

Egy hiperdeformált magállapot

Az atommagoknak parányi méretük ellenére többé-kevésbé jól meghatározott alakjuk van. Vannak gömbölyű magok, zsömle alakban belapultak, és szivar alakban megnyúltak is. Ugyanazon atommag különböző állapotainak más-más alakja lehet. Egy olyan mag, ami alapállapotában gömbölyű, rendelkezhet olyan nagyobb energiájú, vagyis gerjesztett állapottal, amelyben belapult, vagy megnyúlt. Alapállapotában a legtöbb atommag eltér a gömbszimmetrikustól, ezért deformálnak mondjuk őket. A deformáció mértéke általában kicsi, mindaddig amíg a gerjesztési energia kevés. Ilyenkor a mag három tengelyének aránya eltér ugyan az 1-től, de csak kevéssé.

Szuperdeformálnak nevezzük a magot, ha egyik irányban kétszer olyan hosszú, mint a másik kettőben; hiperdeformálnak pedig, ha az egyik tengelye háromszor akkora, mint a másik kettő. A legtöbb magot sok nukleon építi fel, és az a tény, hogy éppen a 2:1:1, vagy 3:1:1 tengelyarányú alak stabilis, nem magától értetődő. Ez az elmélet szerint a soknukleon-rendszer kényes egyensúlyának a következménye. A kísérletek sok esetben igazolták ezeket az előrejelzéseket. Számos atommagnak ismerjük a szuperdeformált, és néhánynak a hiperdeformált állapotát is.

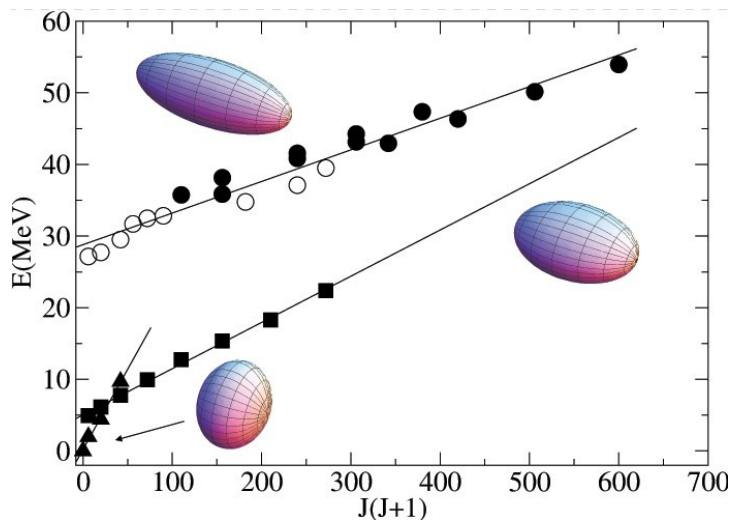
Különösen érdekesek azok az atommagok, amelyekben a protonok (Z) és a neutronok (N) száma azonos. Egyebek közt a proton-neutron kölcsönhatás tanulmányozása számára jelentenek ezek izgalmas mikrofizikai laboratóriumot. Ilyen magokban szuperdeformált állapotokat csak az elmúlt évtizedben találtak, hiperdeformált állapotokról pedig egyelőre csak spekulációk léteznek. Például a 18 proton és 18 neutron alkotta ^{36}Ar atommag szuperdeformált állapotot 2000-ben figyelték meg [1]. Erre is volt elméleti jóslat, észlelését követően pedig egész sor új elméleti munkát tettek közzé. Ezért a szuperdeformált állapot természetét meglehetősen részletességgel ismerjük.

A magszerkezet elméleti vizsgálata alapvetően három modell használatán alapul. Modellekre a magot alkotó nukleonok nagy száma miatt van szükség. A modellépítés során a feladatot addig redukáljuk, amíg megoldhatóvá válik, miközben megpróbáljuk a lényeges vonásokat nem meghamisítani. A három alapvető magszerkezet-modell a cseppmodell, a héjmodell és a fűrtmodell. Az elsőben feltételezzük, hogy az atommag olyan, mint egy folyadéksepp, ami rezgésre és forgásra képes. A héjmodell szerint a mag olyan, mint egy mikroszkopikus naprendszer, vagy egy atom: viselkedéséért néhány (ún. valencia-) nukleon a felelős, melyek egy masszív törzs körül keringenek. A fűrtmodellben pedig az az alapfeltevés, hogy egy magot kisebb magok (melyeket itt *klasztereknek* hívunk) együttese alkot, mint szőlőszemek a fűrtöt. Megnyugtatóan akkor értjük egy magállapot szerkezetét, ha jó esetben mind a három alapmodell segítségével le tudjuk írni.

