

## 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](mailto:rgl@atomki.hu); honlap: <http://www.atomki.hu>

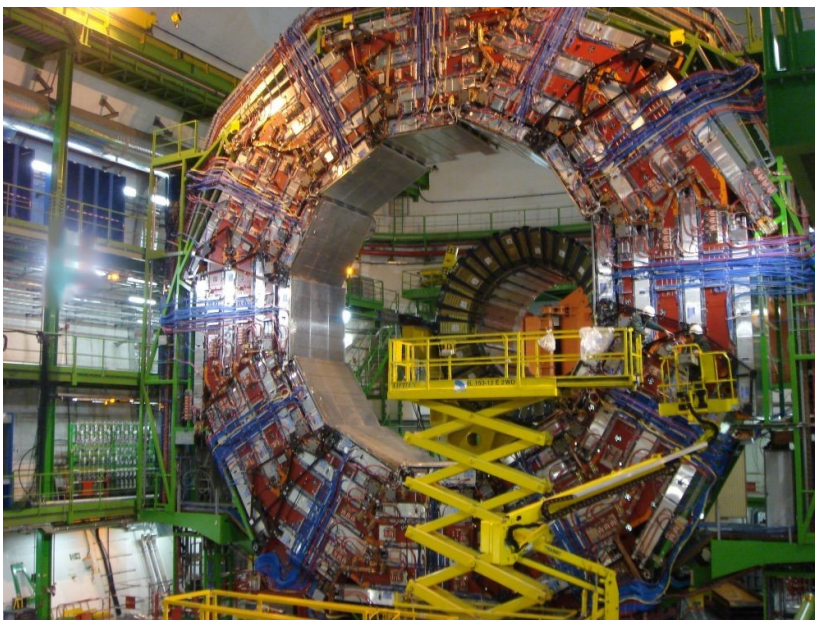
### KIEMELKEDŐ EREDMÉNYEK 2006-BAN

#### A CMS műondetektorainak helyzete

A CERN Nagy Hadronütköztető (LHC) nevű gyorsítója, amely az elemi részecskék vizsgálatának minden eddiginél hatásosabb eszköze lesz, a tervek szerint 2007-ben kezdi meg működését. A gyorsítóval egy időben négy nagy detektorrendszer (ATLAS, CMS, ALICE, LHCb) építése is folyamatban van. A kompakt müonszolenoid (CMS) nevű rendszer építésében az Atomki kutatói is részt vesznek. Az egymásnak lőtt protonok ütközésében keletkező részecskék pályáját a detektorok adatai alapján számítógéppel rekonstruálják. Ehhez a CMS műondetektorainak a helyzetét nagyon pontosan kell ismerni. A rendszer óriási méretei és 12500 tonnás tömege miatt ez bonyolult feladat. A rendszer helyzete kissé folyton változhat, főként a hatalmas mágneses terek keltette feszültségek miatt, így a helyzetmeghatározásnak folyamatosnak kell lennie. A Debrecenben folyó műszerfejlesztés eredményeként a detektorok helyzetét 20 mikrométer pontossággal lehet mérni.

A CMS „hordó” részének 250 műondetektora 5 nagy gyűrűn helyezkedik el. Az ábrán ezen gyűrűk egyike látható készen. Egy ilyen gyűrűn 50 műondetektor van, az egyes detektoroknak mind a négy sarkán 10-10 db LED fényforrással. Az összes detektoron elhelyezett 10000 LED vezérlését egy intelligens hálózat látja el. A fényforrásokat érzékelő 700 db videokamera jelét pedig 36 db számítógép dolgozza fel, majd a képanalízis eredményét – azaz a műondetektorok térbeli koordinátáit – a CMS vezérlő és adatgyűjtő rendszeréhez továbbítja.

A debreceni csoport által az elmúlt hat évben kifejlesztett rendszer telepítése 2006-ban sikeresen megtörtént. A CMS mágnesének 4 tesla erősségű gerjesztésével megvalósított teszt során a berendezés kifogástalanul működött, így engedélyt adtak rá, hogy végleges helyére, a gyorsító alagútjába helyezték.



**Ábra:** cms.jpg

**Ábraszöveg:** A CMS műondetektorait tartalmazó egyik gyűrű

## Kvantumszindinamikai második sugárzási korrekciók számítása

Az LHC gyorsítón proton-proton ütközések végállapotait fogják tanulmányozni. Ezekben a folyamatokban az alapvető erők közül a magerőként is ismert erős kölcsönhatás fogja a legfontosabb szerepet játszani. Az ilyen ütközési folyamatok matematikai modellezésének nyelve a perturbatív kvantumszindinamika (QCD). Ez lassan konvergáló korrekciós lépésekből áll. Elengedhetetlen legalább az első (NLO), de számos folyamat esetében a második (NNLO) (sugárzási) korrekciók kiszámítása is. Az első korrekciók elmélete jól ismert, de a második korrekciókat eddig csak néhány különlegesen egyszerű kinematikájú folyamatra sikerült kiszámítani.

