

A RHIC tudósai „tökéletes” folyadékot állítottak elő

Az anyag új állapota figyelemreméltóbb a vártnál – számos új kérdést vetve fel
(fordította Tarján Péter, lektorálták Csörgő Tamás és Zimányi József)

TAMPA, Florida, 2005. április 18 – Az USA Energiaügyi Minisztériuma által finanszírozott Brookhaven Nemzeti Laboratórium (BNL) RHIC gyorsítója (*Relativistic Heavy Ion Collider*, Relativisztikus Nehézion-Ütköztető) mellett működő négy kísérleti csoport közös bejelentést tett: a gyorsítóban összeütköztetett nagyenergiás nehéz atommagokból sikerült előállítaniuk az anyagnak egy új, forró és sűrű állapotát, ami az atommagok már ismert elemi építőköveiből, a kvarkokból és a gluonokból áll, viszont tulajdonságai jelentősen eltérnek az elméleti jóslatoktól és igen figyelemreméltóak. A RHIC működésének első három éve alatt kapott kísérleti eredményeket összefoglaló cikkeiket a tudományos folyóiratok elbírálták, és közlésre elfogadták. **A cikkek szerint a RHIC nehézion-ütközéseiben keletkezett anyag nem szabad kvarkok és gluonok alkotta ideális gázként, hanem folyadékként viselkedik.**

– **Ismét azt látjuk, hogy az Energiaügyi Minisztérium által finanszírozott kutatások történelmi jelentőségű eredményekkel szolgálnak – nyilatkozta Samuel Bodman okleveles vegyészmérnök, az USA energiaügyi minisztere. – Az Energiaügyi Minisztérium a legfőbb állami támogatója a fizikai (így a magfizikai és nagyenergiás fizikai) alap kutatásoknak. A mai bejelentés is azt igazolja, hogy ez a támogatás megtérül.**

– A RHIC-nél tett döbbenetes felfedezés szerint az aranyionok ütközésekor keletkező anyag inkább folyadék, mint gáz. Ez alapos betekintést nyújt a Világegyetem keletkezésének legelső pillanataiba – mondta Dr. Raymond Orbach, az Energiaügyi Minisztérium Tudományügyi Hivatalának igazgatója.

A RHIC melletti kutatásokat figyelemmel kísérők számára nagyon érdekes az a kapcsolat, amely a gyorsító eredményei és a hűrelméleti számítások között körvonalazódik. Ezek a számítások az univerzum alapvető tulajdonságait próbálják megmagyarázni a szokásos 3 térdimenzió és egy idődimenzió helyett 10 dimenzió feltételezésével.

– A hűrelmélet és a RHIC ütközéseinek fizikája közti kapcsolat lehetősége váratlan és roppant lelkesítő – mondta Dr. Orbach. – A hűrelmélet arra törekszik, hogy egyesítse a 20. századi fizika két intellektuális csúcsteljesítményét, az általános relativitáselméletet és a kvantummechanikát, így hatalmas jelentősége lehet a 21. század fizikájában.

A négy cikket, amelyeken a RHIC négy nagy nemzetközi kísérleti együttműködése (a BRAHMS, a PHENIX, a PHOBOS és a STAR) közel egy - egy éve dolgozik, a *Nuclear Physics A* folyóirat egyszerre fogja közölni. E cikkek megjelentek a Brookhaven Nemzeti Laboratórium egy különkiadványában is, jelentette be a BNL az Amerikai Fizikai Társaság 2005. áprilisi találkozóján a floridai Tampában.

Ezekben az összefoglaló cikkeken leírtak szerint a RHIC-nél tett megfigyelések egy része egybevág az úgynevezett kvark-gluon plazmára vonatkozó korábbi elméleti jóslatokkal. Az angol elnevezése alapján QGP-nek rövidített kvark-gluon plazma az anyag olyan állapota, amely a feltételezések szerint néhány mikroszekundummal (milliomod másodperccel) az univerzum keletkezése, a Nagy Bumm után létezhetett.

Az egyezések alapján sok elméleti szakember arra következtetett, hogy a RHIC-nél bizonyítottan létrejött a kvark-gluon plazma. Azonban mind a négy kísérleti csoport rámutatott közleményében arra, hogy ellentmondások vannak a kísérleti adatok és a kvark-gluon plazma egyszerű modelljein alapuló, korai elméleti jóslatok között.

– Tudjuk, hogy elértük azt a hőmérsékletet [a Nap közepében uralkodó hőmérsékletnek közel százötvenezeresét] és energiasűrűséget [egységnyi térfogatban foglalt energiamennyiséget], amely az elmélet szerint szükséges a kvark-gluon plazma létrehozásához – mondta el Sam Aronson, a BNL Nagyenergiás- és Magfizikai Igazgatóságának vezetője. A RHIC 2000. júniusi indulásától 2003-ig gyűjtött adatok elemzése azonban azt mutatja, hogy a gyorsító frontális arany-arany atommag-ütközéseiben keletkező anyag inkább folyadékra, mint gázra hasonlít.

A bizonyítékot az egyedi ütközésekben ezerszámra keletkező részecskék mért pályáinak nem várt sajátosságai szolgáltatják. Ezek a mérések azt jelzik, hogy az ütközésben keletkezett eredeti részecskék kollektíven együtt mozognak, a nehéz atommagok ütközésekor kialakuló nyomásváltozásokra reagálva. A fizikusok ezt a jelenséget „folyás”-nak nevezik, mert a jelenség a folyadékok mozgásához hasonló.