Az ^{36}Ar atommag szuperdeformált állapotának felfedezése után az ATOMKI kutatói annak a fűrtmodellbeli vizsgálatát végezték el [2]. Azt tanulmányozták, hogy szerkezeti szempontból ennek az állapotnak milyen bináris klaszterkonfigurációi lehetségesek, vagyis milyen két kisebb atommagból lehet felépíteni. Egy ilyen analízis hozzájárul a szerkezet megértéséhez, és rámutat arra is, hogy milyen magreakciókkal lehet létrehozni a kérdéses állapotot; például annak a két magnak az ütköztetésével, amelyek fel tudják építeni. Ezért megvizsgálták, hogy az ^{36}Ar atommag elméletileg jósolt [3], de kísérletben még nem észlelt hiperdeformált állapota milyen bináris klaszter-konfigurációkat enged meg; és így milyen reakciókkal hozható létre. Az derült ki, hogy a legalkalmasabb reakciók a $^{24}\text{Mg}+^{12}\text{C}$, és a $^{20}\text{Ne}+^{16}\text{O}$ ütközések. A történet további érdekessége, hogy a hiperdeformált állapotra vonatkozó [3] előrejelzés is fűrtmodell-számolásból való; de ebben 9 darab ^4He atommagból (un. alfa-klaszterből) építkeztek.

Az elméleti előrejelzések után a Sao Paoli egyetem és az ATOMKI kutatói elvégezték egy korábbi $^{24}\text{Mg}+^{12}\text{C}$ szórás kísérlet analízisét [4]. (A Sao Paolo-i csoport vezetője a magyar származású Szily Alinka, az egyetem első női kísérleti fizika professzora) Az adatok rezonanciaállapotok jelenlétét mutatják, melyek meghatározott energiához (E) és impulzuszórához (J) tartoznak. Az 1. ábra mutatja a rezonanciák elhelyezkedését az E - J(J+1) rotációs diagramon. A

$^{24}\text{Mg}+^{12}\text{C}$ szórási rezonanciákon kívül itt fel vannak tüntetve a $^{20}\text{Ne}+^{16}\text{O}$ rendszer állapotai is, melyek korábbi kísérletekből szintén ismeretesek.



1. ábra. Az ^{36}Ar atommag alapállapotú, szuperdeformált és hiperdeformált rotációs sávja (energia szerint növekvő sorrendben). A grafikus betétek szerint alapállapotában a mag enyhén belapult, szuper- és hiperdeformált állapotban pedig egyre megnyúltabb. A HD sáv üres karikái a $^{24}\text{Mg}+^{12}\text{C}$, tele karikái a $^{20}\text{Ne}+^{16}\text{O}$ rendszer rezonanciái.

A magnak egyetlen belső állapota – amit a hozzá rögzített vonatkoztatási rendszerben látnánk – különböző energiájú és perdületű állapotok sorozataként jelenik meg a laboratóriumi rendszerben, ahol a mérést végzik. (Ezt a sorozatot hívjuk rotációs sávnak.) Az állapotok sokszorozódása abból fakad, hogy a mag, mint egész forog, de ez a mozgás nem befolyásolja a belső szerkezetét. A kísérleti pontokra illeszkedő egyenes meredeksége adja meg a mag tehetetlenségi nyomatékát, és ebből lehet következtetni az alakra. Az észlelt tehetetlenségi nyomatékok gyakorlatilag azonosnak adódtak azzal, amit az alfa-klaszter számolások [3] adtak a hiperdeformált állapotra. Mivel a rezonanciákat éppen abban a két reakcióban találták, amit a bináris klaszter-moddal végzett számolások jósoltak, igen valószínű, hogy a [4] analízis hiperdeformált állapotot talált.

