



Csanád Máté

# Részecskegyorsítókka az Ősrobbanás nyomában

Zrínyi Ilona Gimnázium

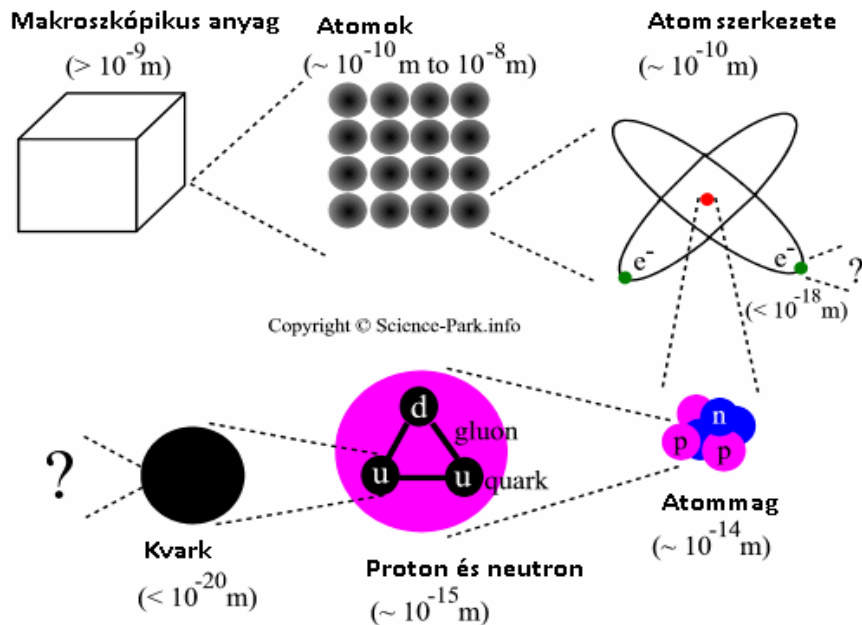
Nyíregyháza, 2010. december 10.

[www.meetthescientist.hu](http://www.meetthescientist.hu)



# Az anyag szerkezete

- Atomok → proton, neutron, elektronok
- Elektron elemi részecske
- Proton, neutron nem elemi  $\Rightarrow$  kvarkok

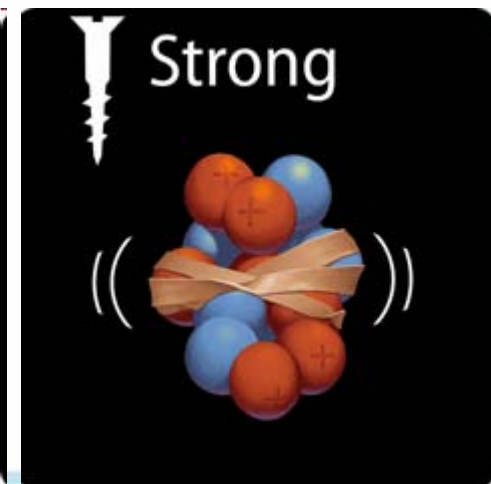
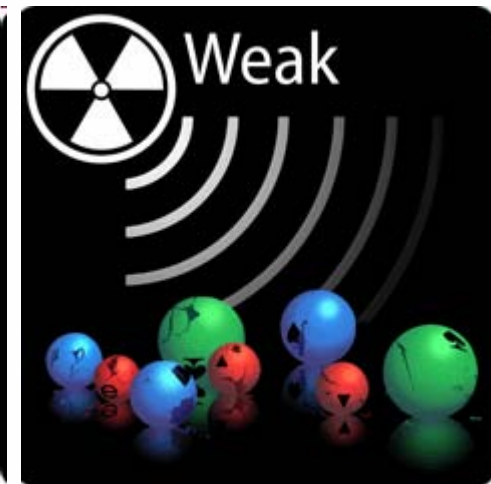
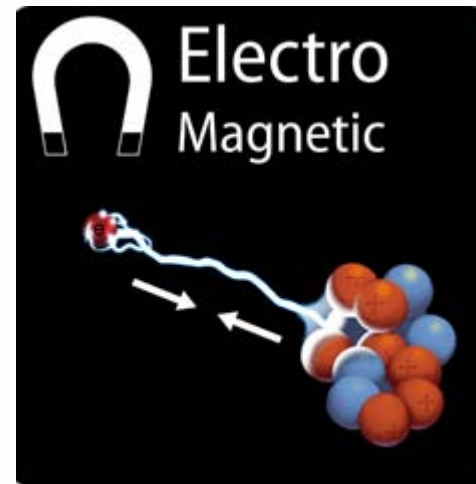


- Kvarkokat nem látunk szabadon!
- Ki lehet szabadítani őket a protonból?



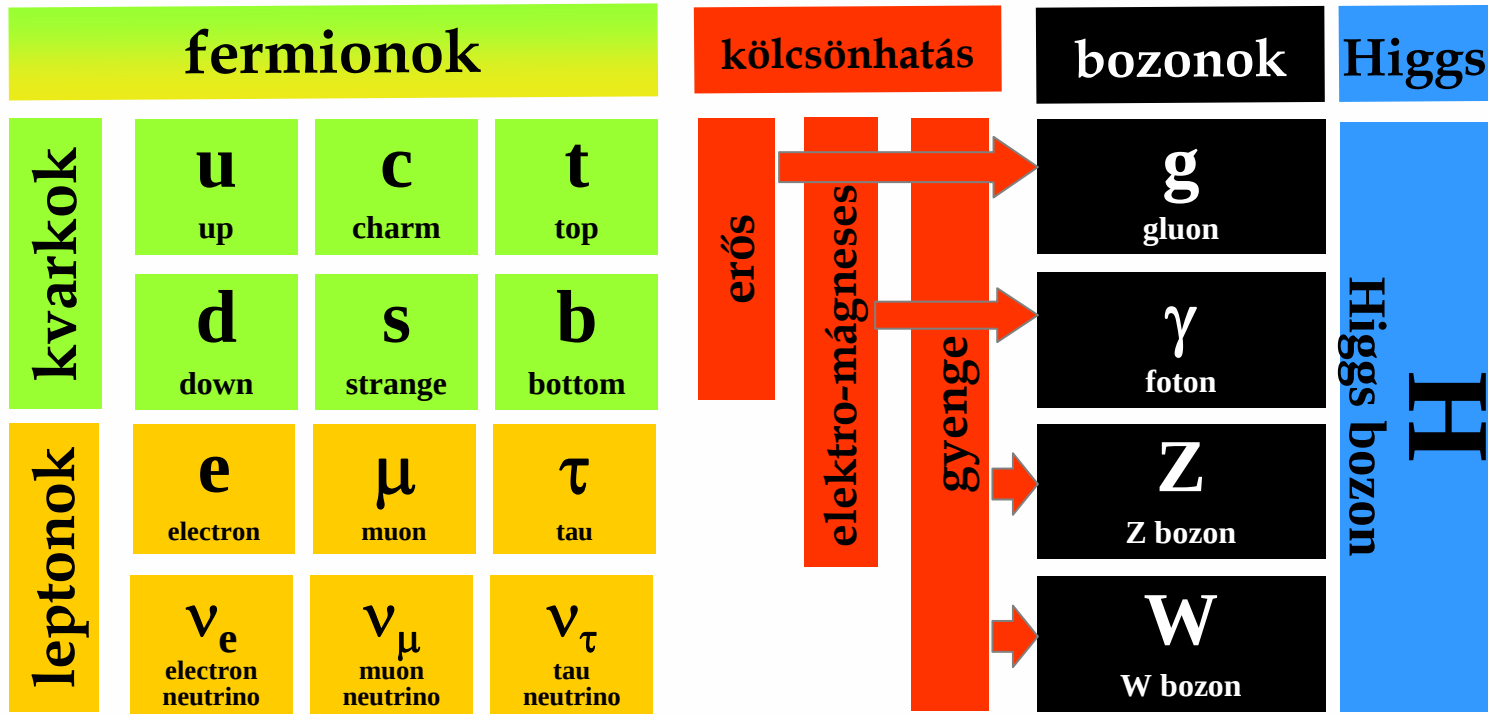
# Kölcsönhatások és közvetítőik

- Elektromos és mágneses: foton
  - Közvetítő: foton
  - Molekulák, fény
  - Telefon, számítógép, ...
- Gyenge kölcsönhatás
  - Közvetítő: W, Z bozon
  - Radioaktivitás
- Erős kölcsönhatás: gluon
  - Atommagokat összetartó erő
  - Nap működtetője
- Gravitáció
  - Alapvető különbség
  - „Téridő görbülete”



# A részecskék Standard Modellje

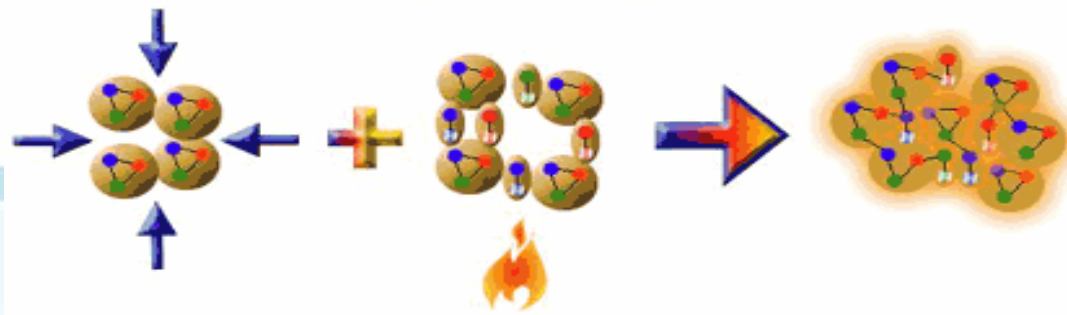
- Három kölcsönhatás: elektromágneses + még kettő
- Közvetítő bozonok szerepe



