

ATOMMAGKUTATÓ INTÉZET

4026 Debrecen, Bem tér 18/c, 4001 Debrecen, Pf. 51.

Telefon: 06-52-509200, Fax: 06-52-416181

E-mail: director@atomki.mta.hu, honlap: <http://www.atomki.mta.hu>

I. A kutatóhely fő feladatai 2012-ben

Az intézet fő feladatai az alapító okiratban foglaltak szerint a következők: alap- és alkalmazott kutatások folytatása az atommagfizikában, az atomfizikában és a részecskefizikában. Fizikai ismeretek és módszerek alkalmazása más tudományágakban (anyagtudomány és anyagvizsgálat, földtudományok és környezetkutatás, orvosi – biológiai kutatások) és a gyakorlatban. Az alap- és alkalmazott kutatásokhoz szükséges módszerek és eszközök fejlesztése. Közreműködés a posztgraduális képzésben és a felsőoktatás feladatainak ellátásában. Az alaptevékenységgel azonos területen kiegészítő tevékenység végzése.

II. A 2012-ben elért kiemelkedő kutatási és más jellegű eredmények

II. a) Kiemelkedő kutatási és más jellegű eredmények

Kvantumfizika

A kvantummechanikában egy részecskének a környezetével való kölcsönhatását általában valamilyen $V(x)$ potenciálfüggvénnyel írják le. Emellett gyakran indokolt a közeg hatását helyfüggő effektív tömeggel is figyelembe venni. A Coulomb-potenciálra vonatkozó korábbi eredménytől inspirálva azt találták, hogy a spektrum stabilitása olyan hely- és energiafüggő $m(x,E)$ tömeg esetén valósulhat meg, amely véges koordináta- és energiatartományon negatív értéket vesz fel.

Kvantumkorrelációk vizsgálata során megmutatták, hogy eszközfüggetlen protokollok nem igénylik közös referenciarendszer meglétét, sőt, elegendő számú mérési elrendezés esetén a mérések kalibrálása sem szükséges. Az eredményeket kísérletileg is igazolták, ahol a két foton maximálisan összefont állapotát integrált optikai hullámvezetőkkel állították elő.

Feltérképeztek kisebb detektorhatékonyságot is toleráló Bell-egyenlőtlenségeket. Kiderült, hogy a kétfelhasználós esethez képest lényeges javulás érhető el, ha négy- vagy ötfelhasználós Greenberger-Horne-Zeilinger-állapotokat alkalmazunk a Bell-tesztben.

Szórási folyamatok leírásánál biztosítani kell a hullámfüggvény korrekt aszimptotikus viselkedését. Numerikus szempontból nagyon fontosak a határfeltételek explicit megadását elkerülő módszerek. A komplex skálázás segítségével ez megtehető. Ismeretes azonban, hogy tisztán Coulomb-kölcsönhatás esetén ez az eljárás nem működik. Ehelyett olyan új eljárást javasoltak, amely kéttest Coulomb-kölcsönhatás esetén megoldást jelent a problémára.

A kvantummechanikai egyrészecske-bázisokba is bevehető nemkötött állapotok közül az antikötött állapotokat tanulmányozták. Kiderült, hogy a pólustrajektóriák erősen függnak a potenciál kicsiny, nem-nulla aszimptotikus részétől, ezért ilyen állapotok előállítására aszimptotikusan szigorúan nulla potenciálokat célszerű használni.

Részecskefizika

Az Atomki kutatói tevékeny részt vállaltak a CERN 2012-es legnagyobb eredményének elérésében, a 125 GeV-es új bozon megfigyelésében. A CERN nagy hadronütköztetőjén folytatott két kísérlet (a CMS-kísérlet és az ATLAS-kísérlet) közül a CMS-kísérlet detektorának a debreceni csoport által épített és üzemeltetett részén az Atomki kutatói 16 online műszak keretében vettek részt az új bozonra irányuló adatgyűjtésben. Az új bozon az eddigi adatok alapján a Standard Modell Higgs-részecskéjével azonosítható. Az eredmények 2012 során számos cikkben kerültek közlésre [Phys. Rev. Lett: 12, J. High. En. Phys.: 31, Phys. Rev. D:6 és Phys. Lett. B: 23 közlemény].

A kvantumtérelméletben a funkcionális renormálási csoport (RG) módszer alkalmas a nemperturbatív renormálás végrehajtására. Azonban a közelített RG egyenletek függnek a regulátorfüggvény, azaz a renormálási séma megválasztásától is. Szükséges tehát a sémaválasztás optimalizálása. A jelen munkában optimális sémaválasztást biztosító regulátorfüggvényt konstruáltak.

Sikerült kimutatni, hogy a leegyszerűsített modellekben korábban megfigyelt fermion-lokalizáció jelensége magas hőmérsékleten az erős kölcsönhatást leíró kvantum-szindinamikában is fellép. A kvarkspektrumban meghatározták a lokalizált és delokalizált állapotok közötti átmenet, az ún. mobilitási határ helyének hőmérsékletfüggését.

Magfizikai alap kutatás

Szimmetriai-megfontolások alapján megjósolták a ^{28}Si atommag alakizomer-állapotait, vagyis azokat az erősen deformált állapotokat, amelyek különösen stabilak. Az elméleti előrejelzés arra is kiterjedt, hogy ezek az állapotok milyen magreakciókkal állíthatók elő.

A GSI-ben végzett méréseik eredményei alapján új módszert dolgoztak ki az atommagok neutronbőr-vastagságának meghatározására.

Az ^{238}U hasadási valószínűségét és hasadási rezonanciáit vizsgálták a gammaenergia függvényében a Duke Egyetem (USA) nagyenergiás gammanyalábja segítségével. A kísérleti adatok alapján megerősítették a hasadási potenciál harmadik völgyének létezését.

Az Oslói Egyetem gyorsítólaboratóriumában megvizsgálták a ^{238}Np ollózó típusú M1 óriásrezonanciáját, és meghatározták a rezonancia erősségeloszlását.

Olasz-magyar együttműködés keretében, Debrecenben végzett kísérlet eredményeképpen meghatározták nagy térfogatú (3"×5") LaBr3 gammadetektorok hatásfokát és linearitását 18 MeV-ig. Könnyű magok csomósodási jelenségeiről nyertek információt modern LaBr3-detektorokkal Debrecenben végzett gamma-gamma koincidenciamérések alapján.

