

Atommag- és plazmafizika

Kedd 13:30 Eötvös-terem

- 1. Endródi Geregely (ELTE TTK)**
- 2. Gajdátsy Gábor (SZTE TTK)**
- 3. Kiss Dániel Péter – Tallián Miklós (BME TTK)**
- 4. Kiss Gábor Géza (DE TTK)**
- 5. Radics Bálint (DE TTK)**
- 6. Wirth András (BME TTK)**

Neutronban gazdag atommagok radioaktív bomlási sorának vizsgálata

ENDRÓDI GERGELY, fizikus szakos hallgató (2004 ősz)
Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest

Témavezetők: HORVÁTH ÁKOS, egyetemi docens,
ELTE TTK Atomfizikai Tanszék

A radioaktív izotópnyalábok használatának módszerei az elmúlt néhány évben hatalmas fejlődésen mentek át, aminek köszönhetően az atommag struktúrájának kutatásában egyre újabb lehetőségek tárulnak fel. A néhány száz stabil vagy igen hosszú felezési idejű izotóp mellett, amelyek tulajdonságait mára részletesen feltárták, több ezernyi, radioaktív bomló izotóp létezik, amelyek magszerkezete nem ismert. Ezen izotópok egy csoportját alkotják a neutronban gazdag könnyű atommagok, melyek közül a ^{19}C izotóp esetében az alapállapot és egyes gerjesztett állapotok tulajdonságai nem tisztázottak. A kísérletek eredményei kiterjedt neutron glória jelenlétére utalnak: ezt a feltételezést erősíti az igen alacsony neutronszeperációs energia.

A RIKEN intézetben, Japánban lezajlott kísérletben $^{19,17}\text{C}$ alacsonyenergiás radioaktív nyaláb ütközését vizsgálták munkatársaim folyékony hidrogén céltárgyon. A dolgozat célja ezen kísérlet eredményeinek kiértékelése: a germánium detektorokból kapott gamma-spektrumok feldolgozása saját szoftverfejlesztés segítségével. Az egyes csúcsok energiája és intenzitása mellett időbeli eloszlásukat és a koincidencia-beütéseket vizsgáltuk. A gamma-vonalakat szisztematikusan azonosítottuk a nyalábizotópok bomlási sora elemeivel.

Megállapítottuk, hogy a ^{19}C bomlási sora hiányzik, helyette a ^{18}C leányelemeinek bomlásait detektáltuk. Ennek oka a ^{19}C glória-neutronjának azonnali leszakadása a lelassulás során. Meghatároztuk a $^{19,17}\text{C}$ első gerjesztett állapotainak energiáját, az eddig ismert adatoknál pontosabban. Az egyes gamma-vonalak intenzitásvizonyaiból eddig nem ismert (β -n bomlás utáni) átmeneti valószínűségekre következtettünk mindkét nyaláb esetén.

Ultrarövid lézerimpulzussal keltett plazma vákuum-ultraibolya spektrumának vizsgálata

GAJDÁTSY GÁBOR, informatikus-fizikus szakos hallgató (2004 ősz)
Szegedi Tudományegyetem, Szeged

Témavezető: FÖLDES ISTVÁN, tudományos tanácsadó,
MTA KFKI Részecske- és Magfizikai Kutatóintézet

A nagy intenzitású, rövid impulzusú lézerek használatával lehetőség nyílik ultrarövid, ún. lágyröntgen impulzusok előállítására közel szilárdanyag-sűrűségű plazmából. A plazmakeltés folyamatában fontos szerep tulajdonítható a céltárgy felületére eső rövid impulzus abszorpciójának.

Az abszorpció közvetlen mérése mellett a plazma tulajdonságairól a spektruma adja a legtöbb információt. Kísérleteket végeztem az SZTE Kísérleti Fizikai Tanszék 700 fs-os KrF excimer lézerével, néhányszor 10^{15} W/cm² fókuszált nyaláb-intenzitás mellett. A korábbi, szimulációkkal számolt eredmények azt mutatják, hogy az abszorpció mértéke jelentősen függ a céltárgyra eső nagyintenzitású fényimpulzus polarizációs síkjától. A p-polarizált nyaláb esetén a számított abszorpció mértéke körülbelül kétszer nagyobb mint az s-polarizált nyaláb esetén, ami ellentmondásra vezet az eddig KrF lézerrel végzett, közvetlen kísérleti megfigyelésekkel, miszerint a két egymásra merőleges irányban polarizált nyaláb közel azonos mértékben (4:3 arány) abszorbeálódik a felületen [1]. Ezt igazolják a felharmonikus keltésére irányuló kísérletek is.