- Erős kölcsönhatás: a kvarkoknak „színe” van

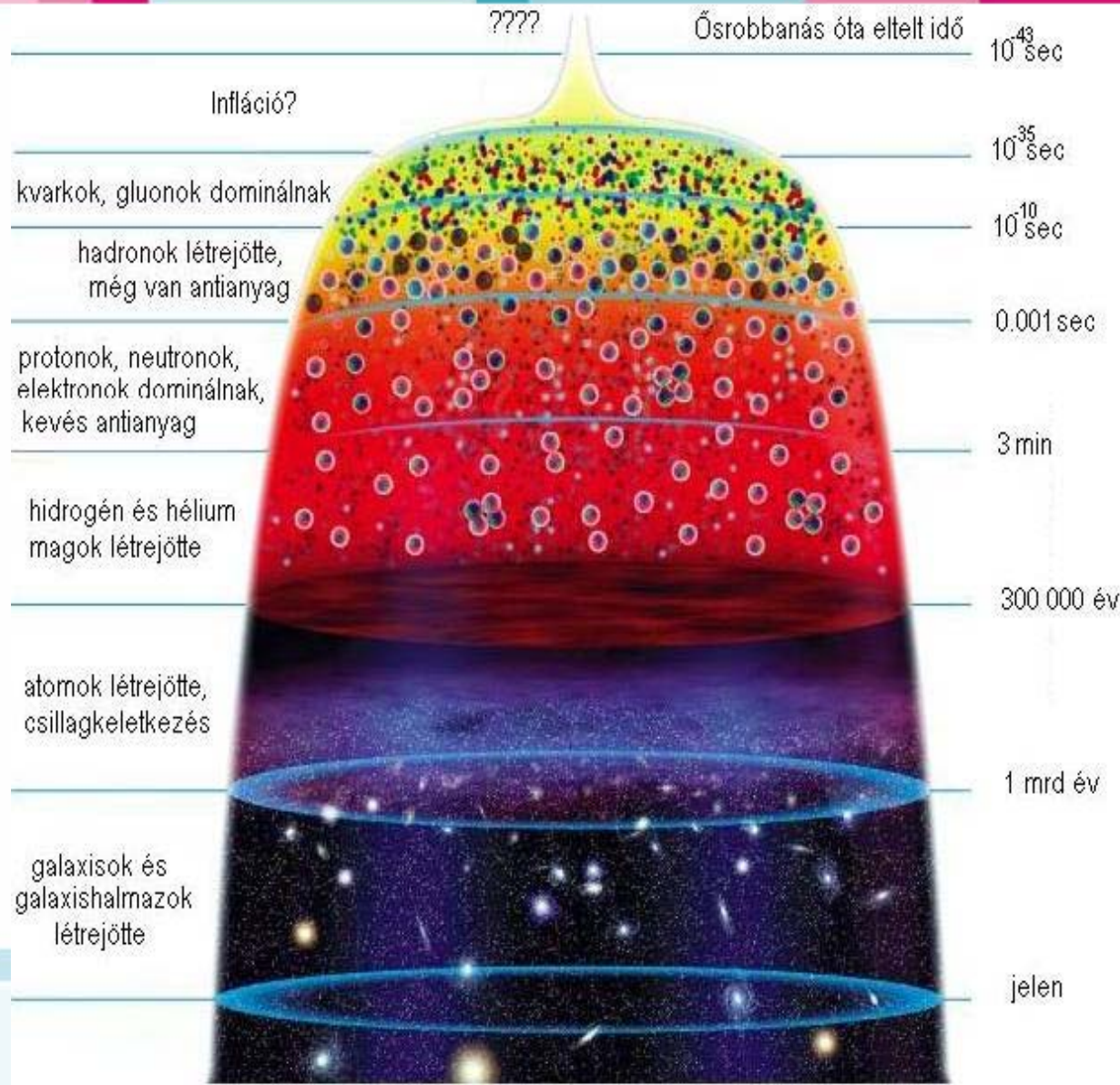
# A kvarkbezárás

- Szabad kvarkok nem léteznek
- Összetett részecskék vagy
- 2: mezon, 3: barion
- Mindegyik szín-semleges
- Távolodás: energia
- Újabb kvarkok!
- Újra bezáródnak
- Ellentéte: aszimptotikus szabadság
- Óriási hőmérsékleten maguktól kiszabadulnak



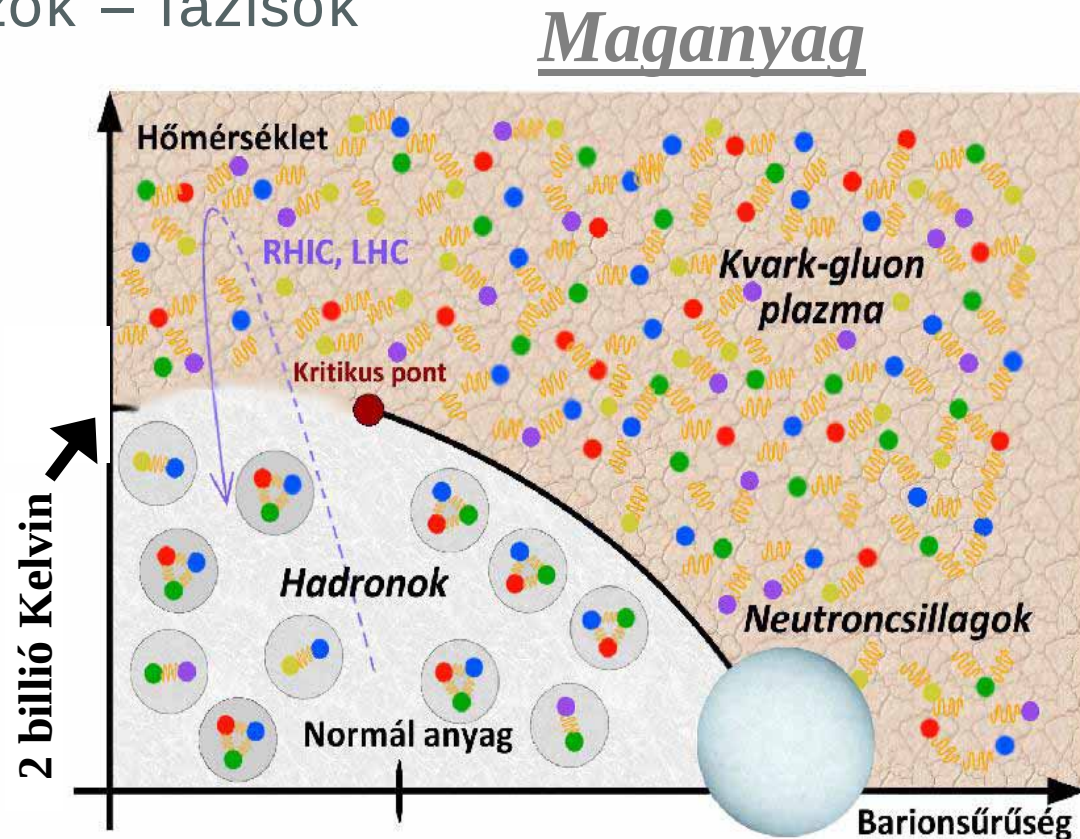
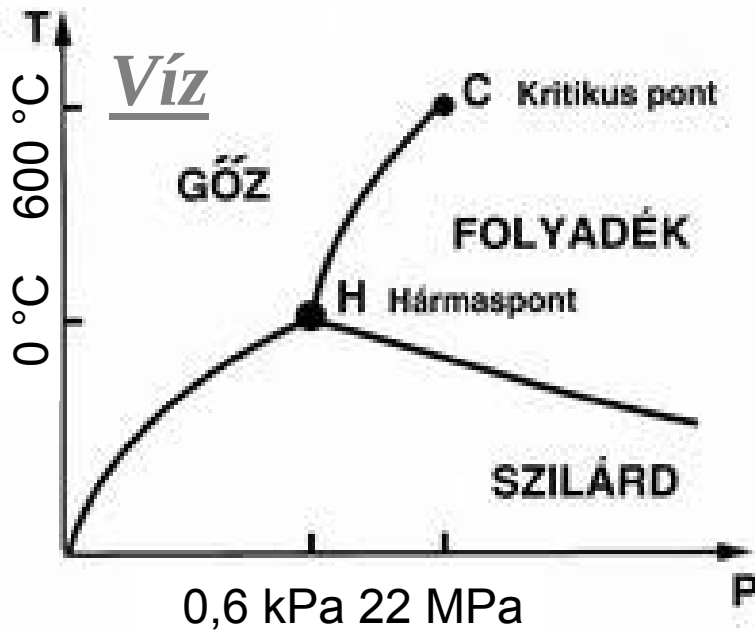
# Az Ősrobbanás története

- Ősrobbanás:  
0 másodperc
- Jelen:  
14 mrd év
- Nem mindig voltak
  - Galaxisok
  - Csillagok
  - Atomok
  - Atommagok
  - Proton, neutron
- Meddig tudunk  
visszamenni?



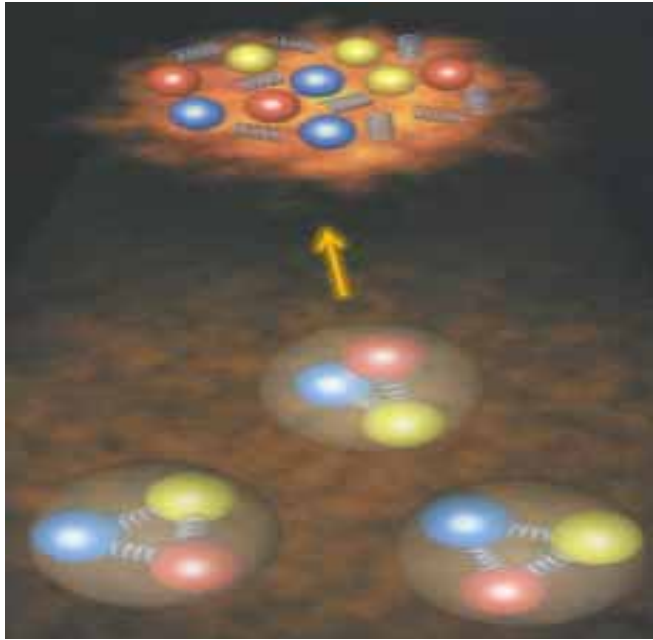
# Az anyag fázisai

- Fázisdiagram: állapotjelzők – fázisok
- Víz: három fázis



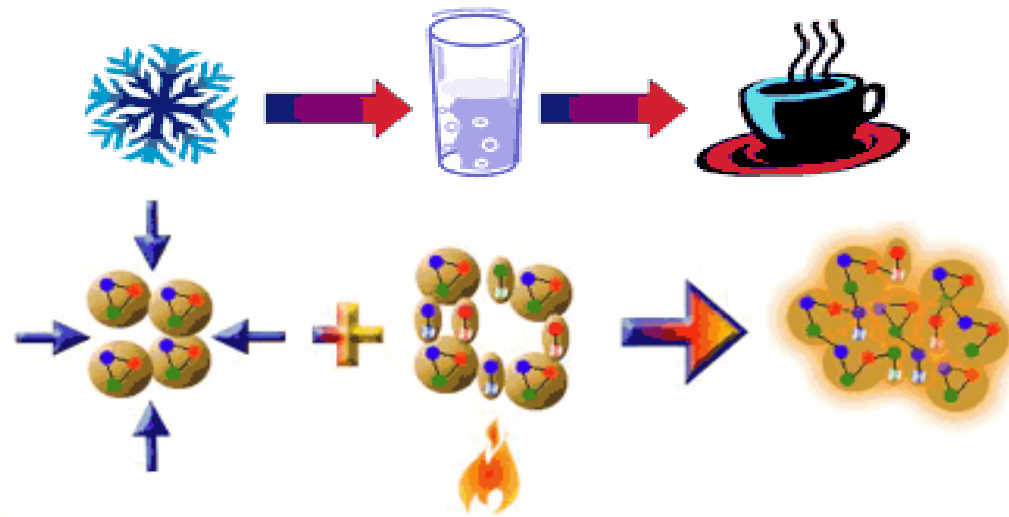
- Maganyag is hasonló fázisokkal rendelkezik
- Elméleti számítások:  $T_c \approx 2 \cdot 10^{12}$  K felett kvarkanyag!

