

Nehézion ütközések az európai Szupergyorsítóban

Lévai Péter

MTA KFKI RMKI

Részecske- és Magfizikai Kutatóintézet

**„Az atomoktól a csillagokig”
ELTE, 2008. márc. 27. 17.00**

Tartalomjegyzék:

- 1. Mik azok a „nehézionok”?**
- 2. Miért ütköztetjük őket össze?**
- 3. Hogy néz ki az európai Szupergyorsító ?**
- 4. Miért építettük meg az LHC-t ?**
- 5. Hol tartunk ma ?**

1. Mik azok a „nehézionok” ?

Az elemek periódusos rendszere:

1 H																	2 He
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
55 Cs	56 Ba	57 La	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
87 Fr	88 Ra	89 Ac	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg							

A stabilitás határa

Lantanidák:

Aktinidák:

58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr

$$^{209}\text{Bi} : \tau = 1.9 \cdot 10^{19} \text{ év}$$

$$^{238}\text{U} : \tau = 4.5 \cdot 10^9 \text{ év}$$

1. Mik azok a „nehézionok” ?

Az elemek periódusos rendszere:

1 H																	2 He
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
55 Cs	56 Ba	57 La	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
87 Fr	88 Ra	89 Ac	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg							

Lantanidák:

Aktinidák:

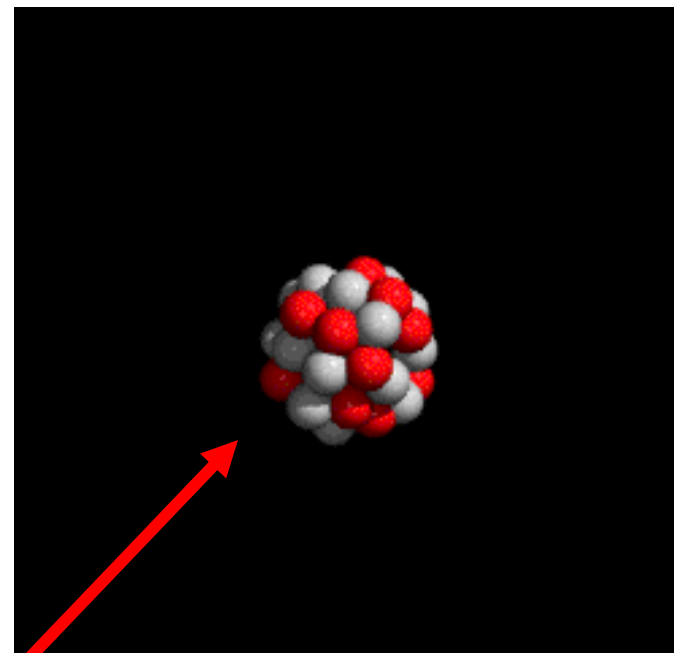
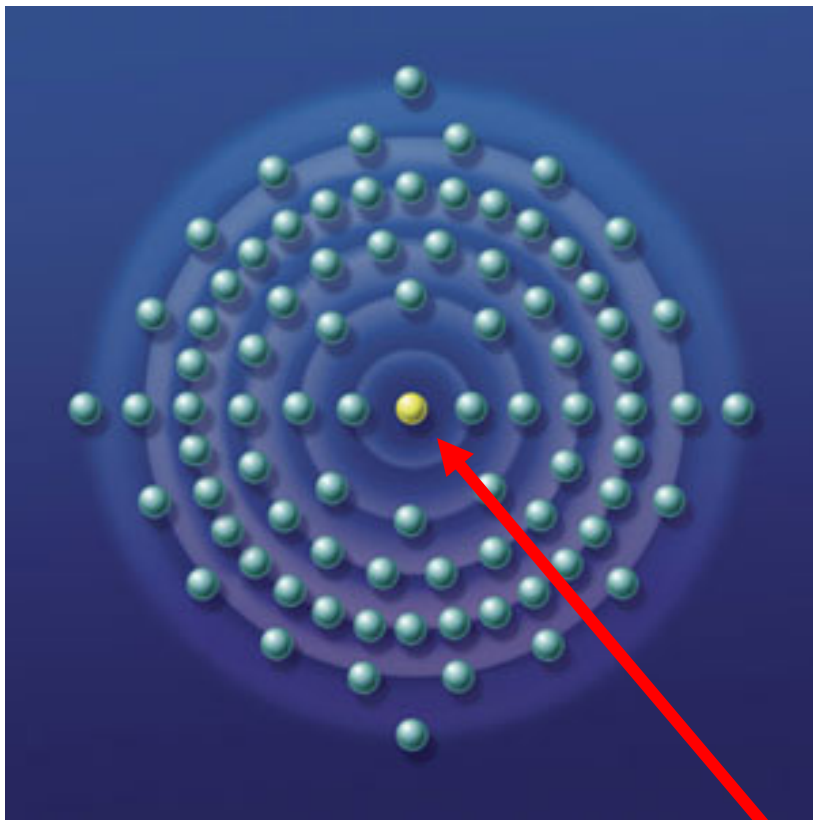
58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr

„Nehéz atommagok”
→ nehézionok

1. Mik azok a „nehézionok” ?

Atom = elektronok + atommag

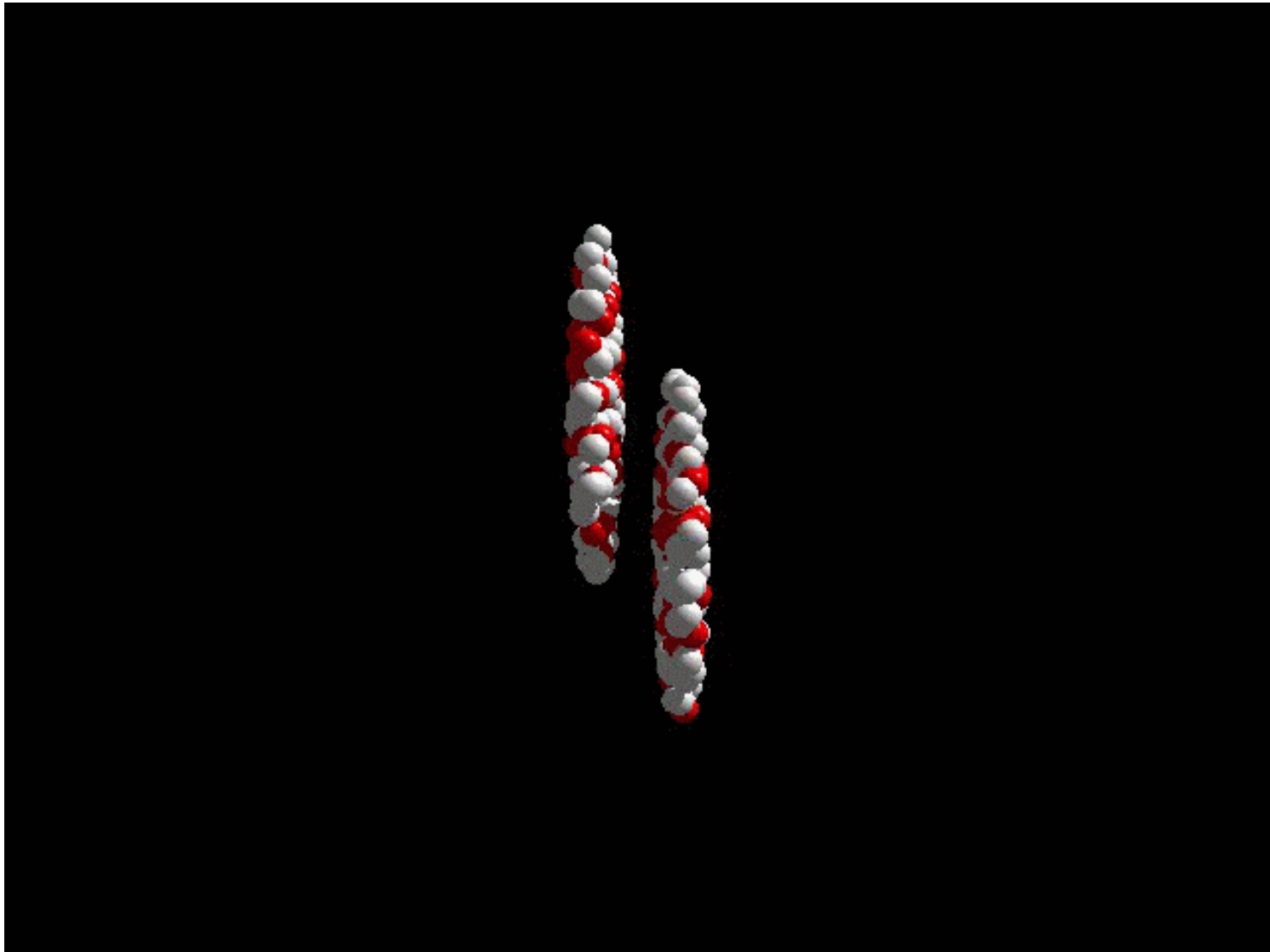
Csupaszítsuk le
az atommagot !!!