Az ábrán az összehasonlítás kedvéért fel van tüntetve az alapállapothoz és a szuperdeformált állapothoz tartozó rotációs sáv is. Ez az ábra az egyetlen olyan $N=Z$ magot mutatja, ahol úgy tűnik, ismerjük az alapállapot mellett a szuperdeformált és a hiperdeformált állapotot is.

Mint említettük, az állapot szerkezetének igazi megértéséhez szükség van arra, hogy azt több szempontból is megvizsgálják. Maga a hiperdeformált alak a cseppmodellhez tartozó fizikai kép. Ennek alapján számolható például a tehetetlenségi nyomatéka. Az állapotra vonatkozó két előrejelzés pedig két fűrtmodell-vizsgálatból származik. Ezért kívánatosnak mutatkozott, hogy megvizsgálják, vajon az ^{36}Ar atommag hiperdeformált állapotát héjmodell-számítások is megadják-e. Az [5] munka (szintén Debrecen – Sao Paulo együttműködés) megmutatja, hogy a héjmodell is megjósolja a hiperdeformált állapot létét, méghozzá nem csak azonos tehetetlenségi nyomatékkal, mint amit az alfaklaszter-modell és a kísérlet adott, hanem azonos szerkezeti szimmetriával is.

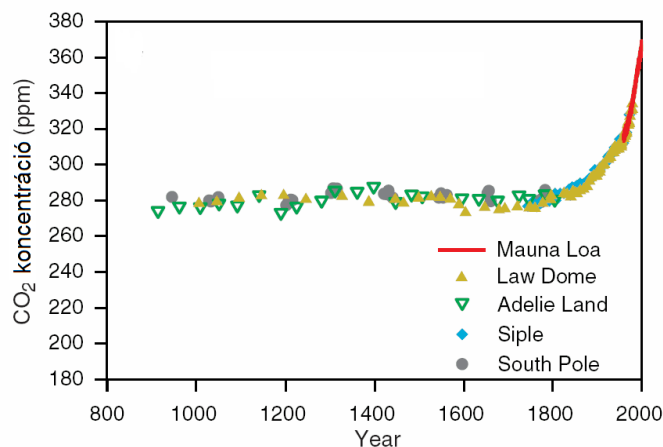
Mindezek alapján azt mondhatjuk, hogy az elmúlt év kutatásai mind kísérleti, mind elméleti oldalról erősen valószínűsítették, hogy megtaláltuk az első olyan atommagot, melynek azonos a proton- és neutronszáma, és rendelkezik szuperdeformált és hiperdeformált állapottal is. Természetesen a végső szó kimondásához ebben a kérdésben is arra van szükség, hogy független kísérletek megerősítsék az eredményeket. Mindazonáltal az 1. ábra határozottan sugallni látszik a HD állapot létét, illetve a három fontos alak együttes jelenlétét egy atommagban.

[1] Svensson és tsai, Phys. Rev. Lett. 85, 2693 (2000).

- [2] J. Cseh, J. Darai, A. Algora, P.O. Hess, Phys. Rev. C. 70, 034311 (2004).
- [3] W.D.M. Rae, A.C. Merchant, Phys. Lett. B 279, 207 (1992).
- [4] W. Sciani, Y. Otani, A.L. Szily, E.A. Benjamin, L.C. Chamon, R.L. Filho, J. Darai, J. Cseh, Phys. Rev. C 80, 034319 (2009).
- [5] J. Cseh, J. Darai, W. Sciani, Y. Otani, A.L. Szily, E.A. Benjamin, L.C. Chamon, R.L. Filho, Phys. Rev. C 80, 034320 (2009).

Klíma- és légkörkutató: a légköri fosszilis CO₂-szennyezés közvetlen mérésére alkalmas mintavételi egység telepítése egy magyarországi háttérállomáson

A Föld klímája erősen függ légkörének sugárzási egyensúlyától, melyet alapvetően befolyásolnak az üvegházhatásért felelős gázok. Az ipari forradalom óta az üvegházhatású gázok koncentrációja jelentősen megemelkedett a légkörben. Jelenkori légkörelemzések, illetve jég fúrómagokba zárt levegőzárványok mérési eredményei alapján, nyomon követhető az egyes légköri gázkomponensek folyamatos változása. Az iparosodást megelőző „zavartalan” légköri koncentrációhoz képest mára a CO₂ mennyisége közel 30%-kal emelkedett. Az utóbbi évtizedekben ez az emelkedés közel exponenciális ütemű volt, mely ahhoz vezetett, hogy az ezredfordulóra a légköri CO₂ koncentrációja megközelítette a 380 ppm-es értéket (1. ábra).



