek fejlesztése terén a környezetben igen kis mennyiségben előforduló urán és transzurán elemek (plutónium és amerícium) meghatározására alkalmas módszereket dolgoztak ki. A kifejlesztett ICP-MS detektáláson alapuló eljárásokkal a vizsgált elemek és izotópjaik az általánosan használt radioanalitikai módszereknel gyorsabban és alacsonyabb kimutatási határral határozhatók meg. A kifejlesztett módszerekhez kapcsolódó modelleket dolgoztak ki, amelyekkel megbecsülhető a transzurán-szennyezés eredete és kibocsátási ideje. Az eljárásokkal megadható a környezeti mintákban levő szennyezés típusa (például reaktor-eredetű vagy atomfegyver-kísérletből származó kibocsátás) és ezek részaránya, illetve lehetőség van a kibocsátási idő becslése révén az eredet pontos felderítésére (például egy esetleges új keletű kibocsátás megkülönböztetésére a korábbi szennyezésektől). A kidolgozott módszereknek kiemelt jelentősége van a hazai környezeti és nukleáris biztonsági ellenőrzésben, valamint a nem-deklarált nukleáris tevékenységek felderítésében.

A *nagyérzékenységű ICP-MS vizsgálatokkal az intézet öt kutatója foglalkozik, a (bevezető részben is) felsorolt eredményeket 3 kutatóév munkával érték el. Az intézeti ráfordítás 50 MFt, ebből 25 MFt a pályázati forrás.*

- a Bodai Aleurolit Formációból származó kőzetmintákon hosszú felezési idejű radioizotópot tartalmazó anionos specieszekkel ($^{99}\text{TcO}_4^-$, $\text{H}^{14}\text{CO}_3^-$) és triciált vízzel (HTO) végeztek izotópmigrációs vizsgálatokat. Megállapították, hogy a kőzet ásványi összetételének kisebb eltérései nem befolyásolják jelentősen az anionos specieszek migrációját. Kimutatták, hogy a víz öndiffúziója a kőzetmintákban kb. egy nagyságrenddel gyorsabb, mint az anionos formájú specieszeké. A vizsgálatoknak a kiégett atomerőművi fűtőelemek végleges elhelyezési helyének kiválasztásával kapcsolatban van gyakorlati jelentősége.

Izotópmigrációs vizsgálatokkal az intézet három kutatója foglalkozik, a felsorolt eredményeket 1 kutatóév munkával érték el. Az intézeti ráfordítás 12 MFt, ebből pályázati forrás 6 MFt.

Sugárzások hatásai vizsgálata, dozimetria terén

- Sugárzások hatásainak vizsgálata során

= A polimerizáció kinetikai vizsgálatok területén lezárták a maleinsav és fumársav reakciójának vizsgálatát elektrofil gyökökkel, az eredményekről közleményt jelentettek meg.

= A cellulóz polimer kompatibilitásának javítása céljából 2-etil-hexil-metakrilát (EHMA), illetve 2-etil-hexil-akrilát (EHA) monomert ojtottak pamut cellulózra és cellulóz linterre (rövid szálú cellulóz). Az egyidejű ojtás módszerét alkalmazva mindkét monomer esetében (metanolos oldatban) azt tapasztalták, hogy az ojtási hatékonyság a dózissal lineárisan nőtt a 2 – 40 kGy dózistartományban. A maximális ojtási hatékonyság ~140% volt EHMA és ~103% EHA esetében (40 kGy dózist alkalmazva). A minták vízfelevező képessége 40% ojtási hatékonyságig csökkent, ezután nem változott. Az ojtott cellulóz linterrel polipropilén kompozit próbatestek készültek, amelyekről SEM felvételek, valamint szakító vizsgálatok alapján megállapították, hogy a cellulóz polimer kompatibilitását az ojtás jelentősen javította.

= A nagyenergiájú sugárzással történő szennyvízkezelés témakörben az Acid Red 1 színezék vizes oldata sugárzásos elbontásának kinetikai vizsgálatát végezték. Megállapították, hogy ellentétben a korábbi elképzelésekkel, a szuperoxid gyökion és perhidroxil gyök – bár viszonylag kis mértékben – de hozzájárul a lebontáshoz. A munka alapján publikáció készült.

