

Csizmadia Péter
nehézionfizikai kutatásai

**Hogyan alakul hadronokká
a kvark-gluon plazma ?**

Lévai Péter
MTA KFKI RMKI

2009 December 11., RMKI, Budapest

Mi is az a kvark-gluon plazma ?

A Részecskefizika Standard Modellje szerint:

Erős kh. + Elektromágneses kh. [SU(3) x SU(2) x U(1)]



Kvarkok 6 ízzel – u,d,s,c,b,t

Gluonok közvetítik a kölcsönhatást

SU(3) Yang-Mills térelmélet (1973)

futó csatolási állandó

aszimptotikus szabadság

QGP: Nagy energiasűrűségen

(magas hőmérsékleten)

közel szabad

(kis intenzitással kölcsönható)

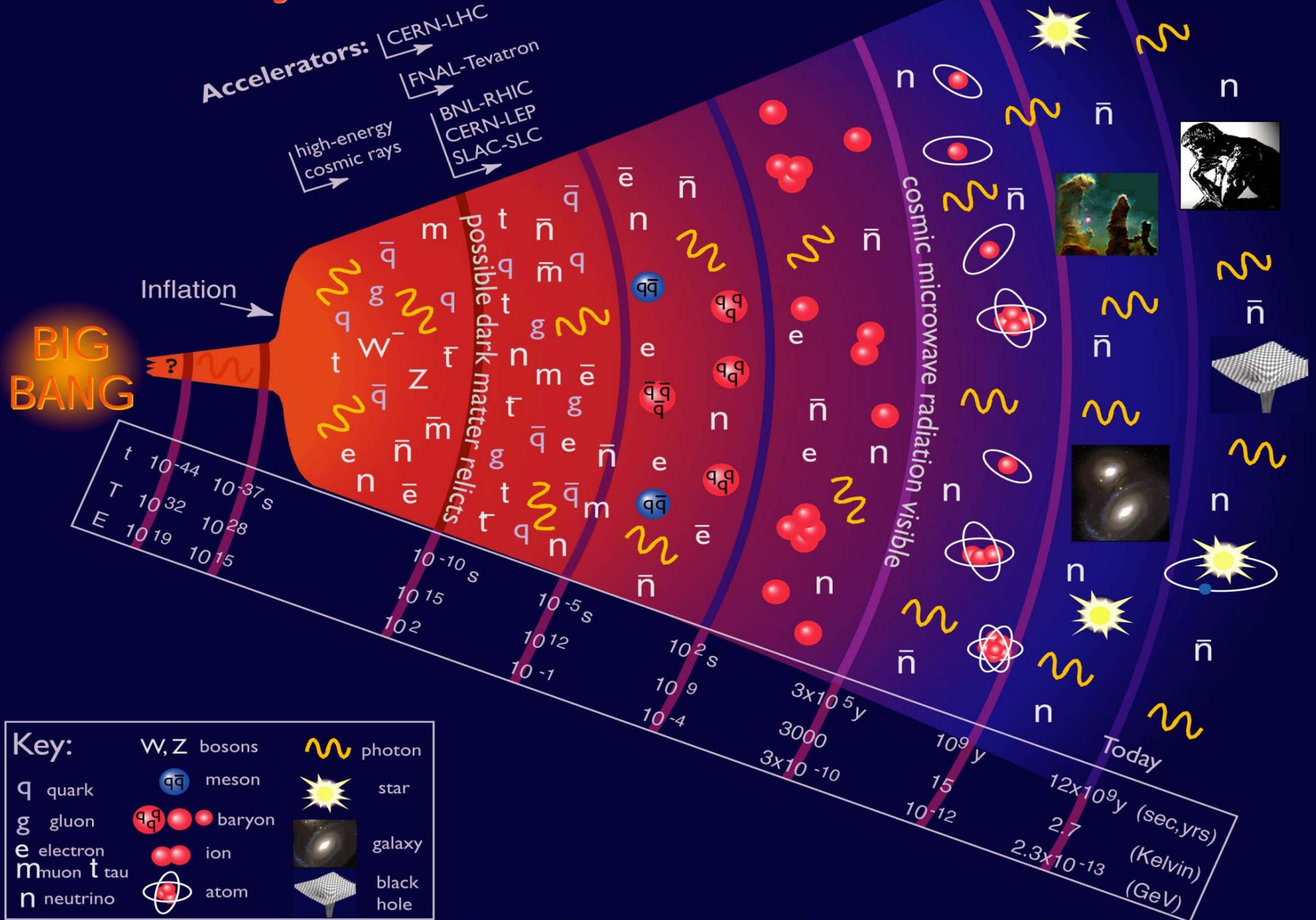
kvarkok, antikvarkok és gluonok

alkotta anyag.

Egykori előfordulása: az Univerzum korai szakaszában

(a μ sec időskálán)

History of the Universe



Hol és hogyan keressünk kvark-gluon plazmát napjainkban?

1. Asztrofizikai objektumokban:

Nagy tömeg neutroncsillagok kvarkanyag maggal,
ahol elegendően nagy lesz a sűrűség.