Ólom atom: 82 elektron + ^{208}Pb atommag

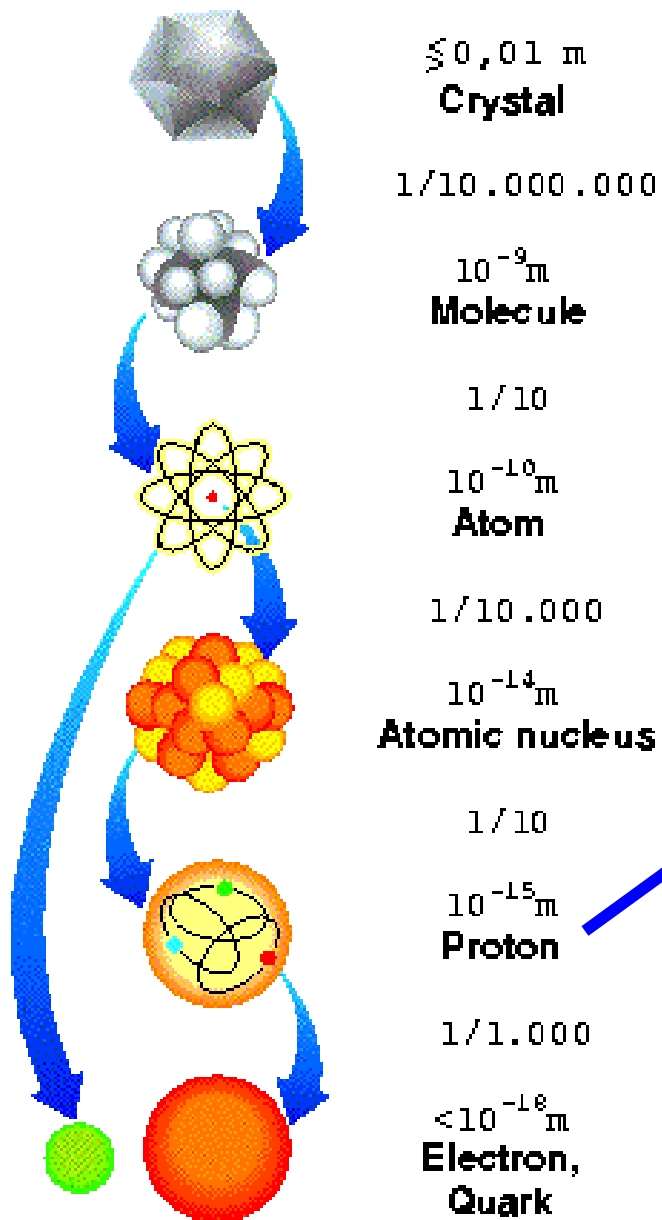
82 proton + 126 neutron \rightarrow 82-szeresen töltött
„nehézion”

2. Gyorsítsuk fel és ütköztessük a nehézionokat !

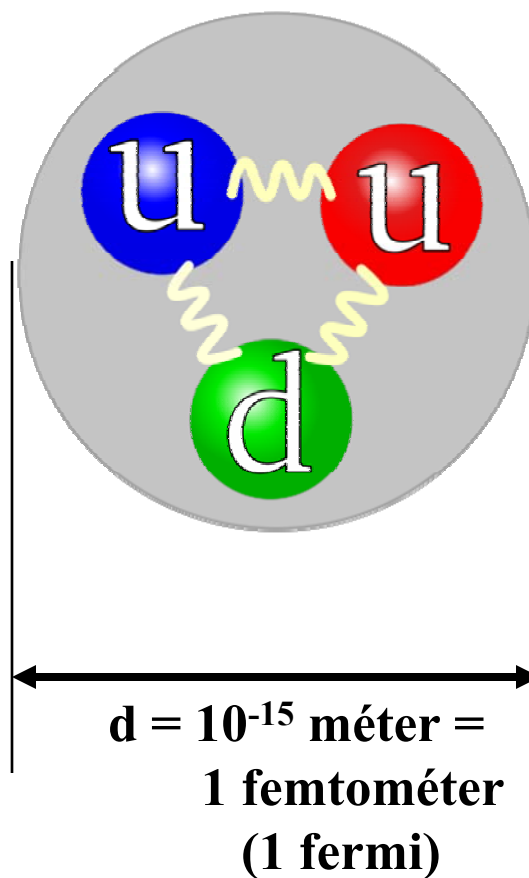


De miért is tesszük ezt ?