Az Atomki kutatói jelentős elméleti eredményeket értek el a második QCD sugárzási korrekciók számítására alkalmas általános módszer kidolgozásában. E korrekciók különböző kinematikájú folyamatokat vesznek figyelembe, amelyek során részecskék vagy ténylegesen kilépnek, vagy egy „hurkot” leírva, el is nyelődnek. A második korrekciók háromféle folyamatból tevődnek össze: egy kéthurok-járulékból (VV), az egy hurkot leíró és egy valódi részecske kibocsátásával járó (RV) és két valódi részecske kibocsátásával járó (RR) folyamatból. Mindhárom járulék önmagában végtelen, de az összegük véges. Sikerült mégis kidolgozniuk egy számítási módszert, amely az ütközési eseményeknek egy széles osztályára megadja e véges összeget.

## A 20-as mágikusság eltűnése neutrongazdag atommagokban

Az atommagok energiája a protonok vagy neutronok számának függvényében hirtelen változásokat mutat. A múlt század derekán ennek a ténynek az alapján alkották meg az atommagok elméletének egyik fontos pillérét, a héjmodellt. Azokat a számokat, amelyeknél a hirtelen változások bekövetkeznek – ilyen például a 20-as proton- és neutronsám –, mágikus számoknak nevezték el. A héjmodell fogalmai szerint ezek a héjlezárodások helyei.

Már a '80-as években felmerült, hogy a neutronokhoz képest nagyon kevés protont tartalmazó magokban a héjmodellátlagtér alakjának változása következtében a szokásos mágikus neutronsámokhoz tartozó héjzáródások megszűnhetnek. Az ilyen magok azonban igen bomlékonyak, ezért nehéz előállítani őket. Ma már azonban mesterségesen létrehozott magok is gyorsíthatók, és ilyen lövedékekkel erősen protonhiányos magok is előállíthatók.

Az Atomki kutatói Japánban a RIKEN intézet nehézion-laboratóriumában mesterséges  $^{28}\text{Ne}$  ionnyalábokkal folyékony hidrogén céltárgyat bombáztak, és a  $^{27}\text{Ne}$  és a  $^{28}\text{Ne}$  magoknak az ütközés során keletkező állapotait tanulmányozták. Megmérték a  $^{28}\text{Ne}$  kvadrupólus gerjesztési valószínűségét, és azonosították a  $^{27}\text{Ne}$  két gerjesztett állapotát. Ezek a kísérleti eredmények olyan elmélet keretei között értelmezhetők, melyben a 20-as neutronsámnál nincs héjköz, tehát a 20 nem mágikus szám.

## Kvantummechanikai rendszerek fázisátmenetei és a fázisokat jellemző szimmetriák

Kvantummechanikai rendszerek fázisátmeneteit és a fázisokat jellemző szimmetriák viselkedését is tanulmányozták az Atomkiban. Olyan modelleket vizsgáltak, amelyek véges részecskeszám (szabadsági fok) esetében numerikusan oldhatók meg, de létezik analitikusan megoldható határesetük is nagy részecskeszámra, vagyis (közel) végtelen szabadsági fokra. Azt is megvizsgálták, hogy a fázisátmenetek és a fázisokat jellemző szimmetriák természete függ-e a Pauli-elv tekintetbevételétől.

Az eredmények azt mutatják, hogy a végtelen szabadsági fokú rendszereket jellemző fázisátmenetnek a véges rendszerekben is marad nyoma (kisimítva). A fázist meghatározó dinamikai szimmetria pedig, dacolva a szimmetriasértő kölcsönhatás romboló voltával, „kvázidinamikai szimmetria” formájában érvényes marad egészen a kritikus pontig, sőt néha

még azon túl is. A következtetéseket nem befolyásolta a Pauli-elv fellépése.