# Nehézion-ütközések: Kis Bumm



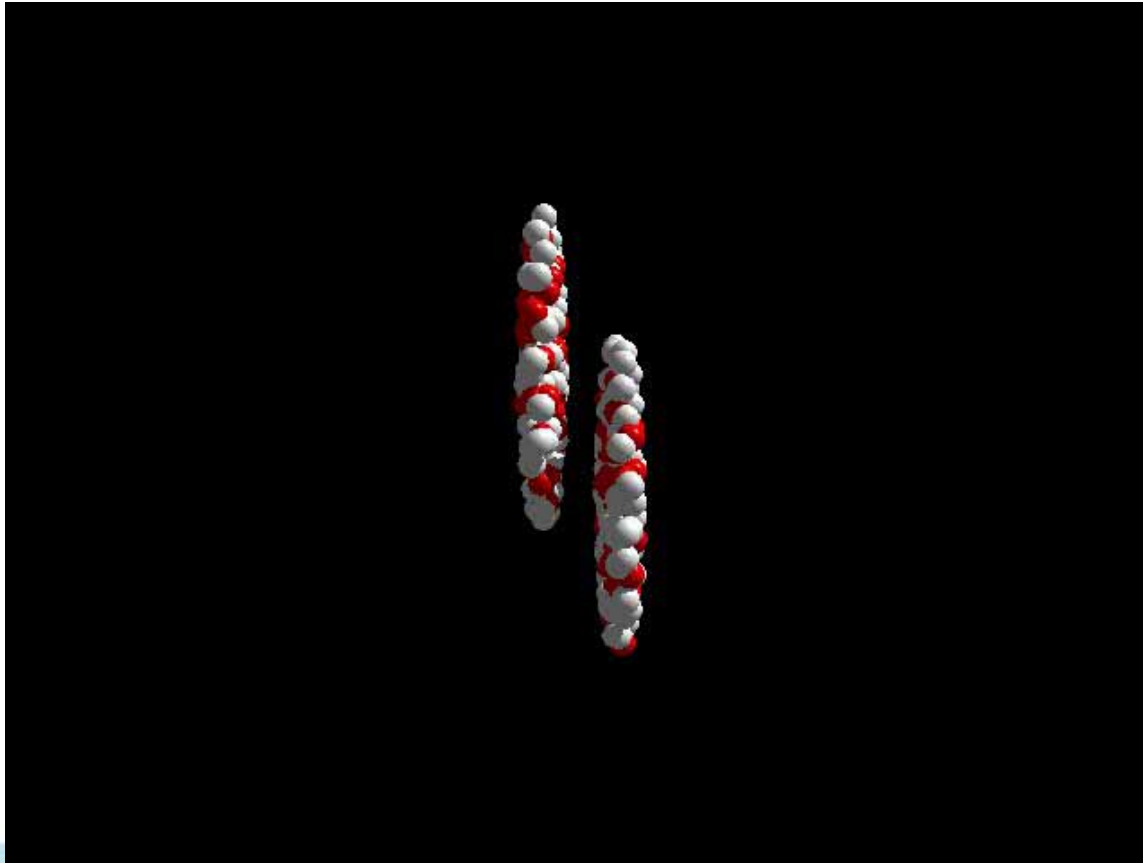
- Nukleon-olvasztás
- Kvarkok bezárása, kiszabadítása
- Hasonlat: jégből víz vagy gőz
  - Szárazjég? Vízjég?
- Nagy energiájú ütközéssel mindez elérhető (?)

- $10^{-22}$  másodpercre létrejöhet az ősi anyag
- Várakozás: gáz vagy folyadék?

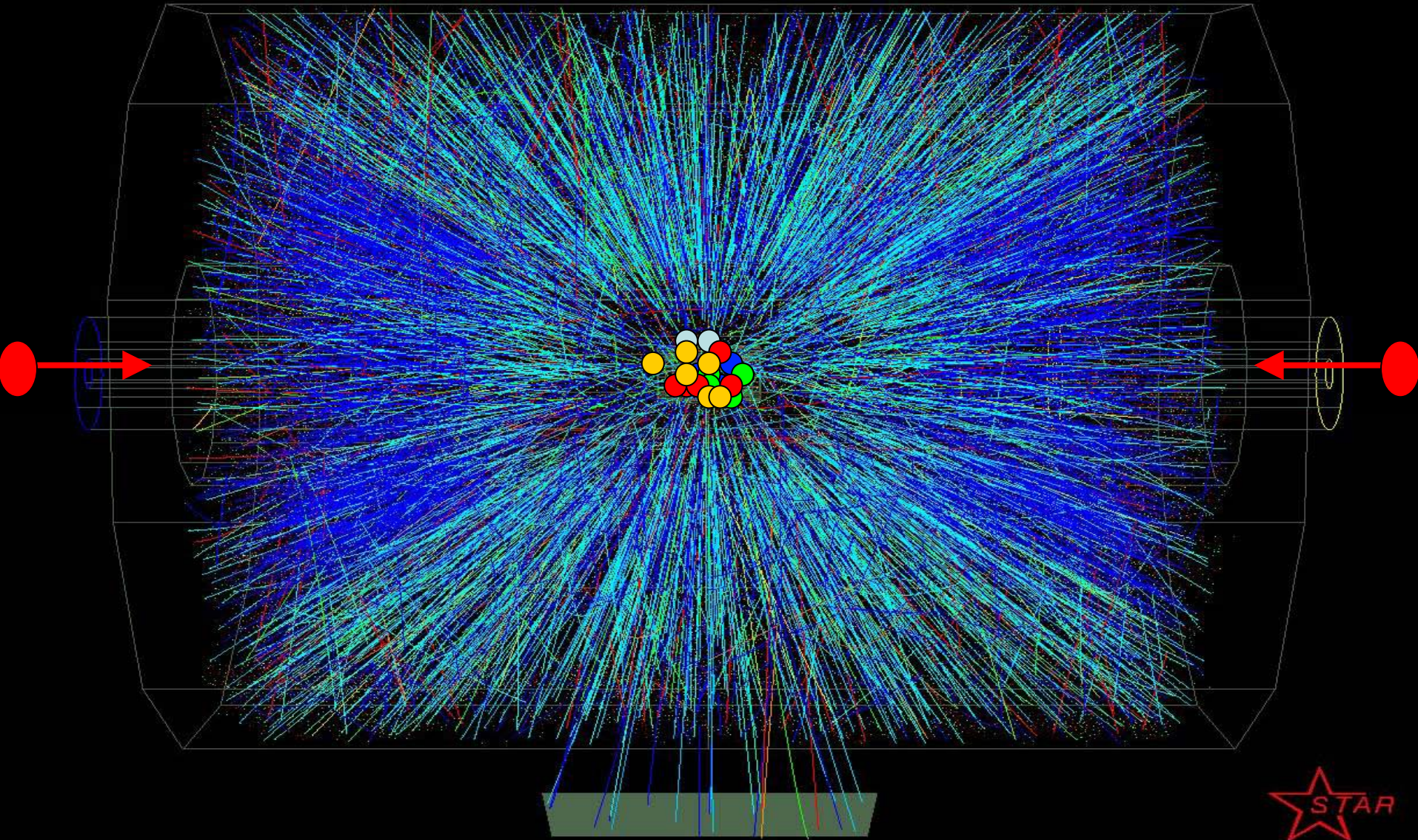


# Egy szimulált atommag-ütközés

- Ütközés után: részecskék keletkezése
- Részecskék szétrepülnek, őket kell észlelnünk



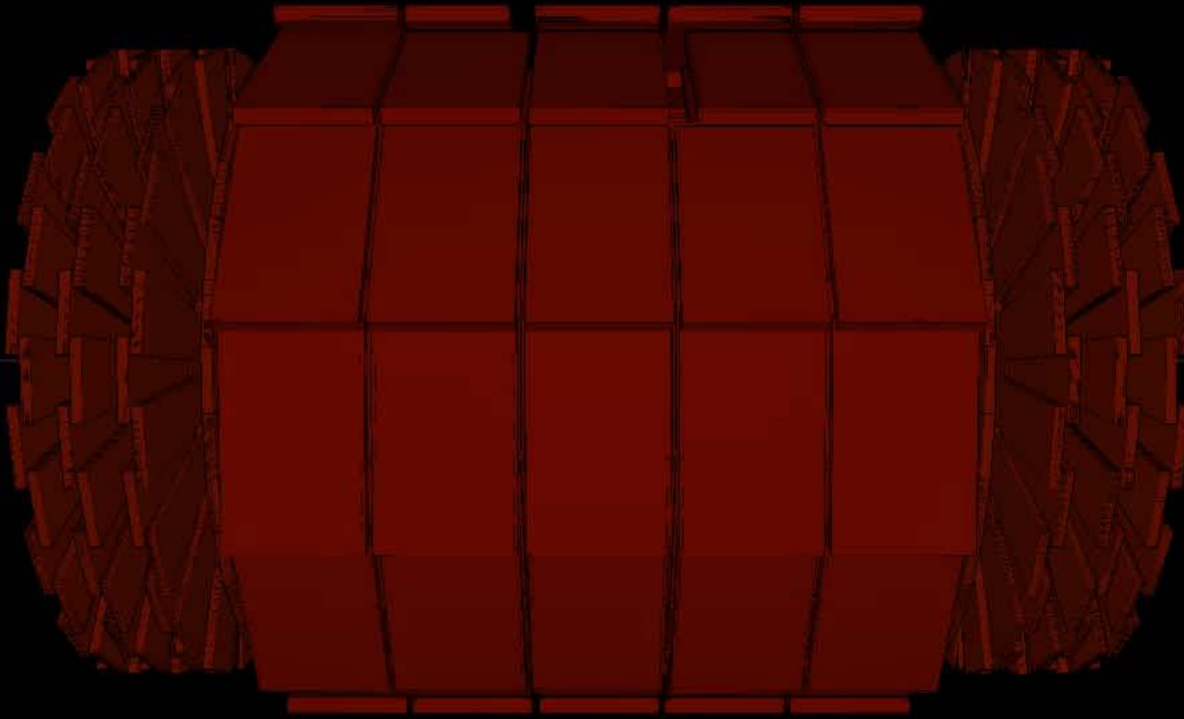
# Egy Au+Au ütközés a STAR-ban



# Egy Pb+Pb ütközés a CMS-ben

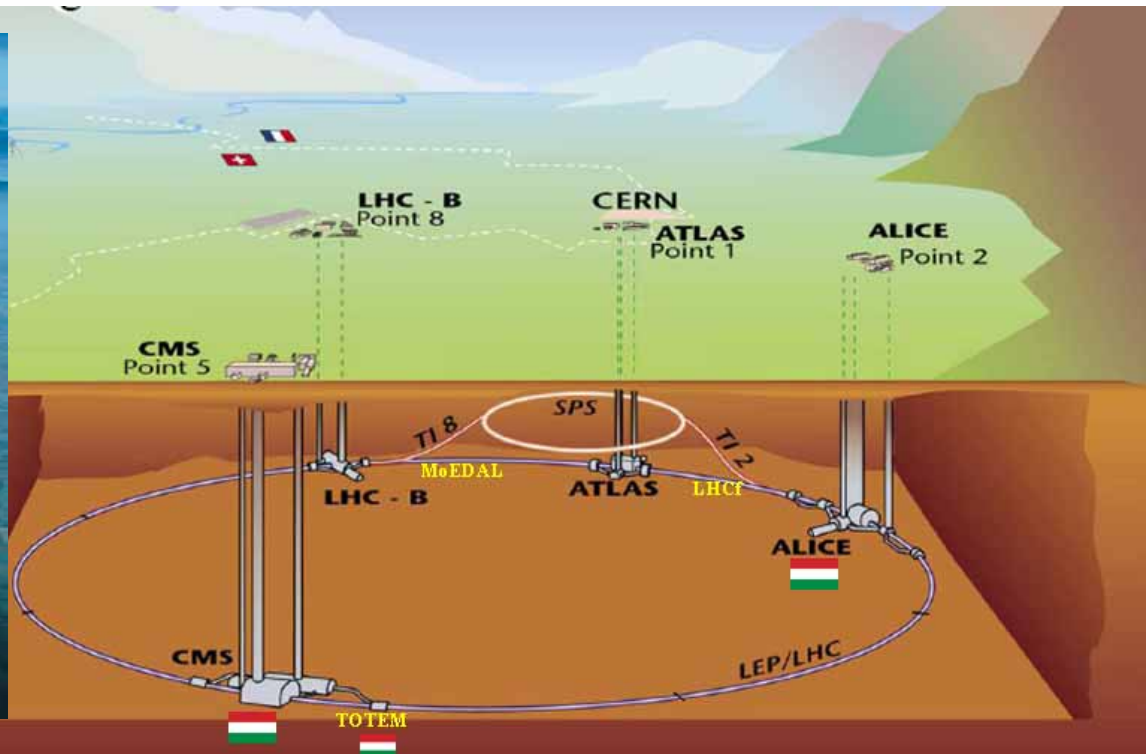
- A kirepülő részecskék nyomot hagynak a detektorokban