A sugárzások hatásaival kapcsolatos kutatásokkal az intézet öt kutatója foglalkozik. A felsorolt eredményeket 3 kutatóév munkával érték el. Az intézeti ráfordítás 30 MFt volt, ebből 10 MFt a pályázati forrás.

- Dozimetriai vizsgálatok során

= Megvizsgálták az újonnan szintetizált európiummal aktivált bárium tetraborát kétféle struktúrájú (amorf és polikristályos) alakjának optikai abszorpciós, és fotolumineszcencia tulajdonságait, ezeknek az aktivátor koncentrációjától való függését. Megállapították, hogy mindkét szerkezetbe Eu^{3+} - ként épült be az aktivátor. Továbbá meghatározták különféle aktivátorokkal (Cu, Eu) szennyezett litium tetraborát mintákban a csapdába fogódás hatásfokát relatív RL-TL hozam mérésével. Megállapították, hogy e hatásfok az aktivátor anyagától jelentősen, míg adott aktivátor esetén annak koncentrációjától kevésbé függ. Különböző összetételű $\text{CaSO}_4:\text{Tm,Cu}$ minták vizsgálata során megmérték a csapdába fogódás hatásfokát. Ennek alapján javaslatot tettek új Tm-Cu arányú, valószínűleg még kedvezőbb dozimetria tulajdonságú anyag elkészítésére.

= Folytatták a KFKI telephelyi *környezeti dozimetriai* vizsgálatokat TL doziméterek alkalmazásával. A szabadban mért dózisteljesítmények a telephely egy pontján sem haladták meg az átlagos természetes háttér értékét (mindenütt 2 $\mu\text{Gy/h}$ alattiak a mért értékek). Az eredmények célszerűen felhasználhatók lakossági tájékoztatásra is.

= *Retrospektív dozimetria illicit és safeguards célú alkalmazási lehetőségeit* bemutató tanulmányt készítettek. Az *alkalmazás lehetősége azon alapszik, hogy a* környezetben megtalálható egyszerű tárgyak általában tartalmaznak olyan összetevőket, amelyek természetes dózismérőként viselkednek. A retrospektív dozimetriai módszerek alkalmazásával nyomon lehet követni a sugárzó/nukleáris anyagok illegális forgalmát, bizonyítani lehet az esetleges illegális tárolás tényét, amely segíthet az atomenergia biztonságos alkalmazásának hatásági ellenőrzésében.

= *Sugártechnológiai dozimetriai kutatások során* kidolgozták a korábban kifejlesztett, elektrongyorsító berendezések elektron energiájának meghatározására szolgáló eszköz

gyakorlati alkalmazási körülményeit ipari nagyenergiájú berendezéseknél, továbbá OSL alapú Sunna doziméter film alacsony hőmérsékleti-, és egyéb különféle alapanyagok OSL alkalmazhatósági körülményeit határozták meg.

A dozimetriával kapcsolatos kutatásokkal négy intézeti kutató foglalkozik. A becsült munkaidő ráfordítás 2 kutatóév. Az intézeti ráfordítás 22 MFt volt, ebből pályázati támogatás 6 MFt.

