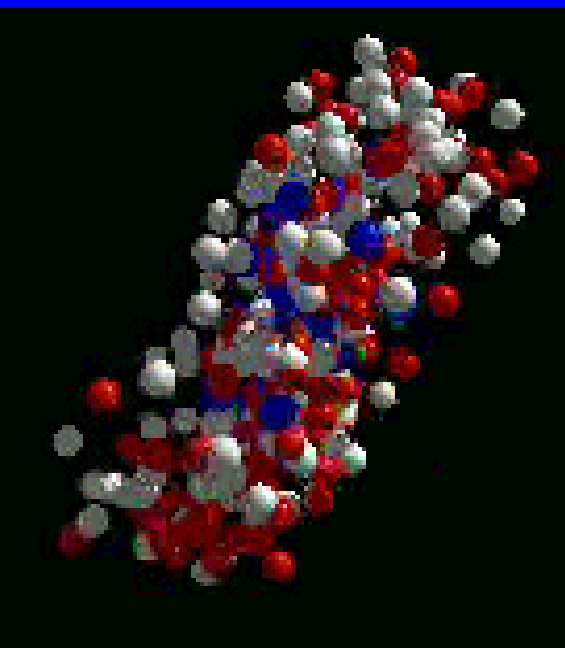
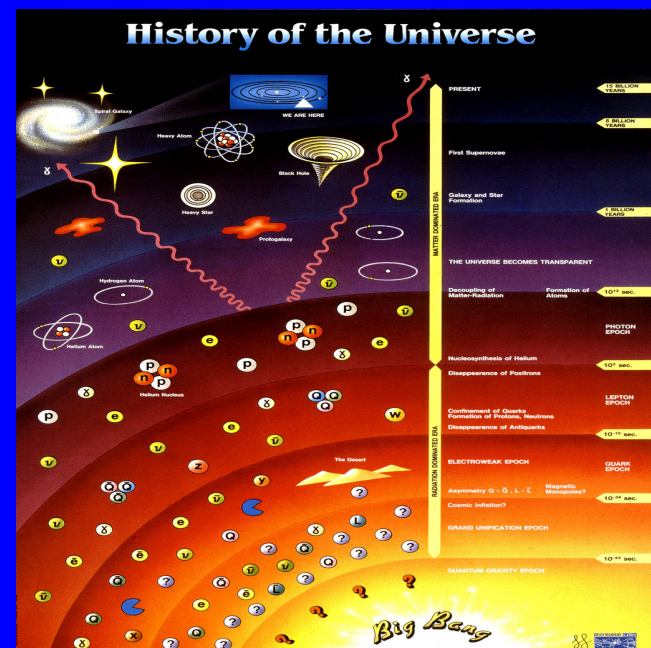




Wolf György (RMKI, Budapest)



Tartalom:

- Az erős kölcsönhatás fázis diagrammja
- Folyadék-gáz átmenet
- Nagy sűrűségű anyag
- Nagyenergiájú anyag
- Javaslatok

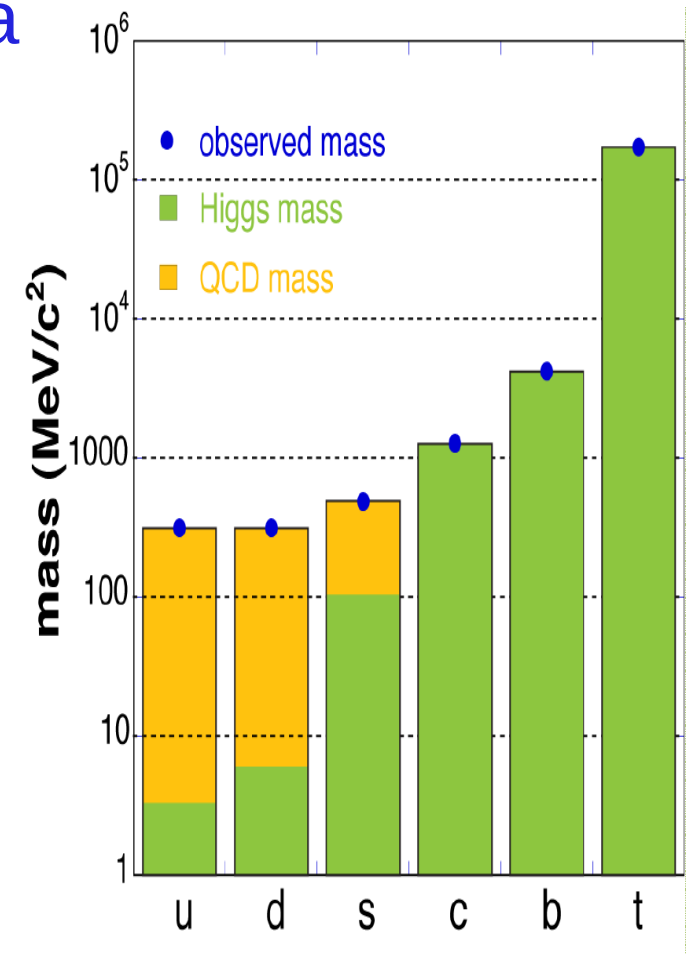
A legfontosabb kérdések

Az anyag alapvető tulajdonságai a hőmérséklet és sűrűség függvényében.

Milyen mikroszkópikus mechanizmus határozza meg az anyag tulajdonságait.

Hogyan keletkezik a hadron tömeg

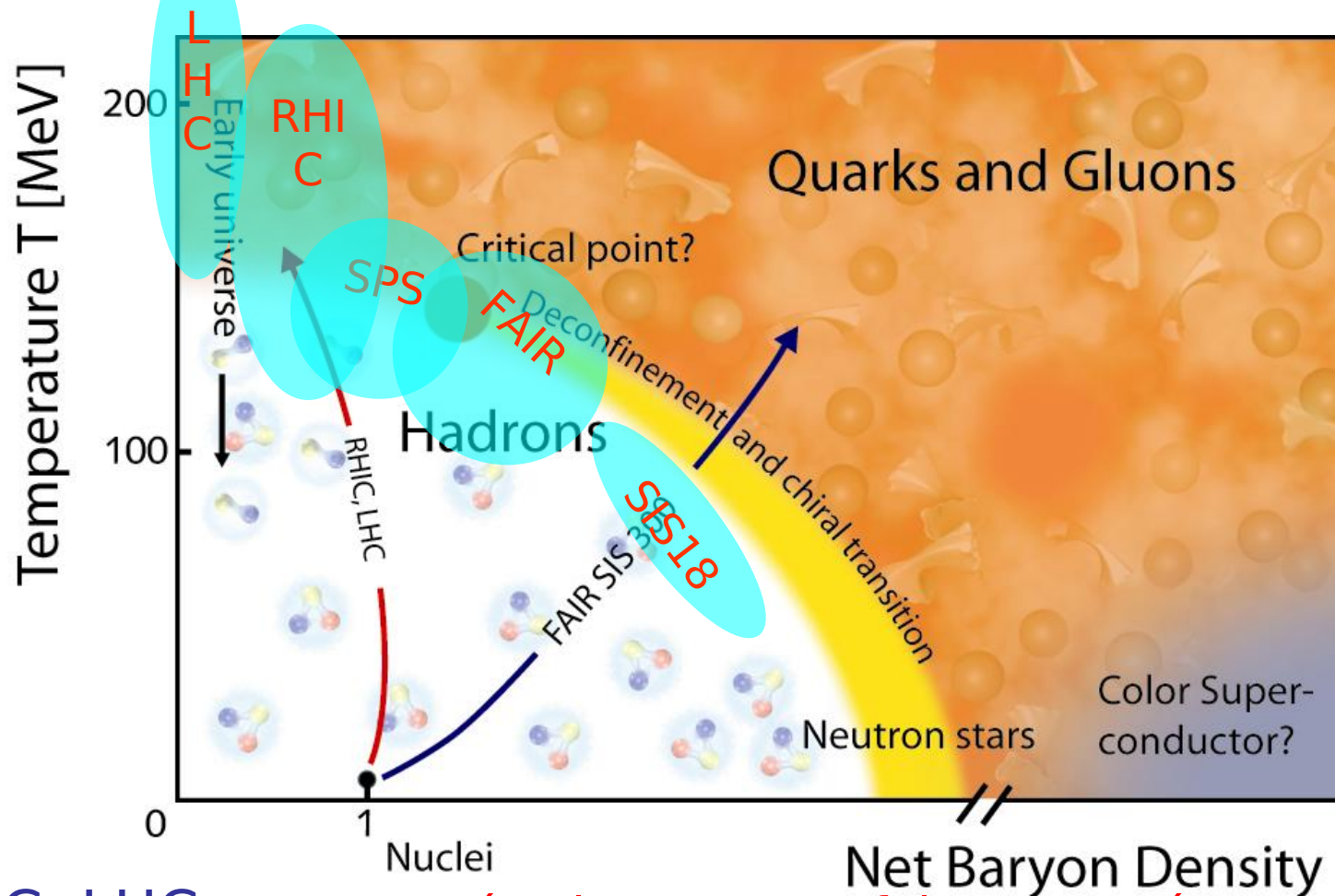
Milyen a nukleonok struktúrája az elérhető legkisebb skálán