CMS Experiment at the LHC, CERN  
Mon 2010-Nov-08 11:22:07 CET  
Run 150431 Event 541464  
C.O.M. Energy 7Z TeV



# Kutatósi helyszínek: CERN

- SPS (Super Proton Synchrotron)
  - Magyar részvétel több kísérletben, sokféle kísérlet
- LHC (Large Hadron Collider)
  - Ólom-ólom (2010. november) és p+p (2009. október óta)



# Kutatási helyszínek: BNL

- RHIC (Relativistic Heavy Ion Collider)
  - 2000 óta arany-arany és p+p ütközések, sok más is
  - 4 kísérleti együttműködés, egyben magyarok is
  - Sok felfedezés

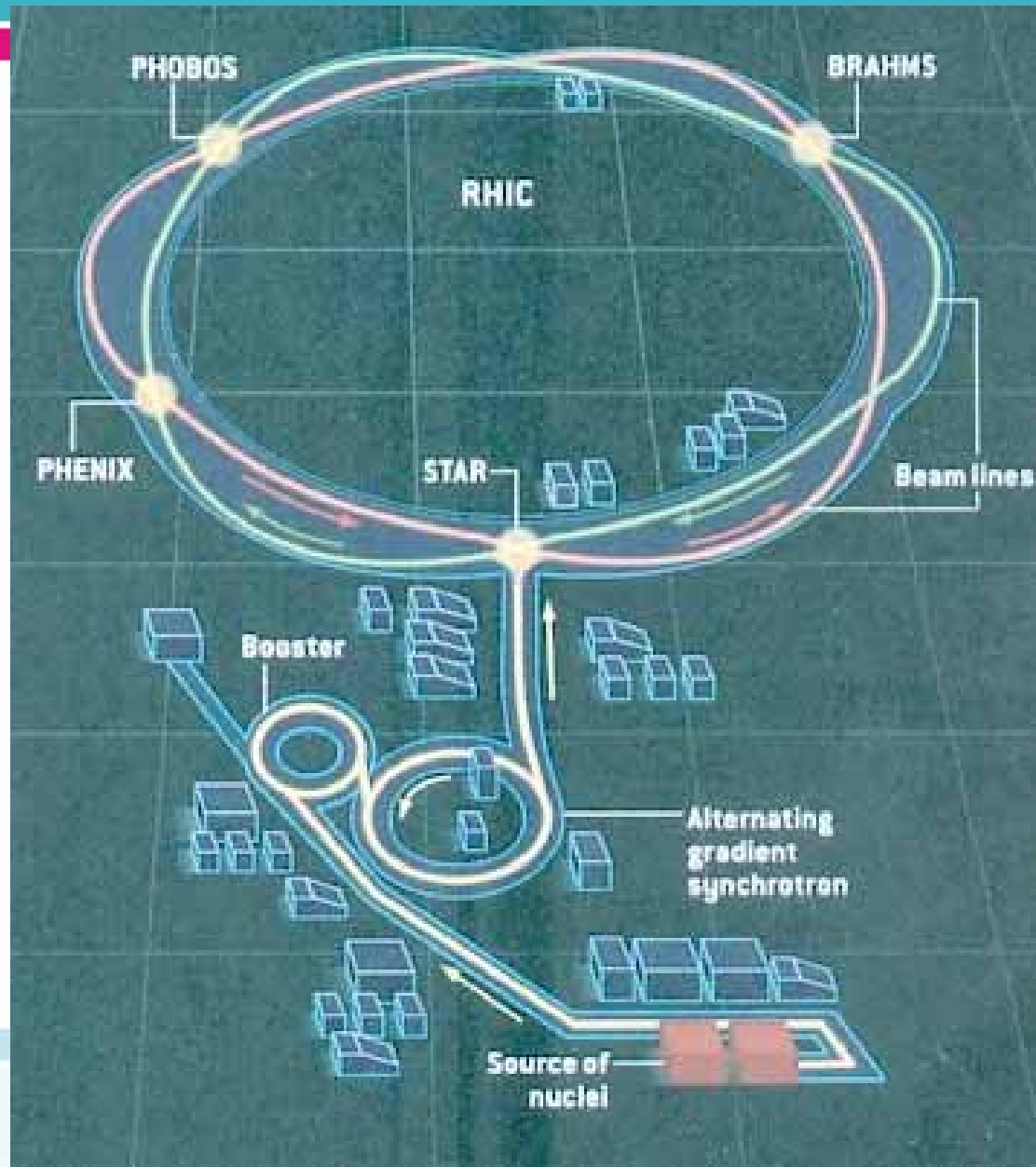


# Légifotó a RHIC-ről



# A RHIC gyorsító-együttes

- Sok előgyorsító
- AGS: Nobel-díjak...
- Elektronok leválasztása folyamatosan történik
- Ionok a RHIC gyűrűbe
- Két gyűrű valójában
- Metszéspontok: kísérletek



# A Virtual Tour of RHIC

2004

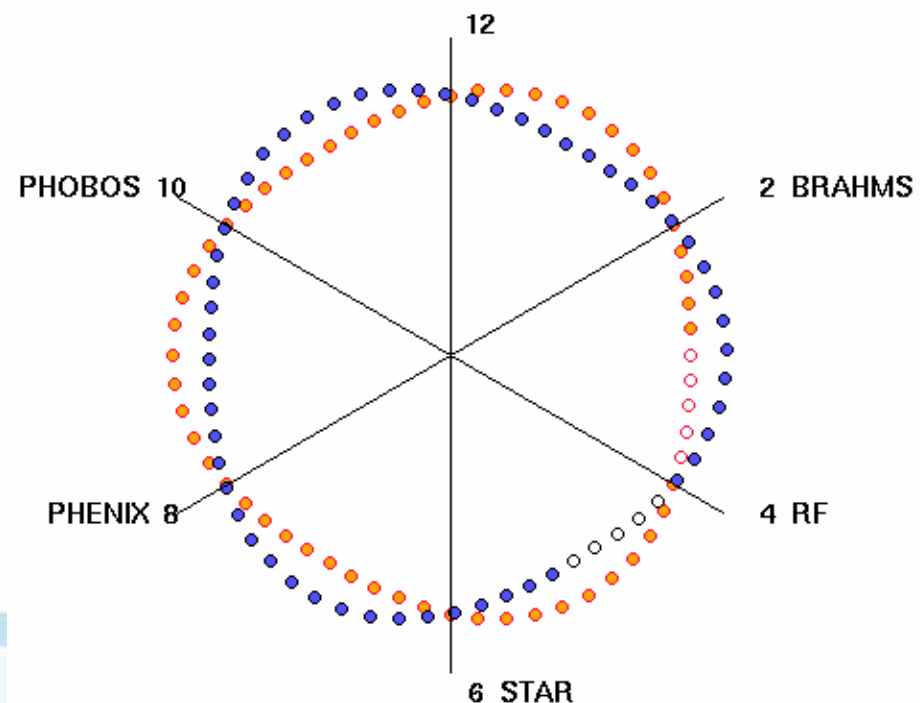
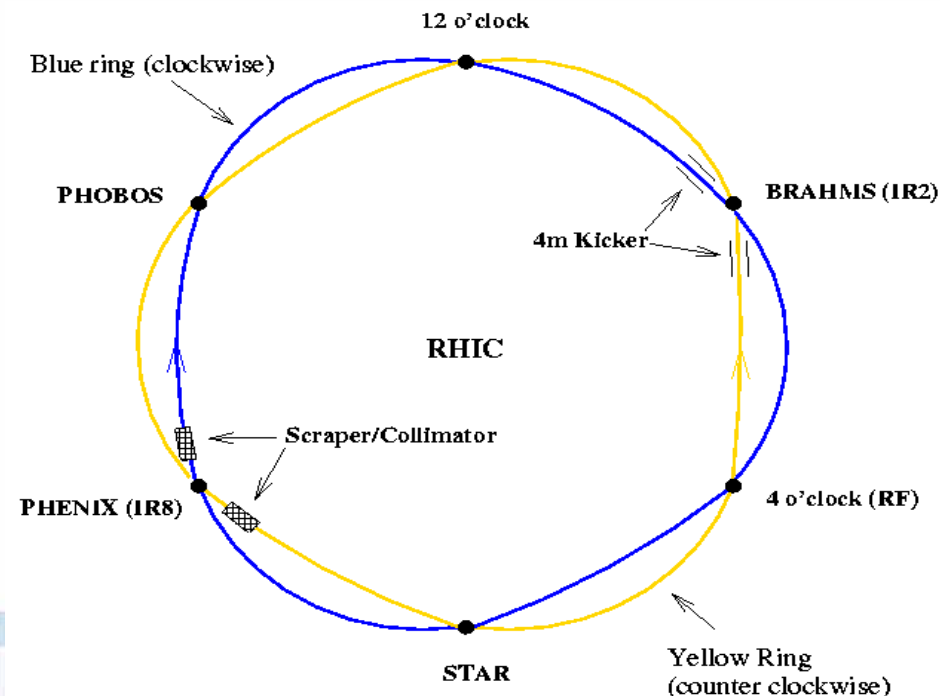