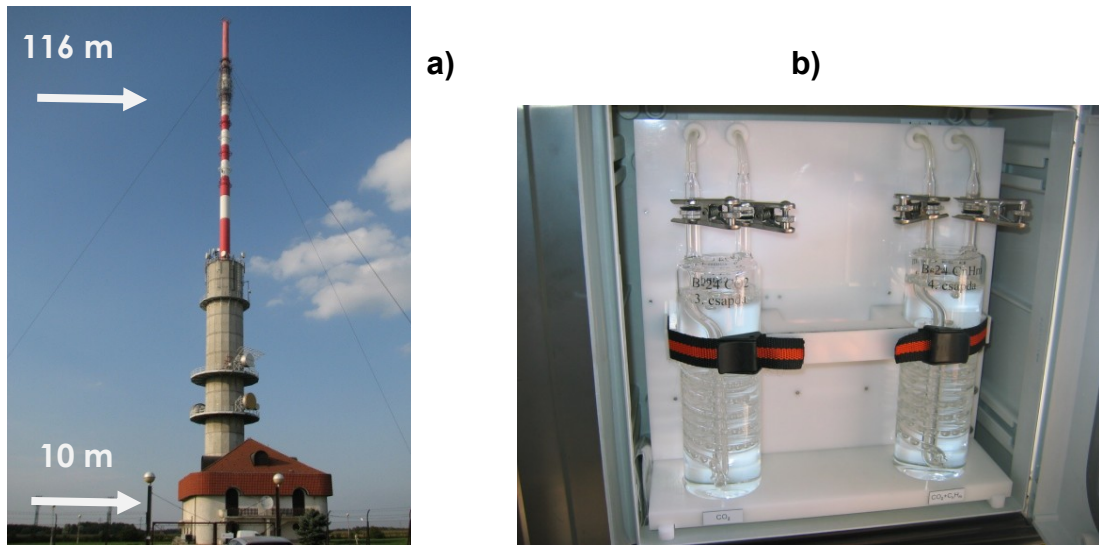
1. ábra. A légköri CO₂-szint változása az elmúlt évszázadokban.

A potenciálisan nagyon súlyos következményekkel fenyegető globális éghajlatváltozás megfékezéséhez szükség van az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentésére, erre vonatkozó nemzetközi egyezmények megkötésére. Az egyezmények részesei nemzeti kibocsátásukat ma egységes metodika alapján, ám közvetett adatokból számolják. A területi, technológiai és egyéb különbségek miatt ezek az adatok nem tükrözik pontosan a tényleges kibocsátást. Elsősorban a magas tornyokon végzett légköri koncentrációmérések és a velük együtt mért meteorológiai adatok teszik lehetővé, hogy nagyobb területek tényleges kibocsátását objektív mérések alapján ellenőrizzük az ún. inverz terjedési modellek segítségével.

Megfelelően kiterjedt, pontos, összehangolt mérőhálózat segítségével ellenőrizhetővé válik a szerződések betartása, pontosíthatók a nemzeti kibocsátás-korlátozási stratégiák, megítélhető az intézkedések hatékonysága. A Meteorológiai Világszervezet levegőszennyezettséget mérő hálózatában kötelező feladattá tették a légköri CO₂-koncentráció folyamatos mérését. Ezekből az derült ki, hogy a CO₂-szint növekedési üteme széles sávban ingadozik, lényegesen nagyobb mértékben, mint amit az emberi tevékenység általi kibocsátás indokolna. Ezeket a jelenségeket a vegetációval borított kontinentális területeken végzett mérések, valamint a **CO₂ izotópösszetételének** (¹⁴C, ¹³C/¹²C, ¹⁸O/¹⁶O) mérései alapján érthetjük meg