Gyorsítók

gyorsító	cm energia(AGeV)	fázisdiagramm
SPIRAL	1.001-1.025 (.04-.1)	folyadék-gáz
SIS	1.025-1.4 (0.1-2.)	χ szimm
AGS	1.7-3 (4-16)	hozamok
FAIR	2.2-4.4 (8-35)	χ szimm, Krit. p
SPS	3.3-9 (20-160)	QGP
RHIC	20-200	QGP
LHC	5500	CGC

Az erősen kölcsönható anyag fázisdiagrammja



RHIC, LHC: nagy T -n és alacsony ρ -n folyamatos átmenet QGP-be

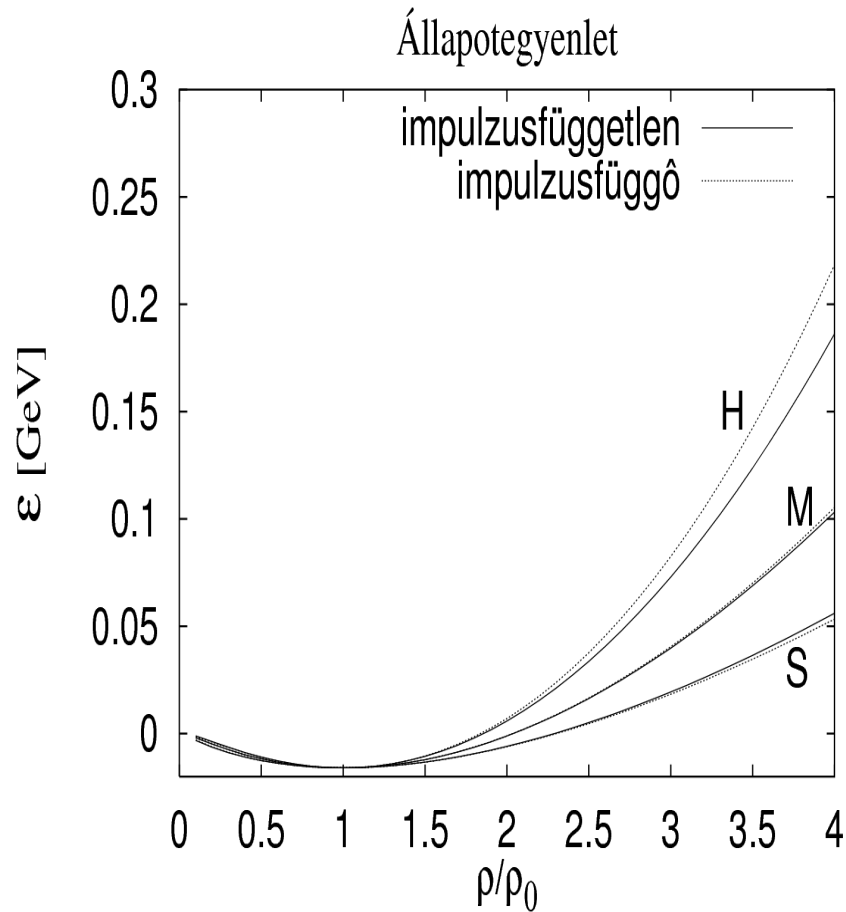
Alacsony-energiás RHIC: QCD-CP keresés térfogati jellemzőkkel

FAIR: teljes kutatási program ritka mennyiségekkel is

Nukleonok által dominált tartomány

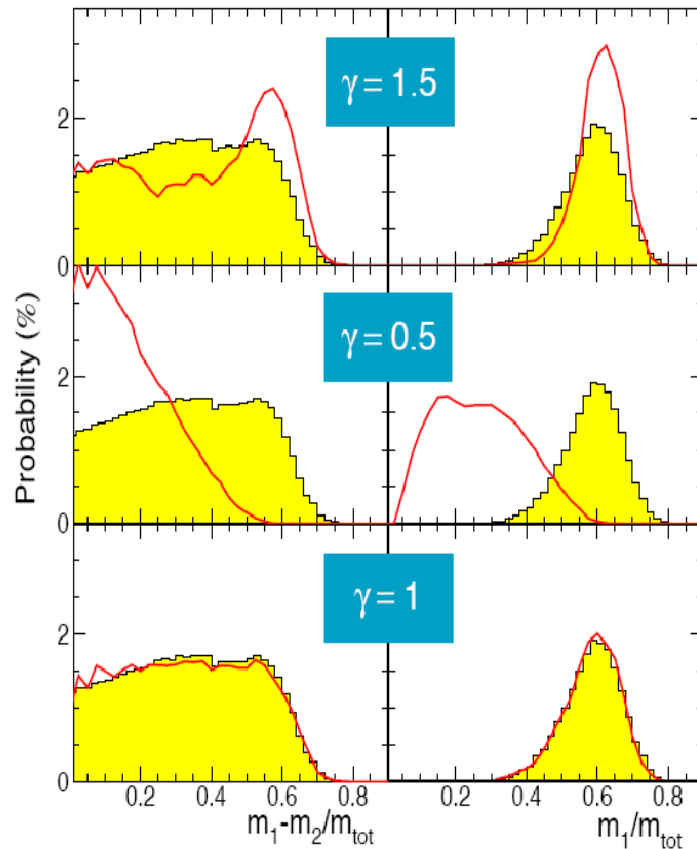
- Állapotegyenlet
- Asszimmetrikus anyag
- Folyadék-gáz fázisátalakulás