A mérések során egy 700 fs-os impulzusidejű, 248 nm hullámhosszú KrF excimer lézer p- és s-polarizált nyalábját fókuszáltam alumínium és lítium-fluorid vékonyrétegek felületére különböző, szűrőkkel gyengített energiaértékek mellett (3-9mJ). Az így keletkezett forró plazma spektrumát figyeltem meg 10 – 50 nm-es tartományban.

A különböző energiájú és előimpulzusú nyalábbal gerjesztett esetekben, a felvett spektrum vonalainak intenzitásában jelentős eltérés nem mutatkozott, ami közel azonos hőmérsékletre enged következtetni. A két eltérő polarizációs irány esetén a p-polarizált nyaláb spektrumában, mindkét vizsgált anyagnál a kontínuum háttér-intenzitása nagyobb volt, ami annak tulajdonítható, hogy a p-polarizált nyalábbal történő gerjesztés során keletkező gyors elektronok képesek behatolni az optikailag sűrűbb plazmába és így vastagabb réteget felfűteni.

Hivatkozások:

- [1] U. Teubner, P. Gibbon, and E. Förster, Subpicosecond KrF-laser plasma interaction at intensities between 1014 and 1017 W/cm², Phys. Plasmas 3 (7), July (1996).

Neutronspektrum és neutronfluxus-eloszlás kísérleti vizsgálata az Oktatóreaktor F3 jelű függőleges besugárzó csatornájában

KIS DÁNIEL PÉTER és **TALLIÁN MIKLÓS**, mérnök-fizikus szakos hallgatók (2004 ősz)
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest

Témavezető: ZSOLNAY ÉVA MÁRIA, egyetemi docens,
BME Nukleáris Technikai Intézet

A kutatóreaktorokban gyakori vizsgálati módszer a neutron-besugárzás. Ehhez a mintát az aktív zónába kell juttatni, ahol a neutronok hatására különféle magreakciók játszódnak le benne. A reakciótermékek vizsgálatából következtetni lehet a minta fizikai és kémiai jellemzőire. A BME Oktatóreaktorában a minták besugárzására 18 függőleges csatorna áll rendelkezésre. Kisebb (és rövid felezési idejű) minták szállítására egy pneumatikus csőpostarendszer használható. A pneumatikus csőposta D5 zónapozícióban elhelyezkedő állomását kivéve az F3 jelű az egyetlen függőleges csatorna, amely az aktív zónán belül, a fűtőelemek között található. Így különösen fontos lehet olyan kísérleteknél, amelyekhez több nagyenergiájú neutron szükséges. A csatornán végzett átalakítások miatt azonban a korábbi spektrumadatok nem megbízhatók.

A TDK munka célja ezért e csatorna neutronspektrumának és neutronfluxus-eloszlásának meghatározása volt. Ehhez aktivációs mérés technikát alkalmaztunk. A mérés alapja az, hogy bizonyos izotópokban a neutron-besugárzás hatására lejátszódó magreakció terméke radioaktív lesz. Ha mérjük a besugárzott minták aktivitását, akkor a besugárzás körülményeinek és a detektorok fizikai jellemzőinek ismeretében a vizsgált magreakció sebessége – amelyet a neutronspektrum meghatározásához felhasználunk – kiszámítható. A módszer előnye, hogy a besugárzott detektorok aktivitása az aktív zóna zavaró γ -hátterétől távol mérhető. A TDK munka keretében aktivációs technikával megmértük a termikus neutronfluxus axiális irányú eloszlását az F3-as függőleges csatornában. A mérésekhez Dy tartalmú huzalt használtunk. Ezután a maximális fluxusú hely közelében meghatároztuk a neutronspektrumot a multifólia-aktivációs módszer segítségével. Besugároztunk egy sorozat aktivációs detektort, amelynek érzékenységi tartománya lefedte a vizsgálandó neutronenergia-intervallumot (reaktorról lévén szó, ez 10^{-10} MeV-től 20 MeV-ig terjedt). A detektorok aktivitását félvezető-detektoros γ -spektrometriával mértük, majd kiszámítottuk a megfelelő reakciósebességeket. A munka magában foglalta a detektorok kiválasztását, a besugárzás megtervezését, a γ -spektrometriai mérések elvégzését és az adatok kiértékelését. A mért γ -spektrumokból saját fejlesztésű programmal határoztuk meg a reakciósebességeket és ezek bizonytalanságát. A neutronspektrumnak a nyert kísérleti adatok felhasználásával történő meghatározásához az NTI munkatársai által kifejlesztett SANDBP kódot használtuk. A számításokat a fent említett energiatartományt lefedő 50 energiacsoportban végeztük. Dolgozatunkban bemutatjuk a kísérletek során alkalmazott eljárásokat, az általunk kifejlesztett számítógépi programot és a kapott eredményeket. Ez utóbbiakat reaktorfizikai szempontból is értékeljük.