--- pulzárok ms-os forgási idővel

--- γ -kitörések, mint a csillagméretű

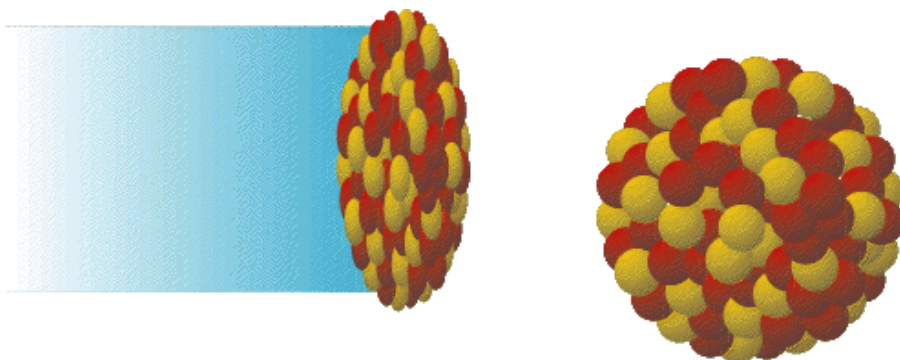
kvarkanyag/hadronanyag átalakulás jelei

2. Laboratóriumi körülmények között a Földön.

Nehézionok nagy energiával való ütköztetése.

--- Berkeley,	1970-85	HILAC + BEVATRON	2 A GeV
--- Brookhaven,	1986-1996	AGS	12 A GeV
	2000-2012	RHIC	200 A GeV
--- CERN/Genf,	1986-2000	SPS	20 A GeV
	2010-....	LHC	5500 A GeV

Relativisztikus nehézion ütközések: 1980-2000

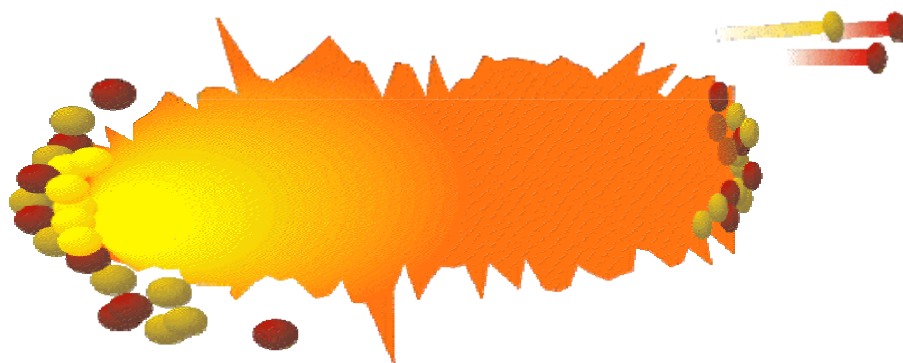


BEVALAC $E(\text{lab}) = 1 \text{ GeV/A}$



CERN SPS $E(\text{lab}) = 158 \text{ GeV/A}$

**Q: Összesűrítethető-e a maganyag?
Létrejön-e extrém állapot?**



**A: Erős megállási jelenség !!!
Sok-sok új részecske keletkezik!**



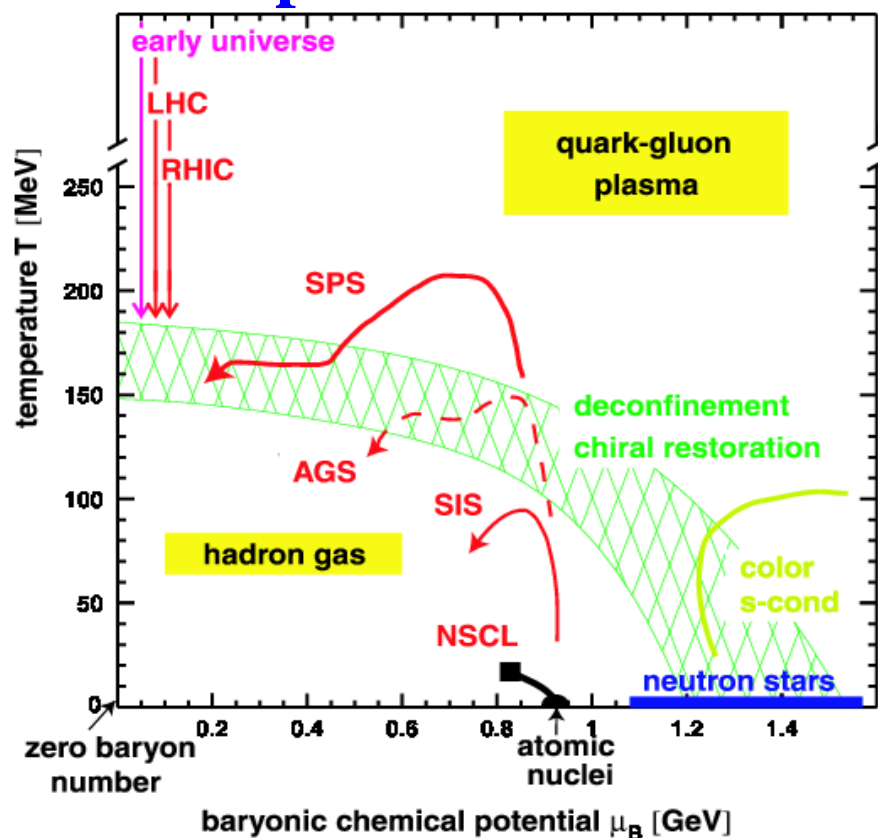
**Termikus egyensúlyra utaló
részecskeeloszlások
⇒ Termodinamikai,
hidrodinamikai
leírások sikere**

