

AZ MTA ATOMMAGKUTATÓ INTÉZETE
4026 Debrecen, Bem tér 18/c
(4001 Debrecen, Pf. 51)
Tel: 06-52-509200, fax: 06-52-416181
E-mail: rgl@atomki.hu; honlap: <http://www.atomki.hu>

KIEMELKEDŐ EREDMÉNYEK 2005-BEN

Laza burok neutrondús könnyű atommagokon

A szélsőségesen neutrondús könnyű magok a legfurcsábbak az összes atommag között. Némelyiküket áttetszően ritka neutronburok, ún. neutronglória borítja. Az Atomki kísérleti fizikusai a japáni RIKEN intézetben most azt fedezték fel, hogy a neutronburok kötődése a belső magtörzshöz olyan laza lehet, hogy a burok csaknem teljesen független mozgásra gerjeszthető.

A Tokió melletti RIKEN („Fizikai és Kémiai Kutatóintézet”) a világ egyik legjelentősebb kutatóintézete, amely a magfizika és -kémia mellett ma már számos egyéb tudománynak, legújabbán az agykutatásnak is fontos otthona, és benne jelenleg a világ egyik legnagyobb magfizikai gyorsítója – „ionnyalábgára” – épül. Az Atomki munkatársai évtizedek óta rendszeresen dolgoznak a RIKEN-ben, és a kapcsolatot 2005-ben emelték a két intézmény közti hivatalos együttműködés rangjára. Jó okkal tették, hiszen a RIKEN-i magszerkezet-kutatás néhány fontos új eredménye nagyrészt egy háromfős debreceni csoporttól származik, s a belőlük készült cikkek az ő nevükkel az élen jelentek meg.

E kísérletekben felgyorsított ionokat ütköztetnek egy nyugalomban levő céltárgy atommagjaival. Csak hogy a neutrongazdag könnyű magok a másodperc töredékéig léteznek: viharos gyorsasággal stabilabb atommagokká alakulnak. Ezért nem lehet belőlük céltárgyat készíteni, hanem csupán ionnyaláb gyanánt állíthatók elő, egy előzőleg előidézett magreakció termékeként. Az ezen reakcióból kirepülő termékmagok közül kiválogatják tehát a másodikkhoz kívánt fajtákat, és belőlük újabb nyalábot formálva egy másik céltárggyal ütköztetik őket. Ilyen kísérletekre a világnak négy-öt laboratóriumában van mód.

A ^{16}C (szén-16) mag 6 protonból és 10 neutronból áll. Különleges szerkezetét úgy képzelhetjük el, hogy benne 3 alfa-részecske (egyenként 2 proton és 2 neutron) alkot egy viszonylag merev vázat. Ez a váz lapított alakú, hiszen három pont egy síkot feszít ki, viszont a többi neutron – a neutronburok – hajlamos a 3 alfa-részecske alkotta síkra merőlegesen csúcsosodni. Ez az oka annak, hogy a burok a törzstől csaknem függetlenül gerjeszthető forgó mozgásra.

Vajon egyedülálló-e a ^{16}C burkának lazasága? A szomszédos ^{17}C (szén-17; 6 proton, 11 neutron) és a ^{17}B (bór-17; 5 proton, 12 neutron) gerjesztett állapotait is megvizsgálták, és a legerjesztődés erősségéből arra következtettek, hogy e két mag hasonlóképp viselkedik.

A ^{19}C (szén-19) mag 13 neutronja közül a legkülső sokkal lazábban van bekötve, mint a

többi, s így egymaga alkothat glóriát. A glória azonban csak akkor fejlődik szép nagyra, ha a glórianeutron nem kering. Ez attól függ, hogy milyen az a legalacsonyabb energiájú pálya, amelyen a legkülső neutron helyet talál magának. A szabályos szintosrend szerint a neutronnak sebesen kellene keringenie. Az Atomki kutatóinak mérései azonban megmutatták, hogy ebben a magban – szabálytalan módon – egy keringés nélküli szabad pálya energiája alacsonyabb, s így megerősítették, hogy a ^{19}C magnak jól fejlett egyneutron-glóriája van.

A különleges összetételű könnyű magok a természetben alig fordulnak elő, mert ritkán – szinte soha nem – keletkeznek. A világegyetem elemeinek kialakulása során azonban fontos lépcsőfokot alkottak, s így tanulmányozásuk a világ jelenlegi anyagi összetételének megértéséhez is nélkülözhetetlen.