Abszolút rezonanciaerősség mérés a ${}^{6,7}\text{Li}(\alpha,\gamma){}^{10,11}\text{B}$ reakciókban

KISS GÁBOR GYULA, fizikus szakos hallgató (2004 tavasz)
Debreceni Egyetem, Debrecen

Témavezető: SOMORJAI ENDRE, tudományos tanácsadó
MTA Atommagkutató Intézet

A ${}^{12}\text{C}(\alpha,\gamma){}^{16}\text{O}$ befogási reakció kulcsfontosságú a nukleáris asztrofizikában. Az utóbbi 20 évben számos kísérletben próbálták a reakció hatáskeresztmetszetét meghatározni, azonban a kitűzött cél, a hatáskeresztmetszet 10%-nál pontosabb meghatározása még nem sikerült. A Ruhr Egyetemen egy mágneses szeparátorral (ERNA) a keletkező végmagok számának meghatározásával kívánják a pontosságot növelni, melyhez a berendezés akceptanciáját pontosan ismerni kell. Ennek kísérleti ellenőrzése a ${}^{12}\text{C}(\alpha,\gamma){}^{16}\text{O}$ reakcióhoz hasonló kinematikájú reakciók rezonancia hozamainak mérésével lehetséges. TDK munkám - melyet az ATOMKI Elektrosztatikus Gyorsítók Osztályán végeztem - ilyen rezonanciák abszolút erősségének mérésével kapcsolódik a Németországban folyó mérésekhez.

Laboratóriumi és asztrofizikai plazmák röntgendiagnosztikája

RADICS BÁLINT, fizikus szakos hallgató
Debreceni Egyetem, Debrecen

Témavezető: Takács Endre
DE Kísérleti Fizika Tanszék

Az utóbbi évtizedek során az asztrofizika rendkívüli módon kibővítette az Univerzumról eddig szerzett tudásunkat. Ez főleg annak köszönhető, hogy a folyamatosan fejlődő detektálási technikák egyre jobb térbeli és energiafeloldásukkal egyre pontosabb képet tudnak alkotni a távoli objektumokról (csillagok, szupernovák, stb.). Ezen objektumok főbb fizikai jellemzőinek meghatározására és a tárgyalásukra felállított modellek tesztelésére már nem elegendő csupán a láthatófény tartományban vizsgálni. Erre kiváló példa a Chandra űrobservatórium, melynek fedélzeti CCD-kamerái az elektromágneses sugárzási spektrum röntgen tartományában érzékenyek és mely így alkalmas a magas hőmérsékletű plazmák illetve nagy töltésű ionok alkotta rendszerek vizsgálatára. Az amerikai Nemzeti Űrhajózási Hivatal, a NASA 1999-ben bocsátotta fel a Chandra műholdat. A több százezer fényévre lévő plazmákat nyilván csak a belőlük jövő sugárzások detektálásával tudjuk „mérni”. Viszont ahhoz, hogy valamilyen fizikai rendszer tulajdonságait, viselkedését megértsük jól kontrollált körülmények között kell méréseinket elvégezni. A nagyon messzi asztrofizikai plazmáknál ez a lehetőség nyilván nem adott. Azonban plazmákat a Földön is elő lehet állítani és rajtuk alkalom nyílik szintetikus körülmények között méréseket végezni, valamint a detektorokat és az elemzési eljárásokat tesztelni. A Földi vagy laboratóriumi plazmákon szerzett tapasztalatokat felhasználhatjuk az asztrofizikai plazmák vizsgálatánál és - összehasonlítva a kétféle rendszert - pontosíthatjuk ezen rendszereket leíró modelljeinket.