Maganyag állapotegyenlete



- Nehézion ütközésekből:
 $K=170-250$ MeV
- Nagy sűrűségeen?
- Asztrofizikai
vonatkozás:
**neutroncsillag,
szupernóva robbanás**

Szimmetria energia



$^{40}\text{Ca} + ^{48}\text{Ca}$ 25 AMeV

legnagyobb fragmens
eloszlása

$$c_{\text{sym}} \propto |\rho_n - \rho_p|^\gamma$$

transzport modell:

$$\gamma \approx 1$$

Fázisátalakulás véges rendszerben

Fázisátalakulás definíciók

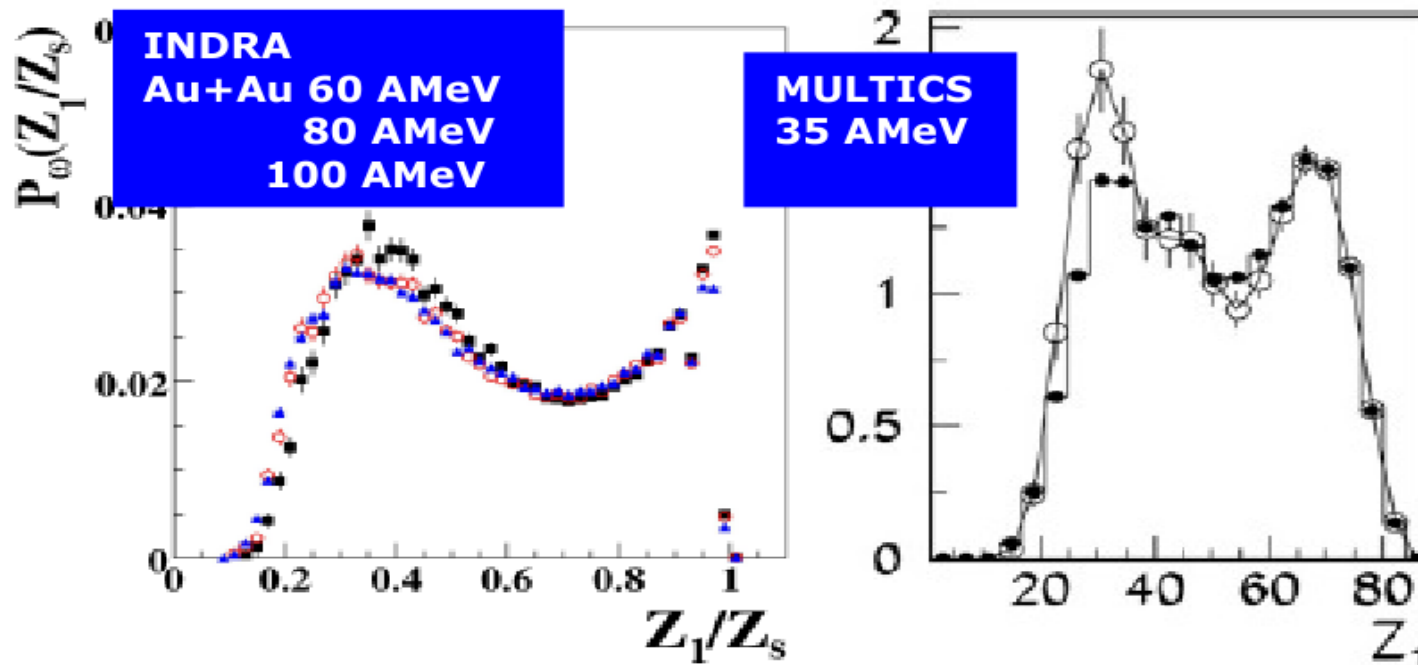
- Negatív hőkapacitás
- Speciális eloszlása a kanonikus partíciós fv. gyökeinek
- Termodinamikai potenciál konvexitása, változó a rendparaméter

Megmaradnak-e a termodinamikai limeszben?

- Eloszlásfüggvény bimodalitása
változó a rendparaméter

Konzisztens a Yang-Lee tétellel

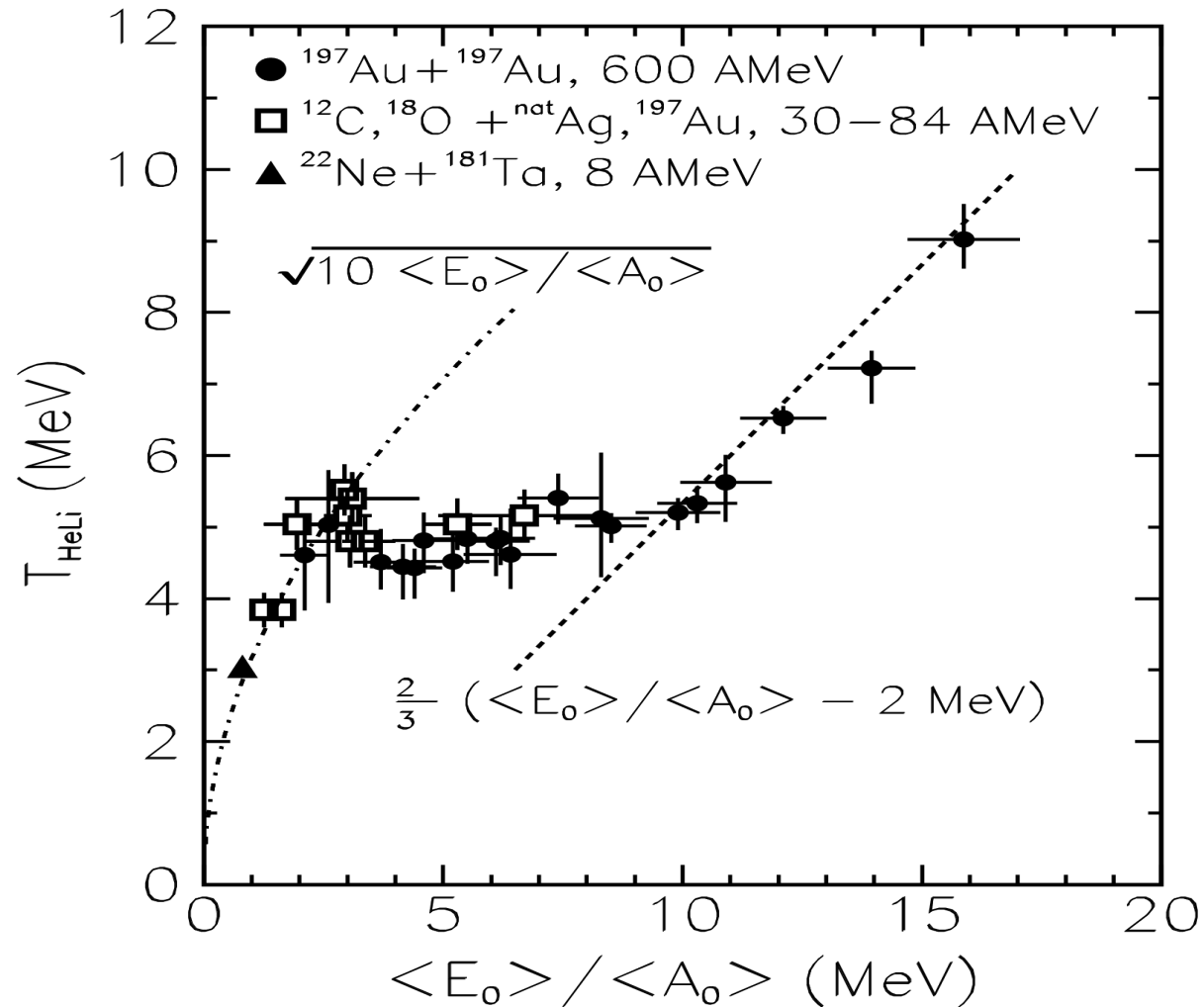
Folyadék-gáz átmenet



Gerjesztett lövedék (Au) legnagyobb fragmensének eloszlása,

Z_1 a rendparaméter

Kalorikus görbe



Tervek

- Jobb detektorok: teljes esemény visszaállítás
- Közepes energiájú gyorsító: pár 100 MeV
- Azonos A , különböző Z (rádioaktív nyaláb)