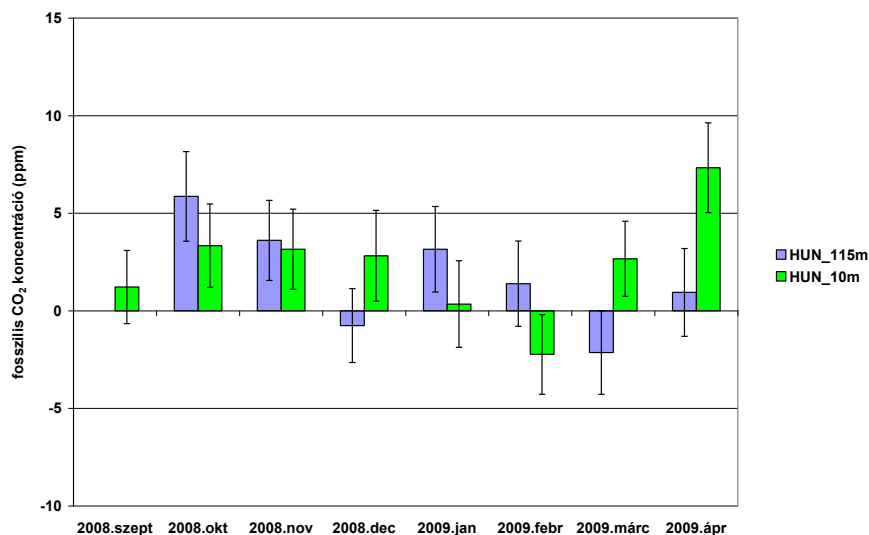
A magyarországi izotópanalitikai vizsgálatokhoz 2008 nyarán az MTA Atomki Hertelendi Ede Környezetanalitikai Laboratóriumának munkatársai, az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) munkatársaival közösen, két folyamatosan üzemelő légköri ¹⁴CO₂-mintavevőt telepítettek a Hegyhátsálon (nemzetközi kód: HUN) üzemelő meteorológiai állomás mérőtornyára 10 m és 115 m magasságban, majd OTKA-támogatással (CK77550) bekapcsolódtak a kontinentális szintű háttérértékek havi rendszeresség mérésébe (2. ábra). A mintavétel a mintavételi szobákban elhelyezett Atomki-fejlesztésű automatikus kétcsatornás légköri ¹⁴CO₂-mintavevő berendezések

kel történik. Európában ez az első állomás, ahol egyidejűleg két magassági szinten mérik a légköri szén-dioxid biogén és fosszilis összetevőinek arányát.



2. ábra. A légköri $^{14}\text{CO}_2$ -mintavételi szintek (a) és a mintavevő egységek központi része (b) a hegyhátsági háttérállomáson.

A havonta begyűjtött légköri CO_2 -átlagminták ^{14}C -tartalmának mérését az Atomki laboratóriumaiban végzik. Rendkívül kis anyagmennyiségek gyenge rádióaktivitását kell igen pontosan mérni, ezért egy speciális, alacsonyháttérű, gáztöltésű számláló rendszert alkalmaznak. A mérések megmutatták, hogy ebben a viszonylag tiszta környezetben **mindössze 5-10 ppm fosszilis szén-dioxid többlet jelentkezett** a levegő közel 380 ppm-es CO_2 -háttérértékéhez képest (3. ábra), míg az európai kontinens belsejében, a fűtési szezonban, a nagyvárosokban általában több, mint 20 ppm fosszilis CO_2 -hozzájárással mérhető.



3. ábra: A magyarországi háttérállomáson (Hegyhátsál, HUN) 2008 telén mért havi átlagos légköri fosszilis CO_2 -szennyezés mértéke a két mintavételi szinten (10m és 115m)

Hamarosan a környezetanalitikai laboratóriumba kerül egy AMS tömegspektrométer, melynek segítségével a mérések pontossága és gyorsasága is jelentősen megnövelhető. Magyarországnak az ICOS ESFRI projekthez csatlakozása esetén az állomás, ezzel együtt az Atomki az európai szinten 2011-ben aktuálisan induló légköri üvegházgáz-megfigyelési program fontos szereplőjévé válhat, hozzájárulhat a kontinentális szén-dioxid háttér eredetének és az a felett megjelenő fosszilis CO₂-többlet mértékének tisztázásához.