

# Mekkora a laborban létrehozott mini-ősrobbanás?

Kurgyis Bálint

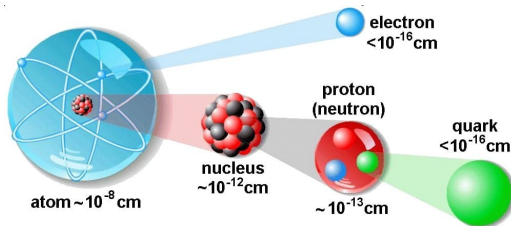
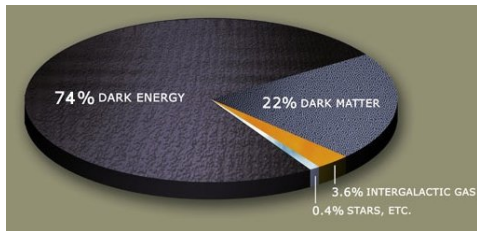
Témavezető:  
Csanád Máté

TDK hét - 2018.11.15.



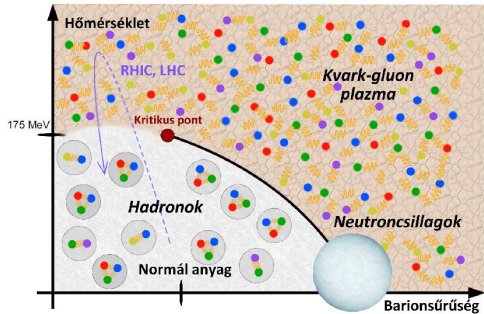
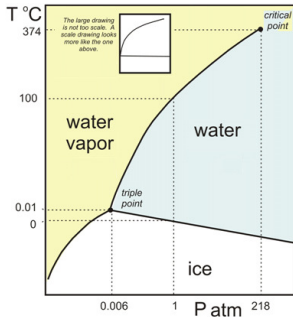
# Az univerzumot alkotó anyag

- “Hétköznapi” anyag → 4%
- Atomos anyag
- Atommag és elektronfelhő
- Protonok és neutronok
- Kvarkok és gluonok



# A kvarkanyag

- Az erősen kölcsönható anyag fázisdiagramja
- $175 \text{ MeV} \rightarrow 10^{12} \text{ K}$



→ Kérdések:

- Kritikuspont?
- Neutron csillagok összetétele?
- ...

## Az Ősrobbanás

## Az Ősrobbanás óta eltelt idő

13,7 milliárd év  
(jelen)

## Galaxisok kora

1 milliárd év

## Atomok kora

300 000 év

## Atommagok kora

3 perc

## Nukleoszintézis kora

0,001 mp

## Részecskék kora

10<sup>-10</sup> mp

## Elektrogyenge kor

10<sup>-35</sup> mp

## Nagy Egyesítés kora

10<sup>-43</sup> mp

## Planck kor

## Fontos események az Ősrobbanás óta

Az ember  
megfigyeli a  
KozmosztCsillagok, galaxisok,  
galaxisklaszterekElső galaxisok  
létrejöttéAtomok és plazma  
(csillagkeletkezés  
kezdeté)Atomok létrejötté,  
fotonok szabadon  
repülnekHidrogén, hélium  
atommagok, és  
elektronokMagfúzió leáll,  
normál anyag 75%-  
a hidrogénProtonok, neutronok,  
elektronok, neutrínók  
(antianyag alig)Anyag és antianyag  
annihilálElemi részecskék  
(sok antianyag)Elektromágneses és  
gyenge erők különválnak

Elemi részecskék

Erős kölcsönhatás különvállik,  
inflációs tágulás

Elemi részecskék

???

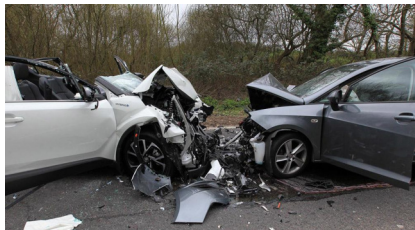
proton  
neutronelektron  
neutrínóantiproton  
antineutronanti-  
elektronok

kvarkok



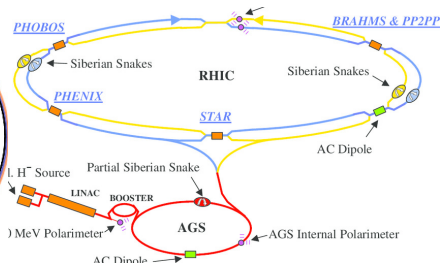
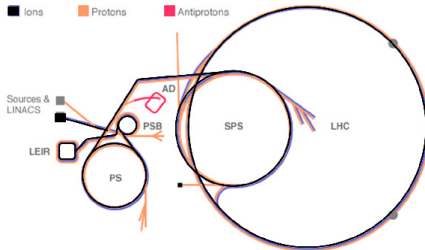
# Nehézion-ütközések