**Nagy kérdés: Kimosódik-e minden információ
a kvark-gluon plazmáról (ha egyáltalán keletkezik),
vagy tudjuk azonosítani a QGP megjelenését ?**

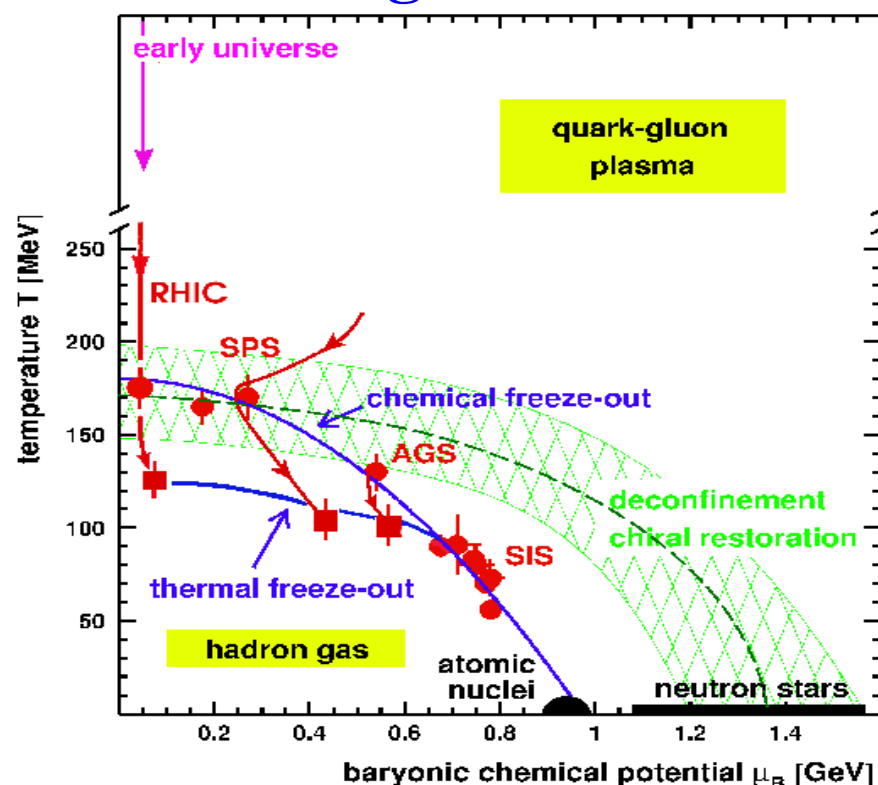
**Válasz: A QGP → hadronanyag átalakulás mikroszkópikus leírása
Kvark-koaleszcencia modellek.**

A nehézion ütközések egyensúlyi és nem-egyensúlyi leírása

Kompressziós szakasz



Tágulási szakasz



Csizmadia Péter legfontosabb nehézionfizikai munkái:

A QGP kémiai kifagyása utáni hadroneloszlások:

MICOR

A termikus kifagyáshoz elérkezett hadronok eloszlása:

GROMIT

Csizmadia Péter (1972) – SPS fizika (1994-1999)

- 1994:*** ***Első találkozás a nehézionfizikával (III.éves)***
- 1995 Nov:*** ***ELTE TTK TDK dolgozat:***
“Koaleszcencia kvarkanyagban”
- 1996 Jun.:*** ***ELTE TTK Fizikus Diploma (Msc):***
“A kvarkanyag hadronizációja”
- 1996 Szept.:*** ***MTA KFKI RMKI Elméleti Fizikai Főosztály***
MTA Ifjú kutatói állás
- 1997 Jan.:*** ***Első angol nyelvű előadás – XXV. Hirschegg Int. Worksh.***
- 1998 Júl.:*** ***Első útja az USA-ba – RHIC'98 Summer School, BNL***
- 1998 :*** ***Első referált cikk – hidrodinamika, egzakt megoldások***
Cs.P., Csörgő T., Lukács B., PLB443, 21
- 1999 :*** ***Cikkek kvark-koaleszcencia témakörben***
CS.P., L.P., Vance, Biró, Gyulassy, Zimányi, JPG25,321
CS.P., L.P., Phys. Rev. C61, 031903 – MICOR model
- 1999 Szept.:*** ***Tudományos munkatársi kinevezés az RMKI-ban***

Az első publikált kvark-koaleszcencia eredmények:

J. Phys. G: Nucl. Part. Phys. **25** (1999) 321–330. Printed in the UK

PII: S0954-3899(99)99207-1

Strange hyperon and antihyperon production from quark and string-rope matter

P Csizmadia[†], P Lévai^{†‡§}, S E Vance[‡], T S Biró[†], M Gyulassy[‡] and
J Zimányi[†]

[†] KFKI Research Institute for Particle and Nuclear Physics, PO Box 49, Budapest, 1525, Hungary

[‡] Department of Physics, Columbia University, New York, NY, 10027, USA

Received 11 November 1998

Abstract. Hyperon and antihyperon production is investigated using two microscopical models: (1) the fast hadronization of quark matter as given by the ALCOR model; (2) string formation and fragmentation as in the HIJING/B model. We calculate the particle numbers and momentum distributions for Pb + Pb collisions at CERN SPS energies in order to compare the two models with each other and with available experimental data. We show that these two theoretical approaches give similar yields for the hyperons, but strongly differ for antihyperons.