Azonban míg a közönséges folyadékokban az egyes molekulák véletlenszerűen mozognak, a RHIC-nél keletkezett forró anyag mozgása a részecskék közti nagy mértékű koordinációra utal – valahogy úgy mozognak, mint egy halraj, amely szinte egyetlen élőlényként változtat irányt, miközben környezetének változásaihoz alkalmazkodik.

– Ez egy olyan folyadék áramlásának felel meg, amelyik szinte „tökéletes” – tette hozzá Aronson. Ez alatt azt értjük, hogy a mozgása leírható a relativisztikus folyadékdinamikai egyenletek segítségével. Azon folyadékokat nevezzük „tökéletes”-nek, amelyeknek rendkívül alacsony a viszkozitása (belső súrlódása), és a részecskék közötti kölcsönhatás erőssége folytán nagyon gyorsan eléri a hőmérsékleti egyensúlyt. Bár a RHIC-nél a fizikusok nem tudják a viszkozitást közvetlenül megmérni, a folyás tulajdonságainak kvalitatív vizsgálatából arra lehet következtetni, hogy a viszkozitás a kvantummechanikai alsó határt megközelítően roppant alacsony.

Ezek a tények együtt meggyőző erejűek: – „A kollektív kölcsönhatás mértéke, a gyors felhevülés és a rendkívül alacsony viszkozitás miatt a RHIC-nél megfigyelt folyadék anyag az eddig megvizsgált anyagok közül a leginkább közelít a tökéleteshez.” – jelentette ki Aronson.

Más mérések korábban közzétett eredményei¹ azt mutatják, hogy a RHIC-nél az ütközésekben keletkező forró tűzgolyó belsejéből kifelé tartó nagy energiájú kvark- és gluon sugarak drámaian lelassulnak. A részecskesugarak ezen lendületvesztése (angol szakszóval *jet quenching*) azt bizonyítja, hogy az energiasűrűség az anyag ezen új formájában nagyon magas – sokkal magasabb annál, mint amekkora lendületvesztést okozna a közeg, ha csupán a már jól ismert maganyagból állna..

– A jelenlegi eredmények nem zárják ki annak a lehetőségét sem, hogy az anyag ezen új állapota valóban a kvark-gluon plazma egy formája, csak éppen nem olyan, mint

¹ lásd <http://www.bnl.gov/bnlweb/pubaf/pr/2003/bnlpr061103.htm>

amilyennek elképzeltük – mondta Aronson. Sok tudós ért egyet ezzel, és jelenleg is folynak a RHIC-nél a részletesebb mérések a kérdés eldöntésére.

Az elméleti fizikusok, akiknek szokásos számolási módszerei nem működnek a kvarkok és gluonok között a RHIC-nél megfigyelt erős csatolás esetén, szintén felülvizsgálják korábbi modelleiket és jóslataikat. A problémákat remélhetőleg megoldó, rendkívül számolásigényes új szimulációkat a világ legerősebbjei közé tartozó számítógépeken futtatják. Mások megpróbálják belevenni a viszkozitást a majdnem fénysebességgel mozgó folyadékot leíró hidrodinamikai egyenletekbe. A számítások egy része arra irányul, hogy megjósolja a RHIC-nél keletkezett „folyadék” viszkozitását, és megmagyarázzon néhány más meglepő felfedezést, ehhez a húrelmélet eszköztárát használva. Ezek a vizsgálatok alaposabb és számszerűbb betekintést nyújtanak majd abba, mennyire tökéletes ez a „szinte tökéletes” folyadék.

A nem várt eredmények a lehetőségek széles tárházát nyitják meg új tudományos felfedezések előtt is, hiszen vizsgálni lehet, hogyan viselkedik az anyag eddig elérhetetlenül magas hőmérsékleten és sűrűségénél.

Valóban elképesztő, hogy egy laboratóriumi kísérletben, amely néhány milliomod másodperccel az univerzum keletkezése utáni körülményeket hozza újra létre, majdnem ideális folyadékszerű viselkedést találunk, – nyilatkozta Praveen Chaudhari, a Brookhaven Nemzeti Laboratórium igazgatója. – A négy RHIC kollaboráció jelenleg a gyorsító negyedik és ötödik működési évében gyűjtött adatok elemzésén dolgozik, így én további érdekes és izgalmas eredményekre számítok a közeljövőben.

A RHIC gyorsító működési költségeit jórészt az USA Energiaügyi Minisztériumán belül működő Tudományügyi Hivatal Magfizikai Irodája fedezi. A RHIC támogatóinak teljes listája megtalálható a következő weboldalon:

<http://www.bnl.gov/rhic/funding.htm>

A Brookhaven Nemzeti Laboratórium az USA Energiügyi Minisztérium által felügyelt és működtetett tíz nemzeti laboratórium egyike. A laboratórium fizikai, biológiai-orvosi, környezettudományi, energiatechnológiai és nemzetbiztonsági kutatásokat végez. Brookhaven ezen kívül nagyszabású tudományos berendezéseket és létesítményeket épít és működtet, amelyeknek felhasználói az egyetemi, kutatóintézeti és ipari kutatók. Brookhavent a Tudományügyi Hivatal megbízásából a Brookhaven Tudományos Társaság és a Battelle Intézet működteti. A Brookhaven Tudományos Társaság a Stony Brook Egyetem, a laboratórium létesítményeinek legnagyobb akadémiai felhasználója által alapított korlátolt felelősségű társaság, a Battelle Intézet pedig egy, alkalmazott tudománnyal és technológiával foglalkozó non-profit szervezet. További linkekért, hírekért, képekért látogassa meg a Brookhaven Nemzeti Laboratórium elektronikus hírmondóját: <http://www.bnl.gov/newsroom>