

Az Univerzum anyagának kutatása a legnagyobb energiákon

Barnaföldi Gergely Gábor, CERN LHC ALICE, Wigner FK RMI,
MaFiHe TDK, ELTE TTK Budapest, 2019. november 18.

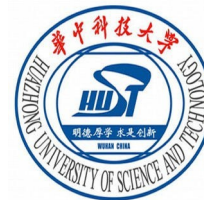
Web: <http://alice.kfki.hu>

Résztevők:

Kísérlet: Gy. Bencédi, L. Boldizsár, E. Dávid, Á. Gera, Á. Sudár, L. Gyulai, G. Hamar, T. Kiss
M. Varga-Kőfaragó, P. Lévai, D. Varga, O. Visnyei, E. Frajna, B. Szigeti, A. Misák, R. Vértesi

Elmélet: B. Asztalos, G. Bíró, T.S. Biró, Sz. Karsai, P. Lévai, P. Pósfay, Á. Takács, M. Gyulassy,
G. Papp, K.M. Shen, X.N. Wang, B.W. Zhang.

Támogatás: K120660 (2016-2020)



TÉMAKÖRÖK

- Nagyenergiás ütközések vizsgálata
 - A CERN LHC ALICE kísérlet
 - Magyar ALICE Csoport tevékenységei
 - Kutatásfejlesztések (TPC UG, DAQ UG)
 - Elméleti kutatások
 - Nagyenergiás nukleáris effektusok vizsgálata (árnyékolás, jet elnyomás), fragmentáció nem-extenzív statisztikus fizikával
- A nagyenergiás magfizika jövője, szoftverfejlesztések
 - Elméleti kutatások és szoftveres megoldások
 - Szoftverfejlesztések a jövő gyorsítóihoz (HIJING++, GEANTV)

MOTIVÁCIÓ

Az anyag tulajdonságai, fázisai

- Szeretnénk megismerni egy anyag tulajdonságait



Az anyag tulajdonságai, fázisai

- Szeretnénk megismerni egy anyag tulajdonságait



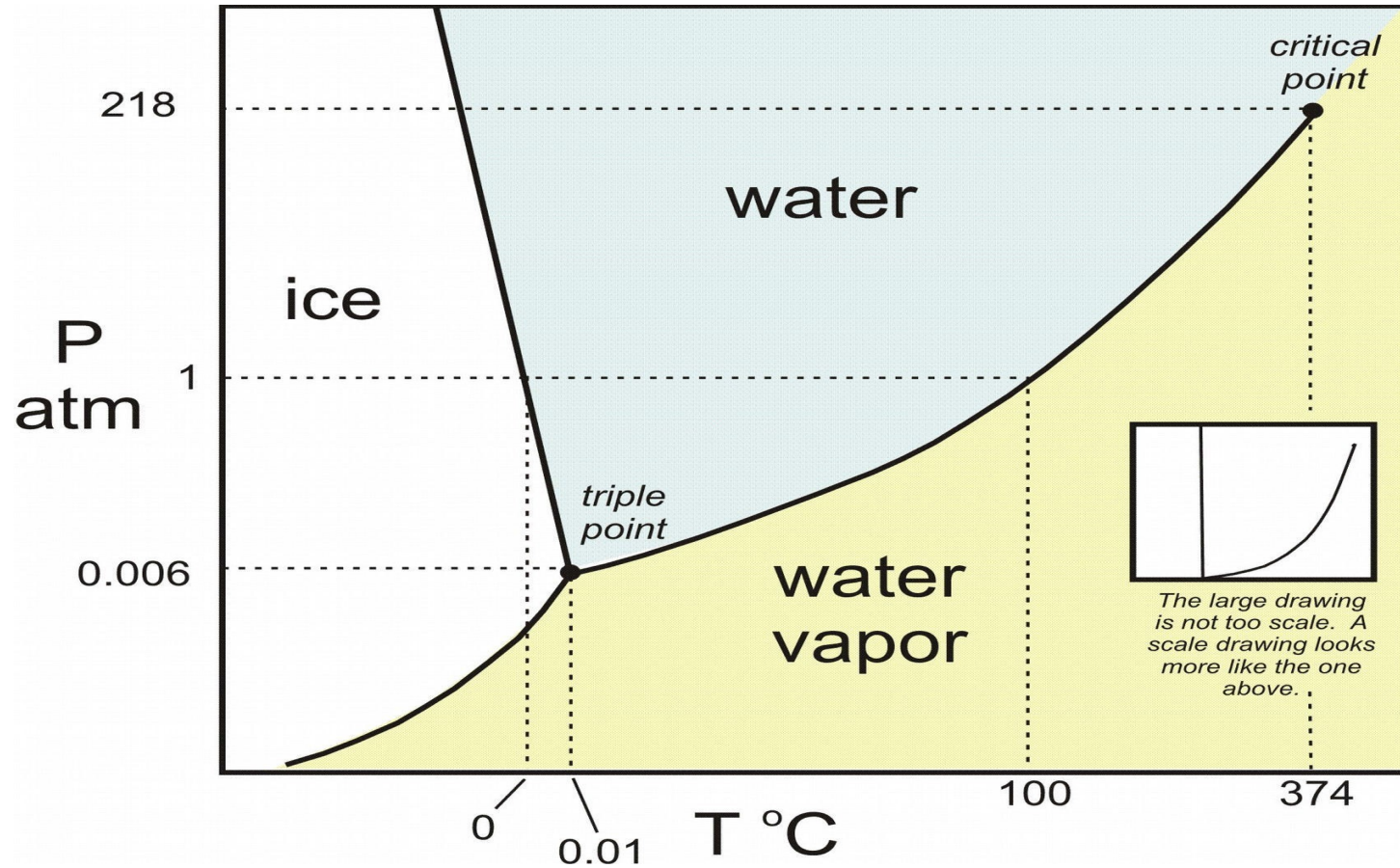
Az anyag tulajdonságai, fázisai

- Szeretnénk megismerni egy anyag tulajdonságait



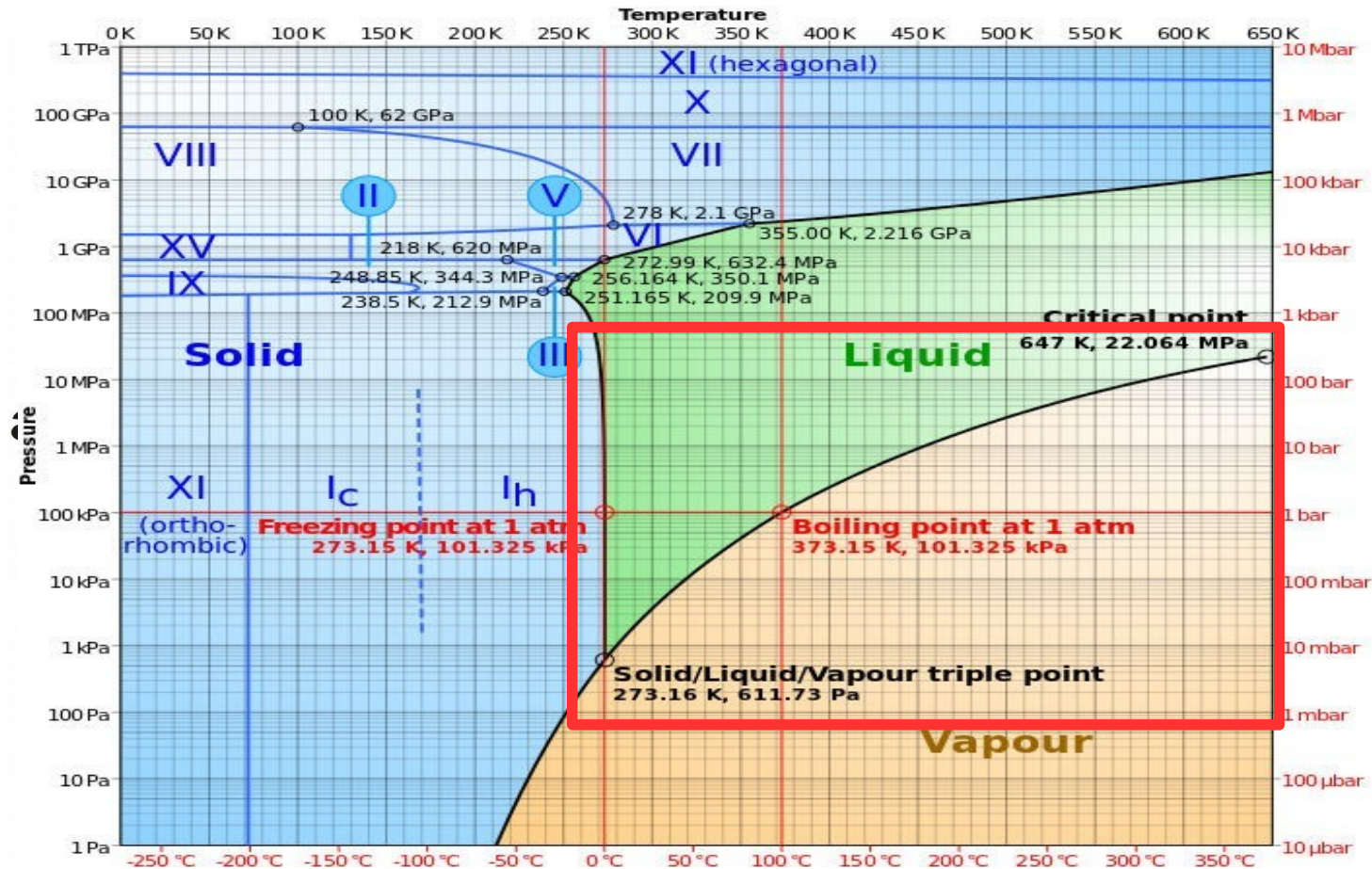
Az anyag tulajdonságai, fázisai

- Egy egyszerű anyag fázisdiagramja



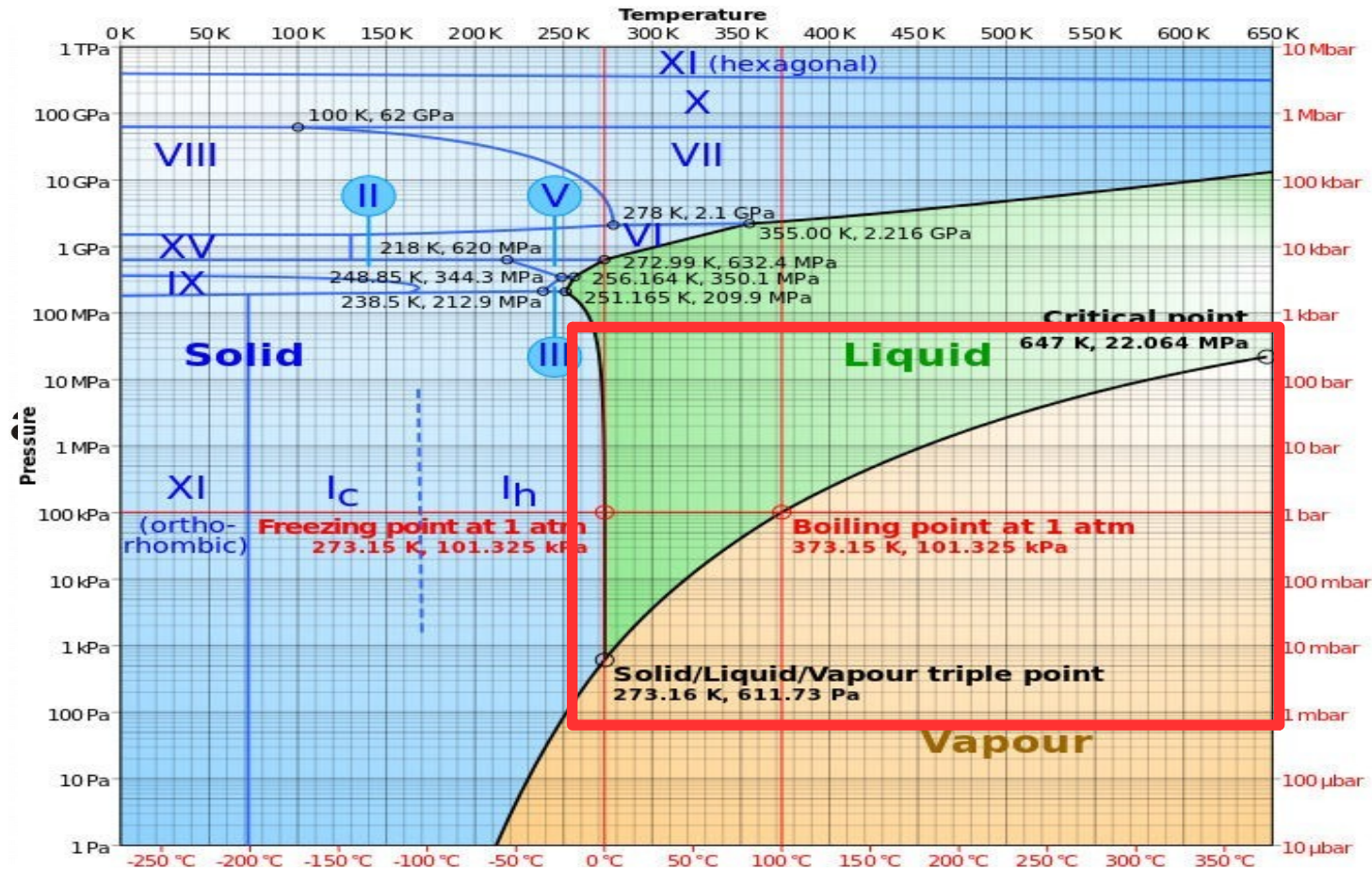
Az anyag tulajdonságai, fázisai

- Egy egyszerű anyag fázisdiagramja



Az anyag tulajdonságai, fázisai

- Egy „egyszerű anyag” fázisdiagramja – extrém környezetben



Az anyag tulajdonságai, fázisai

- Nem is gondoljuk, hogy ez mennyire tudományos kérdés



What kind of beer will they serve on Mars?

Friday, April 1, 2016

Water on Mars and a Common Misconception

I wanted to put together a short post about water stability on Mars because there is a common misconception that floats around in the scientific literature and in popular circles which can be misleading.

This is timely because of the [latest discovery of water](#) on Mars by Lujendra Ojha and others which showed the presence of hydrated phases associated with recurrent slope lineae (RSL's). This suggested the presence of actual flows of liquid brine on or directly underneath the surface providing evidence for an active hydrological cycle on Mars today.

The purpose of this post is not to weigh in on the likelihood of this being real or not, but rather to talk about something closely related which is the stability of water on Mars. We all have been told that water is not stable on Mars -- if you placed a glass of water on the surface it would either freeze or boil depending on the temperature at the time. Under most Mars conditions it would boil until it froze, then it would sublimate away (move directly from ice to vapor without melting).

This basic understanding is pretty accurate, but the problem creeps in when one consults a stability diagram of water and starts plotting things. I will use a [recent post](#) by the University of Copenhagen Centre for Ice and Climate as an example, but want to reiterate that this is a common misconception that is even present in some peer reviewed scientific literature.



Figure 1 from the blog post at the Centre for Ice and Climate showing the phase stability of water with pressure.

receive email updates when new items are posted

Email address...

My Blog List

Neth Space

Getting Caught Up: A bunch of Short Reviews and One DNF
3 weeks ago

It's My Life and I'm Sticking To It

P90X and Single Motherhood
6 years ago

About Me



Paul Niles

[View my complete profile](#)

Blog Archive

▼ 2016 (1)

▼ April (1)

Water on Mars and a Common Misconception

► 2012 (1)

► 2011 (6)

► 2010 (4)

► 2009 (6)

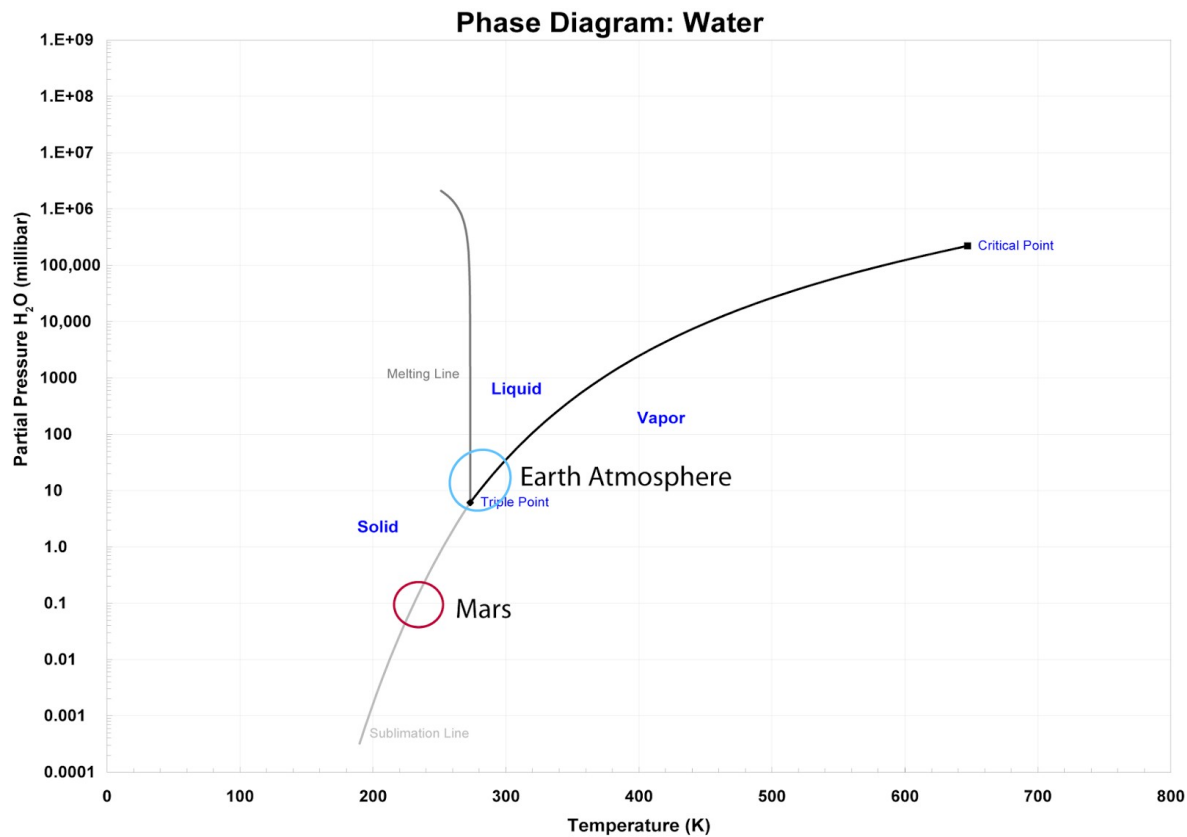
Followers

Követők (6)



Az anyag tulajdonságai, fázisai

- Nem is gondoljuk, hogy ez mennyire tudományos kérdés



What kind of beer will they serve on Mars?

Friday, April 1, 2016

Water on Mars and a Common Misconception

I wanted to put together a short post about water stability on Mars because there is a common misconception that floats around in the scientific literature and in popular circles which can be misleading.

This is timely because of the [latest discovery of water](#) on Mars by Lujendra Ojha and others which showed the presence of hydrated phases associated with recurrent slope lineae (RSL's). This suggested the presence of actual flows of liquid brine on or directly underneath the surface providing evidence for an active hydrological cycle on Mars today.

The purpose of this post is not to weigh in on the likelihood of this being real or not, but rather to talk about something closely related which is the stability of water on Mars. We all have been told that water is not stable on Mars -- if you placed a glass of water on the surface it would either freeze or boil depending on the temperature at the time. Under most Mars conditions it would boil until it froze, then it would sublimate away (move directly from ice to vapor without melting).