1. Introduction

The quest to produce quark-gluon plasma (QGP) at the CERN SPS has reached its final stage with the Pb + Pb run at $E_{beam} = 158$ A GeV. Since strangeness enhancement in heavy ion collisions relative to pp collision has been predicted as a QGP signal [1, 2], the measurement of strange and antistrange particles, especially hyperons and antihyperons, has received much

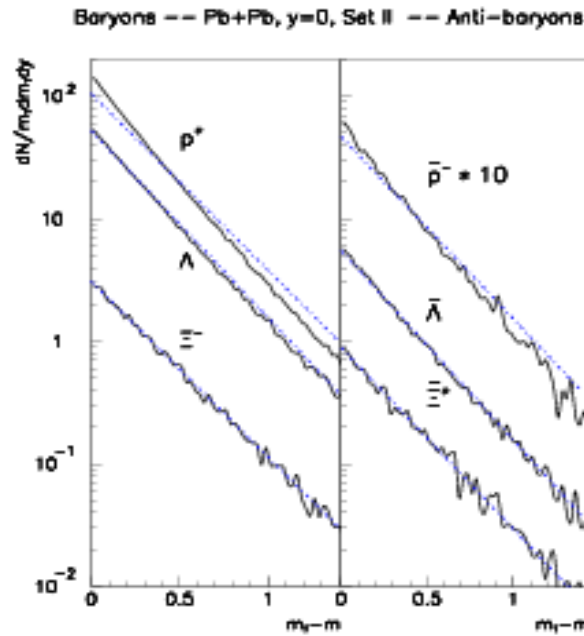


Figure 2. The transverse momentum distribution of proton, Λ , Ξ^- and their antiparticles in Pb+Pb collision in midrapidity, produced by the MICOR model with initial condition set II. The full curves are the results of calculation and the dashed lines indicate experimental slopes measured by NA49 collaboration [3].

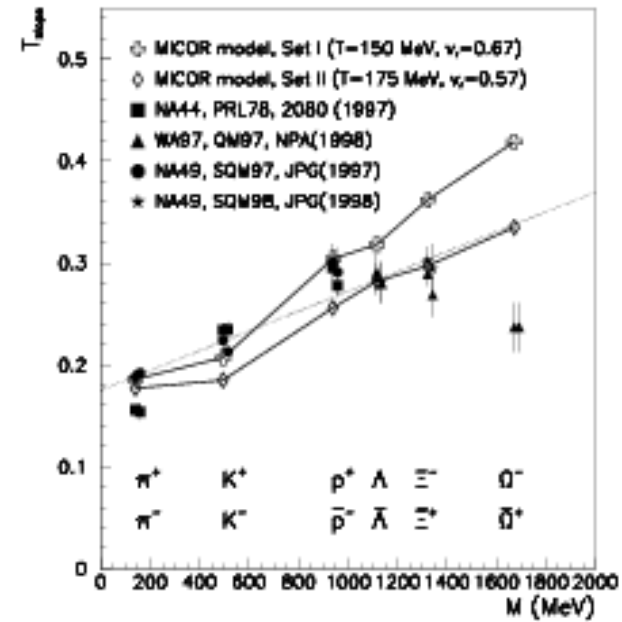


Figure 3. The effective slope parameters, T_{eff} , in the midrapidity region for Pb + Pb collision at 158 A GeV, obtained from the MICOR model and from the different experiments. The dotted line indicates the appearance of a common transverse flow in the hadronic phase, see [3].

ϕ , Ω , and ρ production from deconfined matter in relativistic heavy ion collisionsPéter Csizmadia¹ and Péter Lévai^{1,2}¹*RMKI Research Institute for Particle and Nuclear Physics, P.O.B. 49, Budapest, 1525, Hungary*²*Physics Department, Columbia University, 538 West 120th Street, New York, New York, 10027*

(Received 1 October 1999; published 1 February 2000)

We investigate the production of the ϕ meson and the Ω baryon which interact relatively weakly with hot hadronic matter, their spectra thus reflecting the early stage of the heavy ion collisions. Our analysis shows that the hadronization temperature, T_{had} , and the transverse flow, v_T^0 , of the initial deconfined phase are strongly correlated: $T_{\text{had}} + \alpha \cdot (v_T^0)^2 = 0.25$ GeV, where $\alpha = 0.37$ GeV in the Pb+Pb collision at 158A GeV/c. When choosing appropriate initial values of T_{had} and v_T^0 from the temperature region $T_{\text{had}} = 175 \pm 15$ MeV, the measured ρ meson spectra was reproduced surprisingly well by the MICOR model. We have found weak influence of final state hadronic interactions on the transverse hadron spectra at $m_T - m_1 > 0.3$ GeV.