Hadronok sűrű anyagban

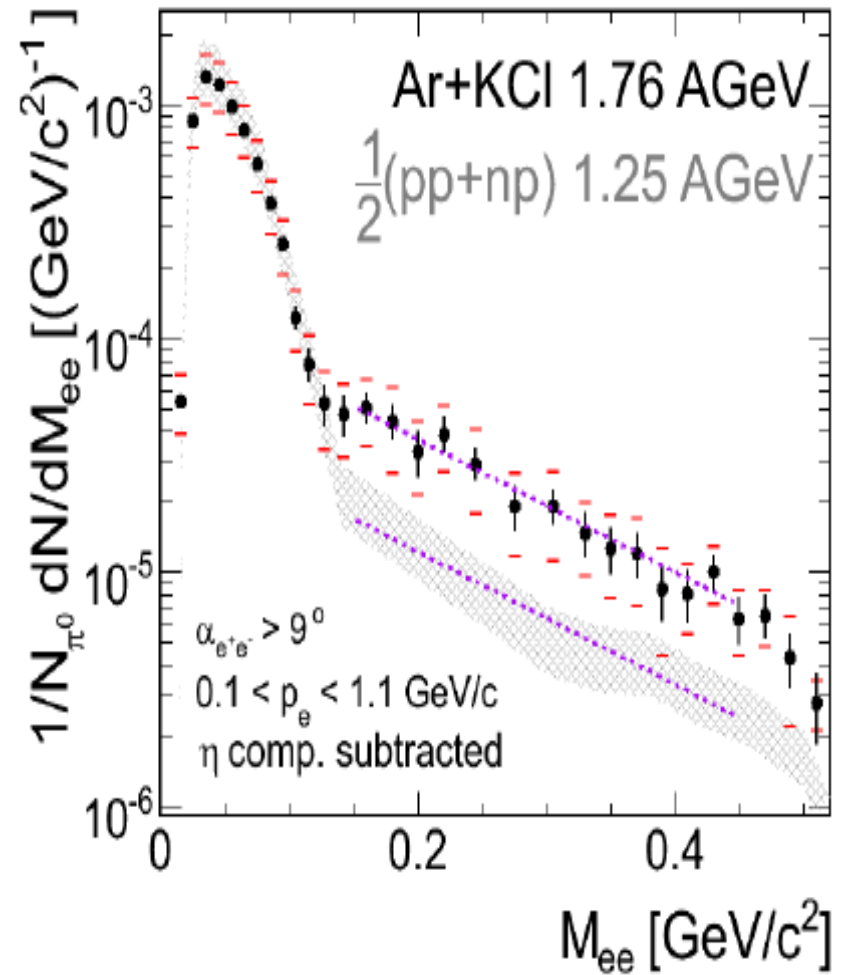
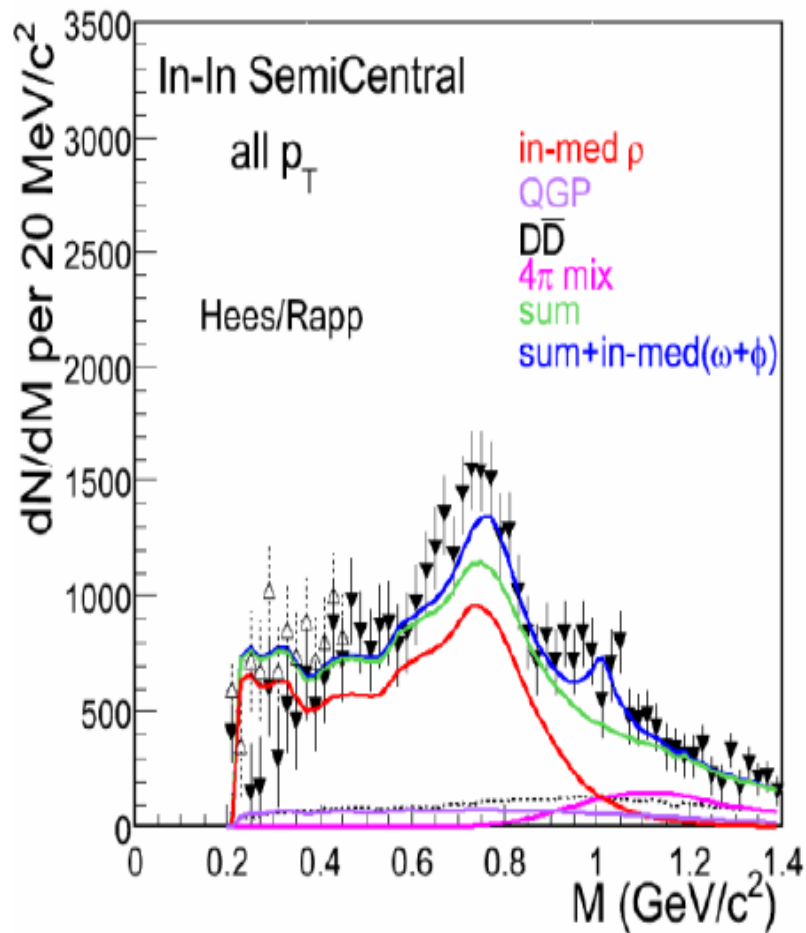
Kaonok

- K^+ taszító potenciált érez
- K^- erős vonzó potenciált
- Szükséges jó transzportmodell (spektrál fv)

Dileptonok

- ρ , η' közegben

Dileptonok

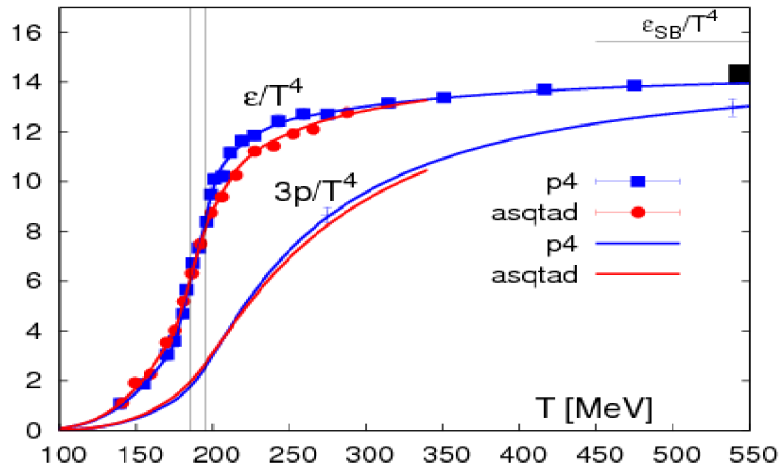


QGP átmenet

Alapvető kérdések

- Van-e első rendű fázisátmenet hadronikus és partonikus anyag között?
- Van-e kritikus, vagy hármas pont a fázisdiagrammon?
- Ha igen, hol vannak?
- Egybe esik-e a királis és QGP átmenet?
- Léteznek-e más fázisok?