Katalizátorok és katalitikus folyamatok vizsgálata terén

- Különböző vastagságú (0.12-1.5 nm) Pd héjat szintetizáltak 5 nm-es Au magra. A Pd héj epitaxiális növesztése növelte az (111) lapok távolságát a Pd héjban, s az Au-ra jellemző d(111) értékeket észlelték. A hordozós Pd-Au/SiO₂ katalizátoron a Pd héj vastagságának csökkentése növelte az acetilén hidrogénezésének sebességét. Optimális aktivitást és szelektivitást a 68-80 at% Pd-ot tartalmazó homogenizált szemcséken kaptak.
- Különböző módon készített Au/TiO₂, Au/SiO₂ és Au/Fe₂O₃ katalizátorokon nyomnyi (0.11%, 0.11 kPa) acetilén hidrogénezését vizsgálták. Az Au katalizátorok lényegesen kisebb aktivitást mutattak mint a Pd tartalmúak, viszont az előbbieken még nagy hidrogén feleslegben is (H₂/C₂H₂=140, T<473 K) az etilén képződés szelektivitása ≈100%. Az Au katalizátorok önmérgeződése a felületi hidrogén kis koncentrációjával értelmezhető.
- Különböző módon előállított TiO₂-vel promoteált mezopórusos szilikát hordozós aranykatalizátorok eltérő CO oxidációs aktivitását értelmezték a zéta potenciálok mérése alapján az egyes preparálásokban különböző elektrosztatikus kölcsönhatások miatt eltérő nagyságú aktív Au/TiO₂ határfelület kialakulásával. E kölcsönhatások kontrollálásával preferáltan alakítottak ki Au/CeO₂ és Au/MnO_x határfelületeket mezopórusos SBA-15 hordozón. CeO₂-dal történt promoteálás esetén nagyobb aktivitást értek el, mint a CeO₂ hordozós rendszerrel. Míg a CO oxidációban a promoteált Au/SBA-15 aktivitása a promotortól függően a CeO₂>TiO₂>MnO_x>promoteálatlan irányban csökken, addig a propén teljes oxidációjában, amely az illékony szerves anyagok teljes égetésének egy modell reakciója, az aktivitás sorrend eltérő: MnO_x≈CeO₂>TiO₂≈promoteálatlan.
- Au kolloidból Au nanorészecskék sík hordozóra történő kontrollált rögzítésének kidolgozását kezdték meg későbbi szenzorikai alkalmazások céljából. Negatív felületi töltésű Au nanorészecskéket sikerült aminopropil -trimetoxi-szilánnal felületkezelt üveglemezre helyezni túlnyomórészt monoréteges szigetekbe rendeződve, de nem teljes borítottsággal.
- Lézeres ablációs (PLD) és magnetronos porlasztás módszerekkel kialakított CeO₂/Au/SiO₂/Si(100) modell rendszerekben az XPS vizsgálatok szerint a különböző vastagságú CeO₂ rétegek, még a legvékonyabb is teljesen befedi az arany felszínt, az arany nem detektálható. A CO oxidációs mérésekből megállapították, hogy az Au filmre növesztett CeO₂ réteg aktivitása nő a vastagság függvényében.
- A brüsszeli ULB- egyetemmel közösen együttlecsapással keletkező Ag-oxalát/TiO-oxalát termikus bontásával különböző fémtartalmú (2, 4, 7, 10, 15 wt%) Ag/TiO₂ mintákat állítottak elő. Az Ag részecskék átlagos mérete az Ag-tartalom növekedésével 1-2 nm-től 10 nm-ig nő. CO oxidációban a 2%Ag/TiO₂ minta volt a legkevésbé aktív, míg a 10%Ag/TiO₂ a legaktívabb, amelynek fajlagos aktivitása meghaladja az irodalomban publikált Ag katalizátorokéit.
- Reaktív kemisorpció módszerrel dolgoztak ki Ag/Al₂O₃ katalizátorokon az Ag felület mérésére, melyben áramlásos rendszerben 200°C-on N₂O-dal képeznek az ezüst felületen egyatomos oxid réteget és mérik a N₂O-ból keletkező N₂ mennyiségét.