A GSI ESR tárológyűrűje lehetővé tette, hogy kis impulzusmomentum-átadás esetén, speciális proton- és neutrondetektorok segítségével vizsgálják a ^{56}Ni (p,p') és a ^{56}Ni (p,n) reakciókban gerjesztődő különböző óriásrezonanciák erősségeloszlásait és hogy következtethessenek a maganyag eloszlására (neutronbőr vastagságára). A neutronok detektálására a Debrecenben kifejlesztett ELENs neutronspektrométerüket használták.

A radioaktív nyalábokon végzett magszerkezetkutatások egy csoportja egy már korábban elkezdett téma folytatásaként az extrém proton-neutron aránynál kialakuló héjzáródások feltárására irányult. Az új N=16 héjzáródás jellemzőit a neutronelhullatási vonal mentén fekvő ^{24}O és a protonelhullatási vonal melletti ^{36}Ca izotópokban vizsgálták meg.

A hagyományos mágikus számok eltűnését okozó mechanizmusok feltárására az N=20 mágikus számú neutronnal rendelkező ^{34}Si , az N=28 neutronnal rendelkező ^{44}S és a Z=28 protonszámhoz közeli $^{72,74}\text{Zn}$ atommagokat vizsgálták. Ezekben az atommagokban sikerült az egy-

szer mágikus jellegnek megfelelő gömbszerű alak mellett deformált alakhoz tartozó állapotok jelenlétét is kimutatni, mely állapotok lesüllyedése vezet a klasszikus mágikus számok eltűnéséhez.

Kutatási programot indítottak a nukleonok effektív kölcsönhatásának vizsgálatára. A nehéz ólom atommagok szerkezetének tanulmányozása kapcsán sikerült megmutatni, hogy a szabad nukleon–nukleon kölcsönhatással szemben a kétnukleon effektív kölcsönhatást egy harmadik nukleon jelenléte hogyan változtatja meg, tehát hogyan kell a háromtest kölcsönhatásokat figyelembe venni.

Alfa-indukált reakciók esetén kísérletileg elsőként igazolták, hogy a reakciócsatornák hatáskeresztmetszeteinek mérése alapján kapott teljes reakció-hatáskeresztmetszet megegyezik a rugalmas szórásból származtatottal.

A ^{104}Pd atommag nagyspinű állapotainak szerkezetét vizsgálták a $^{96}\text{Zr}(^{13}\text{C},5n)$ magreakcióban 51 és 58 MeV nyalábenergián az Euroball IV γ -spektrométer és a DIAMANT töltött részecske-detektor felhasználásával. Számos új közepes- és nagyspinű forgási sávot azonosítottak.

A ^{132}La közepes- és nagyspinű állapotait vizsgálták $^{100}\text{Mo}(^{36}\text{S},p3n)$ és $^{116}\text{Cd}(^{23}\text{Na},\alpha3n)$ fúzió-párolgási magreakciókban az Euroball és Gammasphere detektorrendszerekkel. A ^{132}La atommag nívósémáját jelentősen kiterjesztették, és egyértelmű spin és paritás értékeket határoztak meg a legtöbb gerjesztett állapotra. A ^{132}La és ^{134}Pr atommagok között észlelt hasonlóság alapján a ^{132}La atommagban is várható egy sáv, amely királis tulajdonságot mutathat.

A $^{17}\text{O}(p,\alpha)^{18}\text{F}$ reakció alacsonyenergiás hatáskeresztmetszetének nagy pontosságú, két független módszerrel végzett mérésével jelentősen pontosították a nóvarobbanások elemszintézis-modelljeit.

A $^{130,132}\text{Ba}$ és ^{127}I izotópokon alfaindukált reakciók vizsgálatával az asztrofizikai p-folyamat szempontjából fontos statisztikusmodell-számítások megbízhatóságát ellenőrizték, és új reakciósebességeket származtattak.

Részletes háttérsugárzás-mérésekkel bebizonyították, hogy bizonyos feltételekkel kis mélységű földalatti laboratóriumok a mélyen földalatti helyszínek reális alternatíváját nyújtják nukleáris asztrofizikai kutatásokban.

Az asztrofizikai s-folyamathoz szükséges neutronok meghatározó része a $^{13}\text{C}(\alpha,n)^{16}\text{O}$ reakcióban termelődik. E reakció széles, küszöb alatti rezonanciájának erősségét határozták meg az úgynevezett Trójai Faló indirekt technika használatával.

Befejezték az $A=128$ tömegszámhoz tartozó összes ismert nuklid szerkezetére vonatkozó új kísérleti adatok kritikai kiértékelését.

Összegyűjtötték és kritikailag kiértékeltek az $A=46$ tömegszámhoz tartozó összes ismert nuklid szerkezetére vonatkozó új kísérleti adatokat. A kritikai elemzés eredményeként minden nuklid esetén összeállították az elfogadott adatok listáját.

Magfizikai alkalmazások

Négy mérésorozatot végeztek a CHARISMA EU FP7 projekt keretében, összesen 6 külföldi kutatót fogadtak Belgiumból, Lengyelországból, Németországból és Romániából. Vizsgáltak egyiptomi kőbányákból származó mintákat, kora vaskori ékszereket, középkori övcsatokat és textilekben alkalmazott fémszálakat.

Optikai rácsokat és mikrolencsákat készítettek proton és szén mikronyalábos direkt írással. A besugárzások elkészültek, az elkészített optikai eszközök vizsgálata folyamatban van.

Akadémia infrastruktúra-fejlesztési projekt keretében megvalósítottak egy levegőre kihozott mikronyalábos mérő- és adatgyűjtő rendszert az Atomki pásztázó nukleáris mikroszondáján, amely széles rendszám tartományban ($Z \geq 3$) lehetőséget nyújt elemi összetétel meghatározására néhányszor tíz mikrométeres laterális felbontással.

Deuteronindukált gamma-keltési (d-PIGE) hatáskeresztmetszeteket mértek N-re és Si-ra az IAEA által koordinált „Assessment of Nuclear Data Needs for Particle Induced Gamma Ray Emission (PIGE)” kutatási program keretében.

Kidolgozták a ^{64}Cu és ^{203}Pb orvosi biológiai kísérletekhez való előállításának módszerét, az izotóp alkalmazása a SOTE és BME munkatársaival együttműködésben történt.

A paksi atomerőmű radioaktív hulladékaiban előforduló, nehezen mérhető béta sugárzó ^{79}Se radioizotóp radiokémiai kinyerésére kidolgozott módszerüket továbbfejlesztették ^{75}Se nyomjelző alkalmazásával.