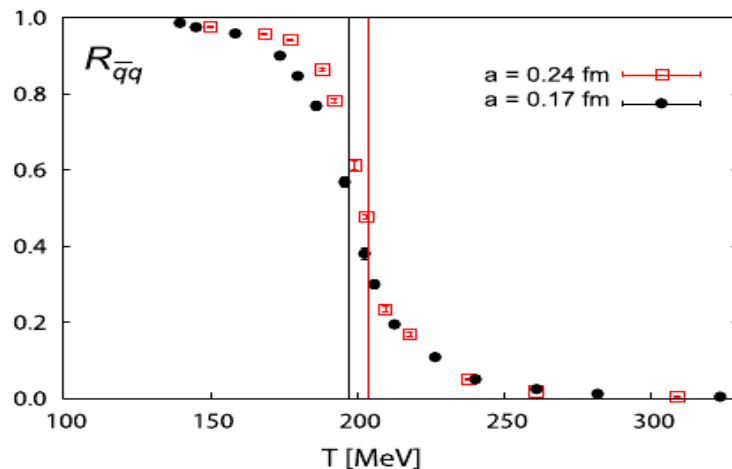
Rácsszámítások



2+1 rácsszámolás

Kölcsönhatás: E-3p

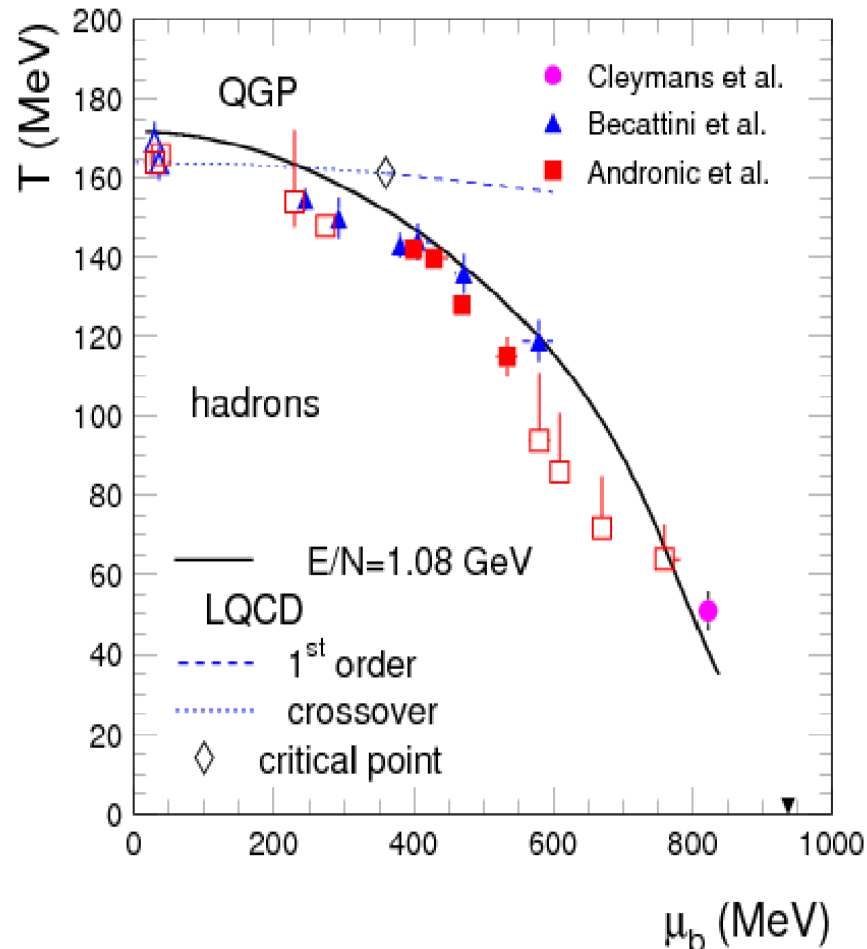
Csak $T_c \ll T$ -re éri el a Stefan-Boltzmann limitet



Normalizált kvark kondenzátum

Együtt a QGP átalakulással?

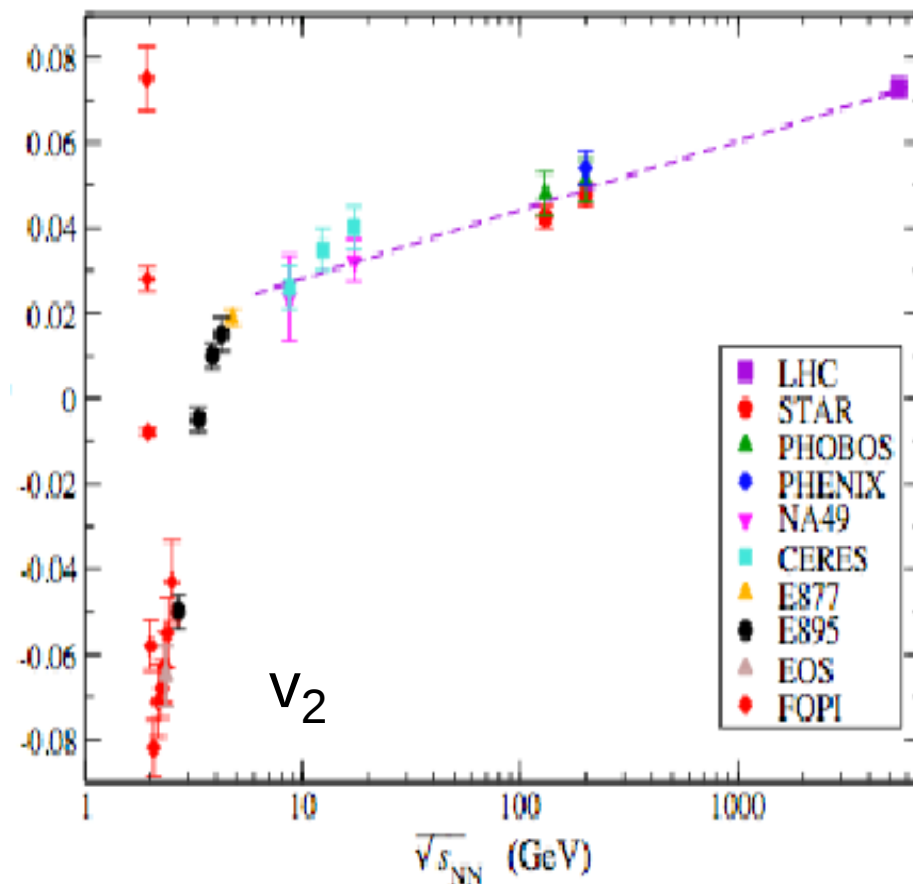
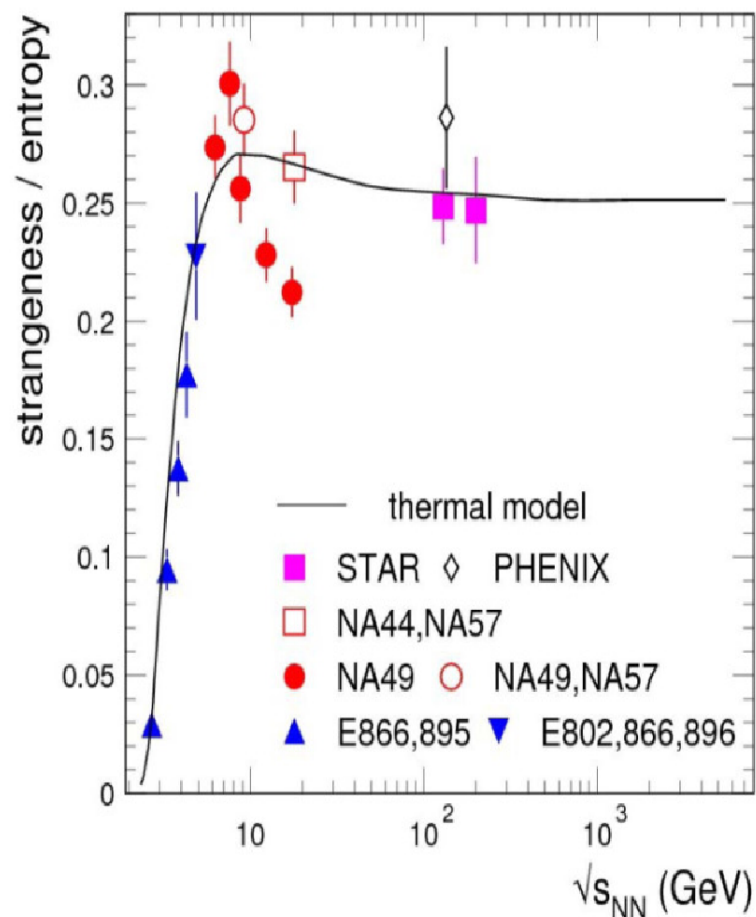
Termális modellek