This basic understanding is pretty accurate, but the problem creeps in when one consults a stability diagram of water and starts plotting things. I will use a [recent post](#) by the University of Copenhagen Centre for Ice and Climate as an example, but want to reiterate that this is a common misconception that is even present in some peer reviewed scientific literature.



Figure 1 from the blog post at the Centre for Ice and Climate showing the phase stability of water with pressure.

receive email updates when new items are posted

Email address...

My Blog List

Neth Space

Getting Caught Up: A bunch of Short Reviews and One DNF
3 weeks ago

It's My Life and I'm Sticking To It

P90X and Single Motherhood
6 years ago

About Me



Paul Niles

[View my complete profile](#)

Blog Archive

▼ 2016 (1)

▼ April (1)

[Water on Mars and a Common Misconception](#)

► 2012 (1)

► 2011 (6)

► 2010 (4)

► 2009 (6)

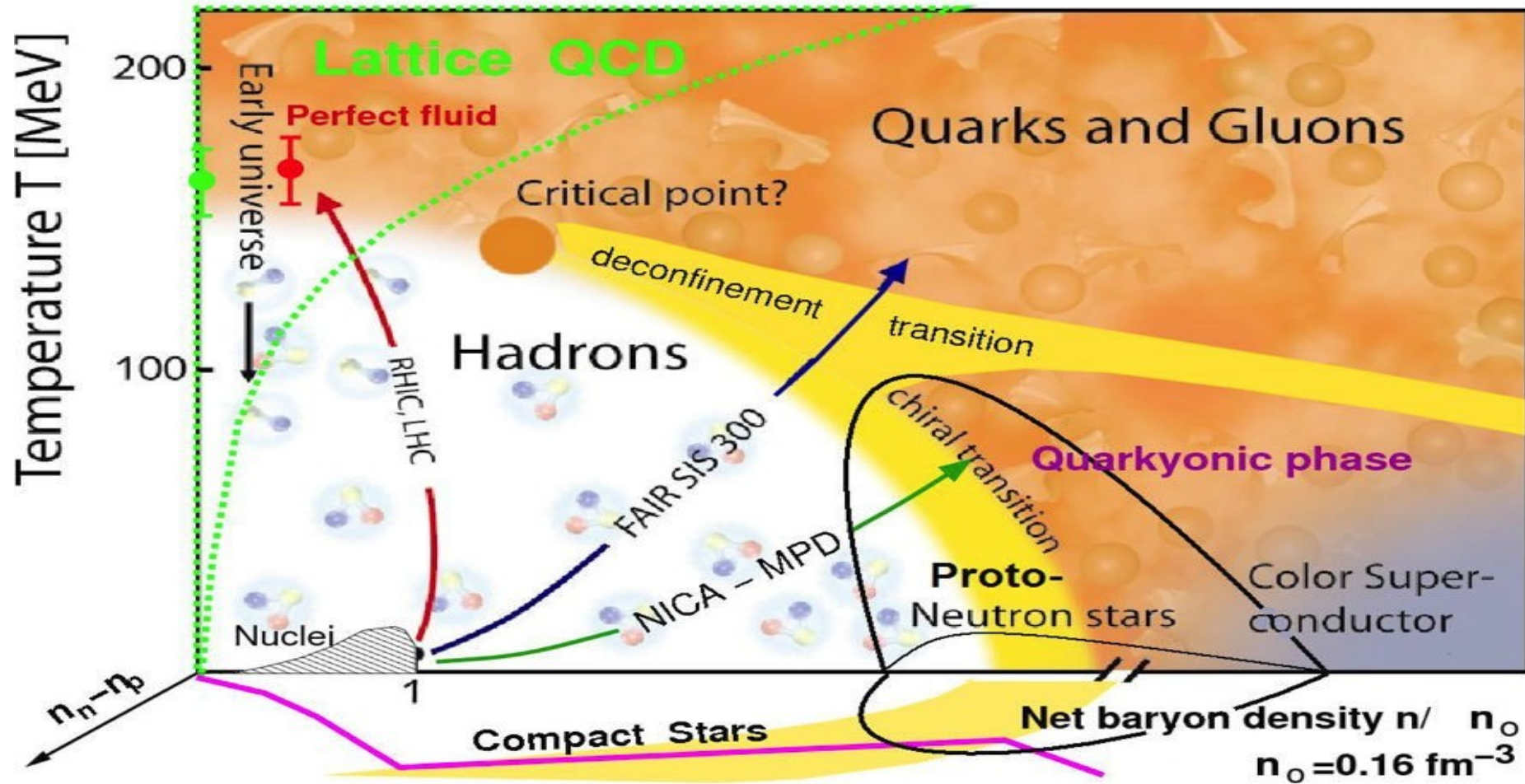
Followers

Követők (6)

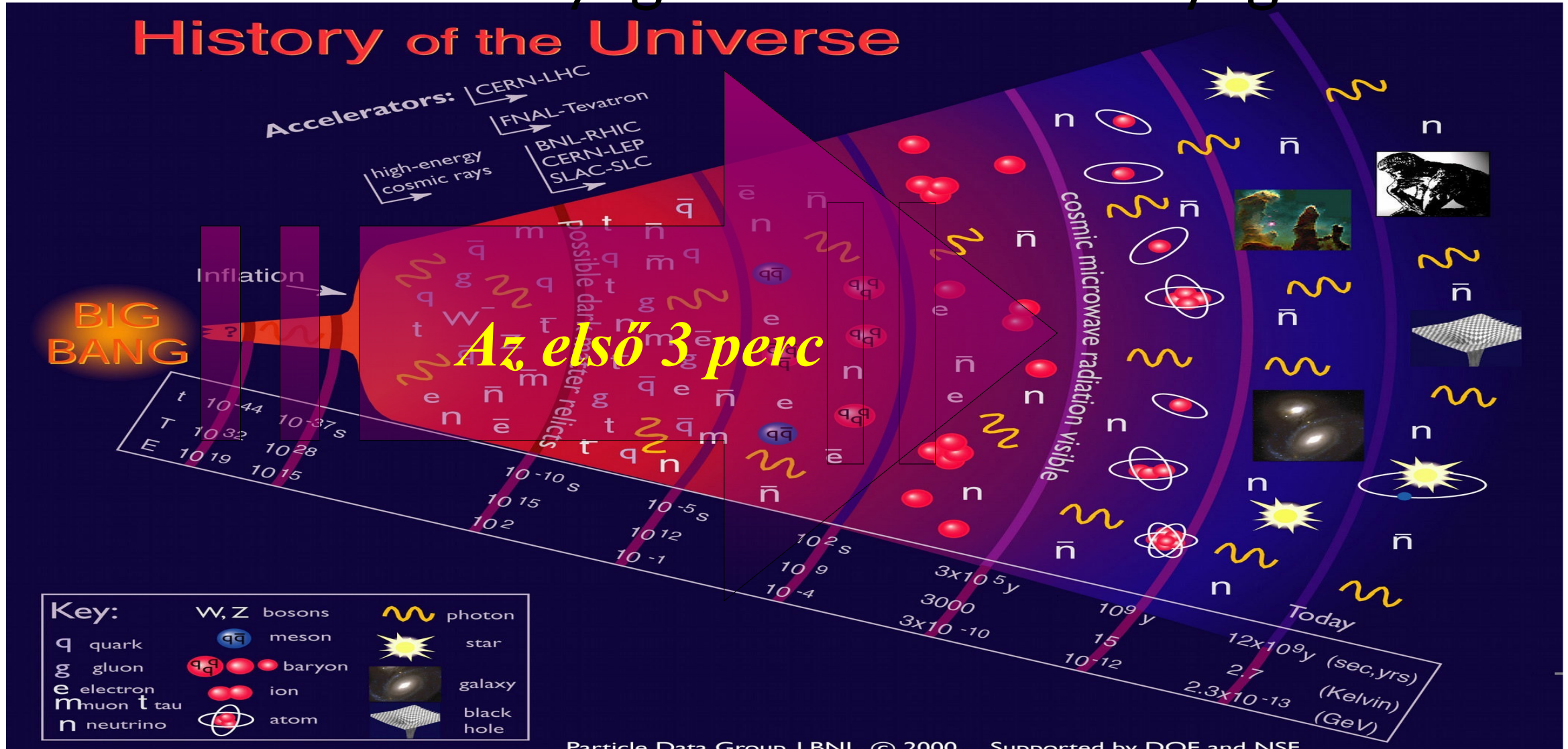


A korai Univerzum anyaga: forró sűrű űsanyag

- Egy bonyolultabb anyag fázisdiagramja - extrém környezetben

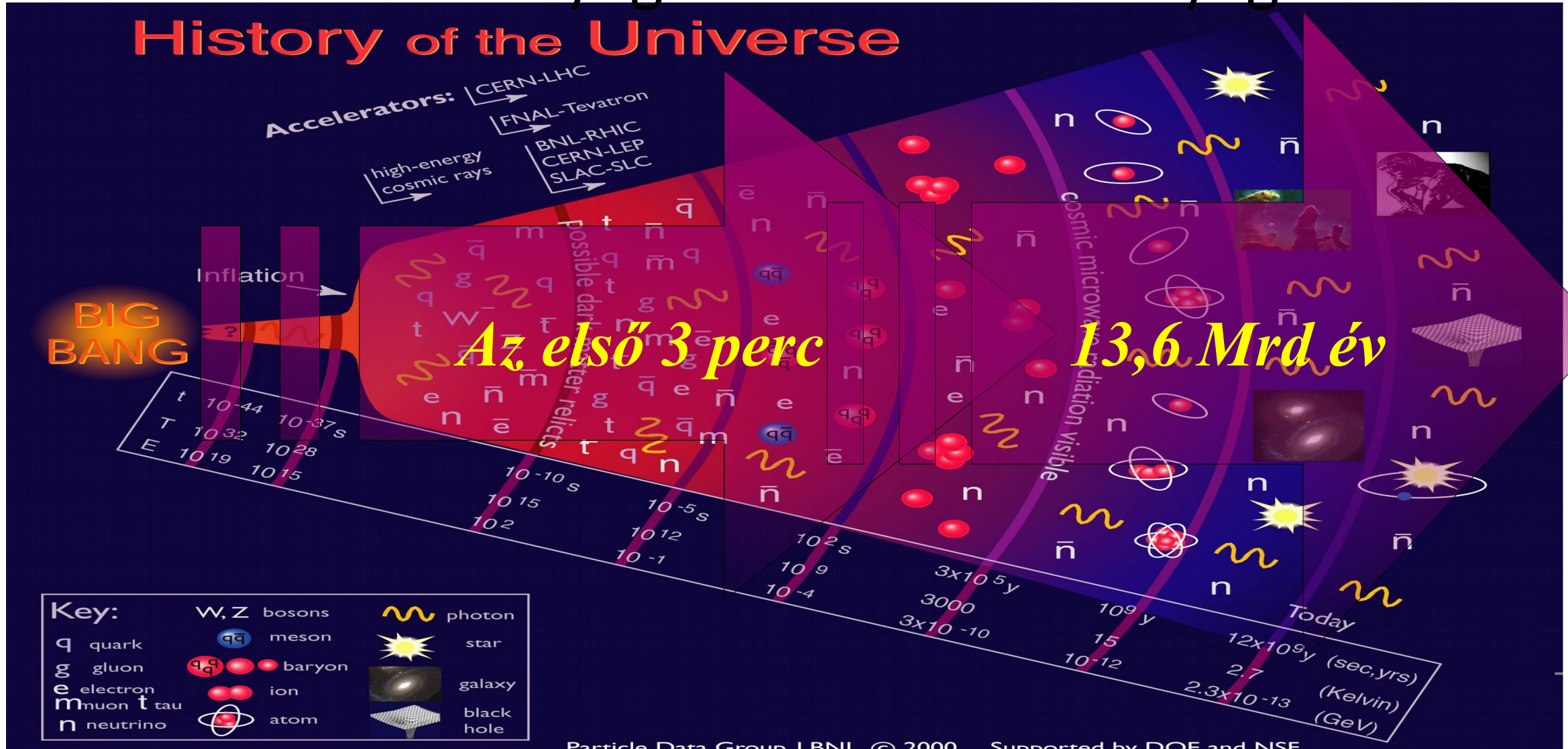


A korai Univerzum anyaga: forró sűrű őszanyag



Particle Data Group, LBNL © 2000. Supported by DOE and NSF

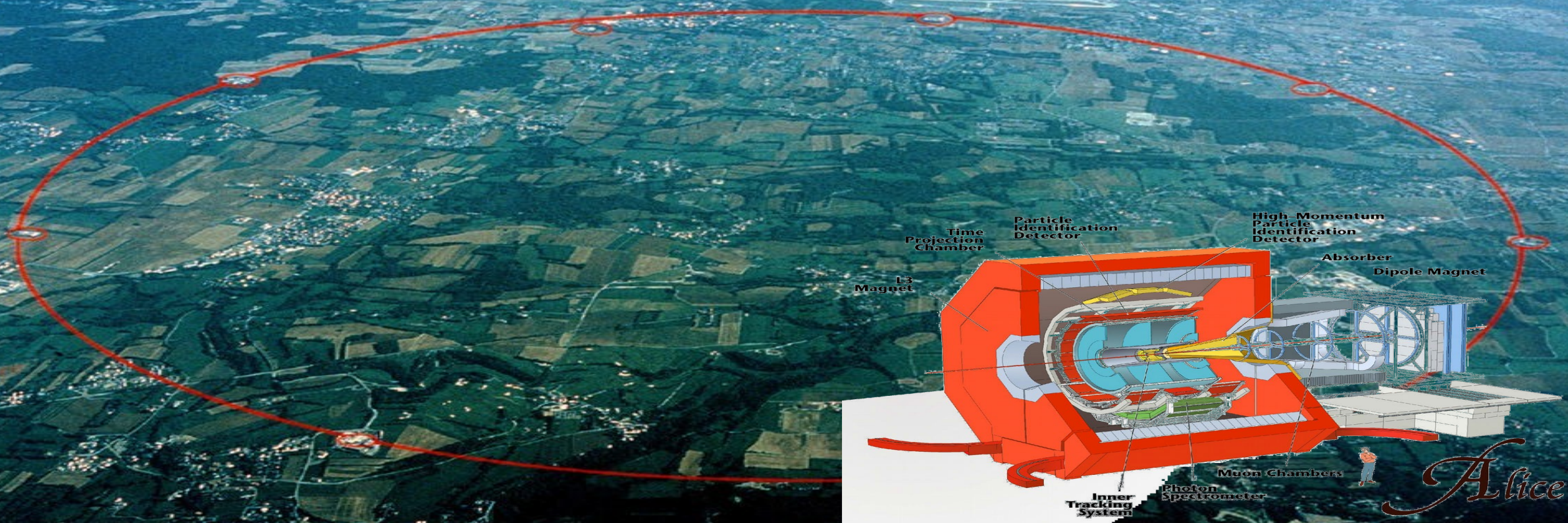
A korai Univerzum anyaga: forró sűrű őszanyag



Kutatásfejlesztések a CERN ALICE kísérletben

Az ALICE kísérleti együttműködés

ALICE – A Nagy Ionütköztető Kísérlet



ALICE – A Nagy Ionütköztető Kísérlet

1200 fő, 36 ország, 151 kutatóintézet, 160kCHF



Szolenoid mágnes 0.5 T

Kozmikus sugárzás trigger

„Forward” detektorok

- PMD
- FMD, T0, V0, ZDC

Specializált detektorok

- HMPID
- PHOS

-
-

Központi nyomkövető rendszer

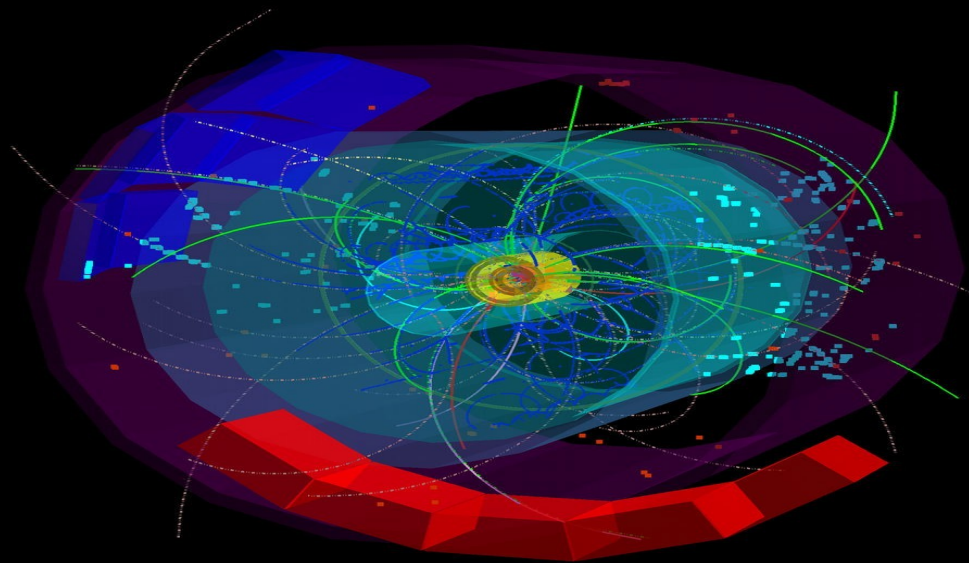
- ITS
- TPC
- TRD
- TOF

MUON Spektrométer

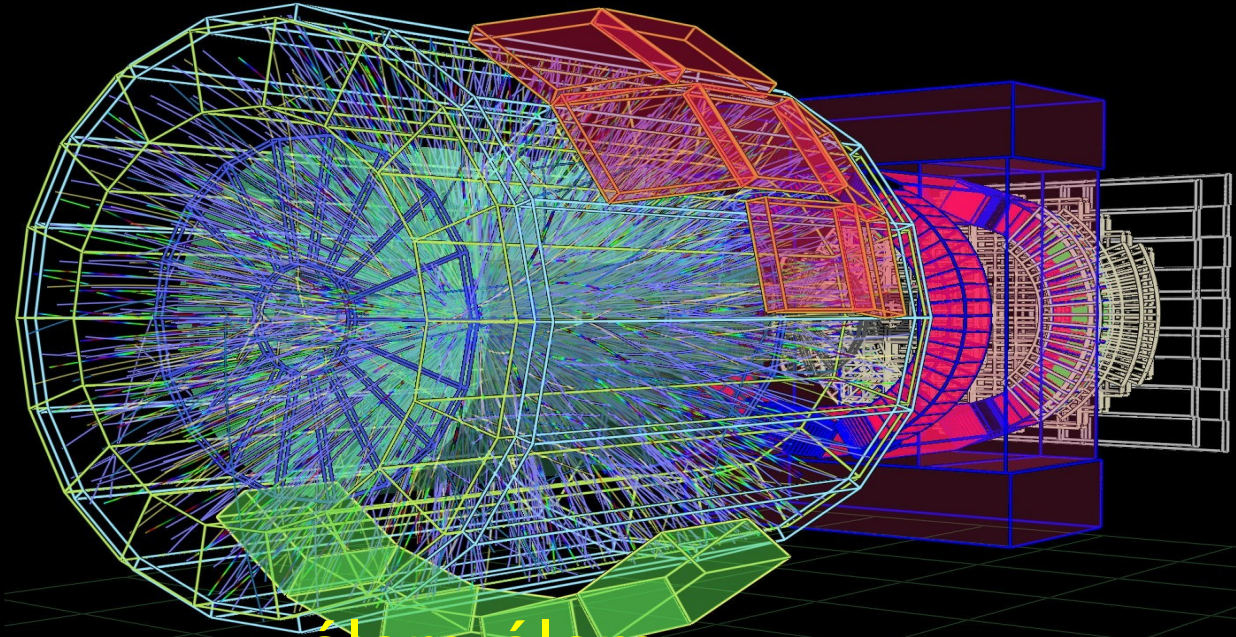
- elnyelő anyagok
- nyomkövetők
- trigger kamrák
- dipól mágnes