- Fém + Ga/H-ZSM-5 zeolitokon N₂O jelenlétében végzett metán aktiválás során
 - =Ammónia lépcsőzetes termo-deszorpciójával (STD-NH₃), TPR és CO adszorpció módszerekkel megállapították, hogy az impregnálással hozzáadott második fém (d-elemek: Pt, Ru) hatására a H-ZSM-5, valamint a Ga/H-ZSM-5 szerkezetében az erős savas centrumok erős redox centrumokká generálódnak.
 - = Az N₂O bontás (CH₄ nélkül) 50%-os konverziójának hőmérséklete (T₅₀) Ru/Ga/H-ZSM-5 mintán és a CH₄+N₂O gázkeverék reakciójának T₅₀ értéke Pt/Ga/H-ZSM-5 katalizátoron jelentősen csökken az eddig közismerten legjobb Fe/H-ZSM-5 katalizátorhoz viszonyítva.
 - = A dinitrogén-oxid bontásban és a dinitrogén-oxid metánnal történő redukciójában elérték, hogy eredmények megfeleljenek a szabadalmaztathatóság kritériumainak.
 - Ni és Ni-Au/MgAl₂O₄ mintán megvizsgálták a 30 % CO₂ tartalmú metán száraz reformálását. A reakció 500°C hőmérsékleten indul és a körülményektől függően a konverzió teljes 800°C-on. XPS vizsgálatok azt mutatták, hogy a metán száraz reformálásában a katalizátoron nikkel karbid és nikkel oxidok keletkeznek. Többszöri reakció után az induló hőmérséklet növekszik, ami a felületi grafit képződésnek (nanocső) tudható be. Arany jelenlétében a grafitképződés visszaszorul.
 - A Poitiers-i egyetemen együttműködésben folytatták az ott készített két-, ill. háromfémű katalizátorok (PtGe, ill. PtIr, PtIrGe) katalitikus tulajdonságainak vizsgálatát szénhidrogének (metilciklopentán, ciklohexén) reakcióiban. A legnagyobb konverziót PtIr kombinációval érték el. Az eredményekre PhD dolgozatok tézisei épülnek, ill. külön publikálásuk folyamatban van. Vizsgálták akrolein hidrogénezését kétfémű PtPd katalizátorokon. A komponensek hasonló katalitikus tulajdonságai ellenére a PtPd ötvözetkatalizátorokon markáns különbségek jelentkeztek a főtermék (telített ill. telítetlen alkohol) jellegét tekintve.
 - Befejeződött a H₂S gáz és a tiofén kén-cserélő képességének összehasonlítása a 0,35 atomarányú Ni/MoO_x/Al₂O₃ katalizátorral végzett mérésekben. Szignifikáns különbség állapítható meg, ami az irreverzibilis disszociatív kénhidrogén adszorpció helyek és a tiofén hidrodeszulfurálódását katalizáló helyek azonosságát mutatja a legnagyobb katalitikus aktivitású NiMoO_x/Al₂O₃ esetében. Továbbá folytatódott a Pt-án lejátszódó tiofén adszorpciót kísérő elektronkilépési munka változás mérésére és a felületi képződmények összetételének meghatározására irányuló Auger-spektroszkópiai vizsgálatok melyek eredményei összevethetők lesznek a fém Pt-án végzett hidrodeszulfurálási eredményekkel.
- A katalizátorok és katalitikus folyamatok témakörével az intézet 12 kutatója foglalkozik. A becsült munkaidő ráfordítás 10 kutatóév. Intézeti ráfordítás 68 MFt, ebből pályázati fedezet 20 MFt.*

III. Hazai és nemzetközi kapcsolatok bemutatása

Az intézet számos **hazai** kutatás-fejlesztési intézménnyel, egyetemmel, vállalattal van szoros kapcsolatban, ill. tart fenn együttműködést és részt vevője az ezek alapján kialakított eredményes közös projekteknek. Az intézeti tudományos publikációk kb. 1/3-ának van hazai társszerzője. Az együttműködések jellegét főleg az adott szakterület szabja meg, amelyen az együttműködés történik. A nukleáris módszerek fejlesztése és alkalmazása terén az intézet partner intézete a Budapesti Neutron Centrumnak (BNC - KFKI AEKI, SZFKI, RMKI). Oktatási együttműködési szerződése van a BMGE, ill. Pannon egyetemekkel. Külön kiemelendő az Országos Atomenergia Hivatallal a nukleáris és radioaktív anyagokkal

kapcsolatos hatósági feladatokat támogató tudományos-műszaki háttértevékenység tárgyában kötött határozatlan időre szóló megállapodás, mely a két intézmény együttműködésének keretét adja. A közös tudományos témák kutatására irányuló együttműködésekben jelentős szepehez jutnak az intézet által működtetett vizsgálati módszerek (PGAA, ICP-MS, Mössbauer- és fotoelektron-spektroszkópia) valamint az izotóp mérés technika alkalmazásai.

Az intézet részt vesz a felsőoktatásban: több kutatója is rendszeres egyetemi előadásokat tart, az intézetben több PhD hallgató is dolgozik, ill. számos kutató tagja különböző egyetemeken doktori iskolájának.