Izotópos módszerrel tanulmányozták a réz felületi helyek szerepét cirkónium-oxid hordozón a metanol katalitikus átalakulása során. A ^{12}C - és a ^{11}C -jelzett metanol egymást követő alkalmazása lehetővé teszi a katalitikusan aktív felületek, ezen belül a gyenge és erős kémiai kötések meghatározását.

A töltött részecske-reakciók aktivációs hatáskeresztmetszetének és hozamának vizsgálata keretében új kísérleti adatok meghatározását, elméleti értelmezését, referencia-adatbázisok létrehozását és az adatok gyakorlati alkalmazását végezték el.

A National Institute of Radiological Sciences gyorsító laboratóriumában (Japán) a ^{64}Cu előállításának lehetőségét a $^{67}\text{Zn}+p$ magreakció segítségével az $E_p < 30$ MeV energiatarományban vizsgálták, a $^{193\text{m},195}\text{Pt}$ előállítását pedig az $^{192}\text{Os}+p$ magreakciók segítségével az $E_p < 60$ MeV energiatarományban.

Tölgyfajok egyedei és hibridek esetén vizsgálták a vízforgalom és a szénallokációs folyamatok közötti kapcsolatot. Egyedülálló idősorokat mértek a Debreceni Egyetem Síkfőkút Project területén a 2012-es év igen száraznak számító tenyészidőszakára vonatkozóan is.

Továbbfejlesztették a kopás-, korrózió- és erózióvizsgálatokra alkalmas izotópokkal történő munkát szabad forgalmi határ alatti aktivitások felhasználásával, együttműködésben az ausztriai AC²T intézettel. Új izotópok használatát vezették be a legáltalánosabb alapanyagokat (Fe, Cu, ...) nem tartalmazó anyagok vizsgálatához (pl. Al, Sn, ...). Az új fejlesztések segítségével eddig nehezen kezelhető kopásvizsgálati problémákat oldottak meg a partnerekkel való együttműködésben.

Nemzetközi együttműködésben méréseket végeztek proton- és deuteronindukált hatáskeresztmetszetek meghatározására különböző céltárgyakon gyorsítótechnológiai és vékonyréteg-aktivációs alkalmazásokhoz.

A PHARMATOM projekt keretében telepítésre kerültek a ^{18}F , valamint a ^{11}C radioizotópok előállítására szolgáló céltárgyrendszerek. A ^{11}C izotóppal jelzett célvegyületek előállítása után megkezdődött a ^{18}F izotóppal jelzett vegyületek kémiai szintézise.

Atomfizikai alap kutatás

H^0 atomok és protonok nemesgáz-atomokkal való ütközését vizsgálták az Atomki VdG-1 gyorsítóján. A mérésekből arra nyertek információt, hogy milyen szerepet játszik a H^0 lövedék elektronja az ütközés által kiváltott többszörös vakanciaképződési folyamatban.

Kísérleti és elméleti úton vizsgálták az atomi elektronok töltéseloszlásának nagyenergiájú ütközések által kiváltott aszimmetriáját, az ún. beállítódás (alignment) jelenségét. A kísérleteket egy indiai csoport végezte a Bhabha Atomic Research Centre pelletron

gyorsítóján 18–60 MeV-es fluor ionokkal történő bombázással. A munkához az Atomki hozzájárulása elméleti számítások elvégzése volt. Az új kísérleti adatok alátámasztják a használt modell helyességét.

A transzfer-ionizáció folyamatát a kétszeres ionizáció jelenségén keresztül vizsgálták a He-atomok nagyenergiájú X^{q+} lövedékekkel történő ütközéseiben. A kísérleti adatokkal igen jól egyező számításaik alapján megállapították, hogy alacsony ütközési energiákon a lövedék külön-külön kölcsönhatásokban ionizálja és fogja be az elektronokat, nagy ütközési energiákon viszont a legvalószínűbb folyamat az, amikor a lövedék csak az egyik elektronnal lép kölcsönhatásba, míg a másik az alapállapotú és az ún. átrendeződéses elektronkorreláció révén jut el a végállapotba.

A University College London Fizikai Tanszékén folytatták annak a mérőrendszernek a kifejlesztését, amellyel pozitron-atom ütközésekben a meglökött céltárgy-atommag energia- és szögeloszlását tervezik meghatározni.

Elméleti módszerrel tanulmányozták a töltés-kicserélődési reakciót He^+ -ionok nitrogén-monoxid (NO) molekulával történő ütközéseiben, amely mind légköri, mind biofizikai szempontból igen fontos molekula. A $HeNO^+$ kvázi-molekula különböző elektronállapotai közötti nemadiabatikus kölcsönhatások figyelembevételével részletesen vizsgálták a töltés-kicserélődés mechanizmusát. Kimutatták, hogy a céltárgymolekula orientációját változtatva az ütközési sebesség irányára nézve, a töltéskicserélődés erősen anizotróp.

Metán-, víz- és nitrogénmolekulák azonos sebességű N^+ és N_2^+ lövedékekkel kiváltott szétesését vizsgálva azt tapasztalták, hogy a fragmentumok spektruma mindkét lövedéknél jelentős mértékű háromszoros és négyszeres ionizációra utal. A kétféle lövedékre erősen eltérő szögfüggést találtak, ami új információt ad az ütközés dinamikájáról. A méréseket az Atomki VdG-5 gyorsítójának nyalábcsatornáján végezték.

Nemzetközi együttműködés keretében Franciaországban, a GANIL intézetben kis lövedék-energiákon mérték az $OH^+ + Ar$, ill. $O^+ + CH_4$ ütközésekből származó negatív fragmentumok hozamát. Elektrosztatikus analízis után mágneses térrel szétválasztották az elektronokat és anionokat. A mérések egy részét repülésiidő-spektrométerrel megismételve a különböző anionokat is szétválasztották (H^- , O^-). Az anionok hozamát váratlanul nagyra találták, ami különösen a nagy impulzusátadással járó direkt fragmentáció esetén számít meglepő eredménynek.

Az Atomki ECR-ionforrás plazmájának időbeli változását vizsgálták impulzus üzemmódban a plazma begyűjtésakor és kialvásakor 1000 frame/s-os gyorskamera segítségével. A tranzien állapotok tanulmányozása értékes adatokat adott a nagytöltésű ionok keletkezésének módjáról és helyéről. Az ECR-plazma számítógépes szimulációja során nagyszámú (3 millió) elektron tér- és időbeli fejlődését követték. A megmaradó elektronok energiatartományok szerinti szűrése számos fontos 3D-típusú információt fedett fel.