Kifagyás a T - μ síkon

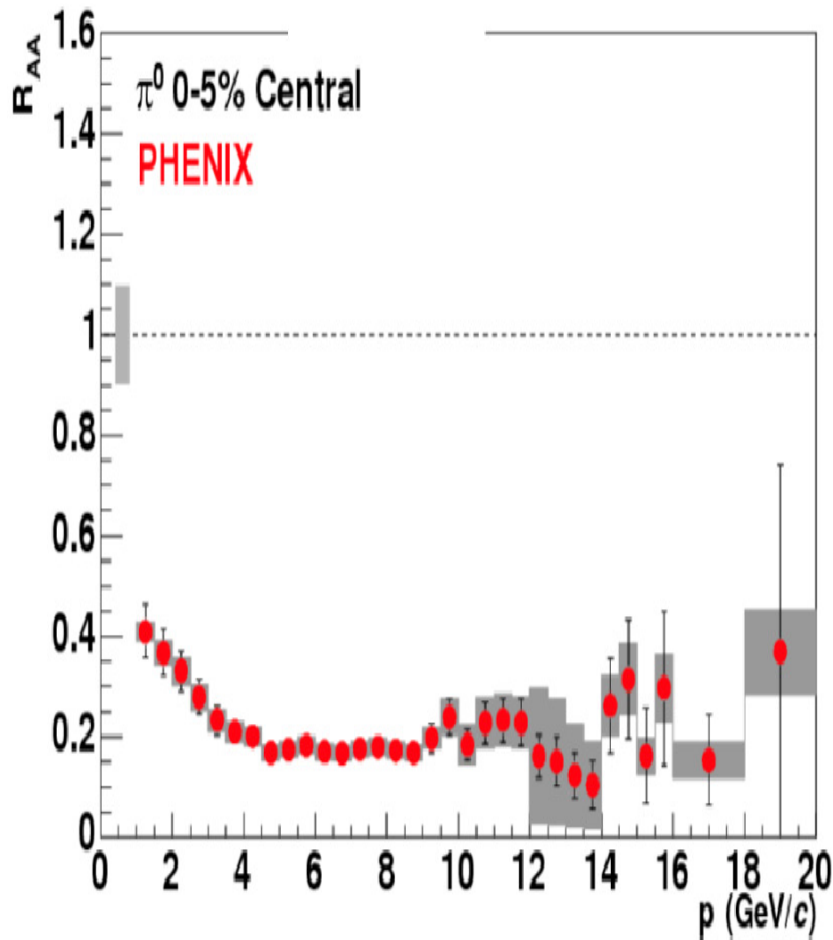
Az alacsony energiás pontok (SIS) biztosan nem írnak le termális egyensúlyt.