**BROOKHAVEN**  
NATIONAL LABORATORY

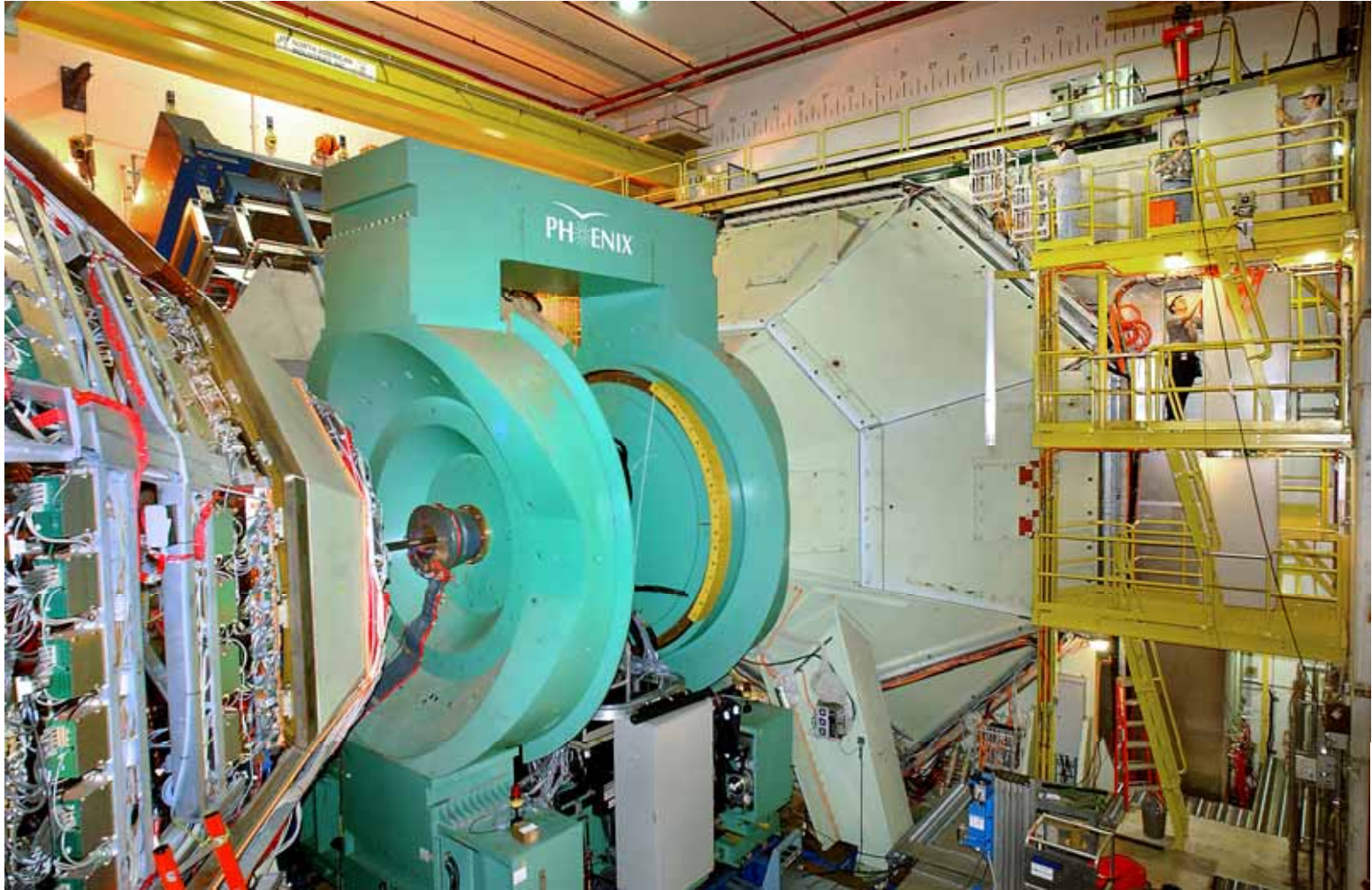
*Animation by  
Jeffery Mitchell*

# RHIC geometria és számok

- Két 3.9 km-es gyűrű
- Hat metszéspont, négy kísérlet
- ~100 atommagcsomag, 99.995% fénysebesség
- 1740 db szupravezető mágnes, 4 K hőmérséklet
- 15 MW fogyasztás: ~100.000 háztartás
- 20 év alatt egy milliomod gramm arany 😊

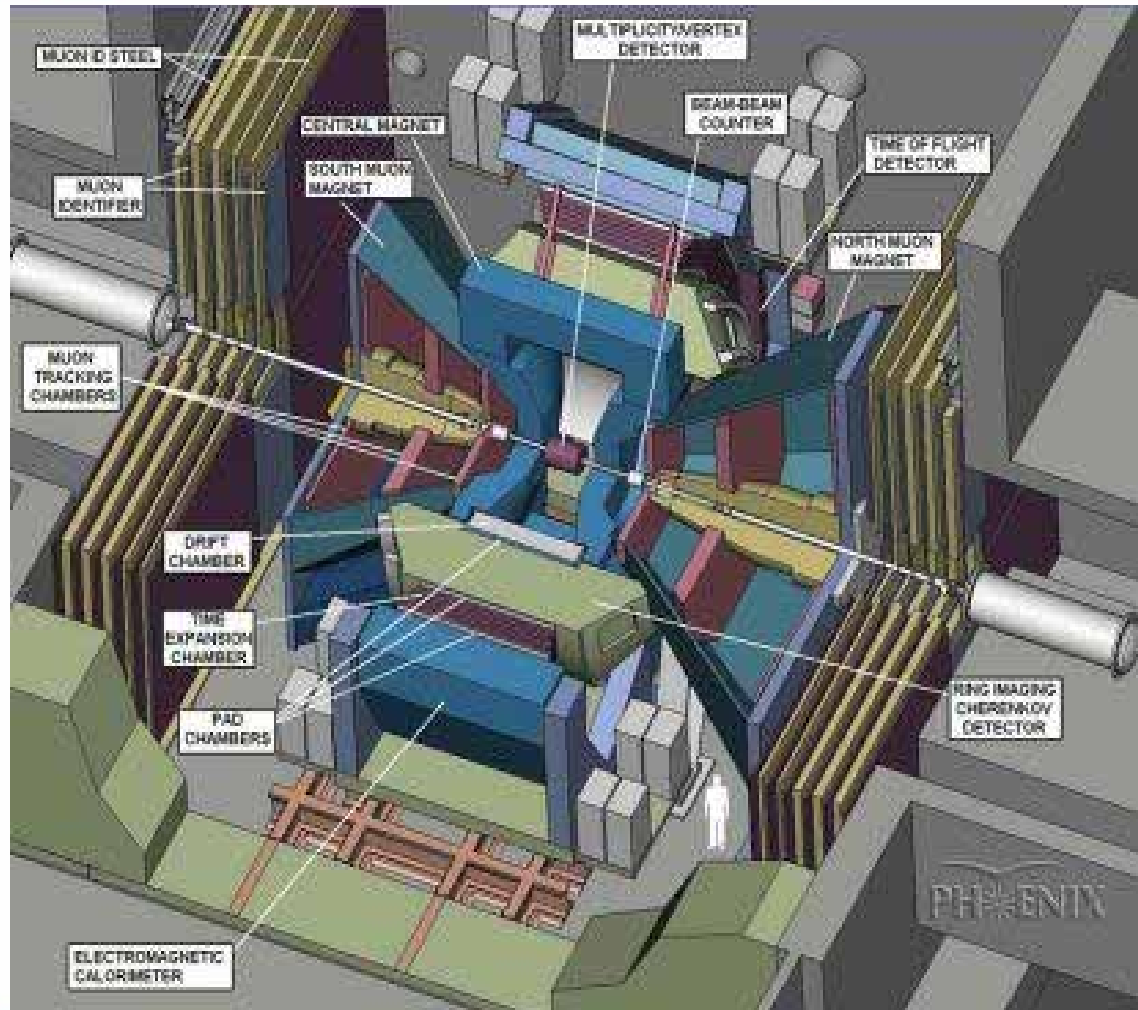


# A PHENIX detektorrendszer



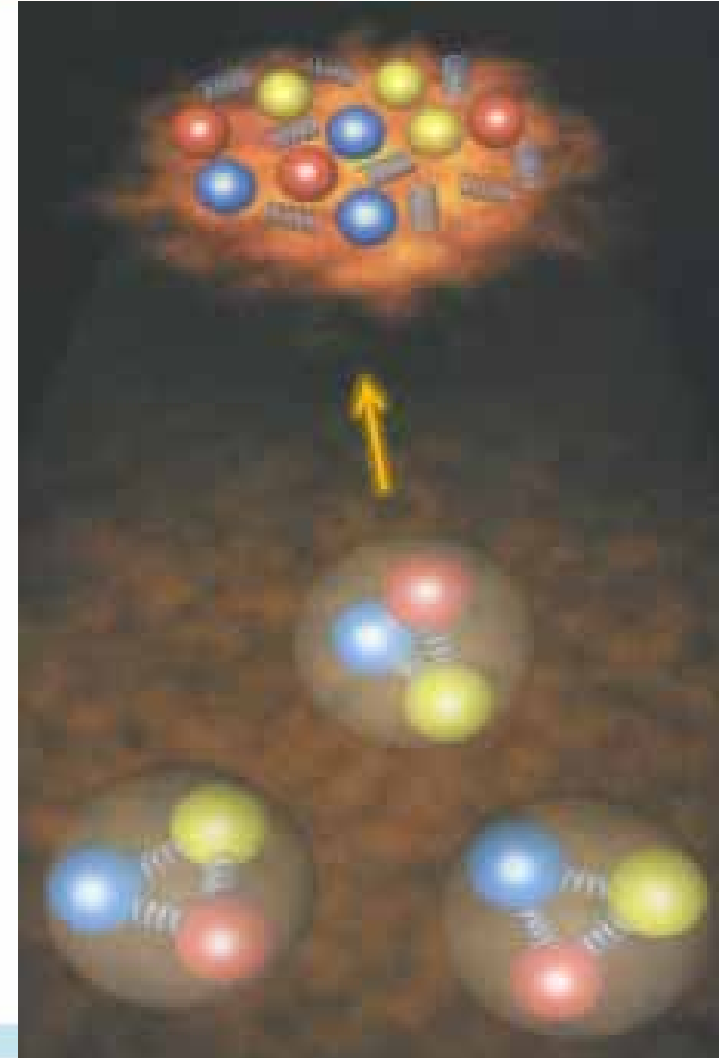
# A PHENIX 3D rajza

- Ütközések a középpontban
- Sokféle detektor
- Hagymahéj szerkezet
- Többemeletes családi ház mérete