Különböző technikai és biológiai szempontokból fontos anyagok felületének ionnyalábbal történő módosítását végezték. Amerikai partner megbízásából a Debreceni Egyetemmel együttműködésben GeSe kalkogenid mintákat sugároztak be Ar^{8+} nyalábbal. A kísérletsorozat végső célja nanokapcsoló prototípusának megvalósítása. Titánium felületek Au^{9+} nyalábbal történő strukturális módosítását végezték, amelynek célja a felülethez jól kötődő nanoszemcsék létrehozása. Biológiai szempontból fontos cirkónium mintákat Si^{3+} nyalábbal sugároztak be abból a célból, hogy a felület kezelését követően a fogpótlásban hosszabb élet-tartamú és jobb tapadású implantátumot kapjanak.

Megmérték a Kr 4p fotoelektronok szögeloszlását széles fotonenergia-tartományban ($h\nu=60-120$ eV) a hamburgi DORIS III szinkrotronnál. A vizsgálatok célja az elektromos okkupól kölcsönhatás (E3) kimutatása és energiafüggésének meghatározása volt.

A Justus-Liebig Egyetem (Giessen, Németország) kutatóival együttműködve folytatták egy foton-ion spektrométer installálását a hamburgi PETRA III szinkrotronnál. Elérték, hogy az egymással szembe haladó ion- és fotonnyalábok átfedése jó közelítéssel 100%-os legyen.

Az ELI ALPS rendszer előkísérleteihez befejeződött egy speciális repülésiidő-spektrométer (TOF) fizikai és mechanikai tervezése, kivitelezése és megépítése. A TOF-hoz kifejlesztett elektronoptika $\pm 10^\circ$ -os kúpszög esetén is biztosítja az elektronok detektálását jobb, mint 44 psec-os időszórással 1 m-es repülési távolságnál.

Nagyöltésű neon- és argonionok szigetelő nanokapillárisokon való áthaladásának vizsgálatára végeztek kísérleteket az Atomki ECR ionforrásnál. Az ionok átjutásáért felelős, az ionnyaláb által a kapillárisfalakra lerakott töltések elszivárgását tanulmányozták a nyaláb kikapcsolása után annak gyors, pillanatszerű visszakapcsolásaival. Az első eredmények közvetlenül is mutatják a kapillárisokba lerakódott töltések nemlineáris vezetési karakterisztika szerinti elszivárgását, amely eddig csak elméleti feltevés volt. Vezető-szigetelő multirétegben kialakított kapillárisokat is vizsgáltak ionterelés szempontjából, és azt tapasztalták, hogy feszültséget adva a rétegek közé jó terelőképesség érhető el.

Atomfizikai és szilárdtestfizikai alkalmazások, felületkutatás

Grafén-oxidot állítottak elő grafénlemezkekből ózonban és elektronplazmában történő oxidációval. A kémiai összetétel és a C-hibridizáció megállapítására az XPS módszert, a szerkezeti analízisre a REELS (Reflected Electron Energy Loss Spectroscopy) módszert alkalmazták.

XPS és REELS méréseket végeztek felnőtt fogak és gyermek tejfogak metszetein. Az elektron áthaladása során energiát veszít, és az energiavesztési folyamatokban (a folyamatokat tükröző energiavesztési spektrumok alakjából) óriásrezonanciákat fedeztek fel, amelyek a Ca-vegyületekben zajló kollektív gerjesztéseknek tulajdoníthatók. A fogászok által használatos foszforsavas kezelést követően az óriásrezonancia megszűnt. A különbséget a szeretlen komponensek okozzák. Óriásrezonanciákat találtak a fogászatban használatos fogtömések esetén is.

Egércsontminták felületi és tömbi érzékenységű analízisét végezték a minták fő- és nyomelemkoncentrációjának (és a megfelelő mélységi koncentrációeloszlások) meghatározása végett. Megmutatták, hogy az XPS módszer értékes eszköz nemcsak a fő komponens atomok kémiai állapotának, hanem a relatív koncentrációjuk kvantitatív meghatározására is. A mintákat alkotó fő- és nyomelemek koncentrációját a minták PIXE és SNMS spektrumainak az analíziséből is meghatározták.

Új jelenséget figyeltek meg az elektronok szilárd testek felületéről történő visszaszórásának folyamatában, ennek a jelenségnek megfelelően az elektronok felület feletti, vákuumban elszenvedett energiavesztése és irányváltóztatása (super-surface scattering) jelentős mértékben befolyásolhatja a visszaszórt elektronok spektrumát. Az elektronszórási folyamatok pontos Monte Carlo szimulációja felhasználásával végzett analízis azt mutatja, hogy a „super-surface scattering” lényeges jelenség az elektronspektrumok kvantitatív értelmezése szempontjából.

Dirac-Fock-Slater atomi számolásokat végeztek a 3d átmeneti fémek általuk mért, szinkrotronsugárázással gerjesztett 1s fotoelektron-spektrumaiban jelentkező kísérő csúcsok keletkezési mechanizmusának értelmezéséhez. A kétféle modell (a fotoionizációt követő 3d→4d shake up gerjesztés és a vegyértéksávok részleges átfedése miatti 3d→4s átmenet)

közül az utóbbiból kapott eredmények mutatnak jobb egyezést a kísérő csúcs és a fő spektrumvonal energiaszeparációjának kísérleti értékeivel.

Elsőként vizsgálták lassú, nagy töltésű ionok egyedi kapillárisokon történő átvezetésének hőmérsékletfüggését. A terelési folyamat optimalizálásának egyik módja a szigetelő anyag elektromos vezetőképességének megváltoztatása. Az üveg elektromos vezetőképességének erős hőmérsékletfüggése (közel exponenciális függés) a kulcsa a terelési mechanizmus szabályozásának, mely segítségével csökkenthető az átvezetésnek az áramingadozásból következő instabilitása.

Néhányszor 100 eV energiájú pozitronok egyedi kapillárison történő átvezetésének első kísérletei azt mutatják, hogy a pozitronok (elektronok) egy része képes átjutni a kapillárison még akkor is, ha azt a geometria feltételek nem tennék lehetővé. Az átjutott részecskék száma a kapilláris dőlésszögével csökken.

Al_2O_3 -kapillárison való elektronátviteli kísérleteiket a makroszkopikus transzportmodellel összevetve eltéréseket találtak a lassú nagy töltésű ionok viselkedéséhez képest. A feltöltődési fázis nem szükséges elektronok esetében ahhoz, hogy átjussanak a kapillárison. A töltésfolt lehet pozitív és negatív is. Az elektronátvitelt a többszörös kisszögű felületi szórások is befolyásolják.