Gerjesztési függvények



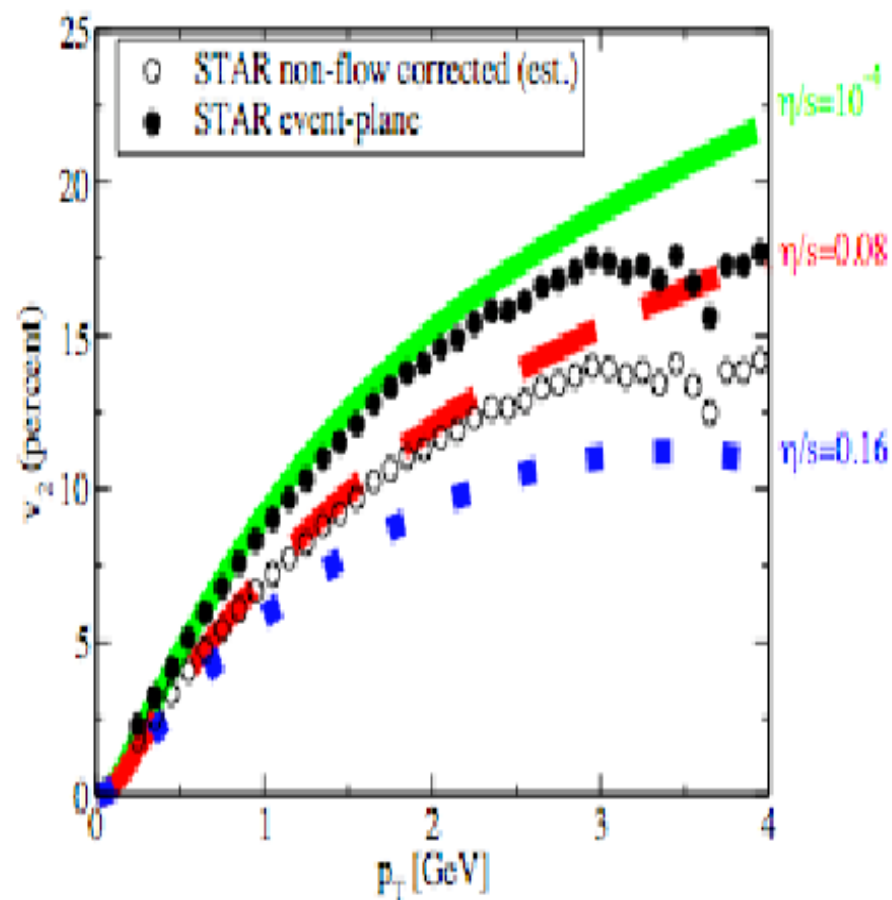
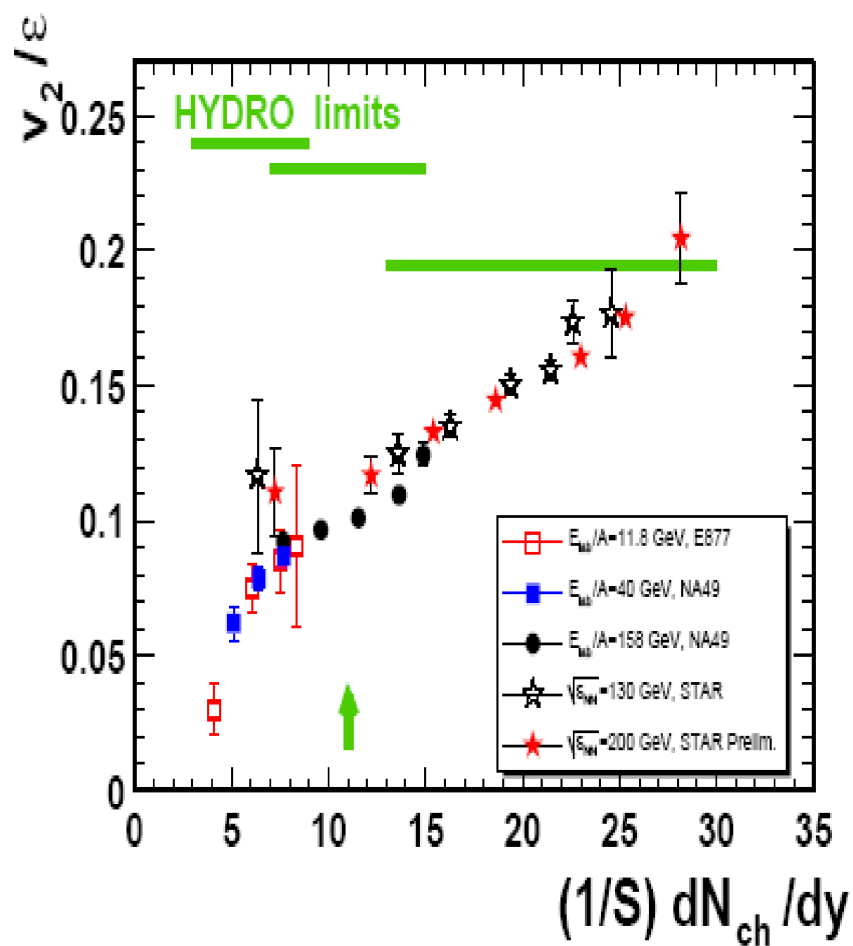
Barion dominanciából mezon dominancia, vagy QGP átmenet?

Jet elnyomás



- dA-ban nincs elnyomás
így ezt nem kezdeti
állapot okozza
- Nagyon nagy sűrűségű
anyag (felszabadított
anyag)
- Nem teljesen megértett

V_2



Nagyenergiájú ütközés képe

- Nagyenergiájú ütközésben korai egyensúly
 v_2 majdnem eléri a hidrodinamikai limitet
 v_2 skálázik a kvark számmal,
 v_2 a partonfázisban kelezkezett
- Először kémiai, majd termális kifagyás
- Kollektív radiális folyás
részecskespektrumokat fittelni v -vel s T -vel
- A kezdeti nyomás anizotrópia elliptikus folyást eredményez
- QGP: sűrű, elhanyagolható nyíró viszkozitású folyadék

Charmonium

J/ψ elnyomás

Bájos kvark párok kemény parton ütközésben keletkeznek

Felszabadító fázisban Debye-árnyékolás

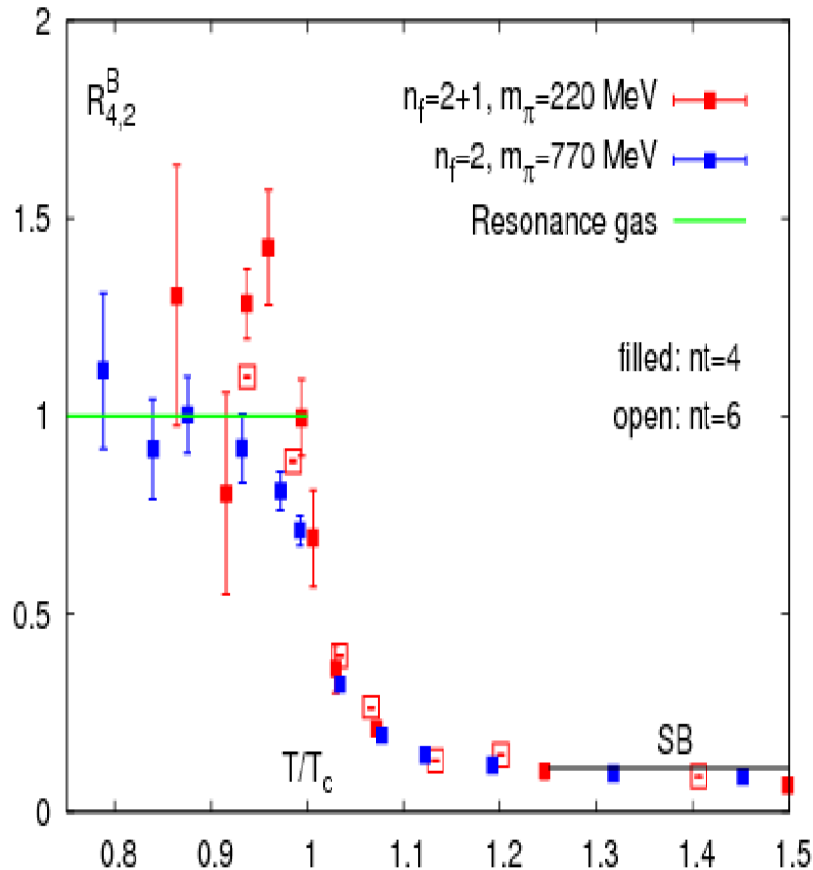
Hideg maganyagban is van elnyomás

A két effektus elkülönítéséhez:

D-mezon keltés mérése

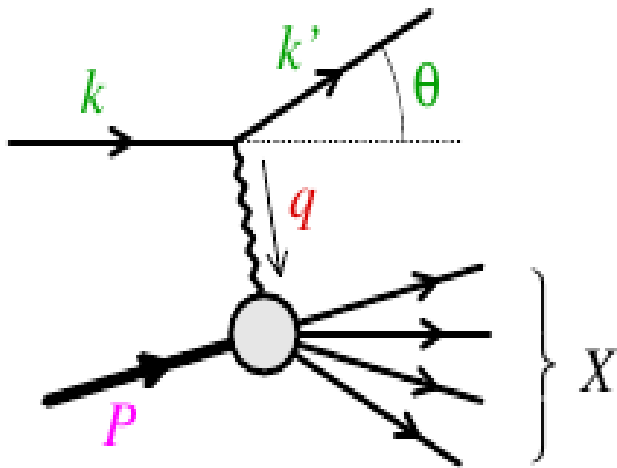
Precíz, több dimenziós charmonium és nyílt bájoság hatáskeresztmetszetek pp, pA és AA-ban

Kritikus fluktuációk



- Megmaradó töltés fluktuáció arányos a töltésnégyzettel
- Nincs jele RHIC-nél és SPS-nél