PACS number(s): 12.38.Mh

INSTITUTE OF PHYSICS PUBLISHING

JOURNAL OF PHYSICS G: NUCLEAR AND PARTICLE PHYSICS

J. Phys. G: Nucl. Part. Phys. 28 (2002) 1997–2000

PII: S0954-3899(02)32162-X

The MICOR hadronization model with final state interactions**Péter Csizmadia and Péter Lévai**

MTA KFKI RMKI, H-1525 Budapest 114, POB 49, Hungary

Received 3 January 2002

Published 19 June 2002

Online at: stacks.iop.org/JPhysG/28/1997**Abstract**

Final state interactions on the hadron spectra obtained from the Microscopic COalescence Rehadronization (MICOR) model are investigated. MICOR generates baryon and meson resonances in out-of-equilibrium distribution, directly from quark matter. At the next step, resonances are decayed into stable hadrons by the JETSET event generator. Then final state interactions are

Csizmadia Péter - RHIC fizika (2000-2005) és LHC fizika (2003 –)

- 2000 Jan:*** ***Columbia Univ. New York (2 hónap) – Gyulassy M., S. Vance,
Pion-szél problémája (GCP)
Új hadron-kaszád modell fejlesztése (PSYCHE)***
- 2001 :*** ***RHIC Transport Theory Collaboration – S. Pratt, Y. Nara
Sikeres publikálás (PRC, PLB)***
- 2002 :*** ***PhD dolgozat benyújtása az ELTE TTK-ra (7 ref. pub.):
“Nagy energiasűrűségű állapotok kialakulásának
elméleti vizsgálata nehézion ütközésekben”***
- 2003 :*** ***Sikeres PhD védés az ELTE TTK-n.***
- 2003 – :*** ***Számolások CERN LHC energiákon (ALICE-tanulmányok)
Middleware feladatok az ALICE GRID-ben***
- 2005 – :*** ***Numerikus relativitáselméleti kutatások – Rácz I.***
- 2009 :*** ***Tud. főmunkatársi kinevezés***

The effect of finite-range interactions in classical transport theory

Sen Cheng and Scott Pratt
Department of Physics and National Superconducting Cyclotron Laboratory
Michigan State University
East Lansing Michigan, 48824

Peter Csizmadia
RMKI Research Institute for Particle and Nuclear Physics
P.O. Box 49, Budapest, 1525, Hungary

Yasushi Nara
Riken BNL Research Center, Brookhaven National Laboratory, Upton, NY 11973

Dénes Molnár and Miklós Gyulassy
Department of Physics, Columbia University
538 120th St., New York, NY 10027

Stephen E. Vance
Physics Department, Brookhaven National Laboratory, Upton, NY 11973

Bin Zhang
Department of Chemistry and Physics, Arkansas State University
P.O. Box 419, State University, Arkansas 72467-0419
(February 4, 2008)

The effect of scattering with non-zero impact parameters between constituents in relativistic heavy ion collisions is investigated. In solving the relativistic Boltzmann equation, the characteristic range of the collision kernel is varied from approximately one fm to zero while leaving the mean-free path unchanged. Modifying this range is shown to significantly affect spectra and flow observables. The finite range is shown to provide effective viscosities, shear, bulk viscosity and heat conductivity, with the viscous coefficients being proportional to the square of the interaction range.

Phys. Rev. C65 (2002) 024901

Phys. Lett. B531 (2002) 209.

A Study of Parton Energy Loss in Au+Au Collisions at RHIC using Transport Theory

Y. Nara
RIKEN-BNL Research Center, Brookhaven National Laboratory, Upton, NY

S.E. Vance
Physics Department, Brookhaven National Laboratory, Upton, NY

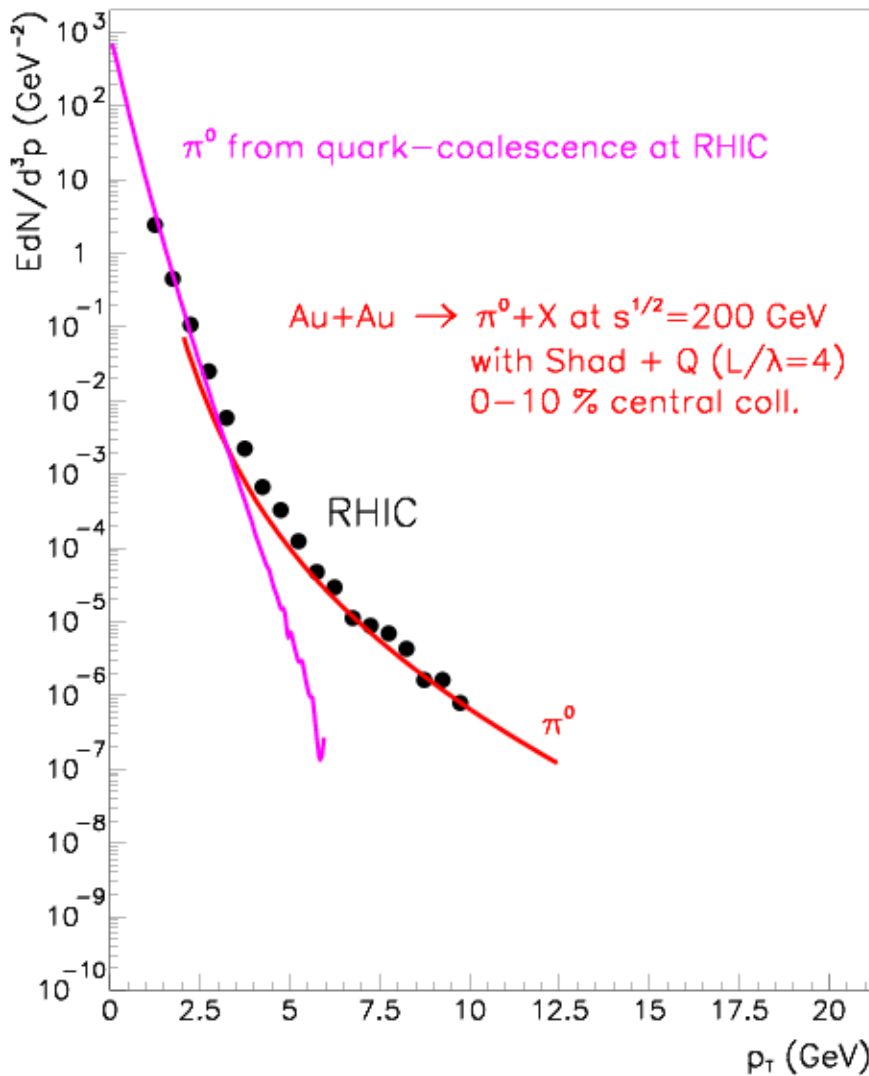
P. Csizmadia
RMKI Research Institute for Particle and Nuclear Physics, Budapest, Hungary