Elsőként vizsgálták 1 MeV-es proton mikronyaláb terelődési mechanizmusát különféle egyedi szigetelő mintákon keresztül, valamint az átjutott protonok energiaeloszlását. Az átvitel időfüggésében három jól elkülöníthető tartományt figyeltek meg.

Gázfázisból kémiai leválasztással készített optikailag áteresztő, ugyanakkor elektromosan vezető rétegek szerkezeti tulajdonságait vizsgálták porlasztáson alapuló mélységprofil-analízis módszerrel. Megállapították, hogy a kémiai leválasztással előállított filmek mélységi homogenitása nagyon érzékeny a technológiai folyamatra. Kísérleti adatokat kaptak a mélységi homogenitás utólagos hőkezeléssel történő javítására.

Együttműködés keretében, Barkhausen-zaj méréssel lágy-mágneses anyagokban tanulmányozták a mágneses doménfalak mozgását alacsony hőmérsékleteken. Kalkogenideken lézertűvel történt besugárással alacsony hőmérsékleti optikai méréseket végeztek. A fény okozta termikus gerjesztések itt már teljesen kizárhatók, ezért a jelen kísérletekben tisztán tanulmányozhatók a lézertű által a kalkogenidekben kvantummechanikai módon indukált szerkezeti változások.

Röntgendiffrakciós technikával meghatározták porlasztással készült multirétegek szerkezetét. Ugyanezen technikával szerves kémiai kutatásokban használt és előállított kristályos anyagokat is vizsgáltak. Hazai múzeumok gyűjteményeiből származó régészeti leleteken röntgenfluoreszcencia-vizsgálatokat végeztek.

Szilícium fotoelektronsokszorozók (SiPM), továbbá az ezekből létrehozott SiPM mátrixok és más összetett egységek elektromos, optikai és nukleáris karakterizálási módszereit dolgozták ki. A kutatás és fejlesztés a jelen fázisában az ST Microelectronics (Catania, Olaszország) cég által kifejlesztett SiPM egységeknek az adott célra történő alkalmazhatóságáról szolgáltat kulcsfontosságú információt. Az optimalizált egységekből hamarosan megépülő kisállat-PET-kamera a radiógyógyszer-fejlesztési és molekuláris kutatási feladatok megoldásához ad majd segítséget.

GSO és LSO nanoszcintillátorokat készítettek. A méreteloszlást röntgendiffrakcióval vizsgálták, míg az elektronok energiátranzfer folyamatait REELS módszerrel határozták meg. Megállapították, hogy az energiátranzfer méretfüggő.

Nagyfelületű, háromszög geometriájú CsI(Tl) töltött részecske-detektoroknak kisméretű, négyzet alakú fotodiódával történő kiszajú kiolvasásához készítettek fényvezetőket magfizikai kutatások céljára.

Környezetfizika

A K-Ar kronológiai kutatás terén a Kárpátok vonulatát követő intrúzív testek szerepét tisztázták a neogén-kvarter mészkalkáli vulkanizmus fejlődéstörténetében. Szlovák-magyar és magyar-román együttműködés keretében a Keleti és Nyugati Kárpátokban folytak vizsgálatok, a lengyel-magyar együttműködés keretében pedig a korábbi antarktisi mérési eredmények kiértékelésére került sor.

Mélyégi és kiömlési magmás kőzetek kronológiai vizsgálata folyt a Cseh Masszívum területén, valamint összefoglalták a fiatal bazaltokon mért K-Ar korok hibalehetőségeit. A talajok agyagásványain mérhető formális K-Ar koroknak a (mű)trágyázás és a növényzet hatására történő változását analizálták.

A Hertelendi Ede Környezetanalitikai Laboratórium gyorsító tömegspektrométerén (AMS) folyó C-14-es mérésekhez módszereket dolgoztak ki vízben oldott szerves szénre és festmény műtárgy vázson kormeghatározásához, a talajok összes szervesanyag tartalmának analizésére. Bemutató esettanulmányt végeztek a Zsolcai halmok korának becslésére.

Meghatározták a Hajnóczy-barlangi állócseppkő stabilizotóp-idősorát ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$), valamint egy 11-éves havi csapadék idősor tríciumkoncentrációját, megtörtént az adatok kezdeti összevetése a napciklussal. Finomították a faévgűrűk alfacellulóza preparálásának módszerét.

A talajgáz radontartalmának mérése helyett talajminták radonkibocsátásának a mérésével új alapokra helyezték az építési területek radonveszélyességének meghatározására szolgáló eljárásukat. Ez részben megbízhatóbbá, részben költséghatékonyabbá tette a módszert. Reprezentatív lakásradon-felmérés eredményeként kiemelkedően magas (a szokásosat mintegy háromszorosan meghaladó) radonszinteket találtak egy erdélyi településen.

Módszerfejlesztés és első mérési eredmények születtek a Radioaktív Hulladékokat Kezelő Közhasznú Nonprofit Kft. püspökszilágyi telephelyén a figyelőkutakban az összes oldott szén- és a szerves oldott komponens C-14 tartalmának mérésére.

Méréssorozatot végeztek a Paksi Atomerőmű primerköri hőhordozójában, a pihentető medencékben és a C-30-as kazettaszállító konténer vizében oldott szervesetlen szén C-14 tartalmának mérésére. Módszer- és mérőrendszerfejlesztés történt a Paksi Atomerőmű SIPPING berendezés (a berendezéssel történő fűtőelemvizsgálat célja az üzemanyagciklusban már részt vett kazetták hermetikusságának ellenőrzése) határfokának meghatározásához, valamint a berendezés detektorának kalibrációjához. Az erőművel kapcsolatos további műveletek: az elérhető dúsítási tényező növelése a Se-79 radiokémiai elválasztása során a kiindulási mintamennyiség növelésével és a hozzáadott inaktív hordozó mennyiségének csökkentésével; az induktív csatolású plazma tömegspektrométeres mérés fajlagos háttérének csökkentése és a zavaró tényezők kiküszöbölésére korrekciós mérések kidolgozása; folyadékszcintillációs mérési módszer adaptálása a C-14 direkt mérésére lúgos szén-dioxid csapdából nukleáris létesítmények légnemű ^{14}C kibocsátásának könnyebb meghatározásához.

Légköri aeroszolban lévő Cl és S kémiai állapotának meghatározására kísérletet végeztek Szlovéniában, a Jozef Stefan Intézetben hullámhosszdiszperzív röntgenemissziós spektroszkópia alkalmazásával. Megállapították, hogy a Cl K_{β} röntgenvonalai alkalmasak a Cl kémiai állapotának meghatározására. Megmutatták, hogy a módszer használható vékony, polikarbonát fóliára gyűjtött aeroszolminták elemzésére minden különösebb mintaelőkészítés nélkül. Kén esetében a S K_{α} vonalának eltolódásából állapították meg, hogy a kén szulfát (SO_4) formában volt jelen.