A korai Univerzum anyaga: forró sűrű őszanyag



proton-proton

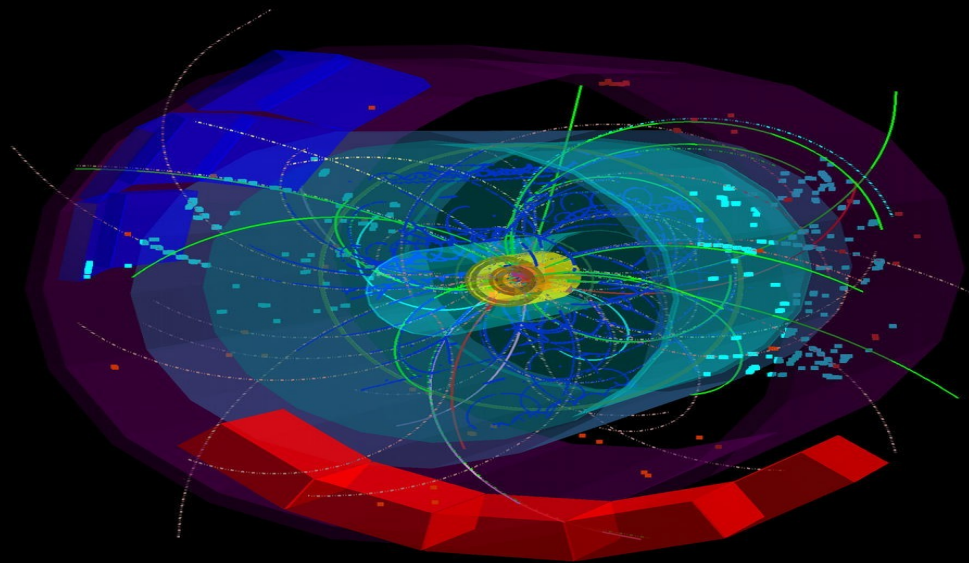


ólom-ólom

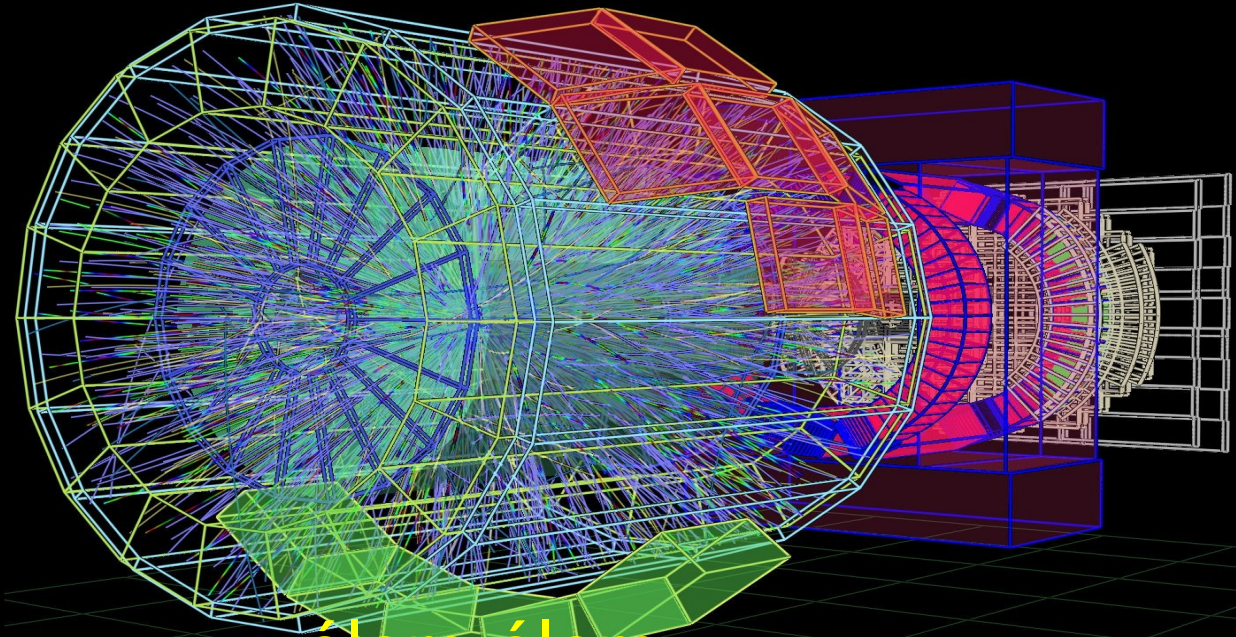
Kvark Gluon Plazma (QGP):

- proton-proton vs. ólom-ólom
- forró, színes (kvark+gluon)
- a „tökéletes folyadék“ ...

A korai Univerzum anyaga: forró sűrű őszanyag

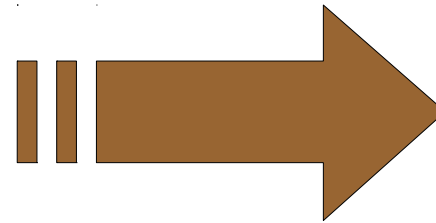


proton-proton



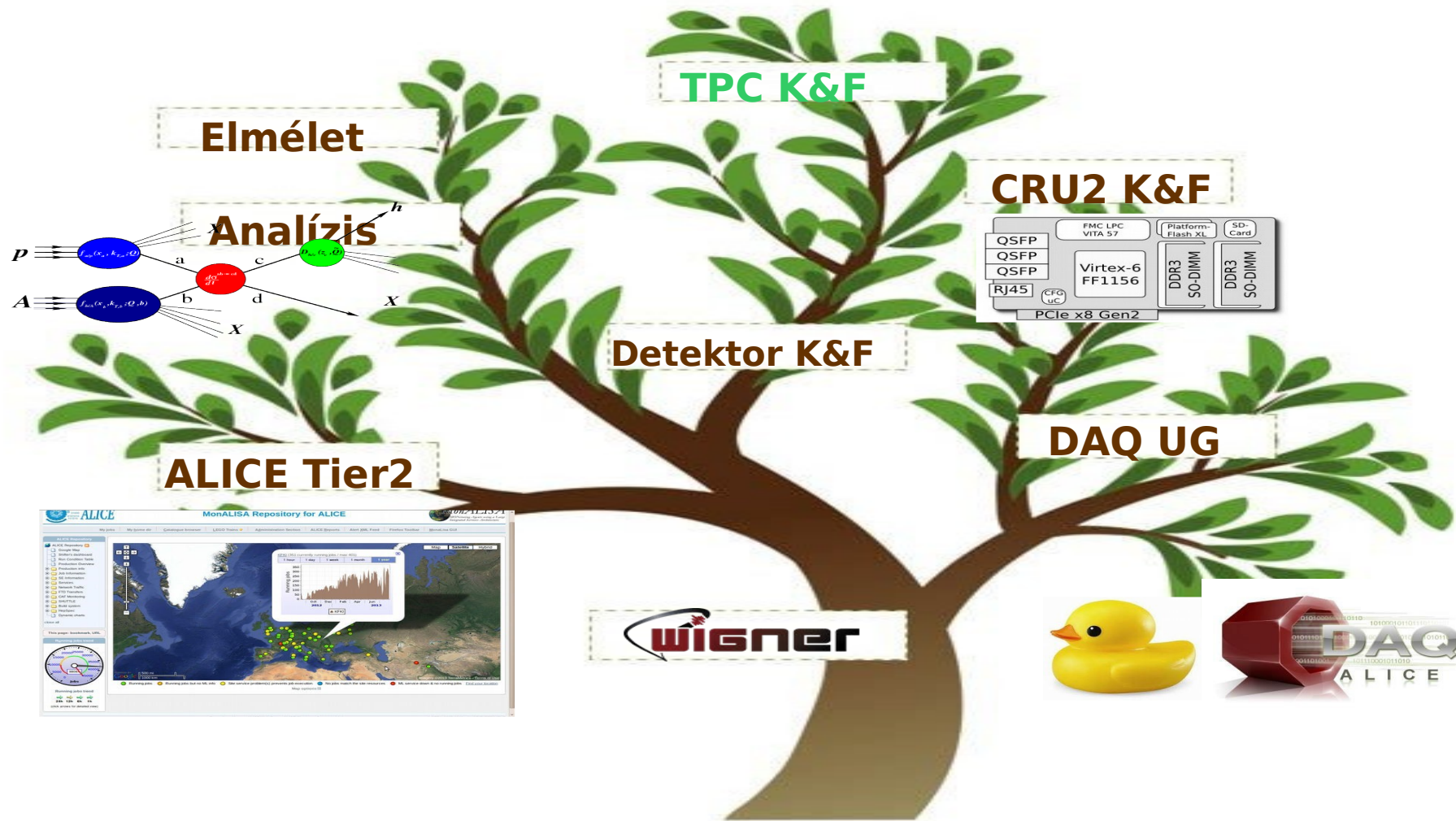
ólom-ólom

- Kvark Gluon Plazma (QGP):
- proton-proton vs. ólom-ólom
 - forró, színes (kvark+gluon)
 - a „tökéletes folyadék“ ...

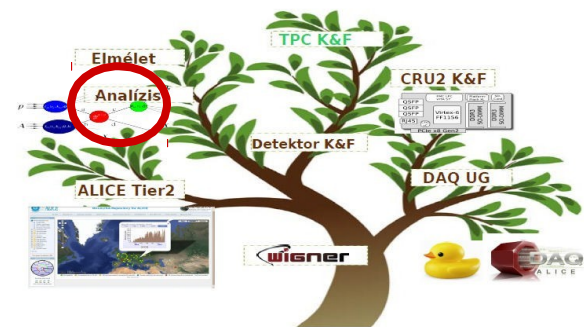


Magyar részvétel a CERN LHC ALICE kísérleti együttműködésben

A Magyar részvétel az ALICE kísérletben



ALICE adatok elemzése



ALICE adatok elemzése – azonosított hadronok vizsgálata

- Eredmények:

TPC+TOF – Bencédi Gyula

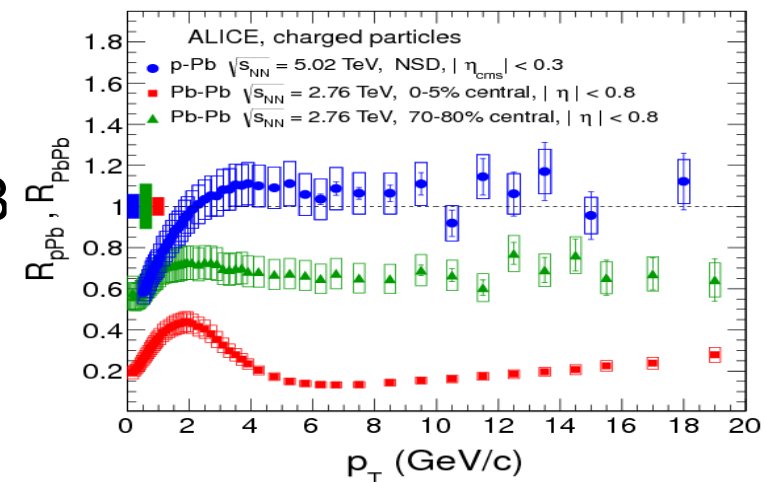
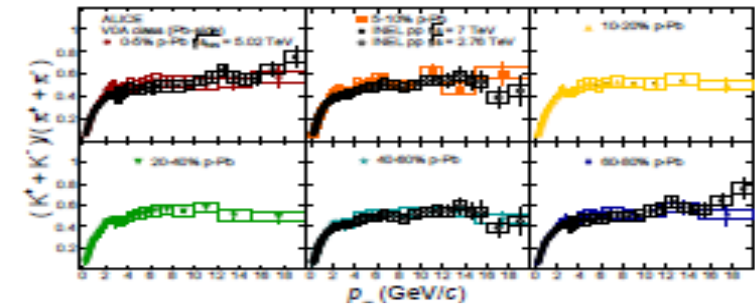
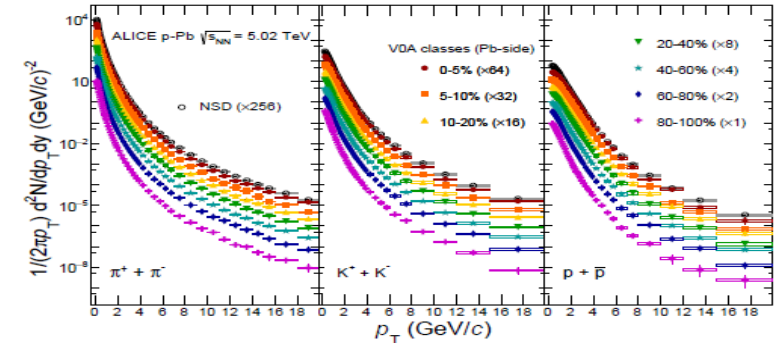
- Pion, kaon, proton spektrumok, hadronarányok, nukleáris módosulás faktor: pp 7 TeV (pp 13 TeV), PbPb 5 TeV, pPb 2.7 TeV

HMPID – Visnyei Orsolya

- Pion, kaon proton spektrumok, hadronarányok, kvark/gluon jetek szeparációja
- HMPID Cserenkov radiátor öregedés-vizsgálata

- Nehéz kvarkok – Vértesi R, Kőfaragó M, Szigeti B

- B-jetek vizsgálata, tagged bomlások
- Részecskekorrelációk vizsgálata



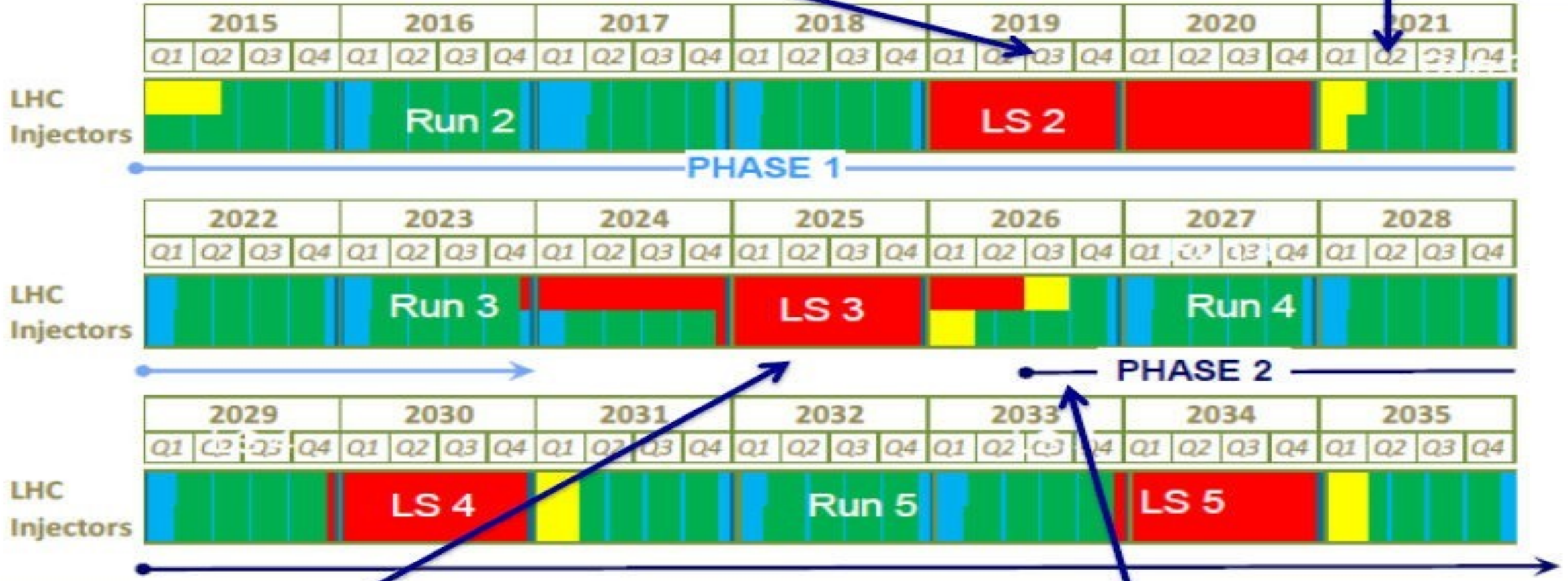
Részvétel az ALICE detektor fejlesztésében (2018-2020)

A Nagy Hadronütköztető (LHC) fejlesztési terve

PHASE I Upgrade

ALICE, LHCb major upgrade
ATLAS, CMS 'minor' upgrade

Heavy Ion Luminosity
from 10^{27} to 7×10^{27}



PHASE II Upgrade

ATLAS, CMS major upgrade

HL-LHC, pp luminosity

from 10^{34} (peak) to 5×10^{34} (levelled)

Az ALICE detektor fejlesztése az LS2 során

New Inner Tracking System (ITS)

- improved pointing precision
- less material -> thinnest tracker at the LHC

Muon Forward Tracker (MFT)

- new Si tracker
- Improved MUON pointing precision

MUON ARM

- continuous readout electronics

TPC

- Micropattern gas detector technology
- continuous readout



New Central Trigger Processor (CTP)

Data Acquisition (DAQ)/ High Level Trigger (HLT)

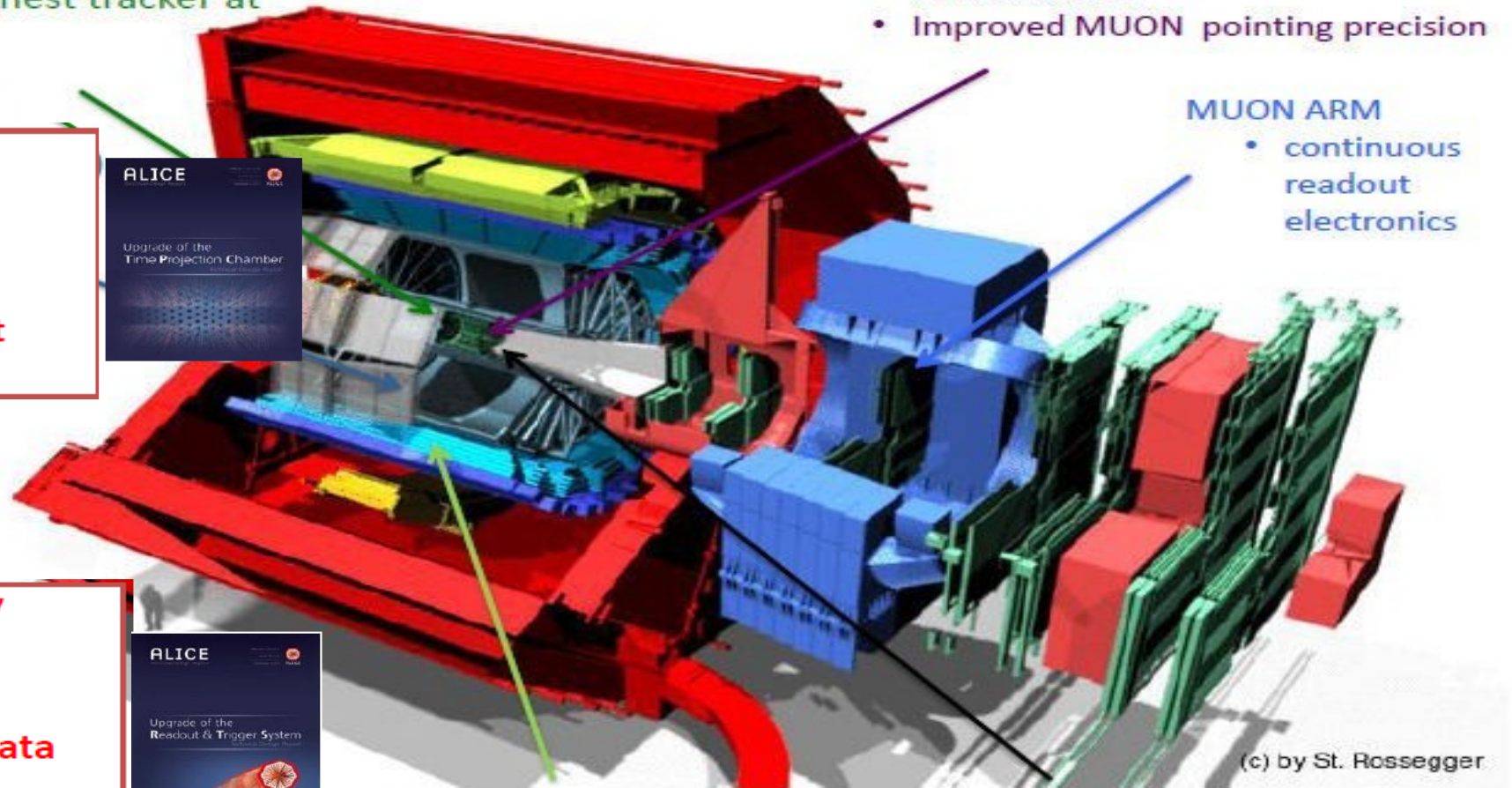
- new architecture
- on line tracking & data compression
- 50kHz PbPb event rate