Parton energy loss in Au+Au collisions at RHIC energies is studied by numerically solving the relativistic Boltzmann equation for the partons including $2 \leftrightarrow 2$ and $2 \rightarrow 2 + \text{final state radiation}$ collision processes. Final particle spectra are obtained using two hadronization models; the Lund string fragmentation and independent fragmentation models. Recent, preliminary π^0 transverse momentum distributions from central Au+Au collisions at RHIC are reproduced using gluon-gluon scattering cross sections of 5 – 12 mb, depending upon the hadronization model. Comparisons with the HIJING jet quenching algorithm are made.

Pionok RHIC és LHC energián: ALCOR/MICOR + pQCD modell

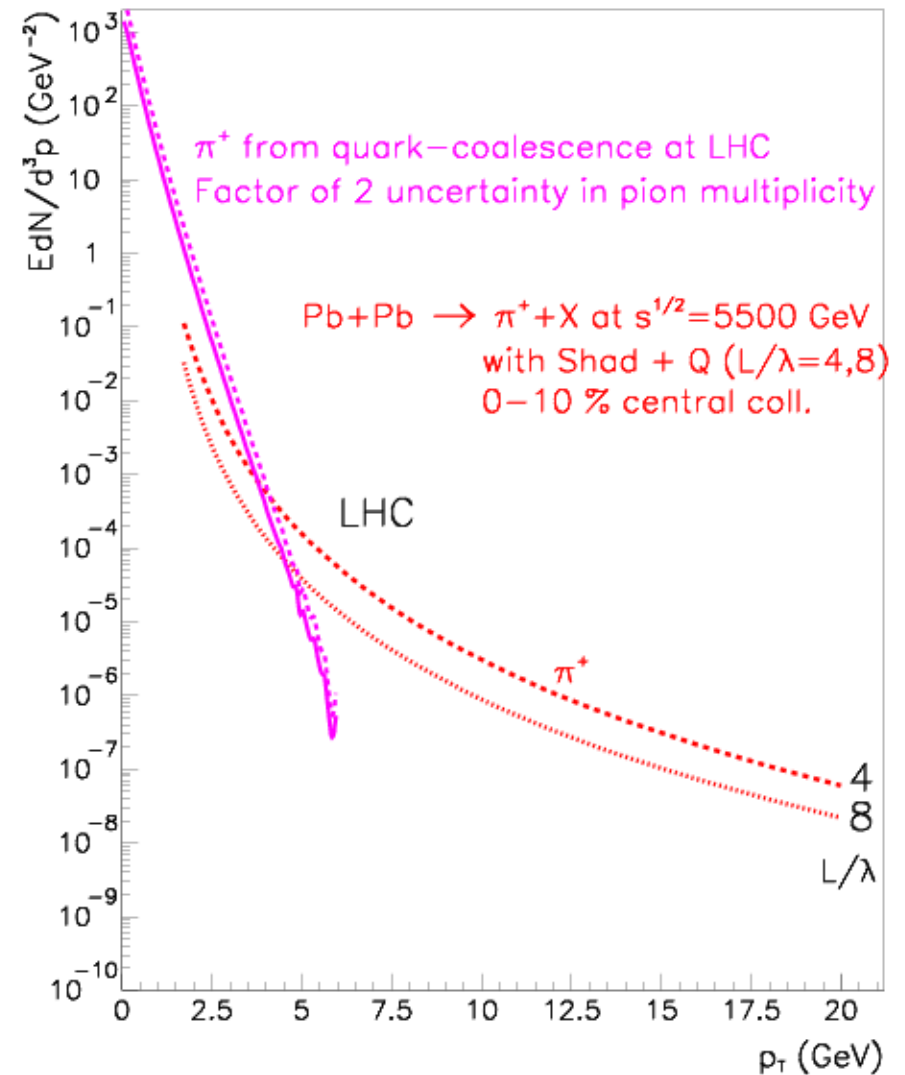
(Koaleszcencia eredmények $v_T=0.6$.)