Az intézet **nemzetközi** kapcsolatai is széleskörűek. Ezt az is szemlélteti, hogy az intézeti közlemények több, mint felének van külföldi társszerzője. A BNC-nél működtetett PGAA mérőhely mérési kapacitásának kb. 1/3-a pályázható EU-s programokon keresztül külföldi vendégkutatók számára, akik a keretet általában kitöltik (évi 8 – 10 fő). A nukleáris biztonsági tevékenység terén az intézet képviselője tagja az ESARDA szervezetnek (European Safeguards Research and Development Association), fiatal intézeti munkatársak vendégkutatók az EU Joint Research Center hálózat intézeteiben. Az intézet a katalitikus kutatások terén intézményesített kapcsolatban van a berlini Fritz-Haber Intézettel, amely PhD képzésre az intézethez delegálta egyik diákját. Az elmúlt 8 – 10 év folyamán a közösen végzett kutatások terén (hol formális, hol informális) tartós együttműködések alakultak ki, a neutronfizikai területén a Lawrence Berkeley National Laboratory-val, sugárhatáskémia területén a Bolognai- egyetemmel, kétfémes katalizátorok vizsgálata terén a Poitiers-i egyetemmel. Ez utóbbi egyetem rendszeresen küldi diákjait is egyetemi képzés keretében az intézethez. Az intézet több osztálya vesz részt EU-s és Nemzetközi Atomenergia Ügynökségi (NAÜ) projektekben, melyek széles lehetőséget biztosítanak a további kooperációk kiépítésének. Az intézetben hat TÉT és négy kétoldalú MTA együttműködés folyik, a kutatók a csereutak lehetőségeit jól kihasználják.

IV. Fontosabb elnyert hazai és nemzetközi pályázatok rövid értékelése

Az intézet a kutatásra fordított összes közvetlen kiadásainak mintegy 25 – 30 % -át fedezte a pályázatokon elnyert támogatásokból. A 2008-ban művelt jelentősebb **hazai pályázatok**:

- NKTH NAP VENEUS 5 2008-ban zárult. A projekt segítségével megújult a PGAA berendezés egy része (neutronvezető, detektor, mintakamra, nyalábzár).
- A tárgyévben elnyert, *szén-monoxid preferenciális oxidációja hidrogén jelenlétében* témájú (OTKA NF-73241) kutatások megkezdődtek. A munka folytatására a Comergen Rt. munkatársaival közösen fog sor kerülni.
- A folyó OTKA 60096 (2006 – 2010) pályázat keretében új, hidrofil tulajdonságú ojtott polipropilén kompozitokat állítottak elő.

Nemzetközi pályázatok:

- EU FP6 NMI3 , *Muon Integrated Infrastructure Initiative (NMI3)*, 2008-ban 9 kutatót fogadtak.
- EU FP6 NEST ANCIENT CHARM EU STREP - 10 részt vevő EU-s intézet, *téma a 3D-s elem analitika*,
- EU FP6 EURATOM EFNUDAT Integrated Infrastructure Initiative, 11 részt vevő EU-s intézet, *téma: Nukleáris adatok mérése* . 2008 –ban két témában öt kutatót és két diákot fogadtak. A mérések értékelése folyamatban van.