TOF, TRD

- Faster readout

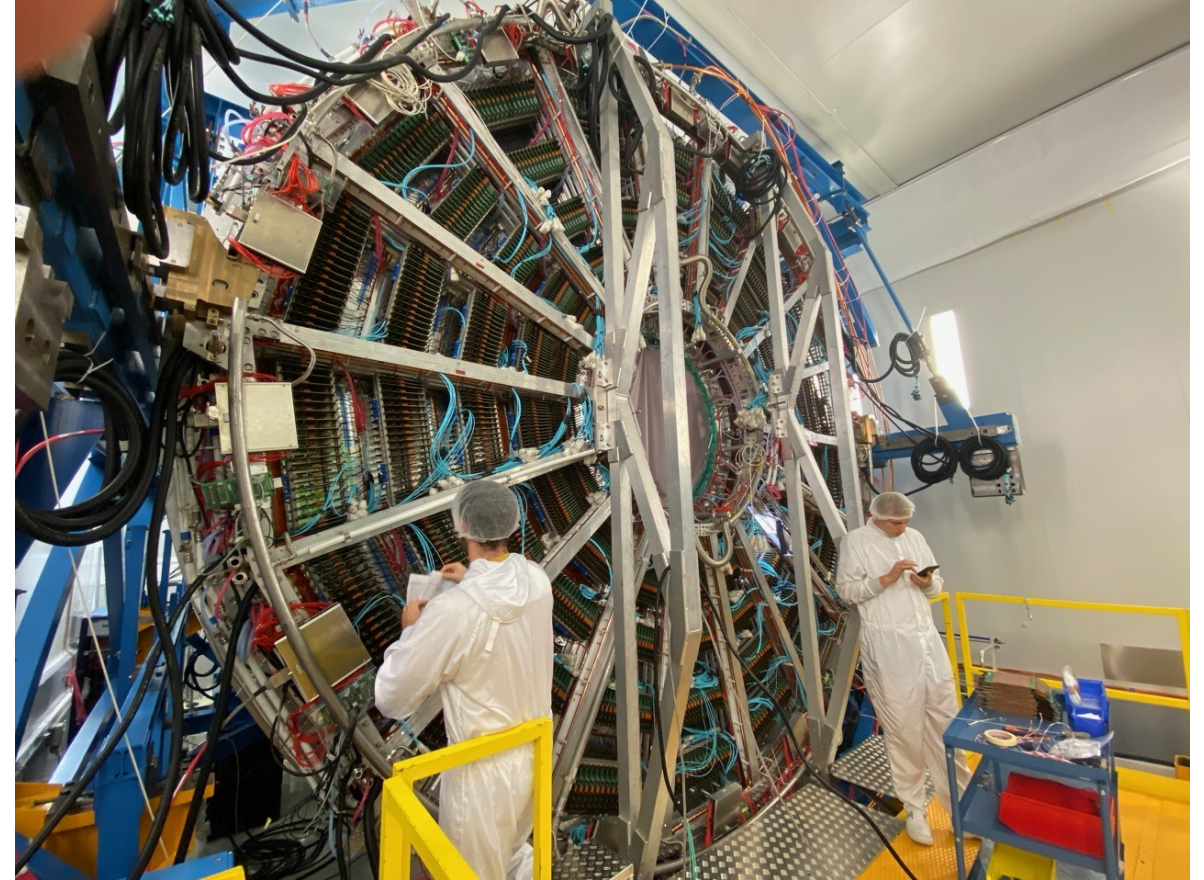
New Trigger Detectors (FIT)



(c) by St. Rossegger

Magyar részvétel az ALICE kísérletben: Időprojekciós kamra K+F (TPC)

- GEM: Gázelektron Sokszorozó
Varga Dezső: ReGaRD & Lendület
Innovatív Gázdetektorok Kutatócsoport
- Magyar ALICE Csoport:
 - Fóliák minőség-ellenőrzése
 - Tárolás, tisztítása, dobozolása
 - GEM optikai szkennelés
 - Erősítés vizsgálata (R&D)
- **CERNben sugárzási tesztek és detektorépítés**

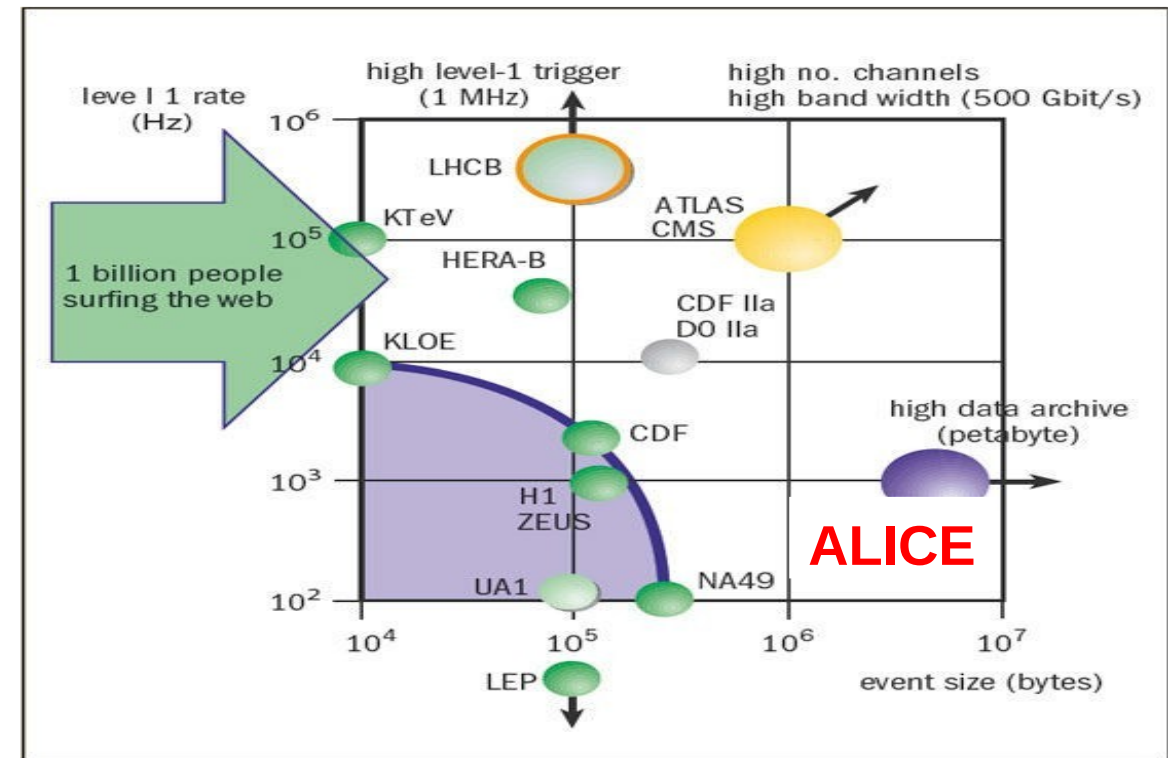
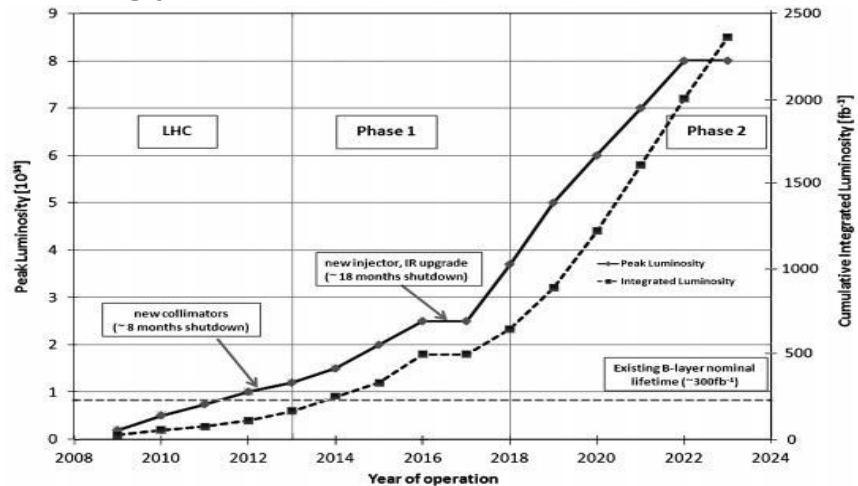


Magyar részvétel az ALICE kísérletben: Adatgyűjtő rendszer (DAQ)

- ALICE adatgyűjtő rendszere K+F:

Nehézion események

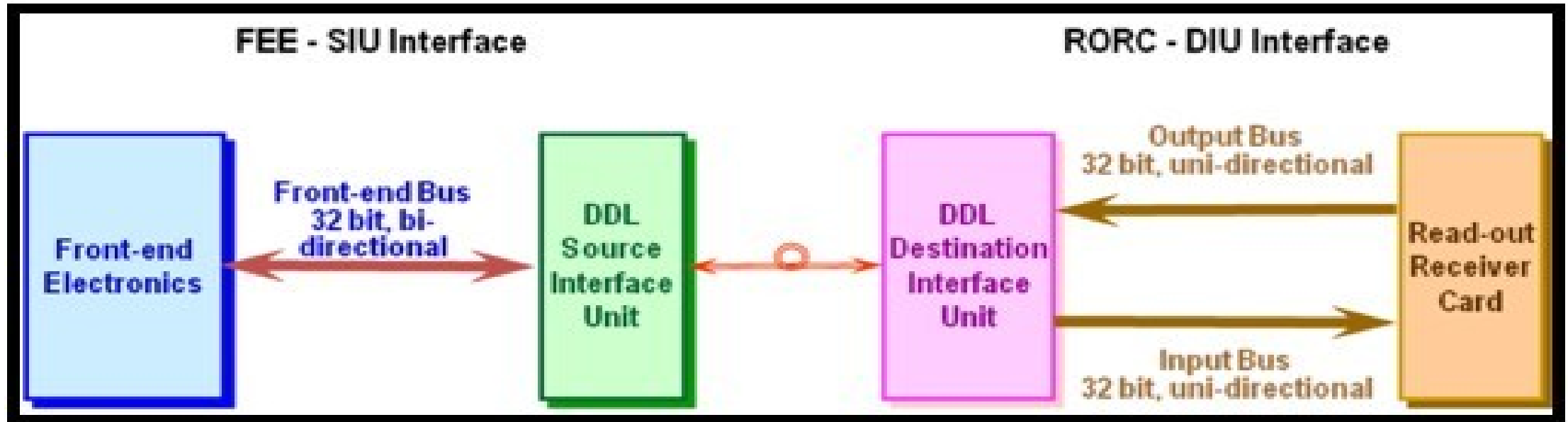
- sok adat, nagy eseményméret
- komplex, diverz aldetektorok
- Nagyobb luminozitás → több adat



Magyar részvétel az ALICE kísérletben: Adatgyűjtő rendszer (DAQ)

ALICE DAQ/DDL adatgyűjtő/továbbító rendszer

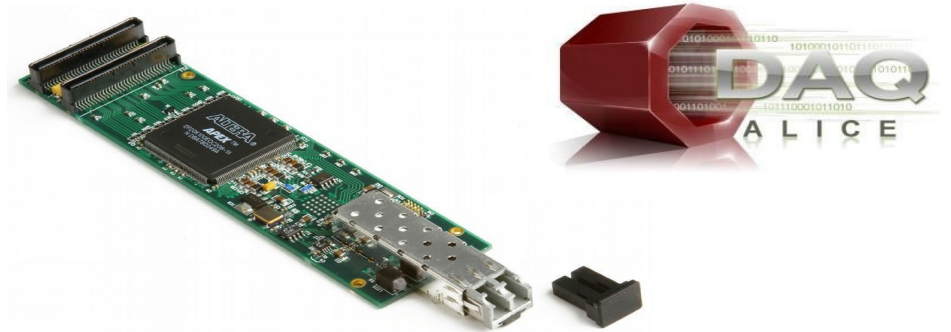
A frontend elektronikák (FEE) és a adatgyűjtő számítógépek közötti kapcsolat a Detektor Data Link (DDL) és a Read-Out Receiver Card (RORC)



Magyar részvétel az ALICE kísérletben: Adatgyűjtő rendszer (DAQ)

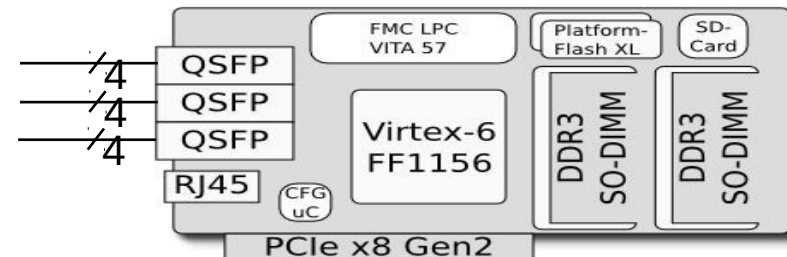
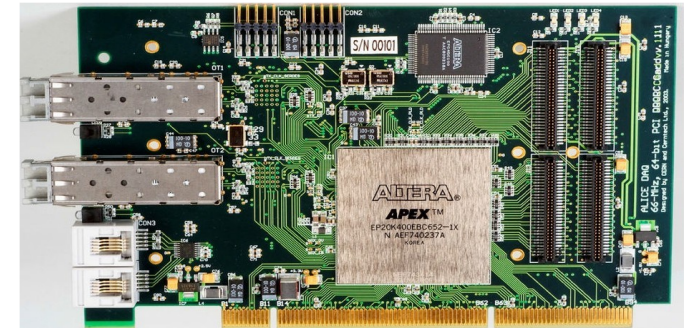
ALICE DAQ/DDL adatgyűjtő/továbbító rendszer

- 500 db adat-link kártya: DDLs
- 450 db fogadó kártya: D-RORCs
- 2 PB/év adat kezelése
- Óriási sugárzási háttér (kRad)!



Közös DAQ és trigger DAQ/HLT DDL2, RORC2

- Prototípus KÉSZ, beszerelés/upgrade a LS2 alatt
- 12 db DDL2 (6 Gb/s) link együtt DAQ LDC (36 Gb/s) forgalom.
- PCIe V2 8 buszokon (500 MB/s/lane) I/O 32 Gb/s
- PCIe3, 12 links (10 Gb/s/PC), 16 sávon I/O (128 Gb/s)
- FPGA alapú adatfeldolgozás már trigger DAQ szinten(e.g cluster finding)



Magyar részvétel az ALICE kísérletben: Adatgyűjtő rendszer (DAQ)

- ALICE új adatgyűjtő CRU2 K+F:

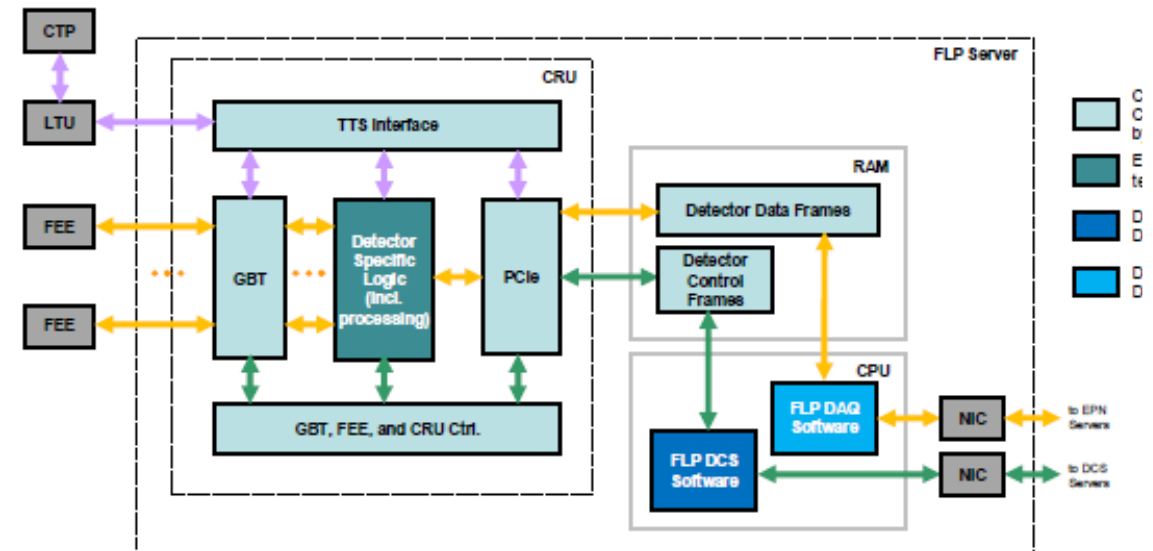
- CRU – Common Readout Unit
- Nincs „igazi” trigger, nem várnak a detektorelemek egymásra, utólagosan is eldönthető, hogy kell-e az esemény, ill. mire használható → gyorsaság.

Jelenleg: 500 Hz PbPb upgrade után
– 50 kHz PbPb és 200 kHz pp

Standard GBTx linkek használata
3,2 Gb/s vagy akár 4,48 Gb/s

- kétirányú sáv szélesség.