PQCD + Quark Coalescence at RHIC for pion

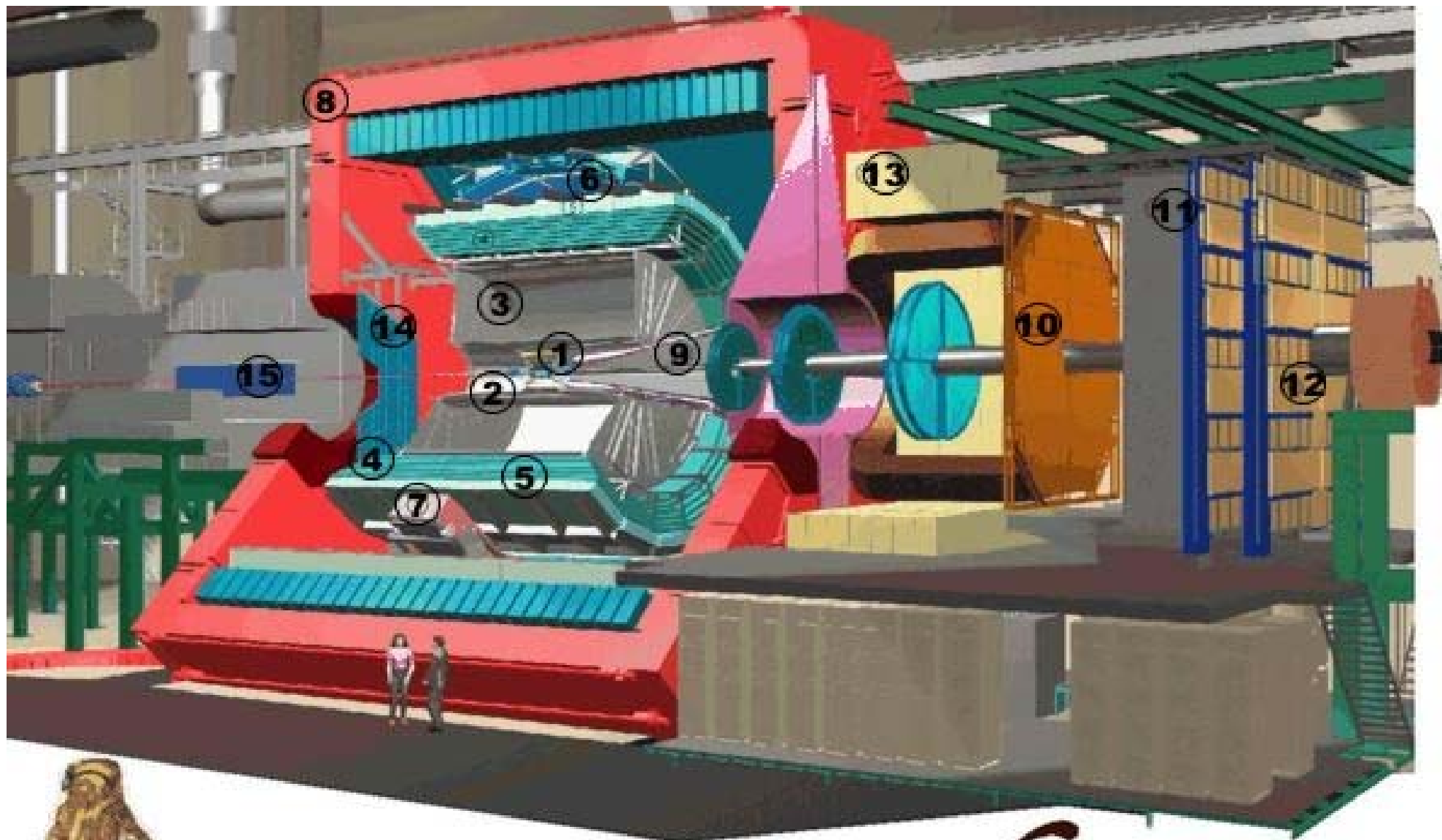


Átfedés $p_T = 2.5 - 3$ GeV/c (RHIC)