Esettanulmányok keretében jellemezték a munkahelyi aeroszolszennyezettséget. Komplex vizsgálatot végeztek egy hullámforrasztókat üzemeltető csarnokban, melynek eredményeként sikerült azonosítani és jellemezni a külső forrásból származó, valamint a gyártási folyamatok során keletkező légköri aeroszolrészecskéket.

II. b) Tudomány és a társadalom

A fizika és a mindennapok ezernyi kapcsolatából 2012 márciusában a mérnöki tudományok játszották a központi szerepet a Fizikusnapokon, az Atomki hagyományos ismeretterjesztő programjában. A diákok és más érdeklődők előadásokban ismerkedhettek meg a technika és a fizika kölcsönhatásának látványos eredményeivel. A rendezvénynek olyan programpontja is volt, amikor egy adott időpontra gyülekeztek az érdeklődők, és szervezett vezetés mellett megtekinthették az intézet néhány érdekes laboratóriumát. A program részét képező rendhagyó fizikaórákon való részvételt is tekintetbe véve a Fizikusnapokat 2012-ben is nagy érdeklődés kísérte, a résztvevők száma kb. 1000 fő volt.

A Fizikusnapok mellett évközben is lehetőség nyílt az Atomkiba tett látogatásokra. Ez többnyire azt jelentette, hogy előzetes bejelentés alapján egy diákcsoport megtekintette az intézet valamelyik laboratóriumát, és meghallgatták egy felkért kutató ismertetését.

Európában egyedülálló Atomenergetikai Múzeum nyitotta meg kapuit a paksi atomerőmű területén március 7-én. Az új múzeum anyagához számos kiállítási tárggyal az Atomki is hozzájárult.

A Természet Világa májusi száma olyan cikkeket tartalmaz, amelyeket az Atomki kutatói írtak az intézeti kutatómunka legérdekesebb területeiről. A folyóirat e számának DVD-melléklete is van, amelyen az Elemi álom című ismeretterjesztő film animációval megszemélyesített mikrorészecskék szerepeltetésével ad bepillantást azok fizikájába és az Atomki néhány részlegének munkájába.

Az intézet egyik gyorsítója, az ECR-ionforrás működésének 20. évéhez érkezett, az ebből az alkalomból rendezett találkozó tudományos és népszerűsítő előadásai a tudományos ismeretterjesztés fontos eseményét jelentették 2012 szeptemberében.

Ugyancsak szeptemberben került sor a tudománnyal való találkozás szokásosan sikeres eseményére, a Kutatók Éjszakájára. A nanorendszerekről szóló előadásra megtelt a terem, majd pedig az intézet udvarán az éjszakába nyúlóan játszottak a diákok az erre az alkalomra összegyűjtött különleges eszközökkel.

A CERN Nagy Hadronütköztetője 2012-ben főszereplője volt a világ tudományos életének, hiszen itt került sor a Higgs-bozonnal kapcsolatos fontos kísérletekre. Az Atomki is részt vett a részecskefizika nagy eseményeinek népszerűsítésében, hiszen novemberben a Magyar Tudomány Ünnepe keretében a CERN Nagy Hadronütköztetőjével kapcsolatos debreceni számítógéprendszerrel hallhattak előadásokat az érdeklődők, és az év folyamán magáról a Higgs-bozonról is volt ismeretterjesztő előadás.

Az ismeretterjesztő cikkek és előadások mellett több más fórumon is szerepeltek az intézet kutatói: pl. interjú az OTKA honlapján, az Élet és Tudományban, az Innovációban. Ezek az alkalmak is lehetőséget adtak, hogy ismertessék eredményeiket és a tudományos élettel kapcsolatos nézeteiket. Számos hír jelent meg az intézetről a helyi és országos lapokban, internetes fórumokon.

III. A kutatóhely hazai és nemzetközi kapcsolatai 2012-ben

Debreceni Egyetem tanszékei és a Wigner Fizikai Kutatóközpont továbbra is az első helyet jelentik a hazai intézményekkel folyó együttműködésekben, de széleskörű az együttműködés más intézményekkel is.

Az intézet Paks, Püspökszilágy és Bábaapáti berendezéseinek radioaktív ellenőrzésével kapcsolatos tevékenysége továbbra is fontos szerepet tölt be az országos környezetvédelemben, az Atomki fejlesztőtevékenységében.

Jelentős szerepe van az Atomki radiokarbon-kormeghatározási szolgáltatásának különböző hazai és külföldi intézeteknek, szervezeteknek, cégeknek és magánszemélyeknek.

Sikeres lezárult az Isotoptech - MTA ATOMKI - ETH háromoldalú svájci-magyar kutatás/fejlesztési megállapodás „*Development of an EnvironMICADAS ¹⁴C AMS system for Hungary*” nevű programja.

Az intézet 2012-ben megtartotta korábban is betöltött szerepét a felsőoktatásban, erősítette a Debreceni Egyetemmel fenntartott hagyományos kapcsolatait. Emellett a Szegedi Tudományegyetemen és a Pécsi Tudományegyetemen is oktattak az Atomki kutatói. A beszámolási időszakban meghirdetett 45 kurzus keretében 860 tantervi óra megtartásával járultak hozzá az oktatáshoz. A gyakorlati órák száma 2012-ben 286 volt, 27 kurzus keretében. Az oktatásban összesen 34 kutató vett részt. A pregraduális oktatás mellett fontos terület a doktori képzés. A Fizikai Doktori Iskola 20 törzstagja közül 9 az Atomki kutatója. A beszámolási időszak folyamán 19 PhD-, 11 diplomamunkás, 6 szakdolgozó és 7 TDK-hallgató dolgozott az intézetben, a témavezetésre fordított órák száma összesen 3720 volt. Az intézetben folytatódott a kutató-hallgatói ösztöndíjas program, amelynek keretében egyetemisták vállalnak részt a kutatómunkában. A tavaszi félévben 8 ilyen ösztöndíjas volt, az őszi félévben 6. Az intézet egy hatnapos nyári szakmai gyakorlatra fogadott fizika BSc szakos hallgatókat a Debreceni Egyetemről.

Az intézet kutatói szervezőként és résztvevőként voltak jelen a Jávorkúton megrendezett XV. Magfizikus Találkozón.