Mélyen rugalmatlan szórás



$$s \equiv (P + k)^2 \quad y = (E_e - E_e')/E_e$$

$$Q^2 \equiv -q^2$$

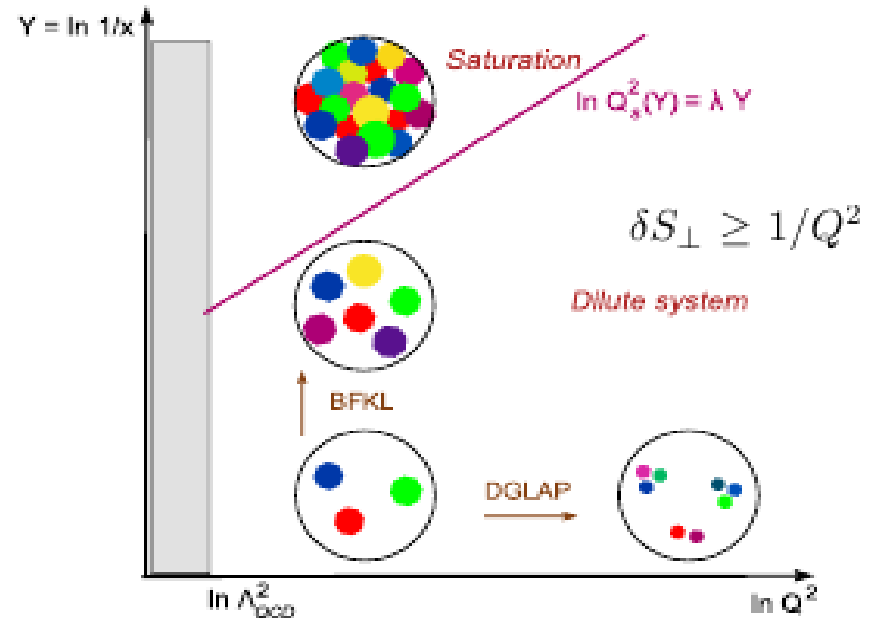
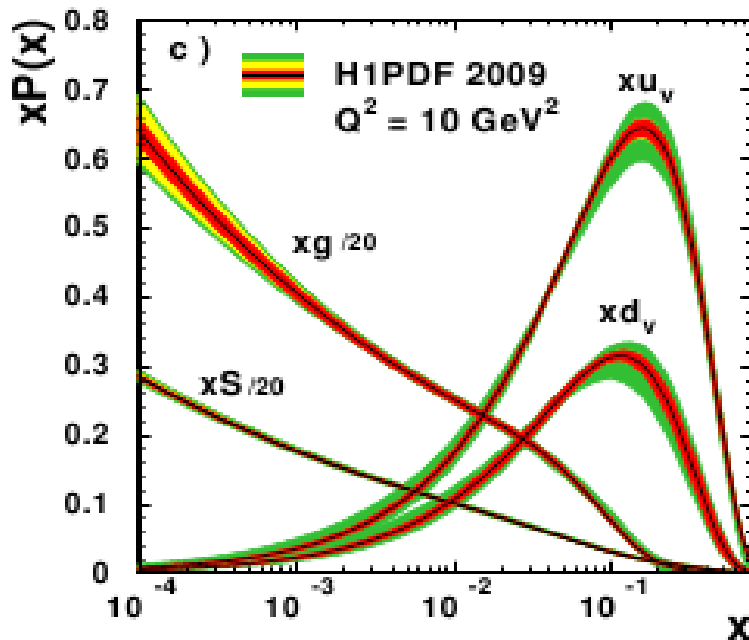
$$x \equiv Q^2 / 2P \cdot q$$

$$xy \equiv Q^2 / s$$

Bjorken határeset: x, y rögzített $Q, s \rightarrow \infty$ (DGLAP)

Regge-Gribov határeset: y, Q rögzített, $s \rightarrow \infty, x \rightarrow 0$
(BFKL-egyenlet)

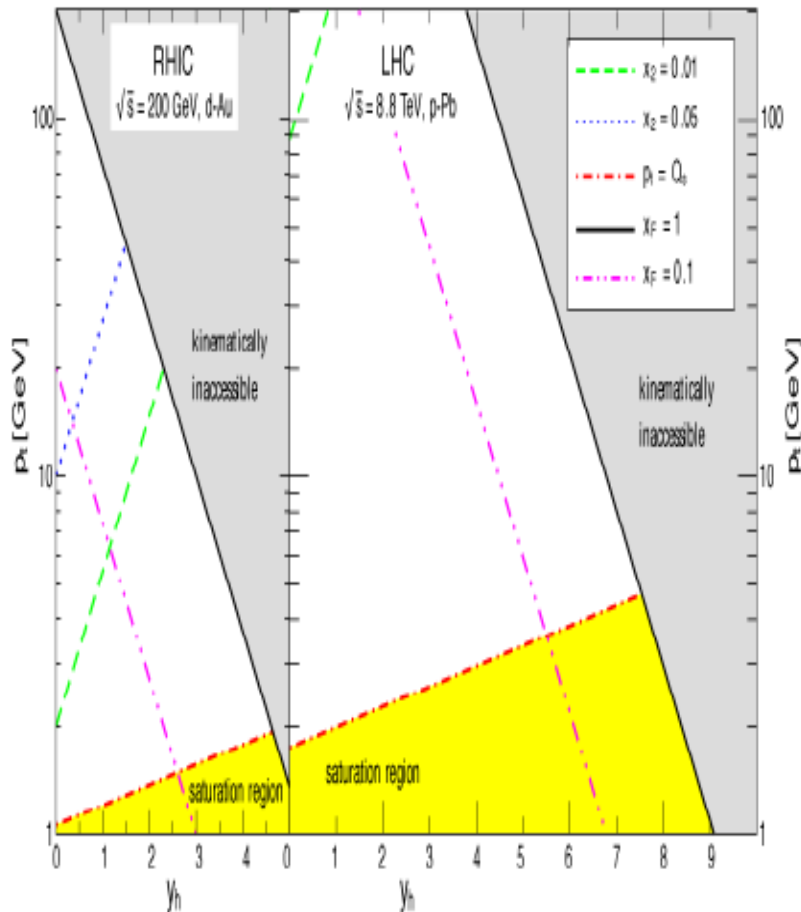
Color Glass Condensate



Szaturáció: gluon pdf nem nőhet végtelenségig
 $Q_s(x)$ szaturációs skála (nő, ha x csökken)

CGC szaturált klasszikus gluon-tér, végtelen impulzusú rendszerben a Regge-Gribov határesetben

Kísérleti megfigyelés



- Nagy p_T (perturbatív)
- Adott p_T -re a kisebb az x , ha nő a nyalábenergia és a longitudinális impulzus

Szignálok

- Inkluzív hadron hozam elnyomása, ahol a parton szórás dominálna
- Jetek azimutális correlációjának csökkenése

RHIC-nél megfigyelték, de kis fázistér miatt nem szignifikáns

Javaslatok

- Rácsszámoláshoz petaflop gép
- pA program az LHC-nél (CGC, ill. plazma)
- Nagy sűrűség: FAIR és SIS-300
- Radioaktív nyalábok (n-szegény, n-gazdag)
FAIR és SPIRAL2
- Elméleti hálózatok
- LHeC