PQCD + Quark Coalescence at LHC for pion

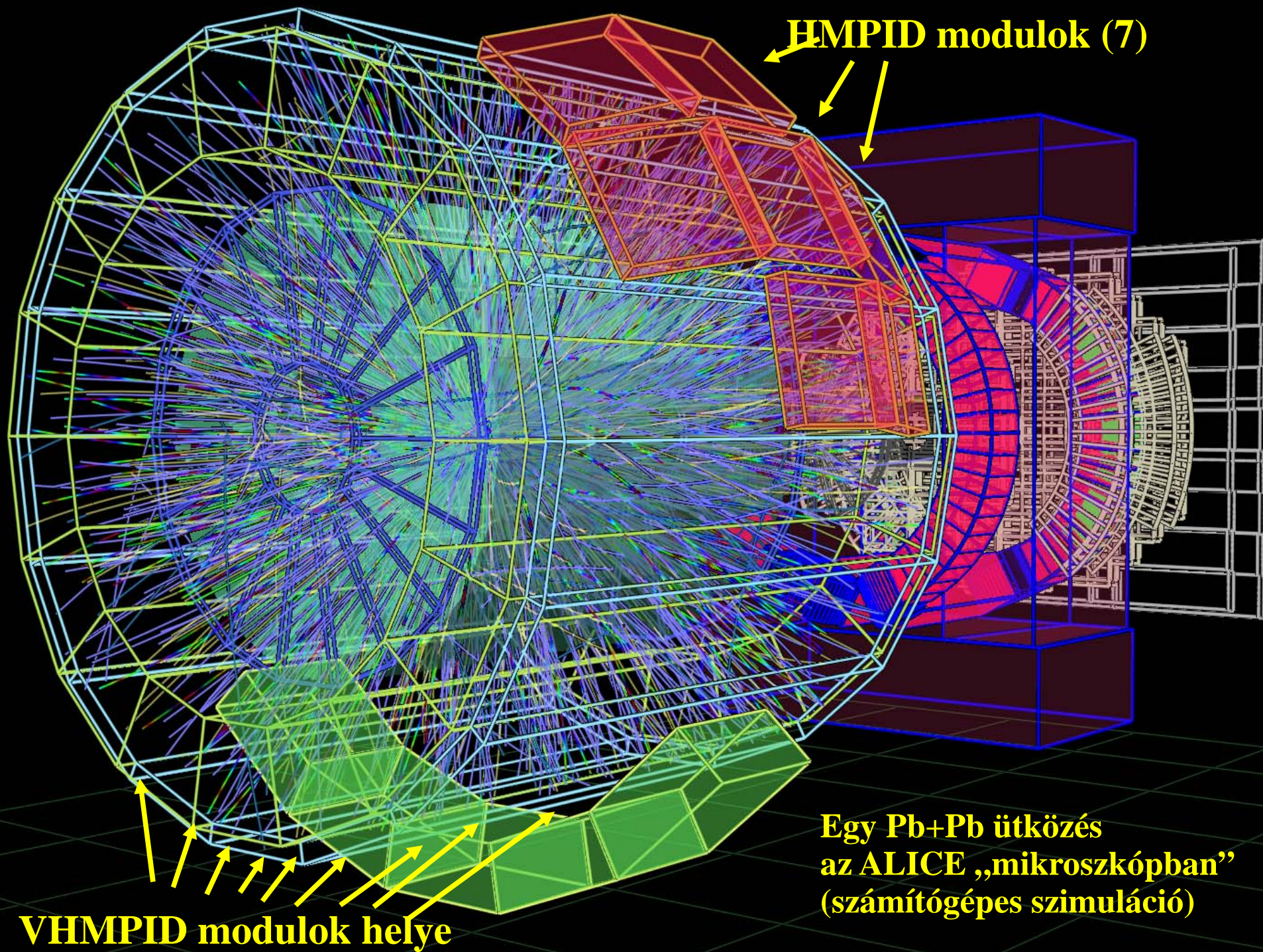


4 ± 1 GeV/c LHC-nél



CERN LHC Alice





A magyar ALICE-csoport missziója – MTA KFKI RMKI

Nagy-pT fizika kísérleti vizsgálata, részvétel az alábbi feladatokban:

- nagy impulzusú részecskék azonosítása;**
- nagy impulzusú hadronok energiavesztése;**
- jet-rekonstrukciós analízisek;**
- kvark- és gluon-jetek szétválogatása;**
- jet-alak (pp és PbPb) analízisek;**
- hadron-hadron korrelációk analízise;**
- ...**

Közvetlen részvétel az LHC ALICE-ben:

- HMPID detektor működtetése, adatgyűjtés;**
- VHMPID detektor kifejlesztése (2012), megépítése (2014)**
- DAQ üzemeltetése és továbbfejlesztése**
- ALICE GRID állomás üzemeltetése az RMKI-ban**
Csizmadia P. (➤ ➤ Nagy MF.)

LHC-GRID terem a KFKI RMKI-ban



**ALICE-GRID egység Budapesten --- 1 %
104 CPU [3GHz, 2 GB RAM/CPU]
+ 34 TB HD tároló kapacitás**

Adatok analízise (ALIROOT, ALIEN,...)

Folyamatos szoftver követés, rendszerfejlesztés

➤➤ Csizmadia P. ➤➤ Nagy MF.

A magyar ALICE-csoport tagjai:



Molnár L.



Barnaföldi GG



Dénes E.



Boldizsár L.*



Futó E.



Agócs A.G.*



Hamar G.*



Pochybova S.*



Csizmadia P.



Bencze Gy.



Varga D.

**Pála G., Fodor Z., Tölyhi T.*,
Lipusz Cs., Berényi D.*, Nagy M.F.***

Csizmadia Péter tudományos munkássága nehézionfizikában:

- 10 év intenzív kutatás***
- 22 tudományos közlemény***
- kb. 100 független hivatkozás***
- 10 külföldi előadás nehézionfizikai témakörben***
- MICOR, PSYCHE, GROMIT, ...***
- GRID***

Mindannyiunk számára nagyon hiányzik Péter.



Gyulassy M., L.P., Cs. P., 2001 – Long Island Beach