### Felületek által megkötött hidrogén elektronspektroszkópiai kimutatása

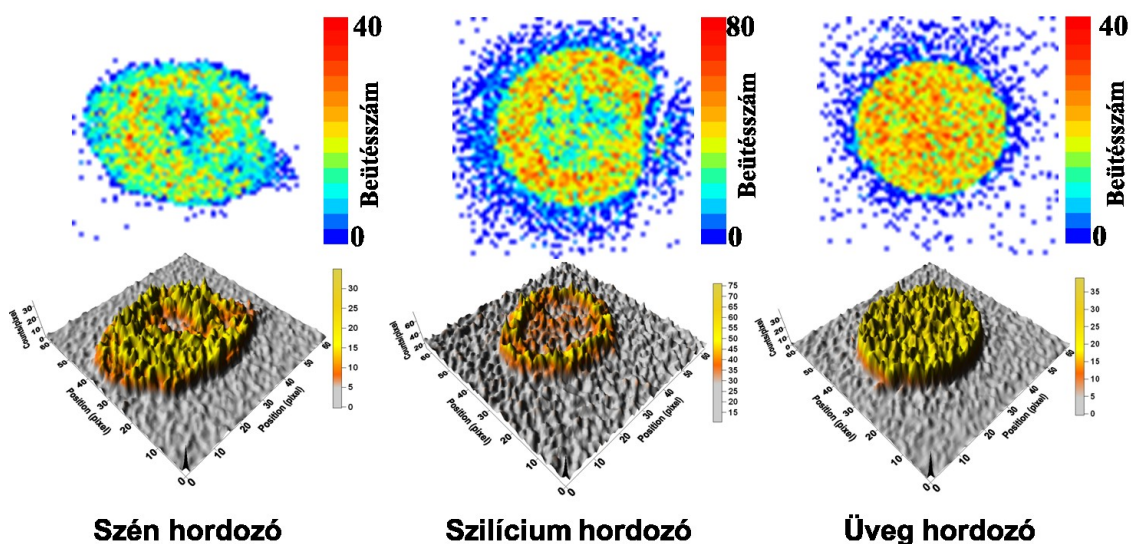
Az Atomki kutatóinak sikerült felületek által megkötött hidrogént elektronspektroszkópiai úton kimutatni. Ez a felületvizsgálati módszer a jövő járműipara számára lehet hasznos, mert a hidrogén üzemanyagot valószínűleg szilárd közegben lehet legbiztonságosabban tárolni.

### Korrózióvédelem atomerőműben

Az Atomki munkatársai egy nagy munkacsoportban már évek óta monitorozzák a Paksi Atomerőmű szerkezeti elemeinek állapotát a szennyeződés, megtisztítás és a kémiailag passzív réteg megóvásának érdekében. Munkájuk első összefoglalóját a csoport 2006-ban tette közzé. A szerkezeti anyagok korróziós állapotáról megállapították, hogy a korábban alkalmazott dekontaminációs eljárás a felületi passzív rétegeket megrongálta, és ez csökkentette a korrózióállóságot. Folyamatosan dolgoznak a korrózióvédelem, tehát az erőmű élettartama szempontjából is optimális dekontaminációs technika kifejlesztésén. Az Atomki a felületi rétegek kémiai állapotának feltárásával és a felület minőségét befolyásoló események utólagos azonosításával járul hozzá a közös program sikeréhez.

### Cu mintázatok direkt írása tintasugaras technológiával

Részecskegyorsító segítségével végzett elemanalízissel vettek részt az Atomki kutatói abban a nemzetközi együttműködésben, amelynek célja Cu mintázatok létrehozása és vizsgálata volt. A Cu mintázatok C, Si és SiO<sub>2</sub> hordozón való létrehozására sikerrel alkalmaztak Cu(I) komplex festékvegyületeket tintasugaras nyomtatási technológiára alapozott eljárásban. Ennek a direkt írásos módszernek a mikroelektronikában, pl. nyomtatott áramkörök előállításában/javításában lehet jelentősége. Kimutatták, hogy a filmek Cu-dúsak, így vezetőképességük jó, ugyanakkor a mintázatoknak elmosódott udvaruk van, ami rövidzárlatot okozhat. Meghatározták a mintázatok morfológiáját és az összetevő elemek mélységi eloszlását. Mindezekre alapozva modellt alkottak a filmképződés mechanizmusára. Így a direkt írás paramétereit a létrehozott mintázat minősége érdekében optimalizálhatók.



**Ábra:** cumint.ppt

**Ábraszöveg:** Tintasugaras nyomtatási eljárással leválasztott Cu mintázatok nagy laterális feloldású mikro-RBS módszerrel meghatározott elemterképei. A 2D ábrákon (fent) jól látható az alak szerinti definiáltság foka, míg a 3D ábrák (lent) a mintázatok szerkezetét emelik ki.

## **A Kárpát-Pannon régió vulkanizmusának kronológiája**

A Atomki geokronológiai laboratóiumában több éve folyik a Kárpát-medencének és környékének földtörténeti kutatása. Többoldalú folyamatos nemzetközi együttműködés keretében végzett vizsgálatok eredményeként 2006-ban összefoglaló munka készült a Kárpát-Pannon régió vulkanizmusának kronológiájáról. Ebben a munkában mintegy húszmillió év alatt lezajlott vulkáni tevékenység tér-időbeli rekonstruálása található.

## **Környezetellenőrzés a Paksi Atomerőműnél**

Az Atomki a Paksi Atomerőmű trícium- és radiokarbonkibocsátását egy évtizede monitorozza. A 2006-ban készített összegzés megállapítja, hogy az erőmű 2 km-es körzetében a légkör radiokarbonaktivitása a természetes szintnél átlagosan 2-4%-kal magasabb. Az erőművi járulékok 3 km távolságban már gyakorlatilag nem mutatható ki. A mérési sorozat a légköri szén-dioxid eredetéről is információt nyújt, s ebben a tekintetben Kelet-Közép-Európában egyedülálló. A levegő tríciumtól származó aktivitása a kimutathatósági határon van. A vízpára átlagos tríciumkoncentrációja másfél-kétszerese a Debrecenben hullott csapadékénak.