A *nemzetközi kapcsolatok* természetesen ezúttal is fontosak voltak a kutatásban. Folytatódtak a korábbi együttműködések, és nemzetközi találkozókra is sor került az intézetben.

Az MTA Atommagkutató Intézet által szervezett „10th International Conference on Clustering Aspects of Nuclear Structure and Reactions” című konferencia sikeresen lezajlott 2012. szeptember 24-28 között. A találkozón 87 külföldi fizikus vett részt, és mintegy 20 hazai. Összesen több mint 80 előadás hangzott el. A rendezvény helyszíne debreceni Kölcsey Konferenciaközpont volt. A résztvevők ellátogattak a MTA Atommagkutató Intézetébe is, ahol többórás program várta őket. A Kutatók Éjszakája 2012. évi előadója is a konferencia résztvevői közül került ki. A konferencián elhangzott előadások a Journal of Physics folyóirat Conference Series című sorozatában fog megjelenni 2013-ban. A konferencia nemzetközi tanácsadó testülete és maguk a résztvevők is nagyon sikeresnek értékelték a konferenciát.

Az aeroszolrészecskék analízisével kapcsolatos tréninget szervezett a NAÜ-vel közösen az intézet ionnyalábanalitikai csoportja. A találkozón Közel-Keletről érkezett és helyi kutatók vettek részt.

Az ECR Laboratórium volt a házigazdája egy kétnapos szakmai tanácskozásnak (ENSAR program, ARES alprogram), melyen német, francia, olasz, holland, finn és magyar kutatók az ECR-ionforrásokon folyó kutatásokról tanácskoztak.

Az ENIAC (European Nanoelectronics Initiative Advisory Council) központi idegrendszerre irányuló alprogramjában a kisállat-PET-fejlesztésben aktív és egyben a magyar konzorcium vezetőjének szerepét betöltő Atomki adott otthont szeptemberben az ENIAC CSI projekttalálkozónak.

Külföldi kutatók is érkeztek hosszabb időszakra Debrecenben. Nukleáris asztrofizikai kutatómunkában 8 hónapot töltött egy bukaresti kutató két éves OTKA pályázata keretében, e témakörben Ph.D. munkáján Erasmus-ösztöndíjjal dolgozott egy Törökországból érkezett kutató. Az Arizónai Egyetemről Fulbright ösztöndíjas professzor vendégkutató C-14 kormeghatározás témában dolgozott 5 hónapot az Atomkiban. Az MTA meghívására egy - a nukleáris asztrofizika témakörében dolgozó - elméleti magfizikus svájci kutató négy hónapot töltött az intézetben

A külföldi kutatók debreceni tevékenységében továbbra is fontos szerepe van a CHARISMA EU FP7 programnak. A kulturális örökség megőrzését Európa-szerte fontos feladatnak tartják. A projekt keretében, összesen 6 külföldi kutatót fogadtak Belgiumból, Lengyelországból, Németországból és Romániából.

Az Atomki Külső Tanácsadó Testülete 2012. szeptember 24-25 között tartotta ülését az intézetben.

IV. A 2012-ben elnyert fontosabb hazai és nemzetközi pályázatok rövid bemutatása

Hazai vonatkozásban az Atomki a legnagyobb volumenű támogatásokat az NFÜ, a Radioaktív Hulladékokat Kezelő Kft., az NKTH – OTKA és az OTKA nevű szervezetektől kapta, nemzetközi téren pedig az Európai Uniótól.

Az intézetnek 112 pályázata volt 2012-ben, ezek közül 42-nél a teljes összeg 10 millió Ft fölött volt, 25-nél pedig 20 millió Ft fölött. Az alábbiakban felsoroljuk ezt a 25 pályázatot, és megadjuk, hogy a pályázatból mekkora összeg az Atomkié, valamint hogy 2012-re ebből mennyi jutott.

Itt jegyezzük meg, hogy intézetünk több nyertes TÁMOP pályázatban konzorciumi tag. Háromban a Debreceni Egyetem, egyben a Szegedi Tudományegyetem. egyben a Miskolci Egyetem a konzorciumvezető. Ezek a projektek többségükben 2013-ban indulnak, de elnyerésük a 2012-es év sikere.

NFÜ: Komplex épületenergetikai fejlesztés, 325959 eFt – 198335 eFt

NFÜ: PRIZMATECH klaszter, 21845 eFt – 2568 eFt

NFÜ: Impulzuslézerek alkalmazása, 19144 eFt – 4786 eFt

NFÜ: Jövő Internet kutatások, 49988 eFt

NFÜ: Az Atomki tudományos eredményeinek terjesztése, 99190 eFt

NFÜ: Célzott kémiai és biológiai alapkutatások, 57600 eFt

NFÜ: Intelligens funkcionális anyagok, 116699 eFt

NFÜ: Kommunikációs protokoll kutatása, 43172 eFt – 10600 eFt

NFÜ: A jövő laboratóriuma az anyagtudományban, 105723 EUR – 25723 EUR

NKTH– OTKA: Új fizika keresése a CMS detektorral, 29344 eFt – 3021 eFt

NKTH– OTKA: A Napban lejátszódó $3\text{He} + 4\text{He}$ reakció, 24000 eFt – 2762 eFt

NKTH: Újgenerációs, környezetbarát vékonyréteg-napelemek, 32000 eFt

OTKA: Alapvető kölcsönhatások és egzotikus magállapotok, 23157 eFt

OTKA: A nehéz elemek nukleoszintézise, 21998 eFt – 6941 eFt

OTKA: Korrelációk az atommagokban, 31008 eFt – 13152 eFt
OTKA: Neutrondetektorok fejlesztése, 29985 eFt – 21588 eFt
Radioaktív Hull. K. Kft.: Püspöksz. RHT terül. vett m. vizsg., 108788 eFt – 28096 eFt
EU: A jövő laboratóriuma NFÜ: Előrehaladott képalkotási rendszer, 160954 eFt – 13102 eFt
EU: Mesterséges gyémánt alapú detektorok fejlesztése, 34202 EUR
EU: E+ E- detektor fejlesztése, 59625 EUR
EU: EURATOM Fúziós Tréning, 145350 EUR
EU: Trícium - oktatási program, 65000 EUR
EU: Kollektív gerjesztések atomi ionizációban, 100000 EUR
EU: Asztrofizikai p-folyamat, 750000 EUR
EU: CHARISMA, 197000 EUR – 102501 EUR