- Az atommag alkotóelemei?
- 0 Atommagok ionizálása
- 1 Nagy energiára való gyorsítás
- 2 Ütköztetés
- 3 Részecskék detektálása



# A RHIC, az LHC és az SPS

- Relativisztikus sebesség
- Nehéz atommagok nyalábja
- Ütközési pontokban kísérletek



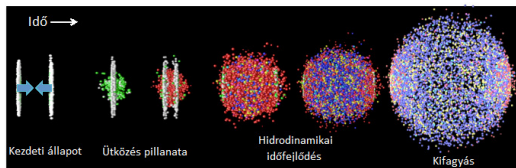
# A tökéletes kvarkfolyadék

Klasszikus hidrodinamika:

- Érdekes jelenségek: turbulens áramlások, Reynolds-szám...
  - Létezik-e megoldás?
- Millenniumi probléma →  $10^6$ \$

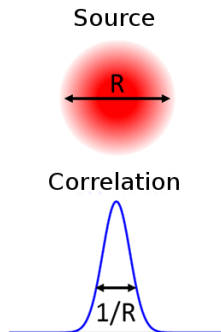
Relativisztikus hidrodinamika:

- Kvar-kluon plazma → Tökéletes kvarkfolyadék
- \* Időfejlődés leírása analitikus modellekkel
- \* Kísérleti adatok leírása analitikus modellekkel
- \* Gyorsulás/nyomásgradiens/viszkozitás leírása perturbációként
- \* Polarizáció kiszámítása



# A HBT effektus és a Bose–Einstein-korrelációk

- R. Hanbury Brown, R. Q. Twiss - rádiócsillagászat
  - Intenzitáskorreláció a detektorok távolságának függvényében
  - A forrás geometriai méretét mérték meg (Szíriusz)
- Goldhaber et al. - nagyenergiás-fizikai alkalmazás
  - Bose-Einstein korrelációk - részecskék impulzusa
  - Kapcsolatban van a forrás méretével
  - HBT-sugár (homogenitási hossz):  $R$



Impulzuskorrelációk mérése → femtoszkópikus forrás tér-idő geometriája



# Lévy-HBT

- Táguló kvark-gluon plazma  
→ Anomális diffúzió
- Máshol is előkerül: ragadozó állatok mozgása, tőzsdei folyamatok
- Speciális esete: normál vagy Gauss-eloszlás  $\alpha = 2$
- Másik spec. eset: exponenciális eloszlás  $\alpha = 1$

Kérdések:

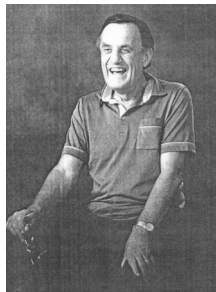
- \* Részecske kibocsátó forrás mérete
- \* Kifagyás időbeli lefolyása (3D mérések)
- \* Anomális diffúzió? (többféle részecske)
- \* QCD kritikus pont (többféle ütközési energia)
- \* Koherencia a rendszerben (három-részecske korrelációk)



# A tudatlanság néha áldás

„Hogy két foton különböző detektorokba való érkezése korrelált lehet: meglepően sokak számára ez eretnek, sőt, nyilvánvalóan abszurd ötlet volt. Félreérthetetlen formában közölték ezt velünk, személyesen, levélben, nyomtatásban; és laborkísérletek publikációján keresztül mutatták meg, *hogy tévedünk.*”

„Messze voltam attól, hogy ki tudjam számolni, a kísérletünk elég érzékeny lehet-e egy csillag vizsgálatára. Ehhez ismernem kellett volna a fotonokat, és mérnökként fizikai tanulmányaim jóval a kvantummechanika előtt megálltak. Még az is lehet, hogy különben, sok fizikushoz hasonlóan arra jutottam volna, hogy a dolog nem működhet – *a tudatlanság néha áldás* a tudományban.”



Boffin: Személyes történet a radar, a rádiócsillagászat és a kvantumoptika korai időszakából (R. H. Brown)

## A csoport tagjai

### ELTE

- Csanád Máté
- Nagy Márton

*PhD* Lökös Sándor (PHENIX)

*PhD* Kincses Dániel (PHENIX, STAR)

*MSc* Báskay János (PHENIX)

*BSc* Pórfy Barnabás (NA61)

*BSc* Maller Péter (CMS)

*BSc* Pintér Roland (STAR)

*BSc* Zsigmond István (CMS)

*BSc* Boldizsár Bálint (elmélet)

*BSc* Kurgyis Bálint (PHENIX, elmélet)

### Wigner, EKE

- Csörgő Tamás
- Novák Tamás
- Ster András
- Wesley Metzger

*PhD* Kasza Gábor (elmélet)

# Köszönöm a figyelmet!

További információk:

<http://phenix.elte.hu/>

<http://csanad.web.elte.hu/>