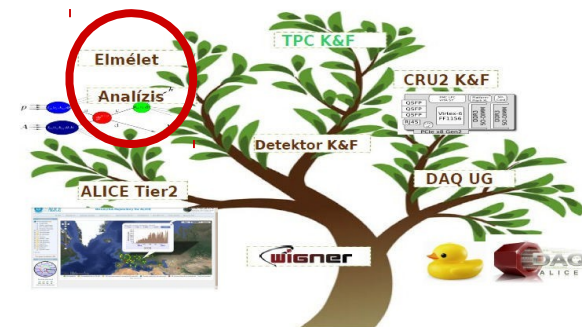
FPGA-alapú technológia, ami még tud gyorsabb is lenni



Nehézionfizikai modellek és detektorszimulációk fejlesztése

Wigner GPU Laboratórium, Wigner Datacenter, ELTE, CCNU, LBNL

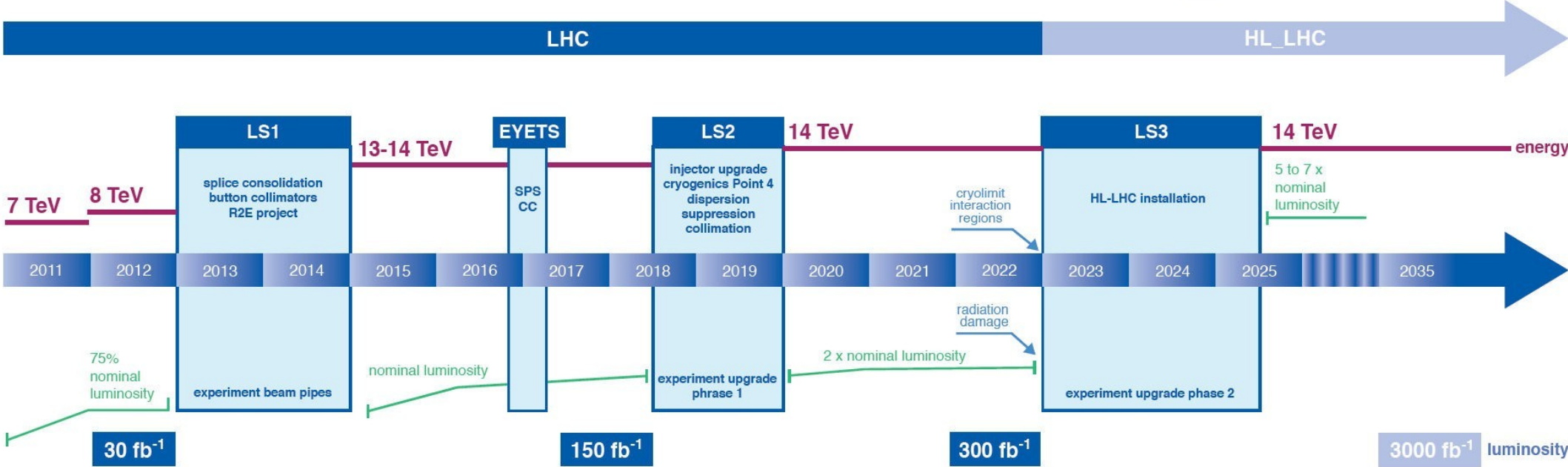
BGG, Bíró G, Biró TS, Futó E, SzM Harangozó, Gyulassy M, GY Ma, Levai P,
Nagy D, Németh M, Papp G, XN Wang BW Zhang



Elméleti szimulációk fejlesztése a távolabbi jövőbe...

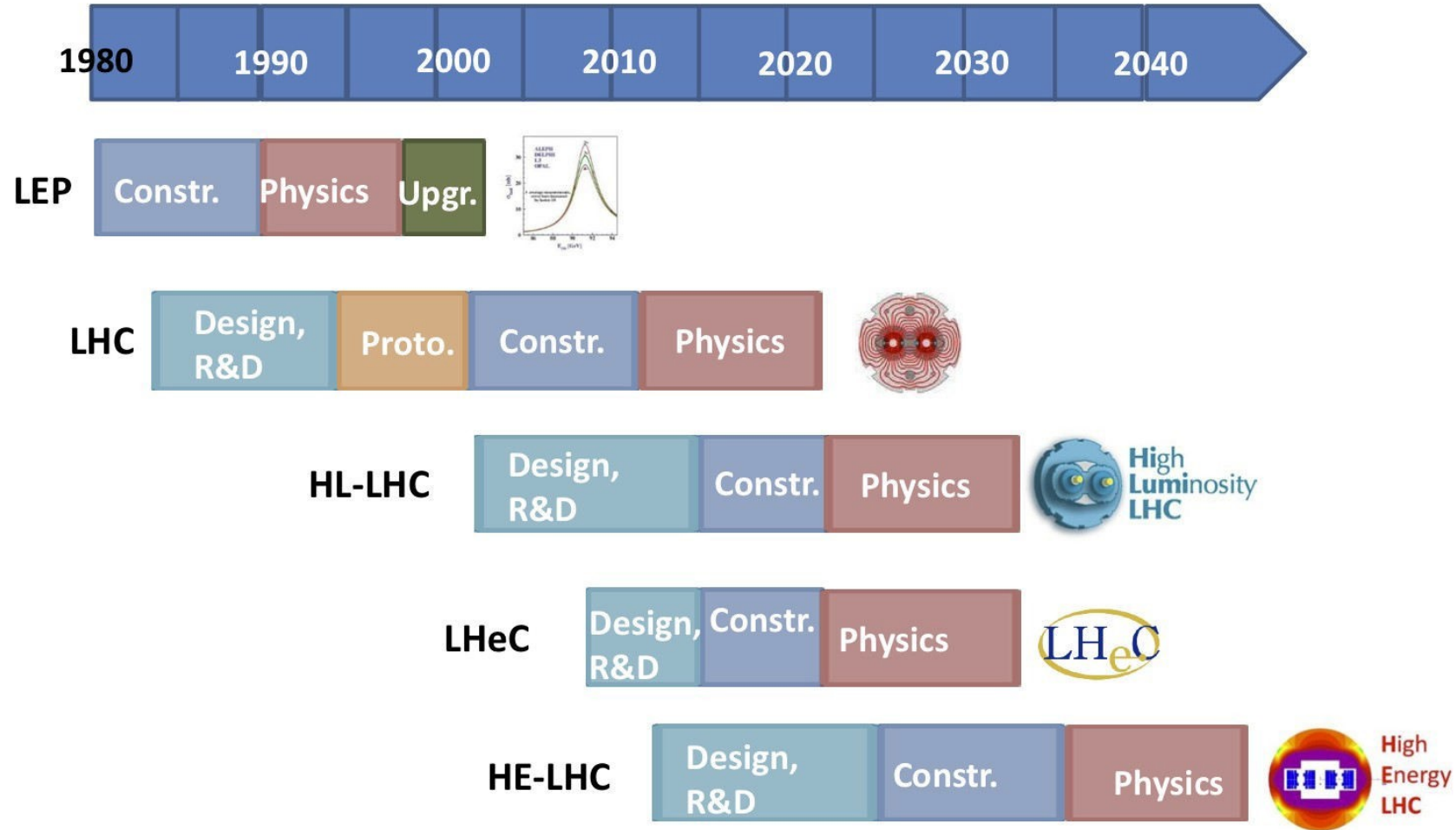
- Még több adat, jobb statisztika....

LHC / HL-LHC Plan



Elméleti szimulációk fejlesztése a távolabbi jövőbe...

- Még több adat, jobb statisztika....

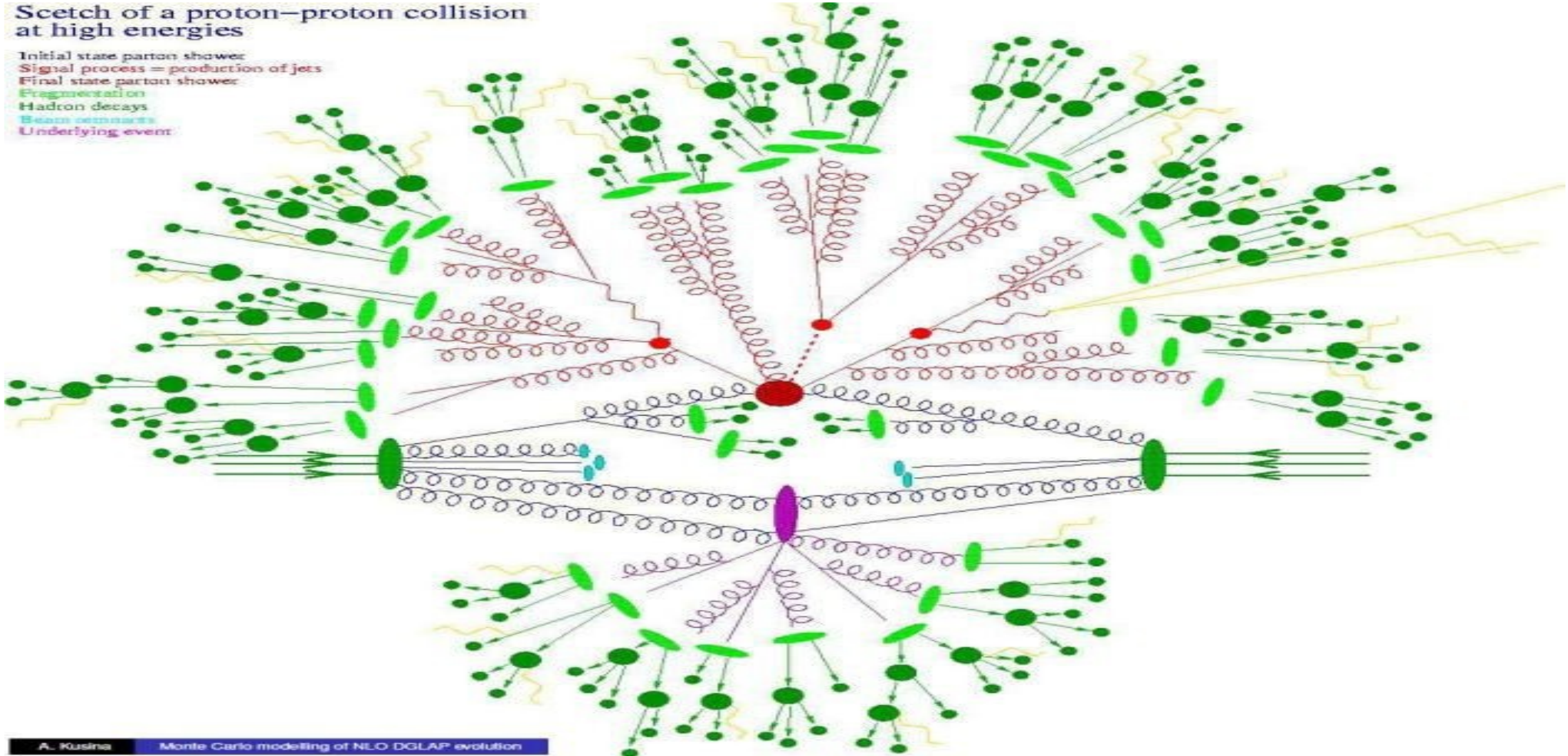


Elméleti szimulációk fejlesztése a távolabbi jövőbe...

- Pontosabb mérések → pontosabb elmélet → nagy számítások

Sketch of a proton-proton collision at high energies

Initial state parton shower
Signal process = production of jets
Final state parton shower
Fragmentation
Hadron decays
Beam remnants
Underlying event



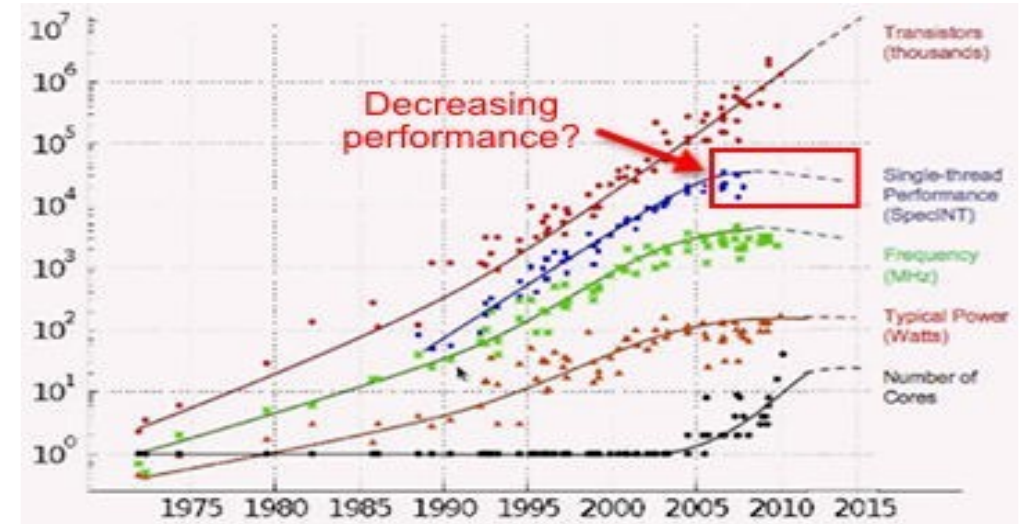
Nagy számítási igény → gyorsítás

- Moore törvénye:



A számítógépes hardverek integrált áramköreiben másfél évente megduplázódik tranzisztorok száma.

a



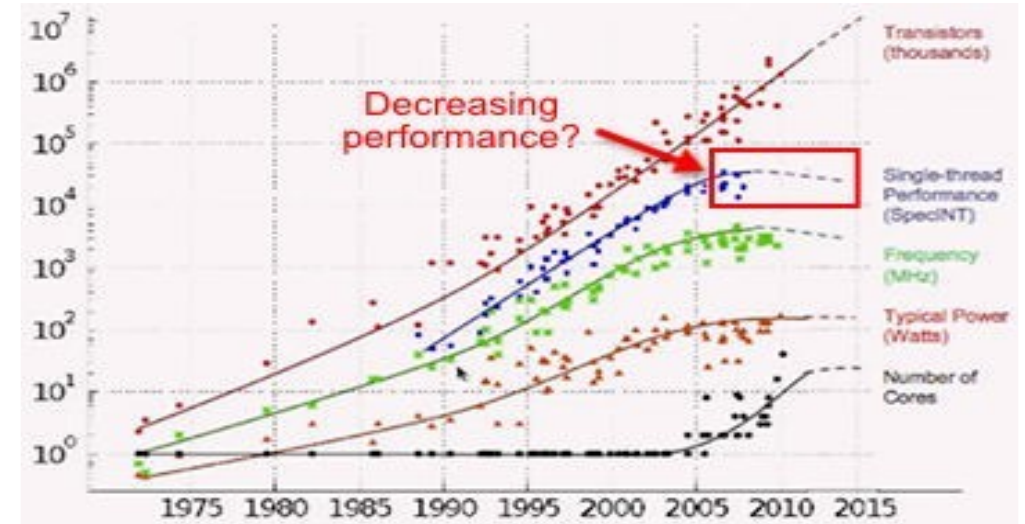
Nagy számítási igény → gyorsítás = párhuzamosítás

- Moore törvénye:



A számítógépes hardverek integrált áramköreiben másfél évente megduplázódik tranzisztorok száma.

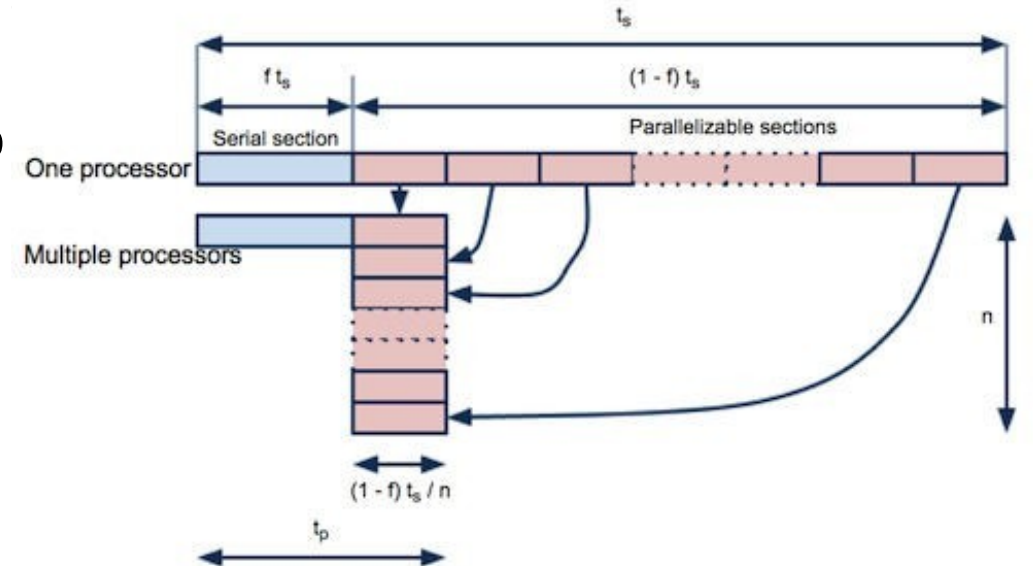
a



- Amdahl törvénye:



Egy program párhuzamosítással elérhető elméleti gyorsítása, ha p a párhuzamosítható kódrész, N szálon:



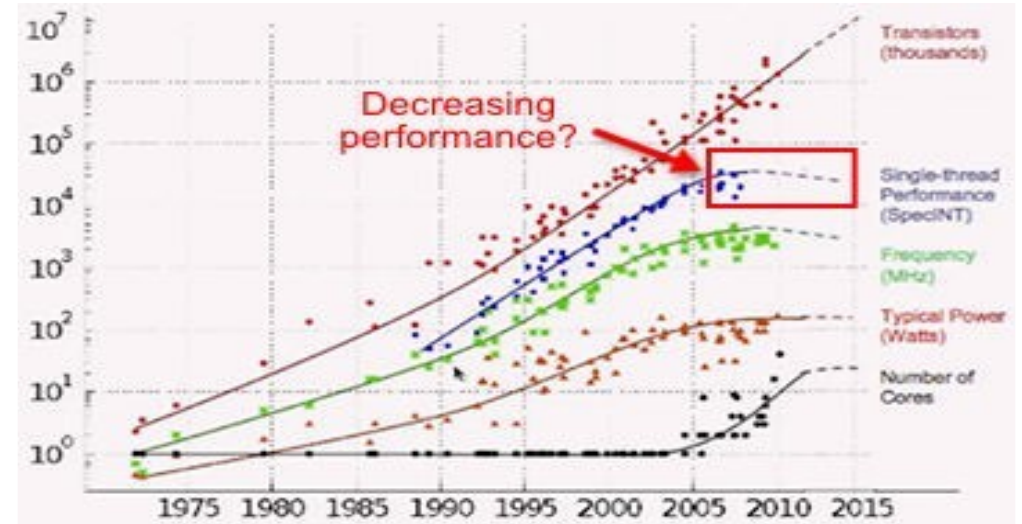
Nagy számítási igény → gyorsítás = párhuzamosítás

- Moore törvénye:



A számítógépes hardverek integrált áramköreiben másfél évente megduplázódik a tranzisztorok száma.

a



- Amdahl törvénye:

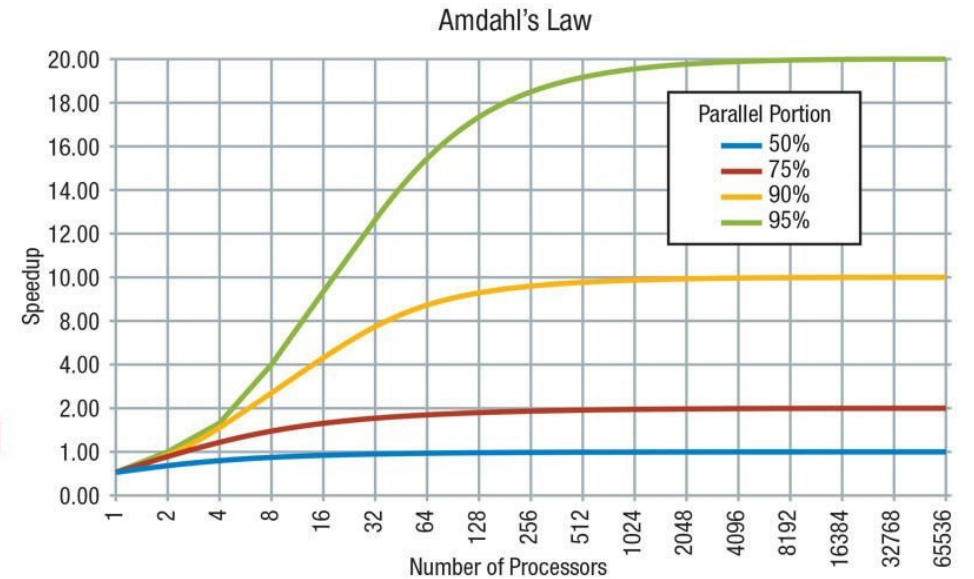


Egy program párhuzamosítással elérhető elméleti gyorsítása, ha p a párhuzamosítható kódrész, N szálon:

$$\text{Speedup}(N) = \frac{1}{(1-P) + \frac{P}{N}}$$

Serial part of job = 1 (100%) - Parallel part

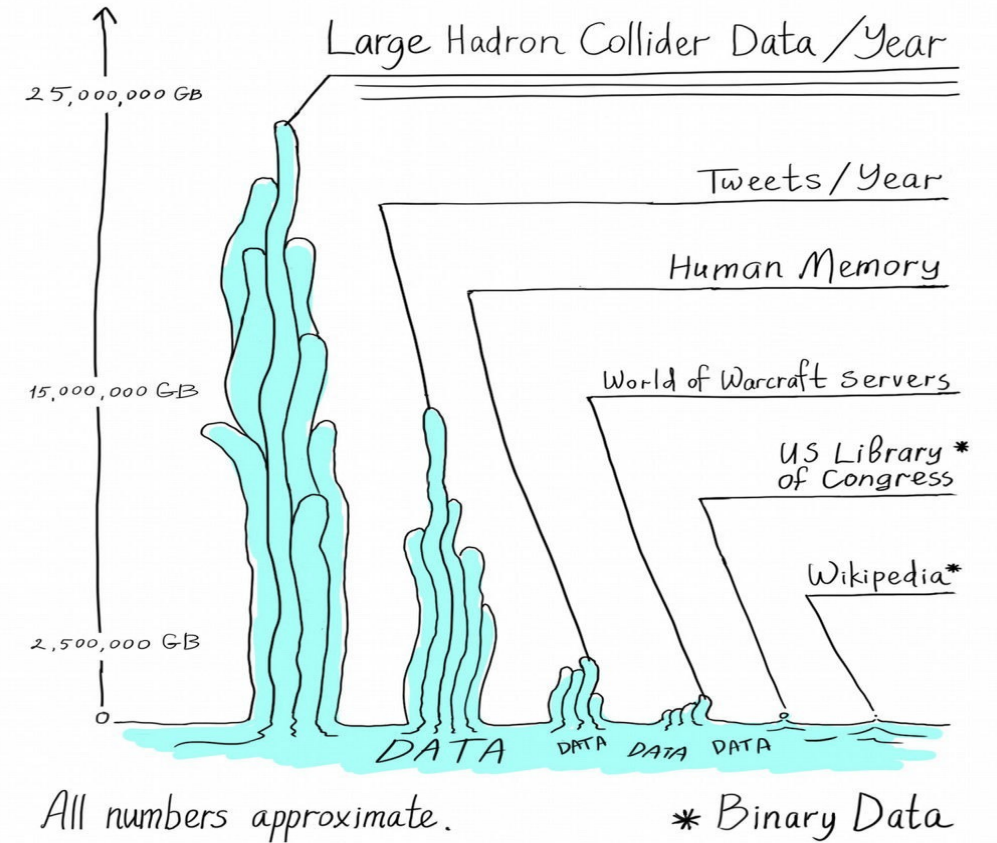
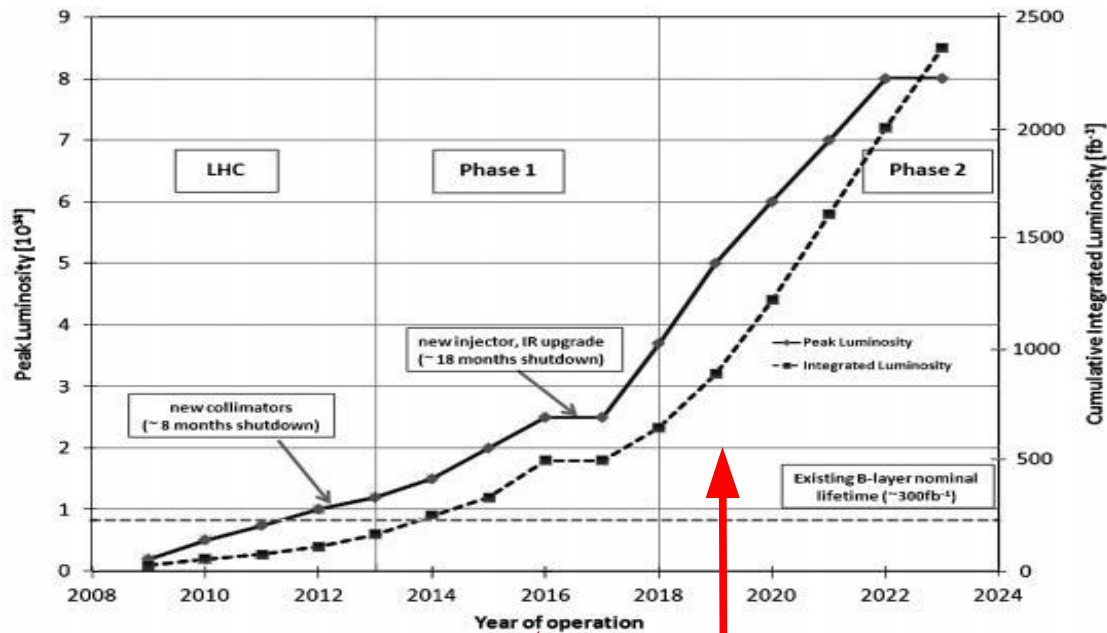
Parallel part is divided up by N workers



A Hi-Lumi LHC fejlesztések következménye: több adat

- WLCG – Worldwide LHC Computing GRID:

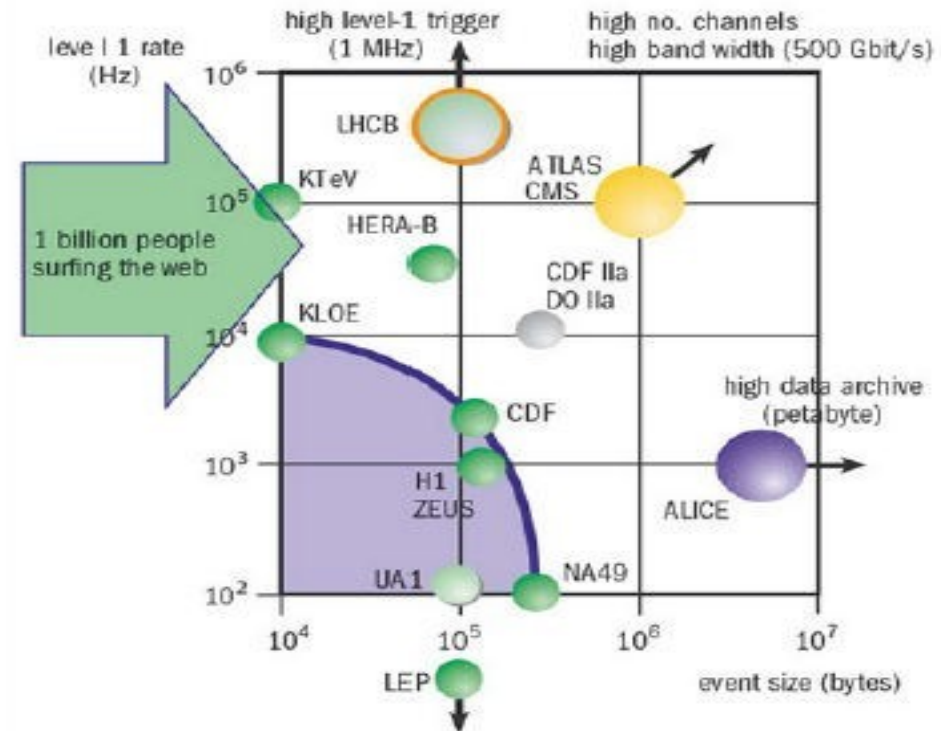
- Jelen: 15-20 Petabyte adat évente
- Jövő: ...még több adat LHC fejlesztése után



A Hi-Lumi LHC fejlesztések következménye: még több szimuláció

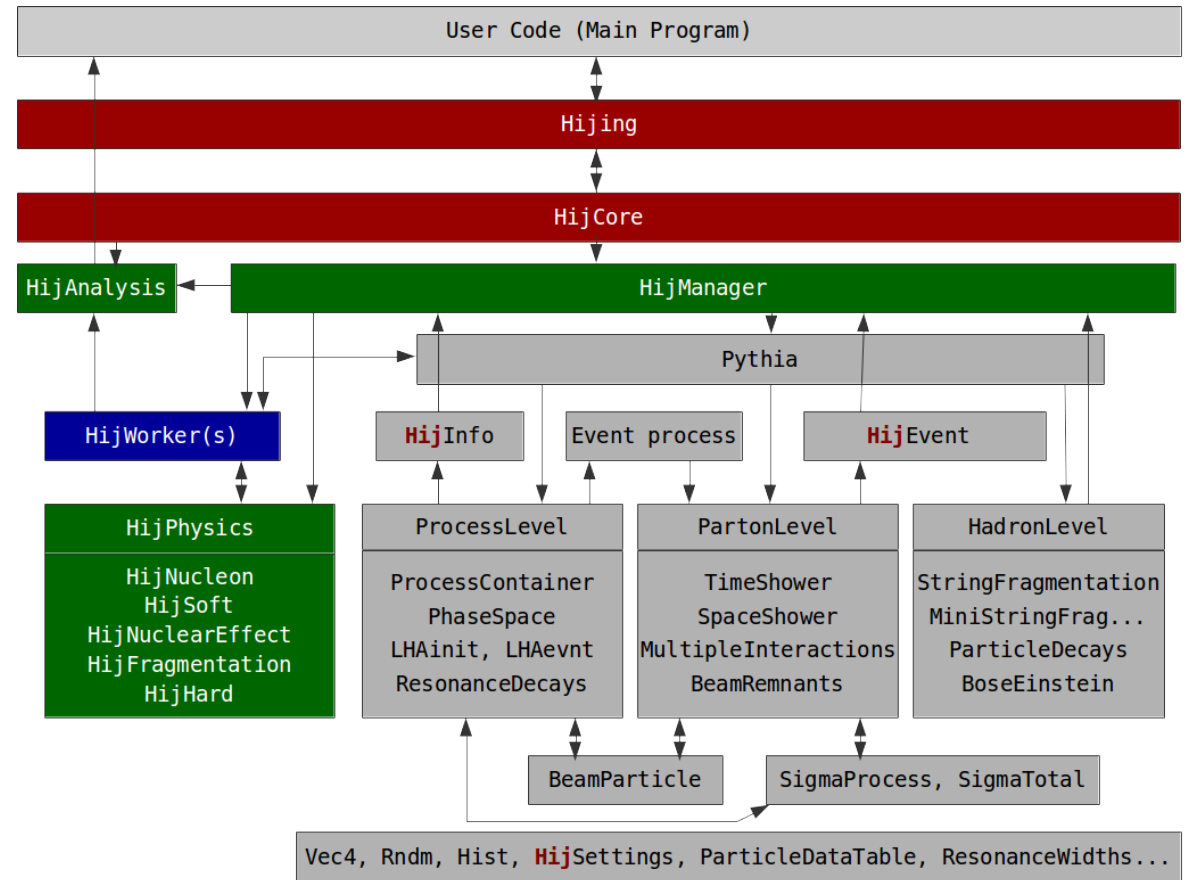


- ▶ Minél **több**, annál jobb (pontosság $\sim 1/\sqrt{N}$)
- ▶ **Ideális**: szimulált adatmennyiség \approx valós adatmennyiség
- ▶ **Szükséges** idő az ALICE geometriájának szimulálására: 3.8 ms/pálya
- ▶ **Szükséges** idő az ALICE 1 másodpercének szimulálásához: $\mathcal{O}(\text{napok})$



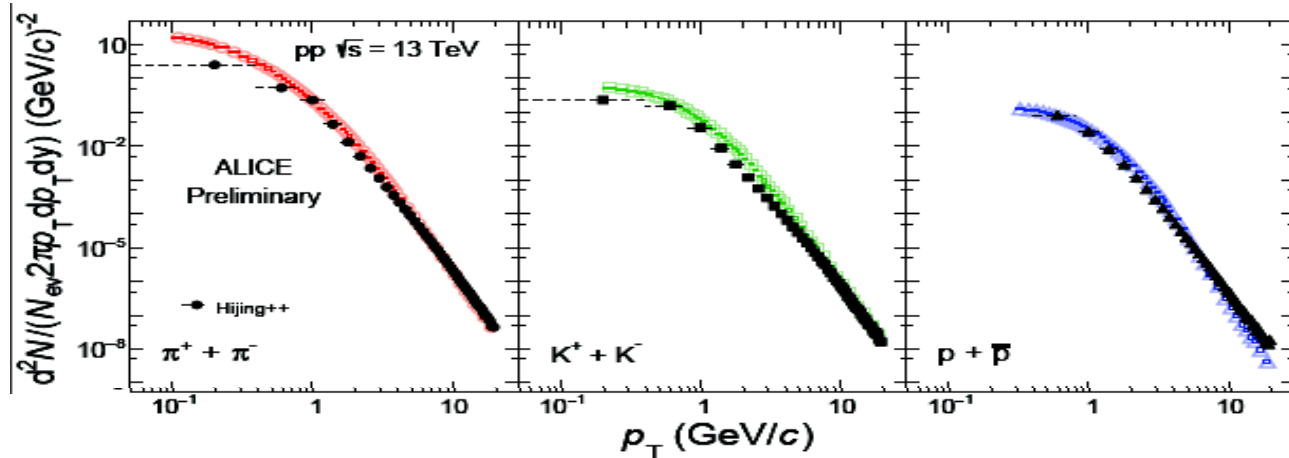
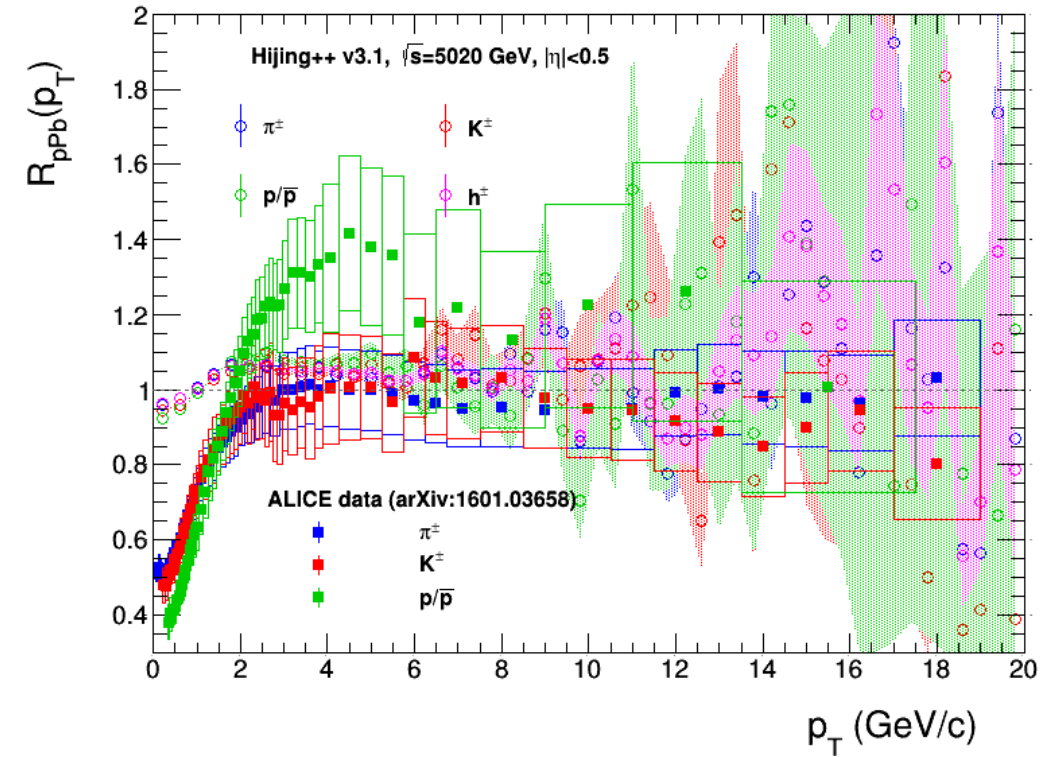
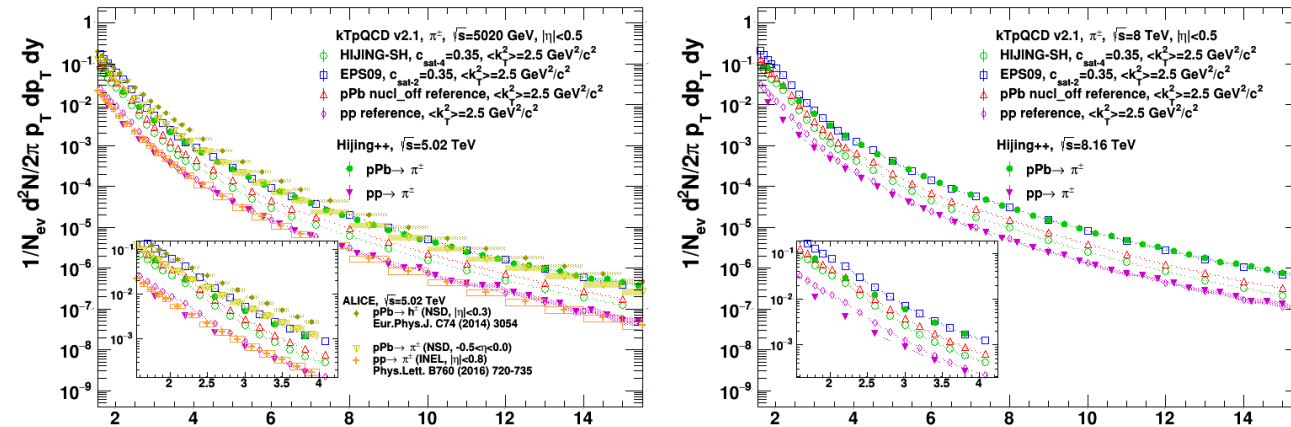
A nehézionfizikai részecske és jet szimulátor: HIJING++

- HIJING++ (HIJING3.0)
 - PYTHIA 8 namespace megmaradt
 - PYTHIA-típusú hisztogramok OK
 - „HIJING main” alá van beillesztve
 - Standard C++ libek használata
 - Fizika:
 - PYTHIA8: Parton szint, szoft folyamatok, LUND modell, ARIADNE, fragmentáció
 - HIJING2: Nukleáris effektusok: többszörös szórás, árnyékolás
 - Új fizika:
 - Javított árnyékolás, GLV jet elnyomás, LHAPDF6, GLVB?