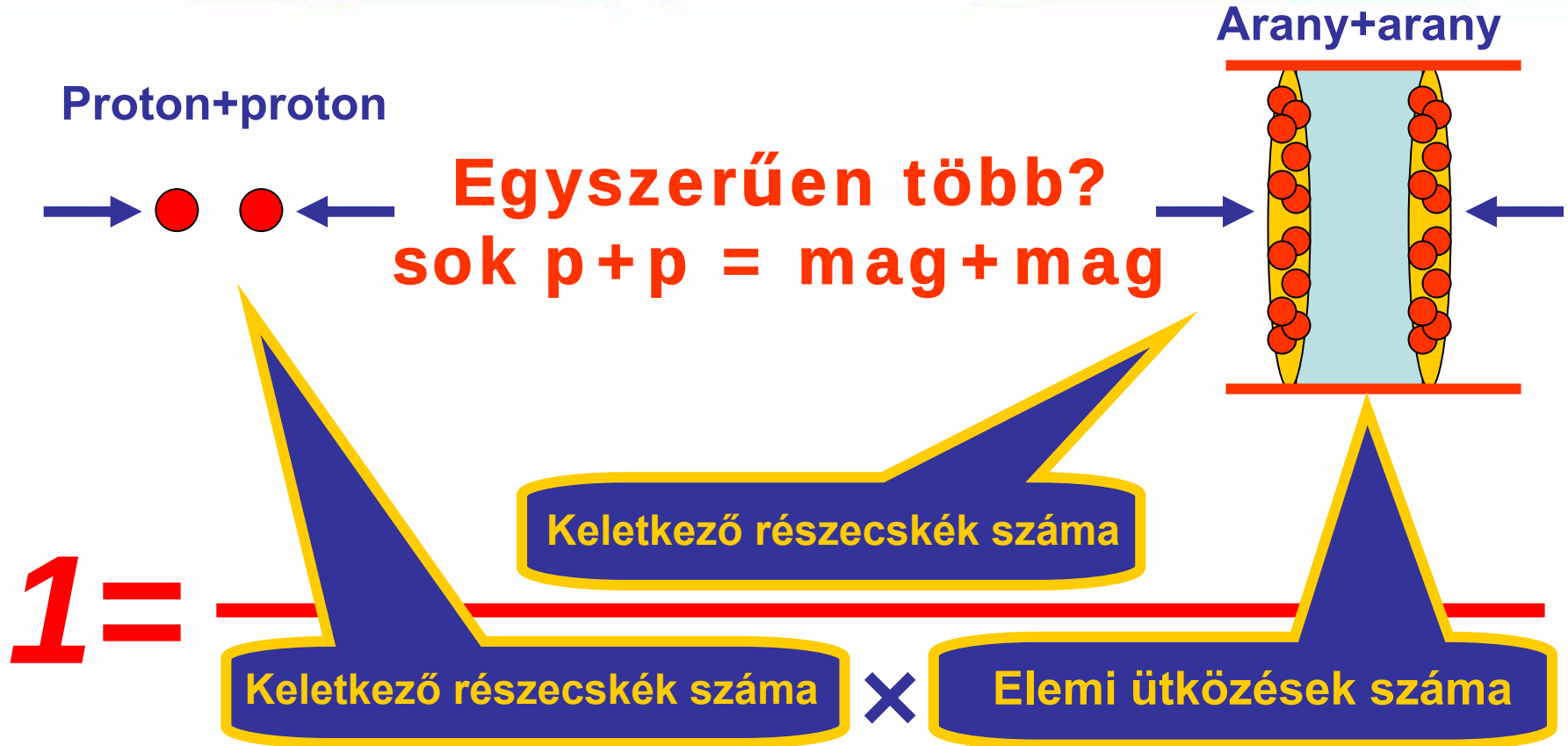


# Mi a kísérletek célja?

- Ősrobbanás indirekt vizsgálata
- Mag-anyag megolvasztása
- Kvark-anyag létrehozása
- Tulajdonságainak vizsgálata
- Az erős kölcsönhatás megismerése
  - ~1930: erős kölcsönhatás felfedezése
  - ~1970: erős kölcsönhatás magyarázata
  - ~1990: óriás részecskegyorsítók
- Hasonlat: elektromosság felfedezése
  - 1750-90 – Elektromosság
  - 1830-70 – Elméleti leírás
  - 1876 – Telefon
  - ~1900 – Televízió, számítógép
  - ~1970 – Mobiltelefon, Internet

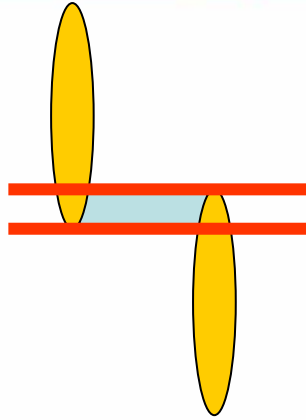


# Mag-modifikációs faktor

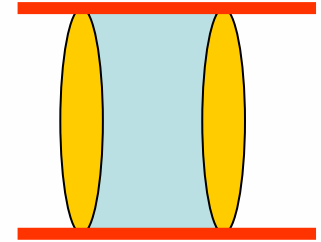
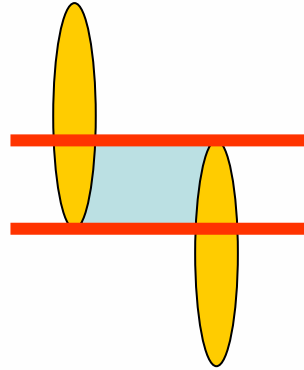


$$R_{\text{Au+Au}} = \frac{\text{Részecskeszám}_{\text{Au+Au}}}{\text{Részecskeszám}_{p+p}} \frac{1}{\langle N_{p+p \text{ ütközések}} \rangle_{\text{Au+Au}}}$$

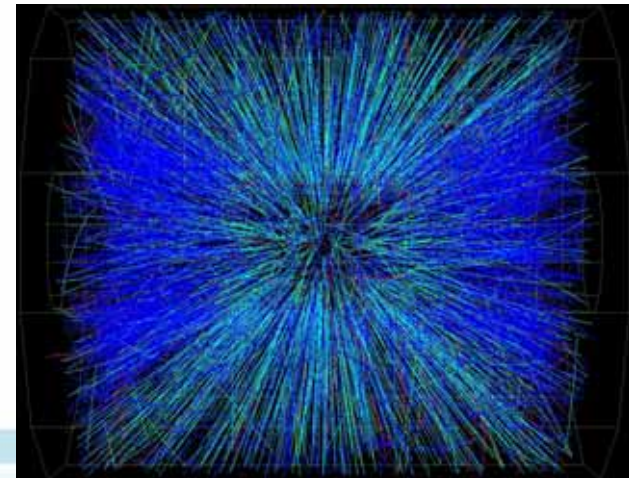
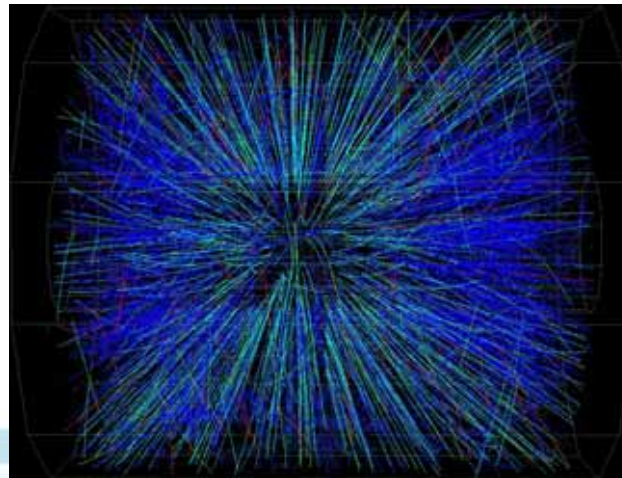
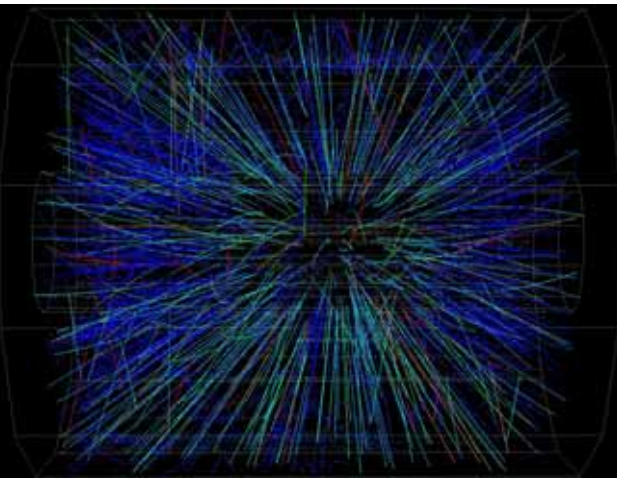
# Nem minden ütközés azonos!



Periférikus

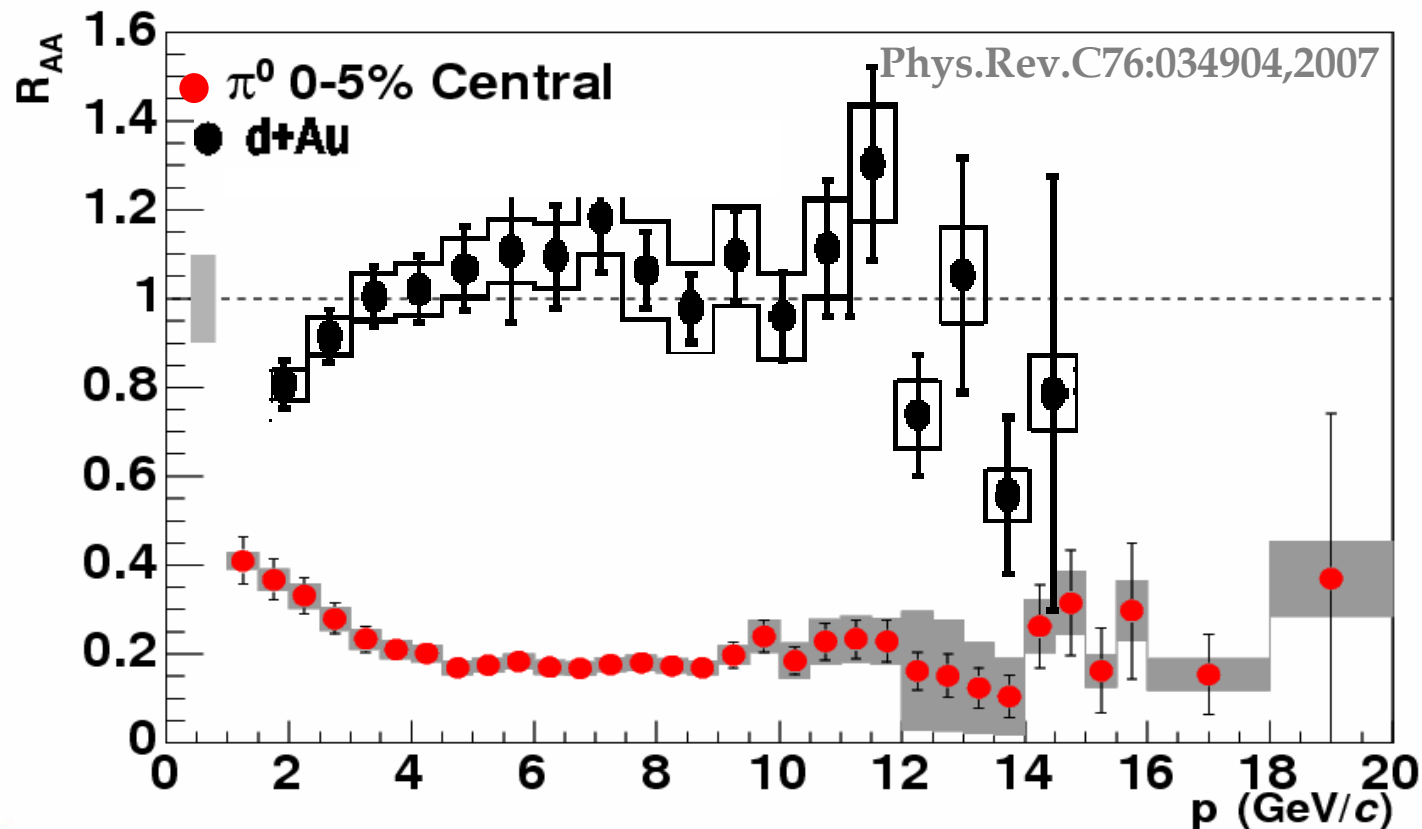


Centrális



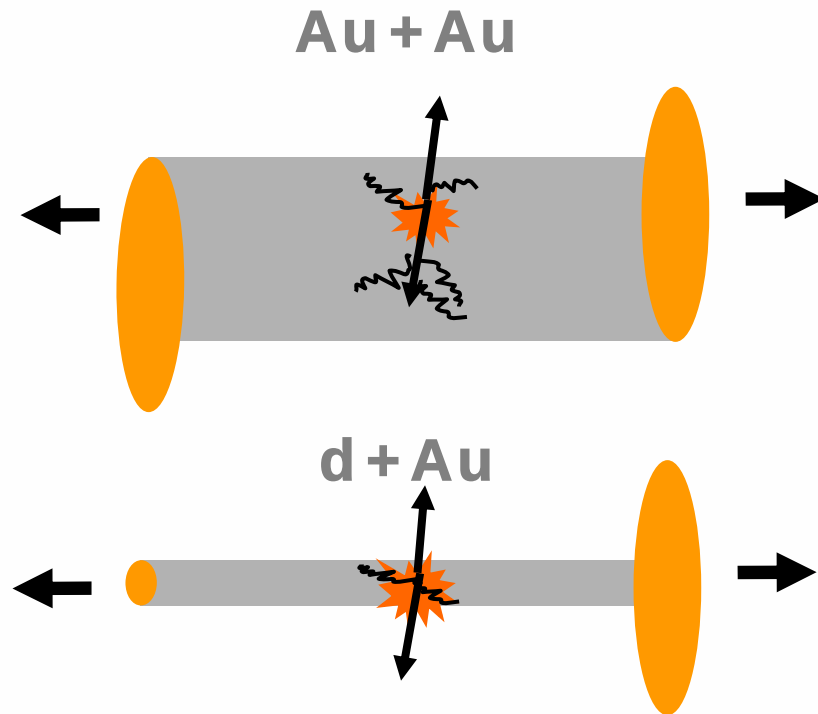
# Erős részecske-elnyelés

- Periférikus ( $>80\%$ ) Au+Au és d+Au: nincs elnyelődés
- Centrális ( $<10\%$ ) Au+Au: nagy elnyelődés!