V. A 2012-ben megjelent jelentősebb tudományos publikációk¹

Chatrchyan S, Khachatryan V, Sirunyan AM, Tumasyan A, Adam W, Aguilo E, et al. (2891) Horváth D, Béni N, Fenyvesi A, Molnár J, Pálincás J, Szillási Z
Observation of a new boson at a mass of 125 GeV with the CMS experiment at the LHC
PHYSICS LETTERS B 716:(1) pp. 30-61. (2012)

La Cognata M, Spitaleri C, Trippella O, Kiss GG, Rogachev GV, Mukhamedzhanov AM et al. (15)
Measurement of the - 3 keV Resonance in the Reaction C-13(alpha, n)O-16 of Importance in the s-Process
PHYSICAL REVIEW LETTERS 109:(23) Paper 232701. 5 p. (2012)

Csige L, Csatlós M, Faestermann T, Gulyás J, Habs D, Hertenberg R et al. (11) Hunyadi M, Krasznahorkay A
Transmission resonance spectroscopy in the third minimum of Pa-232
PHYSICAL REVIEW C NUCLEAR PHYSICS 85:(5) Paper 054306. 5 p. (2012)

Gottardo A, Valiente-Dobón JJ, Benzoni G, Nicolini R, Gadea A, Lunardi S et al. (84)
Algora A, Dombradi Z,
New isomers in the full seniority scheme of neutron-rich lead isotopes: The role of effective three-body forces
PHYSICAL REVIEW LETTERS 109:(16) Paper 162502. (2012)

Gruber E, Kowarik G, Ladinig F, Waclawek JP, Schrempf D, Aumayr F et al. (12) Bereczky RJ, Tókési K
Temperature control of ion guiding through insulating capillaries
PHYSICAL REVIEW A 86:(6) Paper 062901. 8 p. (2012)

¹ Itt a fontos tematikák bemutatására törekszünk, komoly eredményeket bemutató cikkek kisebb impaktfaktor esetén is helyet kaphatnak. Ugyanakkor a CMS kollaboráció 2012-es évi nagy impaktfaktorú közleményeiből [12 PRL, 31 J. HEP, 6 Phys. Rev. D és 23 Phys. Lett. B] ebben a listában csak egy szerepel.

Gulyás L, Igarashi A, Kirchner T

Double and transfer ionization in collisions of He with bare ions

PHYSICAL REVIEW A 86:(2) Paper 024701. (2012)

Gyürky Gy, Mohr P, Fülöp Zs, Halász Z, Kiss G G, Szücs T, Somorjai E

Relation between total cross sections from elastic scattering and α -induced reactions: The example of ^{64}Zn

PHYSICAL REVIEW C NUCLEAR PHYSICS 86:(4) Paper 041601. 6 p. (2012)

Juhász Z, Kovács S T S, Herczku P, Rácz R, Biri S, Rajta I et al. (10) Szilasi S Z, Pálincás J, Sulik B

Guided transmission of 3 keV Ar^{7+} ions through dense polycarbonate nanocapillary arrays: Blocking effect and time dependence of the transmitted neutrals

NUCLEAR INSTRUMENTS & METHODS IN PHYSICS RESEARCH SECTION B-BEAM INTERACTIONS WITH MATERIALS AND ATOMS 279: pp. 177-181. (2012)

Lévai G

Gradual spontaneous breakdown of PI symmetry in a solvable potential

JOURNAL OF PHYSICS A-MATHEMATICAL AND THEORETICAL 45:(44) Paper 444020. (2012)

Nándori I, Rácz J

Magnetic particle hyperthermia: Power losses under circularly polarized field in anisotropic nanoparticles

PHYSICAL REVIEW E - STATISTICAL, NONLINEAR AND SOFT MATTER PHYSICS 86:(6) Paper 061404. 8 p. (2012)

Papp L, Palcsu L, Major Z, Rinyu L, Tóth I

A mass spectrometric line for tritium analysis of water and noble gas measurements from different water amounts in the range of microlitres and millilitres

ISOTOPES IN ENVIRONMENTAL AND HEALTH STUDIES 48:(4) pp. 494-511. (2012)

Papp T

A critical analysis of the experimental L-shell Coster-Kronig and fluorescence yields data

X-RAY SPECTROMETRY 41:(3) pp. 128-132. (2012)

Rotaru F, Negoita F, Grévy S, Mrazek J, Lukyanov S, Nowacki F et al. (22) Dombrádi Z, Sohler D.

Unveiling the intruder deformed $2+$ state in Si^{34}

PHYSICAL REVIEW LETTERS 109:(9) Paper 092503. (2012)

Scott D A, Caciolli A, Di Leva A, Formicola A, Aliotta M, Anders M, et al. (32) Elekes Z, Fülöp Zs, Gyürky Gy, Somorjai E, Szücs T

First Direct Measurement of the $^{17}\text{O}(p,\gamma)^{18}\text{F}$ Reaction Cross Section at Gamow Energies for Classical Novae

PHYSICAL REVIEW LETTERS 109:(20) p. 202501. (2012)

Sohler D, Kuti I, Timár J, Joshi P, Molnár J, Paul E S et al. (30) Algora A, Dombrádi Zs, Gál J, Kalinka G, Krasznahorkay A, Zolnai L

High-spin structure of ^{104}Pd

PHYSICAL REVIEW C NUCLEAR PHYSICS 85:(4) p. 044303. 13 p. (2012)

Szoboszlai Z, Kertész Zs, Szikszai Z, Angyal A, Furu E, Török Zs et al. (8) Kiss Á Z

Identification and chemical characterization of particulate matter from wave soldering processes at a printed circuit board manufacturing company.

JOURNAL OF HAZARDOUS MATERIALS 203-204: pp. 308-316. (2012)

Szücs T, Bemmerer D, Cowan T, Degering D, Elekes Z, Fülöp Zs, et al. (13) Gyürky Gy

Shallow-underground accelerator sites for nuclear astrophysics: Is the background low enough?

EUROPEAN PHYSICAL JOURNAL A 48:(1) Paper 8. 8 p. (2012)

Tárkányi F, Ditrói F, Hermanne A, Takács S, Ignatyuk A V

Investigation of activation cross-sections of proton induced nuclear reactions on natMo up to 40 MeV: New data and evaluation.

NUCLEAR INSTRUMENTS & METHODS IN PHYSICS RESEARCH SECTION B-BEAM INTERACTIONS WITH MATERIALS AND ATOMS 280: pp. 45-73. (2012)

Vértesi T, Brunner N

Quantum Nonlocality Does Not Imply Entanglement Distillability

PHYSICAL REVIEW LETTERS 108:(3) Paper 030403. 4 p. (2012)