A nehézionfizikai részecske és jet szimulátor: HIJING++

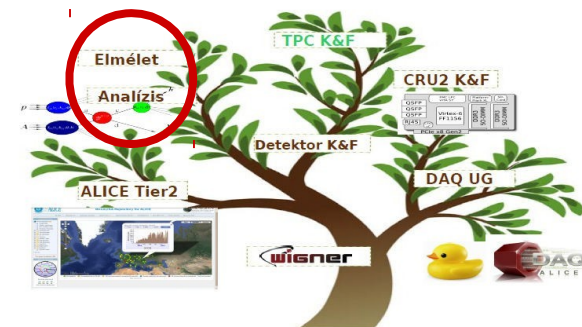
- HIJING++ (HIJING3.0)



Az erősen kölcsönható anyag fázisainak elméleti vizsgálata

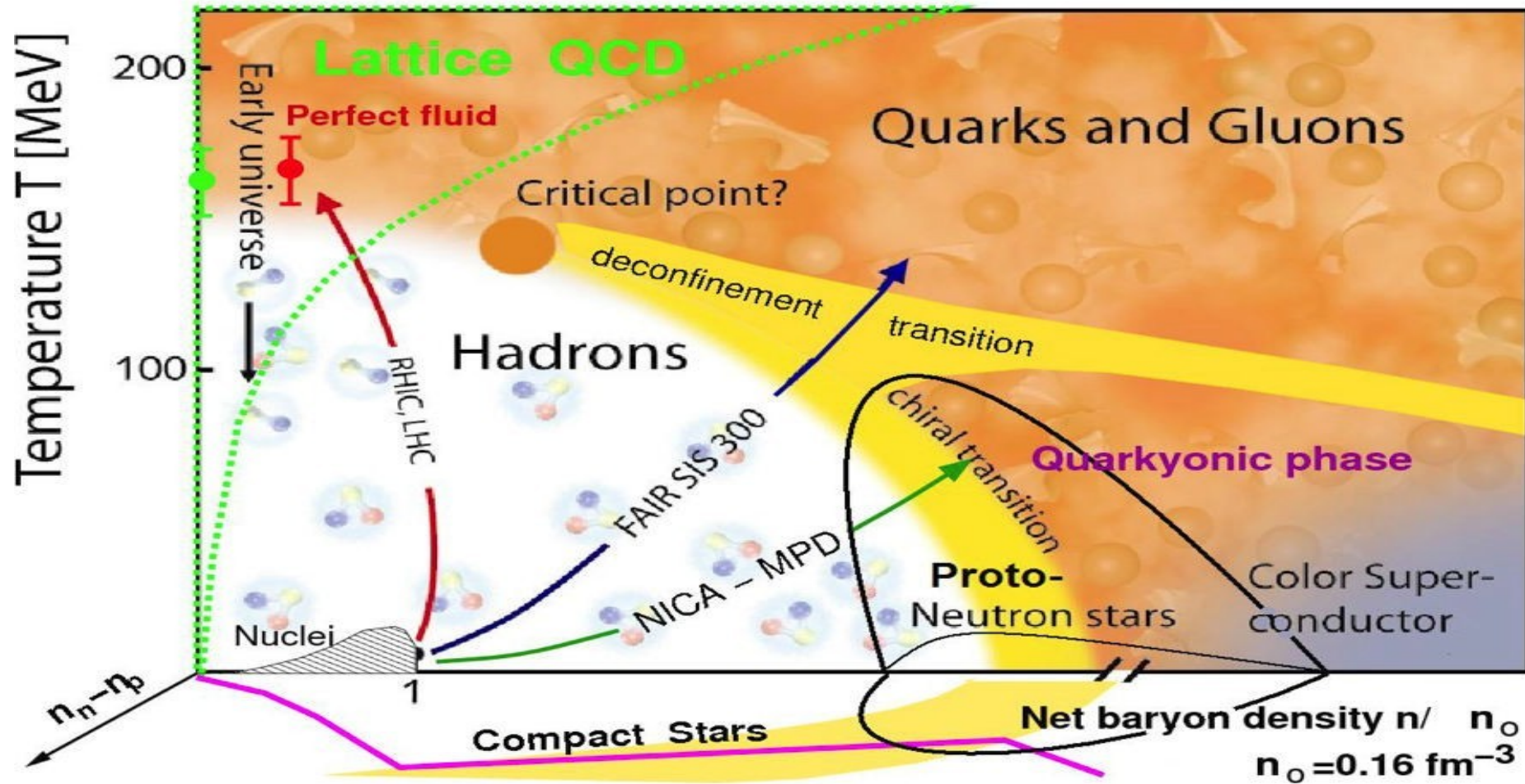
Nehézionfizika Kutatócsoport, Wigner GPU Laboratórium,
ELTE, CCNU, LBNL

T.S. Biro, G. Biró, A. Jakovác, Sz. Karsai, P. Pósfay, T. Takács



Az erősen kölcsönható anyag fázisai

- Extrém sűrű és FORRÓ anyag: hadronizáció vizsgálata



Az erősen kölcsönható anyag fázisai

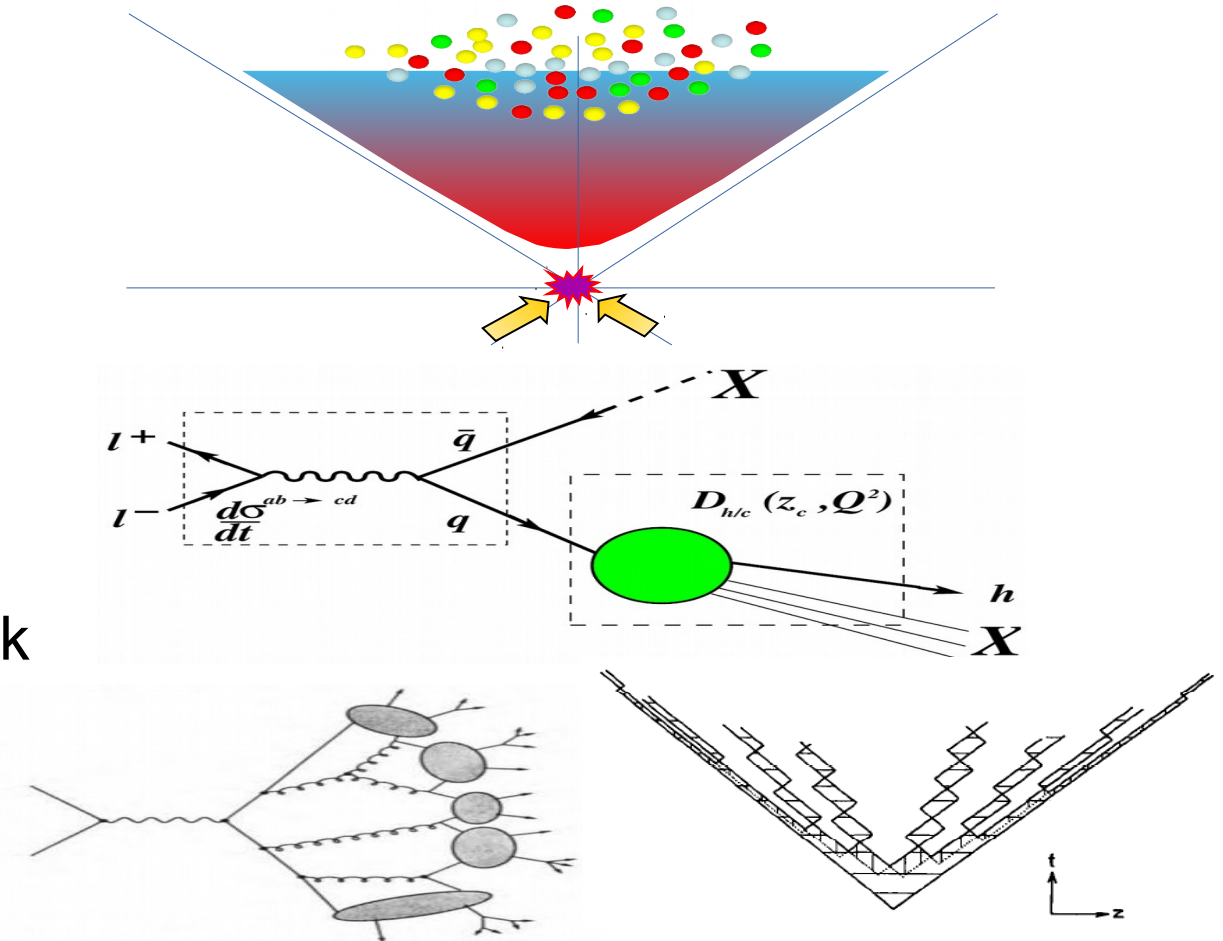
- Extrém sűrű és FORRÓ anyag: hadronizáció vizsgálata

Nagyenergiás ütközésben partonikus (q,g) folyamatokban a végállapotban hadronok keletkeznek.

A parton \rightarrow hadron átmenet a hadronizáció elméleti leírása mindmáig nem tiszta \rightarrow Fenomenologikus modellek

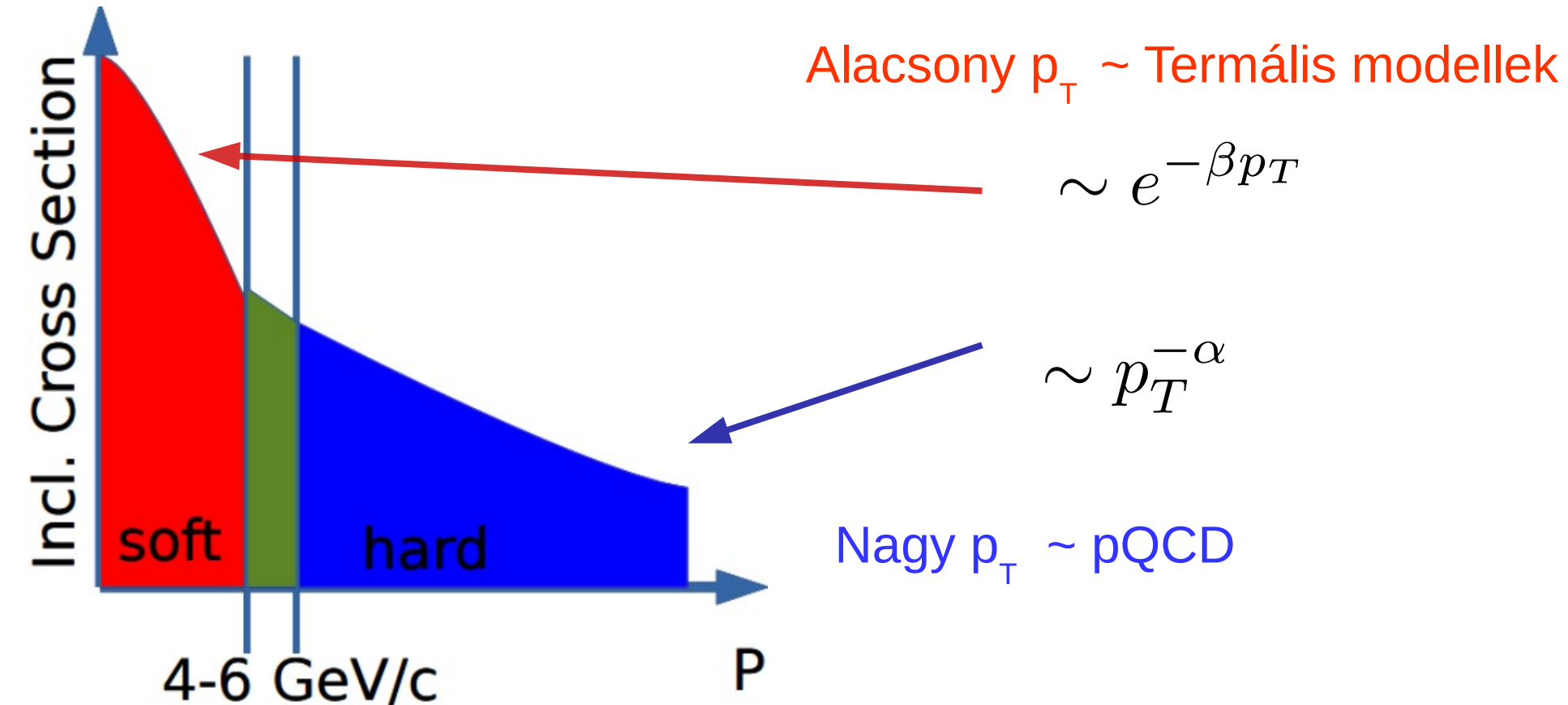
Fragmentációs modellek:

Feynman, Lund, string ,cluster, stb.



A hadronizáció vizsgálata Tsallis-Pareto alapú eloszlásokkal

Proton-proton ütközések azonosított, Inkluzív hadronspektruma



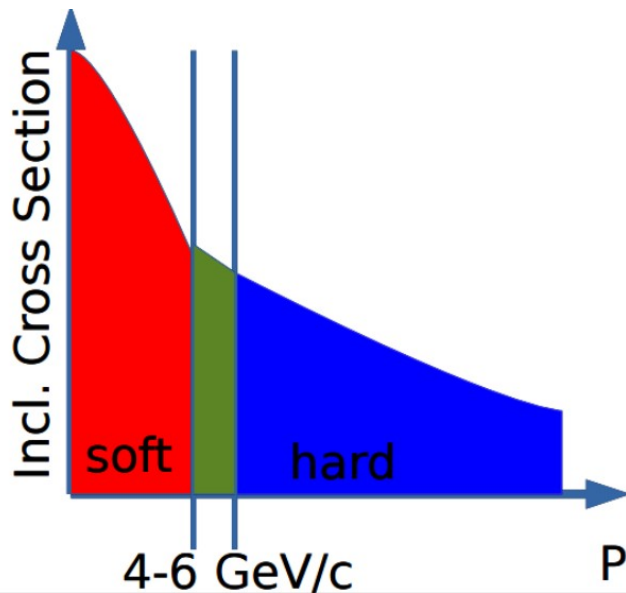
A hadronizáció vizsgálata Tsallis-Pareto alapú eloszlásokkal

Kísérleti tapasztalat: Tsallis-Pareto eloszlás

$$\frac{d\sigma}{dp_T} \sim \left[1 + \frac{q-1}{T} \varepsilon \right]^{-\frac{1}{q-1}}$$

$$\text{Kis } p_T: \quad \sim e^{-\varepsilon/T}$$

$$\text{Nagy } p_T: \quad \sim \varepsilon^{-\frac{1}{q-1}}$$



T – paraméter (body): Soft p_T

q – paraméter (tail): Hard p_T

A hadronizáció vizsgálata Tsallis-Pareto alapú eloszlásokkal

Extenzív statisztika: $S_{12} = S_1 + S_2$

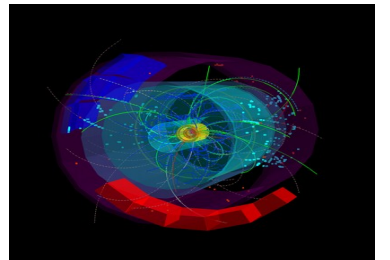
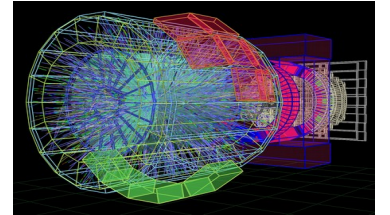
$S_S = - \sum_i p_i \ln p_i$ Boltzmann-Gibbs eloszlás: $\sim e^{-\beta \varepsilon}$

Nem-extenzív statisztika: $S_{12} = S_1 + S_2 + (q - 1)S_1 S_2$

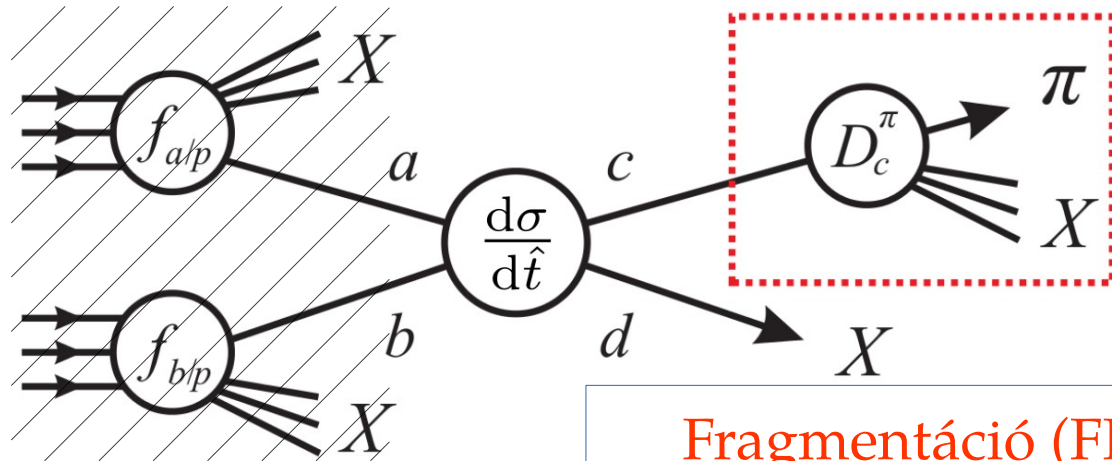
q-entrópia: $S_q = \frac{1}{q - 1} \left(1 - \sum_i p_i^q \right)$

Tsallis-Pareto eloszlás:

$$\sim \left[1 + \frac{q - 1}{T} \varepsilon \right]^{-\frac{1}{q-1}}$$

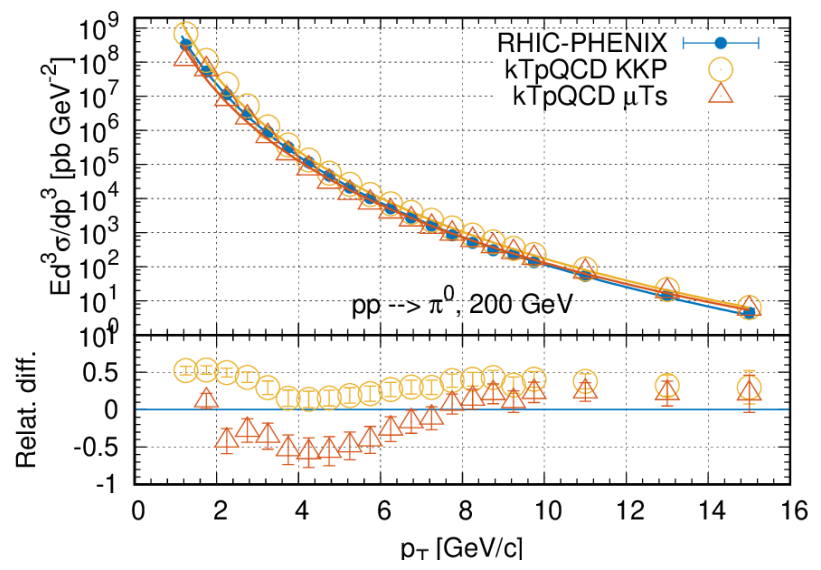
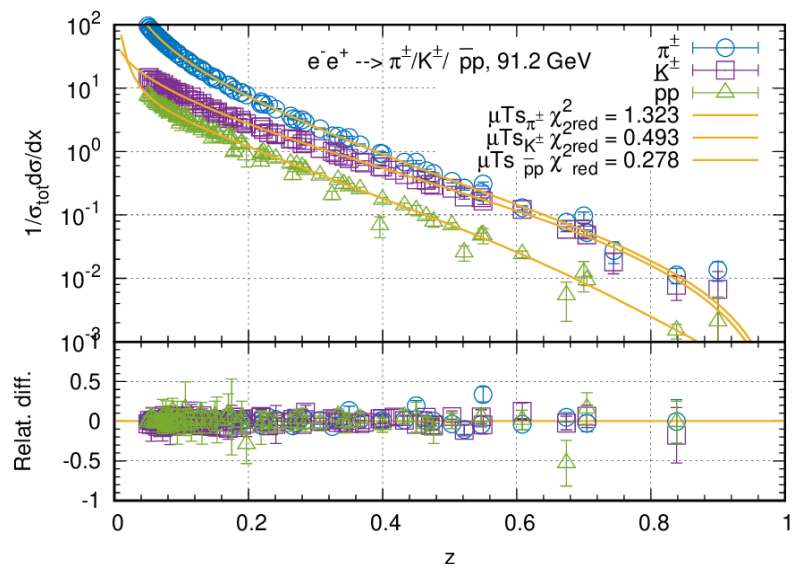