Csoportunkban együttműködés indult a Chandra, a Naval Research Laboratory (NHL) és a National Institute of Standards and Technology (NIST) kutatóival, mely során a Cassiopeia A szupernóva vizsgálatába kapcsolódtunk be. Kidolgoztunk egy röntgenképfeldolgozó eljárást, mely röntgen CCD-kamerás képekből képes lokális spektrális információt kinyerni. A spektrumokból, az egyes térrészekre jellemző eloszlások paramétereiből paramétertérképeket készítünk, melyekkel már összetettebb plazmatulajdonságokra is fényt lehet deríteni, mint csupán az egyes lokális spektrumokból.

Ezt az eljárást egy laboratóriumi plazmáról röntgen CCD-kamerával felvett képekre kidolgoztam, kipróbáltam, és sikerült demonstrálni, hogy a módszer segítségével a jó térbeli feloldást ötvözni lehet a spektrális analízissel. Kimutattunk egy eleméltileg megjósolt effektust, mely az ionok „párolgásos hűlésével” kapcsolatos. A módszer asztrofizikai plazmákra való alkalmazása folyamatban van.

Pulzált neutronforrással történő reaktivitásmérés modellezése az MCNP programmal

WIRTH ANDRÁS DÁVID, mérnök-fizikus szakos hallgató (2004 ősz)
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest

Témavezető: FEHÉR SÁNDOR, egyetemi docens,
BME, Nukleáris Technika Tanszék

Az elmúlt évtizedben jelentősen megnőtt az érdeklődés a gyorsítóval hajtott szubkritikus reaktorok, az úgynevezett ADS-ek (ADS = Accelerator-Driven System) iránt. A megélénkülő figyelmet elsősorban az magyarázza, hogy az ADS-ek – flexibilitásuk és biztonsági tulajdonságaik folytán – komoly szerephez juthatnak az atomerőművek kiegészített üzemanyagában található hosszú felezési idejű radioaktív hulladékok rövidebb felezési idejű vagy stabil izotóppokká történő transzmutálásában.

A gyorsítóval hajtott szubkritikus rendszerek üzemeltetésének egyik kulcskérdése a mindenkori reaktivitás megfelelő pontosságú (online) meghatározása. A problémára számos megoldás született, a dolgozat ezek közül néhány, pulzált neutronforrásra alapuló mérési technikával foglalkozik.

A Nukleáris Technikai Intézet, illetve az Oktatóreaktor várhatóan 2005. elején hozzájut egy ING-1 típusú, impulzus üzemi neutronforráshoz. Ezzel lehetőség nyílik majd a szubkritikus-reaktivitásmérési technikák gyakorlati kipróbálására, tanulmányozására. Feladatul a lehetséges mérési eljárások összevetését és azok optimalizációját tűztük ki, számítógépes szimuláció segítségével.

Kézenfekvő választás volt az MCNP program, egy általános célú Monte Carlo kód, háromdimenziós, csatolt neutron-, foton- és elektrontranszport-számítási képességgel. Később az oktatóreaktor geometriai modelljébe pulzált neutronforrást helyezve vizsgáltam a neutronfluxust az idő függvényében, különböző detektorpozíciókban. A kapott jel kiértékelésére Simmons és King, illetve Sjöstrand módszerét alkalmaztam. A különböző szabályzórúd-pozícióknál kapott reaktivitás-értékeket összevetettem az ettől függetlenül, az MCNP beépített algoritmusával nyert értékekkel. Utóbbi algoritmusok közvetlenül csak a sokszorozási tényező meghatározására alkalmasak, ezért szükség volt az effektív későneutron-hányad számítására, ami egy módosított MCNP kód segítségével vált lehetővé.

A szimuláció segítségével sikerült megmutatni, hogy az MCNP lehetővé teszi a szubkritikus reaktivitásmérési módszerek tanulmányozását, összevetését, érvényességi határaik megismerését. Megállapítható, hogy enyhén szubkritikus állapotban mindkét módszerrel jó közelítéssel meghatározható a reaktivitás. Mélyebben szubkritikus esetben viszont egyrészt a reaktivitást jellemzően felülbecslik, másrészt az általuk szolgáltatott eredmény erősen függ a detektor reaktorbeli helyzetétől.