MiniPET

A pozitronemissziós tomográfia hazai meghonosítása a Debreceni Egyetem és az Atomki együttműködésének az eredménye volt. Ez a modern orvosi vizsgálati módszer egyre nagyobb szerephez jut, és a vele kapcsolatos kutatásban az Atomki továbbra is részt vesz. Ezúttal – NKFP-programban – egy olyan berendezés megépítésében vett részt, amelynek segítségével kis állatokon lehet kísérleteket végezni fejlesztés alatt álló gyógyszerek hatásának megfigyelése érdekében. Minthogy a pozitronemissziós tomográf (PET) nukleáris sugárzás észlelése (detektálása) útján lát bele az élő szervezetbe, megvalósításához a detektorok elektromos jeleinek elektronikus feldolgozása szükséges. A kis állatok vizsgálatához éppolyan miniatürizált gyors jelfeldolgozásra van szükség, mint az Atomkiban készített modern magfizikai detektorrendszerekhez.

A kis állatok vizsgálatára alkalmas pozitronemissziós tomográf (MiniPET) fejlesztése során a hagyományos analóg jelfeldolgozás helyett digitális jelfeldolgozást alkalmaztak. Új algoritmusokat dolgoztak ki a jelfeldolgozás minden fontosabb lépéséhez. A MiniPET-et a Debreceni Egyetem PET-Centrumában helyezték üzembe.

Magas átmeneti hőmérsékletű szupravezetők

A magas átmeneti hőmérsékletű szupravezetők (MHS) egyik legfontosabb strukturális tulajdonsága a réteges szerkezet, ami meghatározza ezen anyagok különleges tulajdonságait. Lényegében kvázi-kétdimenziós rendszereknek tekinthetők, ahol a kétdimenziós (2D) réz-oxid síkok gyengén vannak csatolva egymáshoz. Egyelőre nincs olyan elmélet, amely minden tekintetben helyesen írja le az MHS anyagokkal kapcsolatos kísérleti tapasztalatokat. Létezik azonban egy jelenségszintű leírásmód, ami képes számot adni az MHS anyagokban kialakuló mágneses örvényszerkezet tulajdonságairól. Tisztán 2D rendszerben a legkisebb energiájú elemi gerjesztés egy párt alkotó két ellentétes örvény keltése, ami hasonlít egy részecskepár keltéséhez. Alacsony hőmérsékleten az örvények páronként egymáshoz kötődnek, egy kritikus hőmérsékletnél magasabb hőmérsékleten viszont szétszakadhatnak, mintha kötött állapotú részecskepárok szabad állapotba kerülnének. Ez a kép azonban módosul réteges szerkezet esetén. A 2D síkok közti csatolás többek között azt eredményezi, hogy a kritikus hőmérséklet függ a rétegek számától. Nagyon vékony minták esetén pedig számolni kell azzal is, hogy a jelenség függ a minta vastagságától is, és ezt az Atomkiban sikerült elméletileg igazolni. Az elmélet egy részecskefizikai térelmélet hű mása, és jóslata vékony rétegekre pontosan egyezik a mérési eredményekkel.

DIGE – egy hatékony ionnyaláb-analitikai eljárás

Gyakran tudnunk kell természeti vagy mesterséges tárgyak elemösszetételét. Esetenként változik, hogy éppen mely elemek koncentrációjára van szükség. Az Atomkiban használt többféle elemanalitikai módszer közül az elmúlt évben jelentős eredmények születtek egy olyan eljárás fejlesztésében, amely különösen akkor hasznos, ha lítium, berillium, bór vagy fluor koncentrációját akarjuk megmérni. Ilyen eset pl. az ipari gyakorlatban a fémüvegek bórtartalmának meghatározása, de a geológiai meteorit- és szferulaminták vagy a biológiai szövetminták könnyűelem-tartalmának a meghatározására is alkalmas. A módszer alapját és nevét a deuteron indukált gamma-kibocsátás jelensége (DIGE) adja. Az eljárás során felgyorsított deuteronokat irányítanak a vizsgálandó anyagra, a mintában magreakciók mennek végbe, és a vizsgált elemek atommagjaira jellemző energiájú gamma-sugarak keletkeznek. Ezek intenzitásának méréséből következtetnek ezen elemek koncentrációjára.

A gamma-kibocsátás valamilyen magreakció nyomán megy végbe, úgyhogy a pontos DIGE-analízishez előzőleg meg kell mérni néhány magreakció valószínűségét. Az Atomkiban ennek érdekében a ${}^6\text{Li}+d\rightarrow{}^7\text{Li}+p$, ${}^9\text{Be}+d\rightarrow{}^{10}\text{B}+n$, ${}^{11}\text{B}+d\rightarrow{}^{12}\text{B}+p$ és ${}^{19}\text{F}+d\rightarrow{}^{20}\text{F}+p$ magreakciók valószínűségét mérték meg pontosan. (Itt a felcsúsztatott kis szám az atommag nukleonjainak a számát jelzi, amely izotóponként más és más, a d deuteron, a p protont, az n pedig neutron jelent.) Ennek eredményeként a DIGE-mérés olcsóbb, gyorsabb, megbízhatóbb lett, és bonyolult szerkezetű (pl. biológiai) mintákra is kivitelezhetővé vált.