A hadronizáció vizsgálata Tsallis-Pareto alapú eloszlásokkal



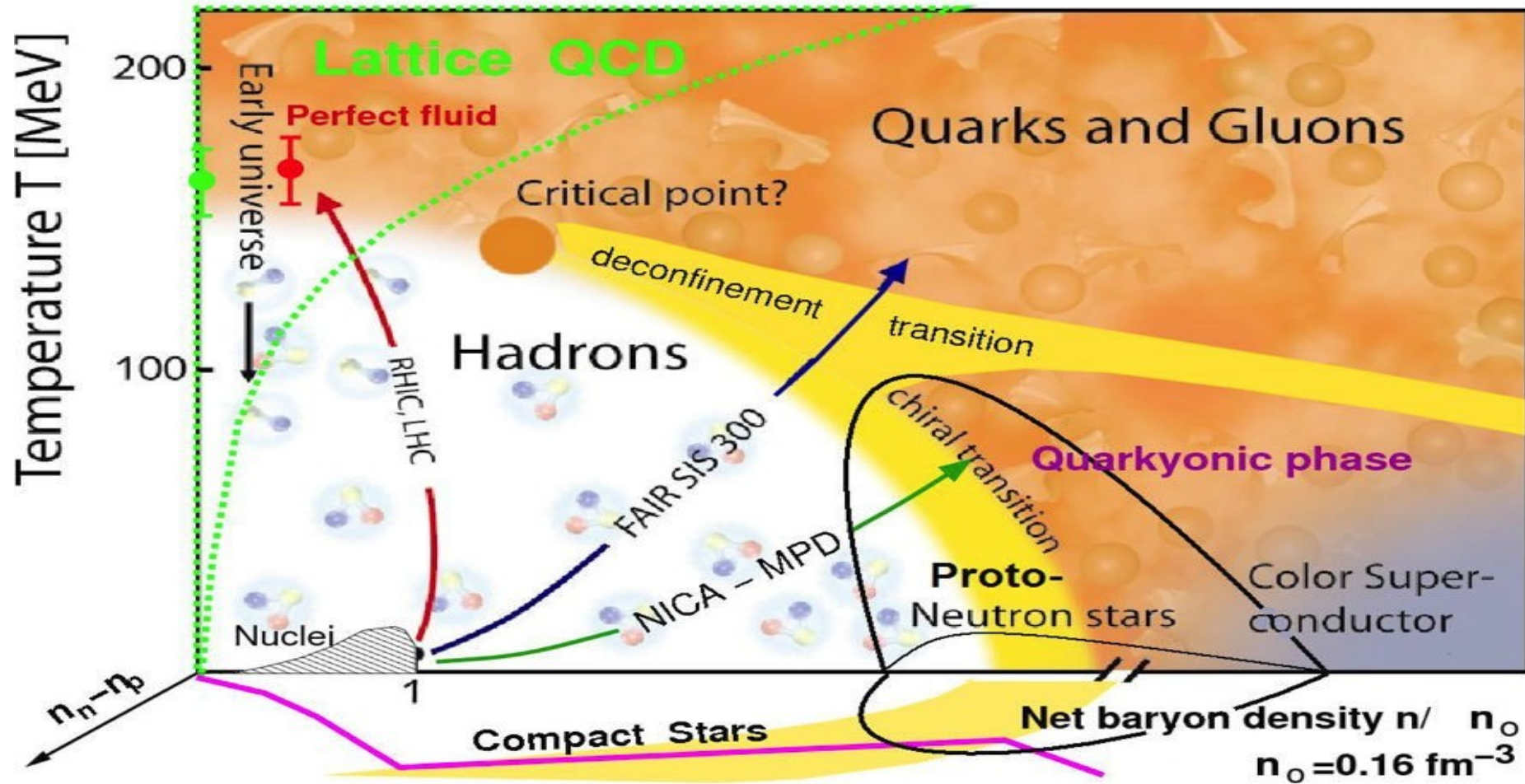
Fragmentáció (FF)

$$\sim (1 - z) \left[1 - \frac{q - 1}{T} \frac{\sqrt{s}}{2} \log(1 - x) \right]^{-\frac{1}{q-1}}$$

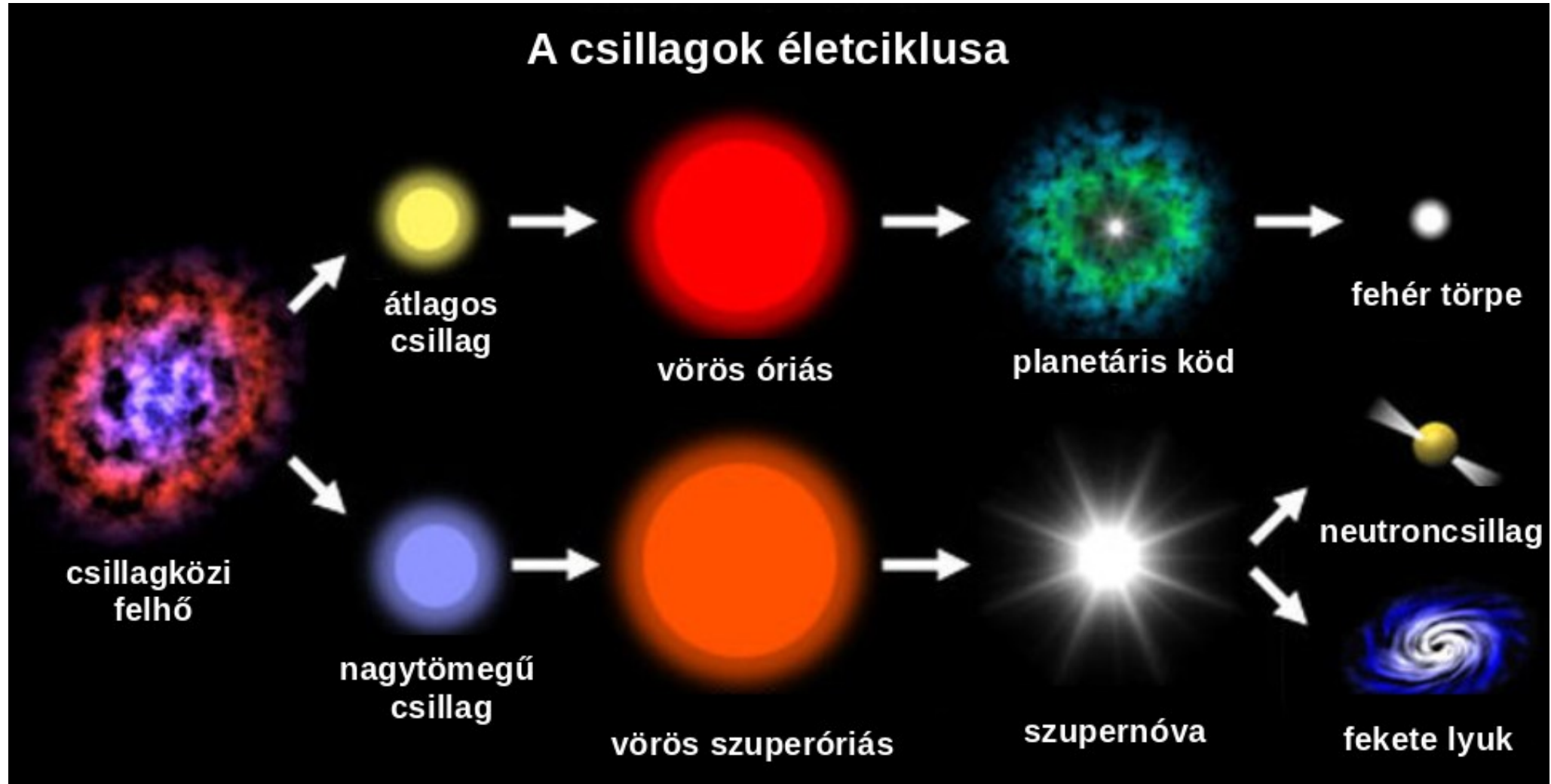


Az erősen kölcsönható anyag fázisai

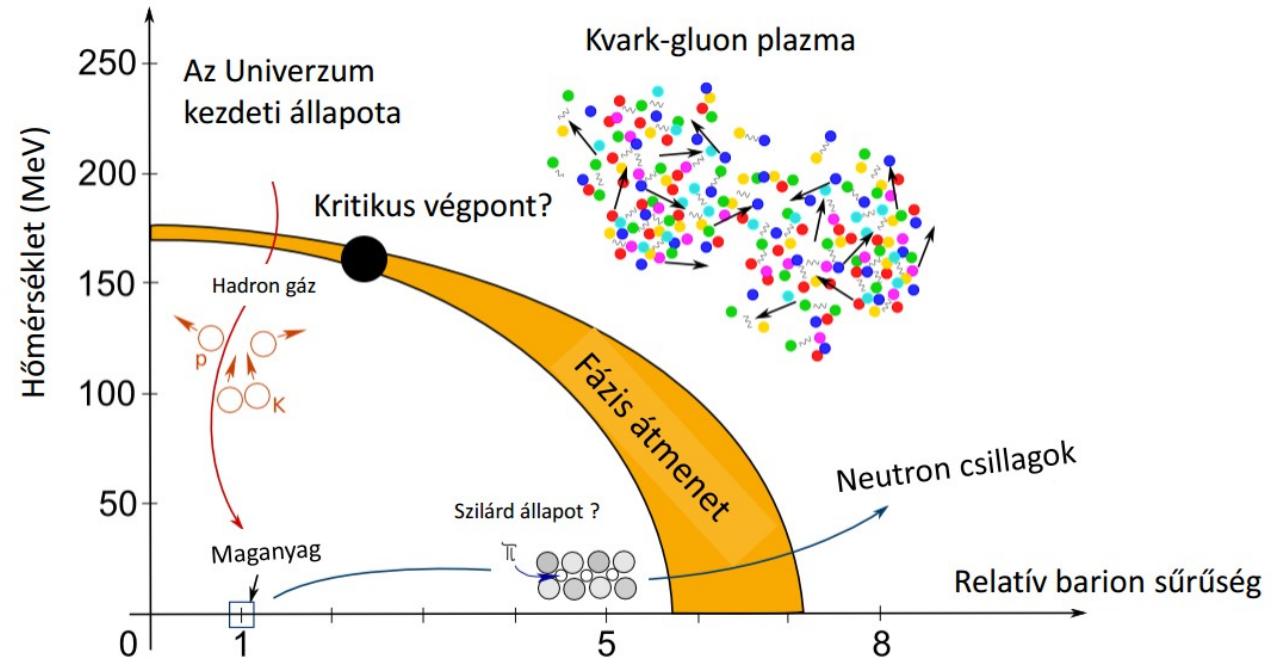
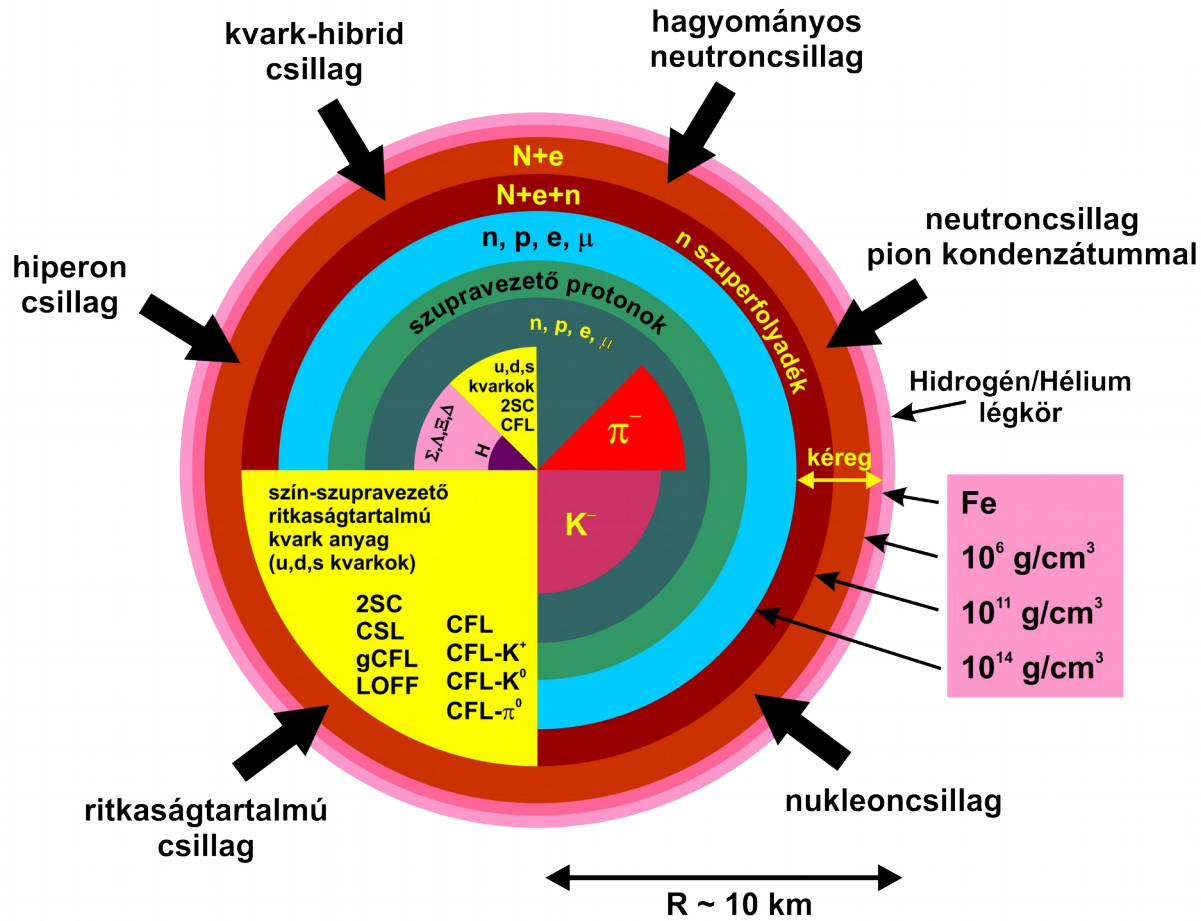
- Extrém sűrű és HIDEG anyag: kompakt csillagok vizsgálata



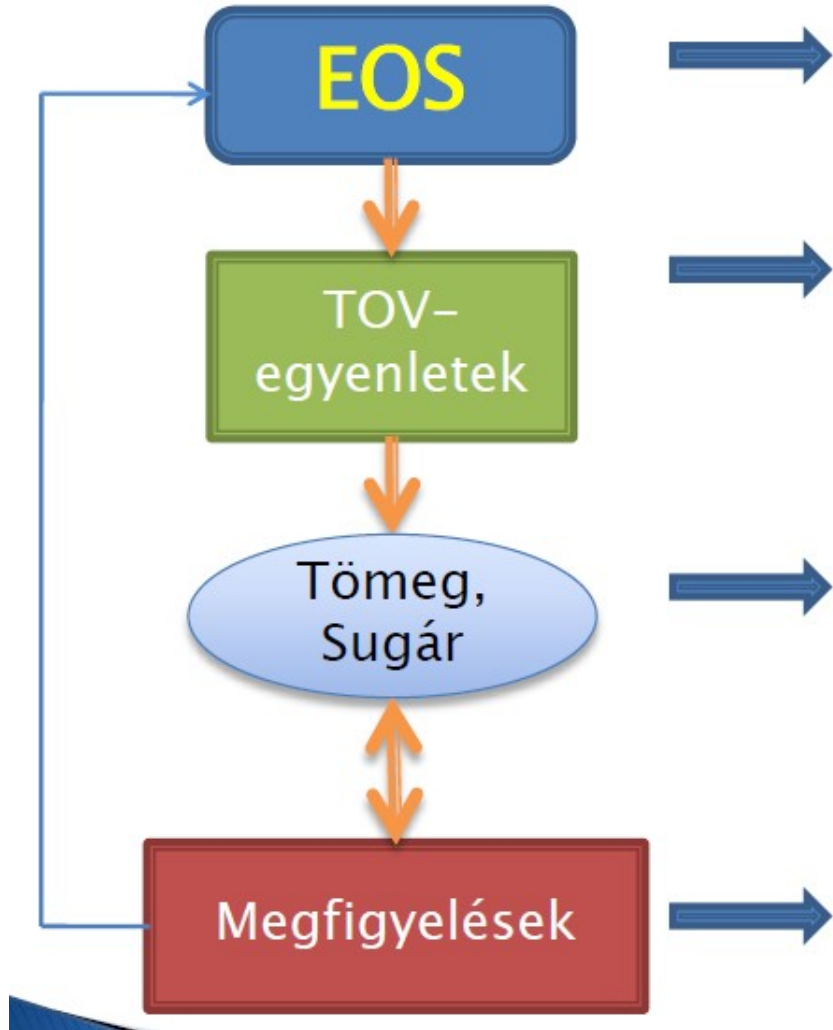
A kompakt csillagok belső szerkezetének vizsgálata



A kompakt csillagok belső szerkezetének vizsgálata

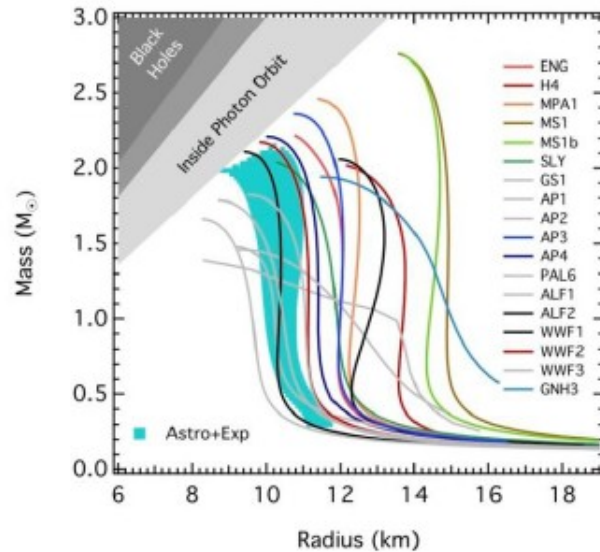


A kompakt csillagok belső szerkezetének vizsgálata



Kvantum effektusok figyelembe vétele

Statikus, gömbszimmetrikus csillag

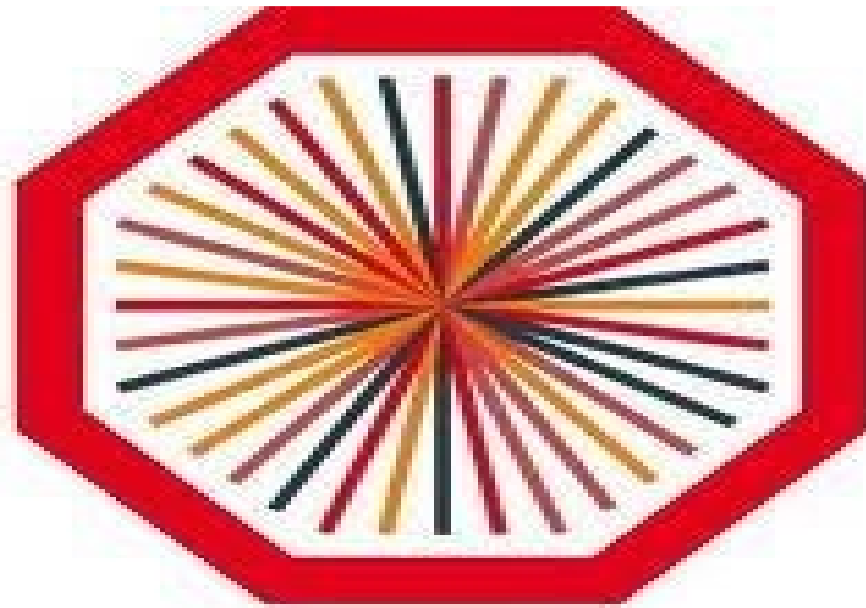


M-R diagram

A tömeg nagyon pontosan ismert, a sugár hibája nagy és modell függő

TÉMÁK

- Nagyenergiás ütközések vizsgálata
 - A HIJING++ kód fejlesztése és tesztelése (C++, FORTRAN, OpenCL) párhuzamosítás, árnyékolás függvény optimalizáció, kódtesztelés, párhuzamosítás
 - Elméleti kutatások
 - Nagyenergiás nukleáris effektusok vizsgálata fragmentáció nem-
extenzív statisztikus fizikával
- ALICE DAQ fejlesztés (firmware/szoftware fejlesztés)



ALICE

A JOURNEY OF DISCOVERY



Barnafoldi.Gergely@wigner.mta.hu