# Részecskeelnyelődés

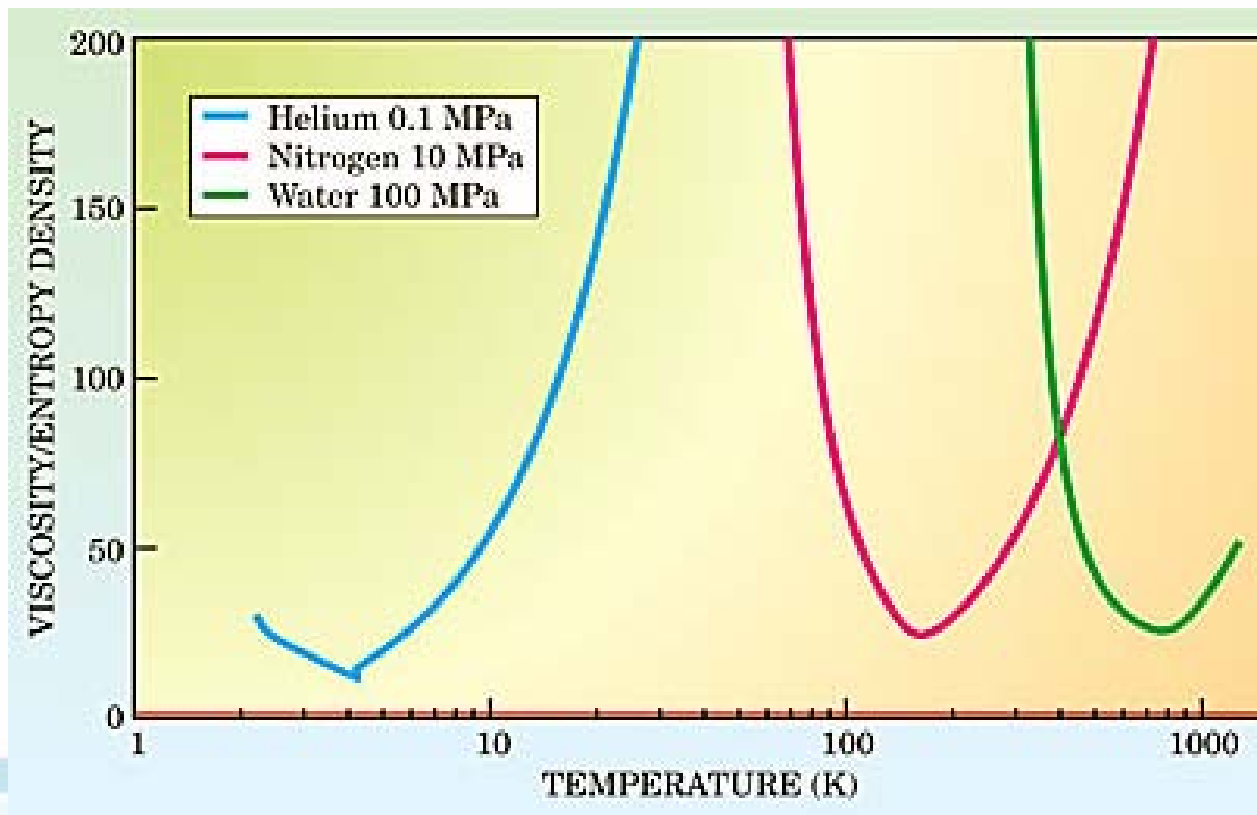
- Mag-modifikációs faktor  
Mérés Au+Au, referencia: p+p
- Részecskék elnyelődnek
  - Nagyenergiás részecskék is!
  - Jet Quenching
- Ellenpróba: d+Au →  
Közeg hatása
- Nagy felfedezés



$$R_{\text{Au+Au}} = \frac{\text{Részecskeszám}_{\text{Au+Au}}}{\text{Részecskeszám}_{\text{p+p}}} \frac{1}{\langle N_{\text{p+p ütközések}} \rangle_{\text{Au+Au}}}$$

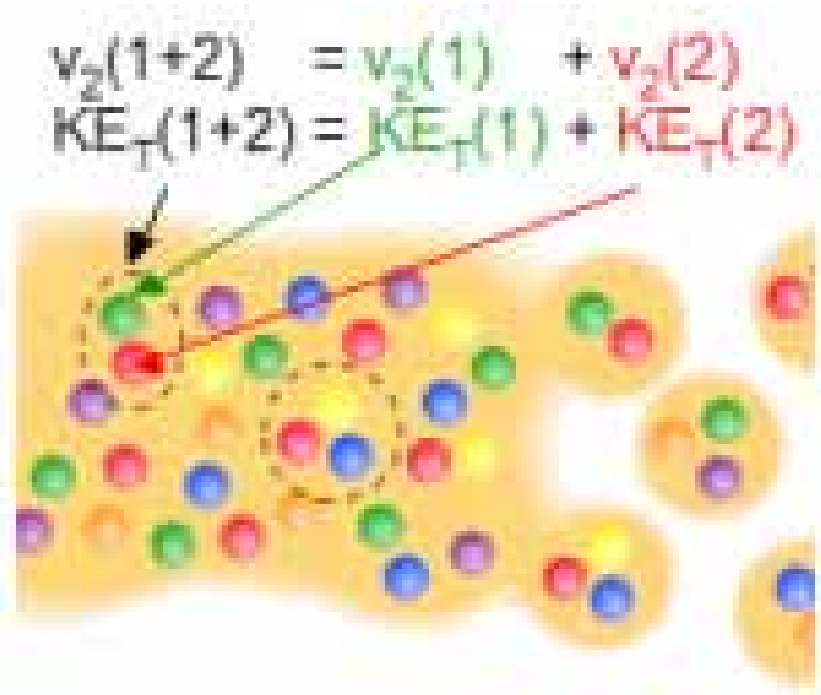
# A tökéletes folyadék

- Folyékonyság mérőszáma: viszkozitás
- Szuperfolyékony anyagok léteznek
- Vizsgált anyag viszkozitása szinte nulla!



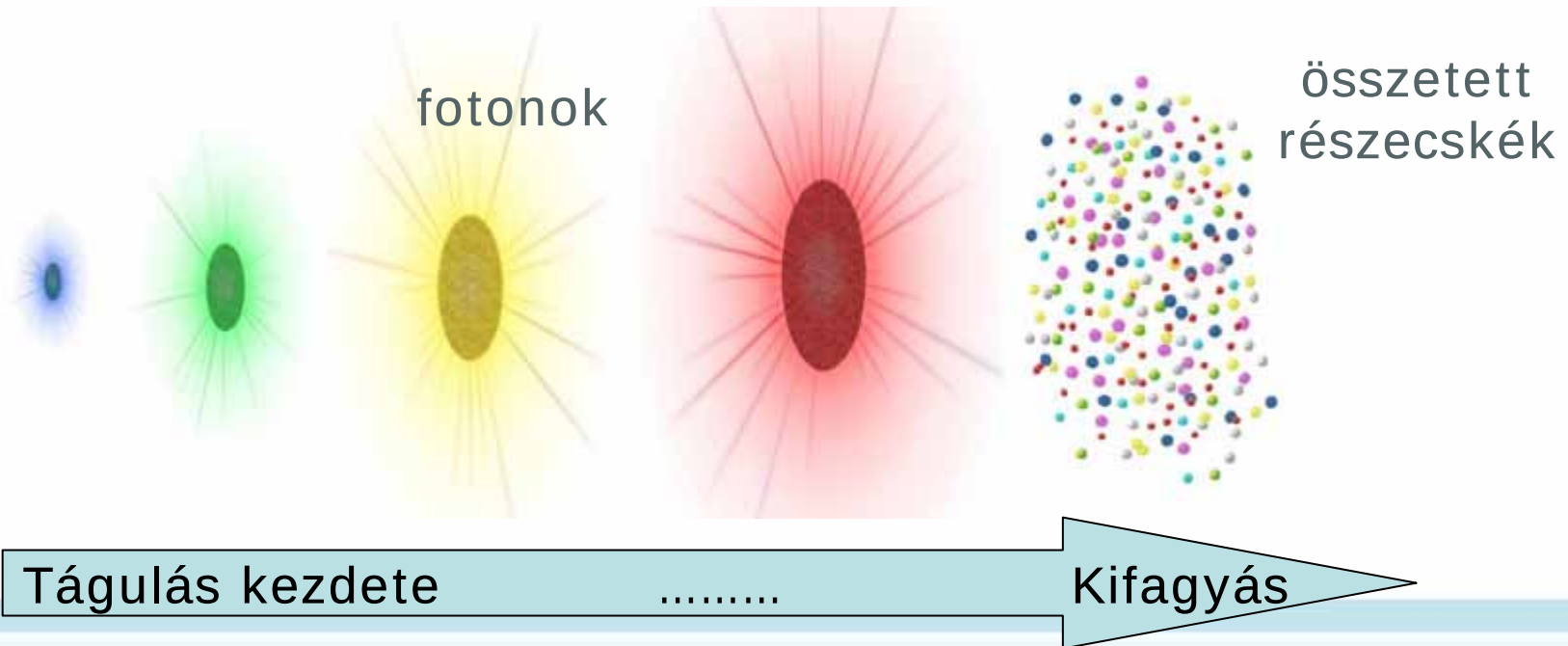
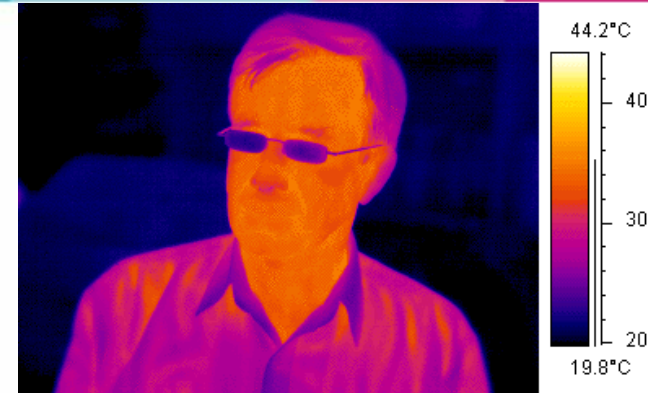
# Kvarkok indirekt jelei

- Elliptikus folyásnak nevezett mennyiség:  $v_2$
- Eloszlás aszimmetriáját méri
- Aszimmetria oka: a robbanás eltérő erőssége
- A mozgási energia (KE) függvényében mérjük
- Az aszimmetria részecsktípusokra: kvarktartalomtól függ!
- Skálázás a kvarkszámmal



# A hőmérséklet mérése

- Összetett részecskék keletkezése: kvarkanyag megszűnése után
- Fotonok folyamatosan keletkeznek
- Hírt adnak az anyag hőmérsékletéről
- Hőkamerához hasonló elv