- EU FP6 FUNMIG IP – 52 EU intézményi részt vevős EURATOM projekt. 2008-ban zárult. A projektben való intézeti részvétel lehetőséget adott a Bodai Agyagkő Formációból származó mintákon izotópmigrációs mérések végzésére. Az eredmények a hazai nagyaktivitású nukleáris hulladékok tárolóhelyének kiválasztásához is hozzájárulhatnak.
- EU FP7 ReCosy CP 32 EU intézményi részt vevős EURATOM projekt 2008-ban indult. A projekt a nagyaktivitású nukleáris hulladékok elhelyezésével kapcsolatos redox folyamatok vizsgálatát célozza. Az első évben a hazai perspektivikus kőzetben az ásványos összetevők $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ arányát határozták meg.
- COST D36 WG 003 *A két- és egyfémű nanorészecskék felületi funkcionálizálása nagy aktivitású és szelektivitású katalizátorok előállítására* témakörben palermói kutatókkal együttműködve TiO_2 -vel és CeO_2 -vel módosított SiO_2 hordozós Au katalizátorok aktivitását vizsgálták propén teljes oxidációjában mint az illékony szerves anyagok teljes égetésének egy modell reakciójában.
- ERA Chemistry (nemzetközi OTKA 75009) Francia és ír kutatókkal (University of Strasbourg, University of Limerick) együttműködésben kezdődtek meg a kutatások metán szén-dioxiddal végzett száraz reformálásában nagy aktivitású és stabilitású katalizátor kialakítására. 2008-ban $\text{Ni/MgAl}_2\text{O}_4$ és $\text{NiAu/MgAl}_2\text{O}_4$ katalizátorok aktivitását és mérgeződését vizsgálták. Megállapították, hogy az Au hozzáadása befolyásolja a lerakódó szén karakterét.
- NAÜ Technikai Kooperáció (Technical Cooperation) elnevezésű projekten 200 ezer USD támogatást nyertek víz- és szennyvízkezelés nagyenergiájú sugárzással témakörben, demonstrációs labor kiépítésére. Néhány alapvető műszert már beszereztek.

Összefoglalva megállapítható, hogy a felsorolt nagy projektekben való részvétel döntő mértékben hozzájárult ahhoz, hogy az intézet a kutatási feladatait megfelelő színvonalon teljesíteni tudta a beszámolási időszakban.

V. Az év folyamán megjelent jelentősebb publikációk, szabadalmak és más bemutatható eredmények

1. Teschner, J.Borsodi (1/2), A.Wootsch, Zs.Révay, M.Hävecker, A.Knop-Gericke, S.D.Jackson, R.Schlögl: The Roles of Subsurface Carbon and Hydrogen in Palladium-Catalyzed Alkyne Hydrogenation, Science 320, 2008, 86-89.
2. Zs.Révay, T.Belgya, L.Szentmiklósi, Z.Kis, A.Wootsch, J. Borsodi D.Teschner, M.Swoboda, R.Schlögl, R.Zepernick: In Situ Determination of Hydrogen Inside a Catalytic Reactor Using Prompt γ Activation Analysis, Anal. Chem. 80, 2008, 6066-6071.
3. D.Teschner, Zs.Révay, J.Borsodi, M.Hävecker, A.Knop-Gericke, R.Schlögl, D.Milroy, S.D.Jackson, D.Torres, Ph. Sautet : Understanding Palladium Hydrogenation Catalysts : When the Nature of the Reactive Molecule Controls the Nature of the Catalyst Active Phase, Angewandte Chemie 120, 2008, 9414, 1-5.
4. A.Beck, A.Horváth, Gy.Stefler, R.Katona, O.Gesztzi, Gy.Tolnai, L.Liotta, L.Guczi : Formation and Structure of Au/TiO_2 and Au/CeO_2 Nanostructures in Mesoporous SBA-15, Catal. Today 139 (2008) 180 – 187.
5. A.Sárány, P.Hargittai, O.Gesztzi : Thermal and radiolysis assisted formation of Au-Pd heteroaggregates, Colloids and Surfaces A : Physicochem. Eng. Aspects 322, 2008, 124-129.

6. L.Wojnárovits, E.Takács, S.S.Emmi : Nucleophilic and electrophilic radical attack on maleic and fumaric acids in aqueous solution, Chem. Phys. Letters 460, 2008, 451-456.
7. Zs.Stefánka, R.Katona, Zs.Varga: Laser ablation assisted ICP-MS as a tool for rapid categorization of seized uranium oxide materials based on isotopic composition determination, J. of Anal. Atomic Spectrometry 23, 2008, 1030-1033.

VI/a A kutatóhely 2008. évi tevékenységének egyéb bemutatható jellemzői

Az IKI jelentős ipari partnere volt 2008-ban (és a megelőző években is) az MVM Paksi Atomerőmű.