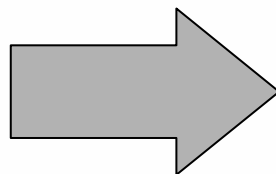


# Hol járunk?

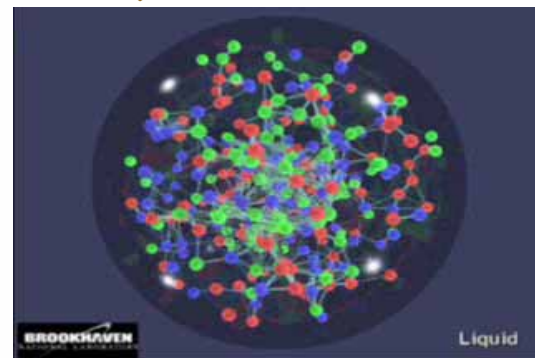
- Az anyag nagyon erősen elnyelő
  - $10^{-15}$  méteren elnyeli a részecskéket
  - Hagyományos anyag: mm vagy cm skála
- Az anyag tökéletes folyadék
  - Viskozitása kisebb, mint eddig bárminek
- Az anyag forróbb, mint eddig bármi
  - A kvarkok kiolvadnak börtönükből!
- Összegzés: A TÖKÉLETES KVARKFOLYADÉK!
- sQGP

- MTV Híradó: [Magyar kutatók az űsrobbanás utáni állapotot vizsgáló kísérletekben](#)
- MTA: [Megmérték a legforróbb anyag hőmérsékletét](#)
- Origo.hu: [Létrehozzák az Univerzum űsanyagát](#)
- Index.hu: [A legnagyobb hőség a Nagy Bumm óta](#)
- [New York Times](#), [USA Today](#), [Discovery](#), [Gizmodo](#), [The Telegraph](#), ...

# Összegzés



**SQGP!**

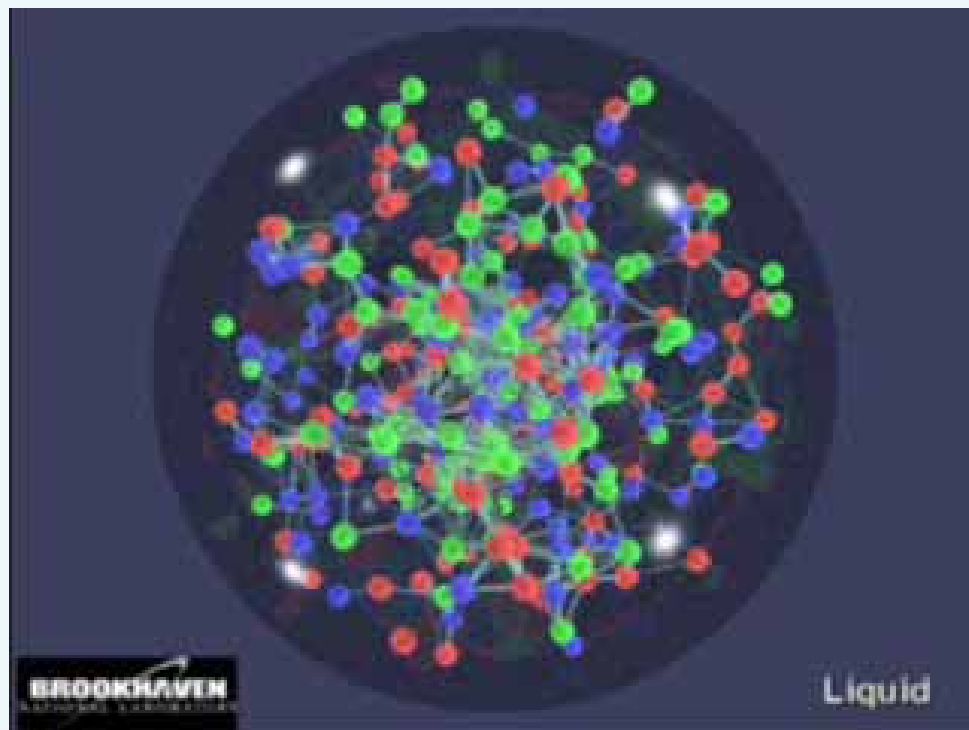


~~**Szabad Q-G plazma**~~





Köszönöm a figyelmet!

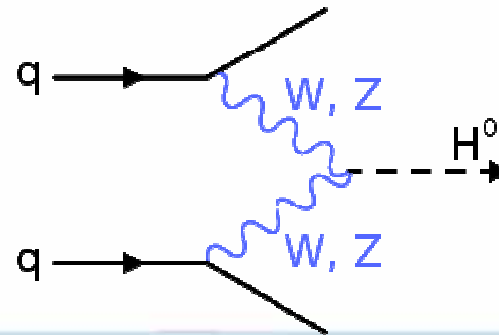
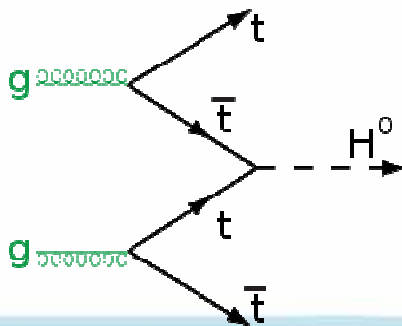
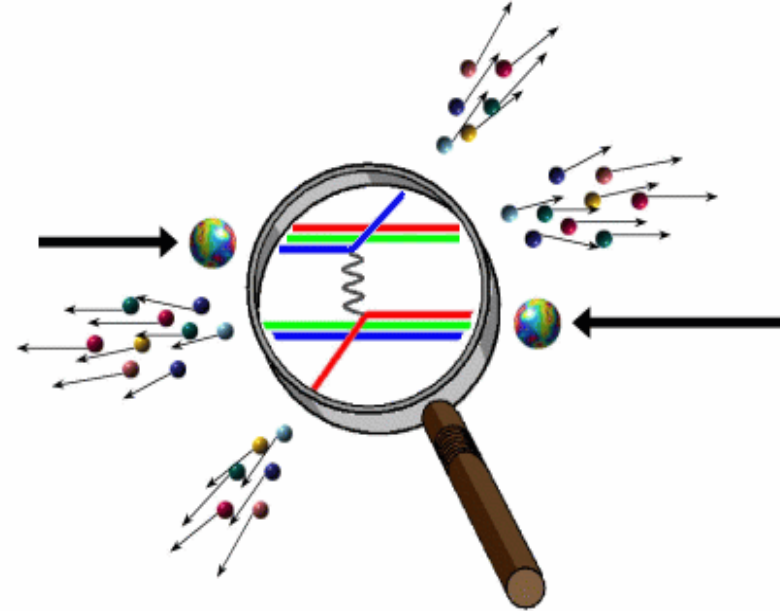


[www.meetthescientist.hu](http://www.meetthescientist.hu)



# A Higgs keresése

- Nagyenergiás ütközések
- Gyors proton szétesik gluonokra és kvarkokra
- Ezek hadronokká és bozonokká alakulnak
- Létrejöhet a Higgs
- Az ilyen ritka eseményeket kell megtalálni!



# „Új természeti törvények felfedezéséről”

„Általában az alábbi módon keressük az új természeti törvényeket.

Első lépésben felteszünk egy elméletet.

Aztán megvizsgáljuk a feltételezésünk következményeit, hogy lássuk, mit jelentene, ha az elméletünk igaz lenne.

Majd a számítások eredményeit összehasonlítjuk a Természettel, közvetlenül a megfigyelésekkel, kísérlet vagy tapasztalat által, hogy lássuk, működik-e.

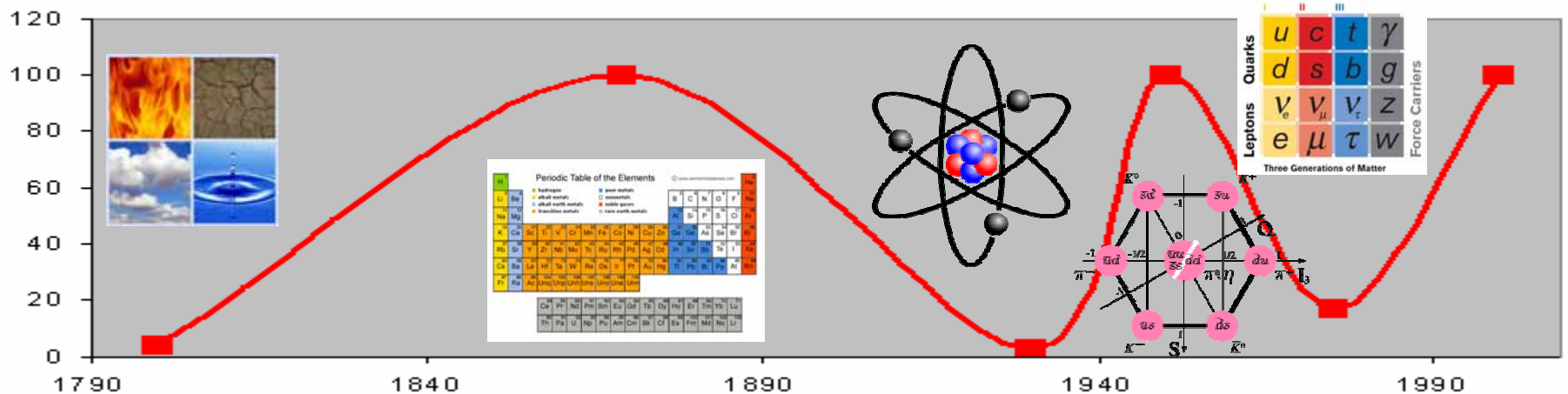
Ha ellentmond a kísérleteknek, akkor hibás az elméletünk.

Ebben az egyszerű állításban van a tudomány kulcsa.

Nem számít, milyen szép az elméletünk, nem számít, milyen okosak vagyunk, hogy ki találta ki az elméletet, hogy őt hogy hívják —ha ellentmond a kísérleteknek, akkor hibás.”

# Az elemi részek száma

- Ókor: négy elem 4
- 1869: periódusos rendszer ~100
- 1930: proton, neutron, elektron 3
- 1930-1960: „hadronok” ~100
- 1975: standard modell 4
- ~2000: elemi részek sok altípusa ~100
- Még elemibb részecskék? ??



# Rengeteg nyitott kérdés

- Az Univerzum gyorsuló tágulása
  - Sötét energia?
- Az antianyag hiánya
  - Honnan az aszimmetria?
- A galaxisok forgása: sötét anyag?
  - Mi alkotja ezt az anyagot?
- A tömeg eredete, a Higgs részecske
  - Miért annyi a részecskék tömege, amennyi?
- Létezik-e kvarkanyag?
  - Mi alkotta az ősi Univerzumot?



- Elég egy szakterület:
  - Gépek (gépészet, villamosság, elektronika)
  - Szoftver (programozás, rendszertervezés)
  - Fizika (részecskefizika, magfizika, ...)
- Milyen területek vannak még?
  - Biofizika: az élőlények életfolyamatai (látás, mozgás)
  - Anyagok fizikája: nanoszerkezetek, újfajta anyagok
  - Komplex rendszerek: hálózatok, gazdasági folyamatok
- Hol dolgoznak még fizikusok?
  - Ahol gyors felfogás kell 😊
  - Bankok, biztosítók, informatikai cégek
  - Ross Brawn, Brian May, Angela Merkel

# Egy PHENIX esemény