Az érvényben levő nemzetközi (atomsorompó) szerződés teljesítése érdekében meg kellett határozni a Paksi Atomerőműben lévő, 2003-as üzemzavarban megsérült nukleáris üzemanyagot tartalmazó 72 db tok hasadóanyag-tartalmát, ugyanis a Paksi Atomerőmű működésének feltétele a nemzetközi nukleáris biztosítéki szerződések betartása. Ilyen probléma megoldására, nevezetesen inhomogén összetételű és rendezetlen geometriájú hasadóanyag-törmelék minőségi és mennyiségi meghatározására, nem állt rendelkezésre elfogadott, kipróbált eljárás. Ezt az úttörő jellegű, nagyvolumenű és gazdasági kihatásaiban is jelentős feladatot az Izotópkutató Intézet munkatársai oldották meg. A tokok hasadóanyag-tartalmának meghatározását célzó mérésekből származó kb. 35 ezer adatot tartalmazó adatállomány kiértékelése 2008-ban fejeződött be. A nemzetközi szerződésekben vállalt kötelezettségeknek megfelelően a paksi ill. az országos hasadóanyag leltárt az intézet által végzett mérések alapján készítették el.

VI. A kutatóhely 2008. évi tudományos teljesítményének főbb mutatói

Átlaglétszám ¹ :	92	Ebből kutató ² :	47
PhD, kandidátus:	20	MTA doktora:	8
		levelező tag:	0
		rendes tag:	1
35 év alatti, intézeti állományban levő fiatal kutatók száma:			17
Az év folyamán megjelent összes (tud. és ismeretterjesztő) publikáció száma:			63
Az év folyamán megjelent összes tudományos publikáció száma ³ :			62
Ebből impakt faktoros publikáció magyarul:	0	idegen nyelven:	52
nemzetközi együttműködés keretében:	39	SCI által regisztrált folyóiratban:	52
összesített impakt faktor:	114	összes hivatkozás száma ⁴ :	350
összes hivatkozás száma önidézetek nélkül			300
Magyarul könyv/monográfia:	0	könyvfejezet:	0
Idegen nyelven könyv:	0	könyvfejezet:	6
		jegyzet:	0
		jegyzet:	0
Tud. fokozat megszerzése: PhD:	3	MTA doktora:	0
		levelező tag:	0
		rendes tag:	0
Elfogadott találmányok száma:	0	ebből külföldön:	0
Értékesített szabadalmak száma:			0
Nemzetközi rendezvényen tartott tudományos szóbeli előadások száma:	41	posztterek száma ⁶ :	20
Tanácsadói tevékenységek száma:			0
Nemzetközi tud. bizottsági tagság:	7	Nemzetközi folyóirat szerk. tagság:	7
Rendszeres hazai felsőfokú oktatási tevékenységet végzők száma ⁷ :			5
Ebből doktori iskolákban oktatók száma:	2	Doktori iskolát vezetőik száma:	0
Elméleti kurzusok száma:	4	Gyakorlati kurzusok száma:	3
TDK mun. kát készítő hallgatók száma:	1	Diplomamunkát: 4	PhD-t:
Felsőfokú graduális és posztgraduális oktatók órák száma:			130
Az időszak folyamán a teljes költségvetési támogatás összege ⁸ :			295 MFt
Fiatal kutatói álláshelyek száma ⁹ :	4	Teljes saját bevétel:	320 MFt
Saját szabadalmi, know how és szerzői jogi bevétel:			0 MFt
Az év folyamán művelt OTKA témák száma:			10
A tárgyévre vonatkozó szerződésállomány:			43 MFt
Az év folyamán művelt NKTH pályázat témáinak száma:			1
NKFP:	0	A tárgyévre vonatkozó szerződésállomány:	0 MFt
Egyéb:	0	A tárgyévre vonatkozó szerződésállomány:	0 MFt
NFT témák száma ¹⁰ :	0	A tárgyévre vonatkozó szerződésállomány:	0 MFt
Nemzetközi forrásból művelt témák száma ¹¹ :			5
EU forrásból:	5	A tárgyévre vonatkozó szerződésállomány:	21 MFt
Egyéb:	0	A tárgyévre vonatkozó szerződésállomány:	0 MFt
Nem pályázati külső megrendelés keretében művelt témák száma:			
A tárgyévre vonatkozó szerződésállomány:			