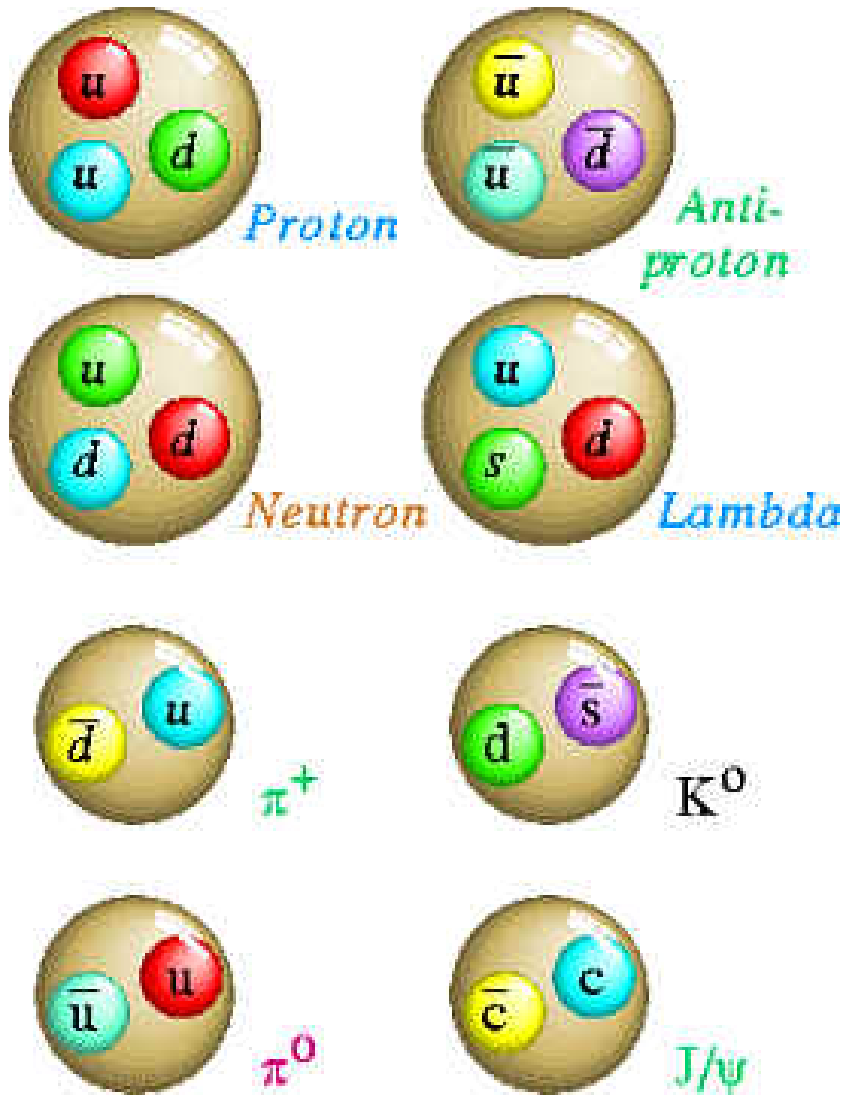
2. A protonoknak is van belső szerkezete !!!!



Proton = 3 kvark + ragasztó



2. Sok elemi részecskének van belső szerkezete !!!!



Kvarkok alkotta
elemi részecske

→ **HADRON**

Ragasztó → **GLUON**

Hadronvilág



**Kvarkok és gluonok
világa**

2. Hány féle kvark van ???

6 féle + antipárjuk

$\left(\frac{2}{3}\right)$

up



$\left(\frac{2}{3}\right)$

charm



$\left(\frac{2}{3}\right)$

top



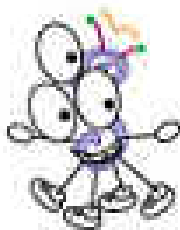
$\left(-\frac{1}{3}\right)$

down



$\left(-\frac{1}{3}\right)$

strange



$\left(-\frac{1}{3}\right)$

bottom



A kvarkoknak
tört töltése van

→ u kvark: + 2/3

→ d kvark: - 1/3

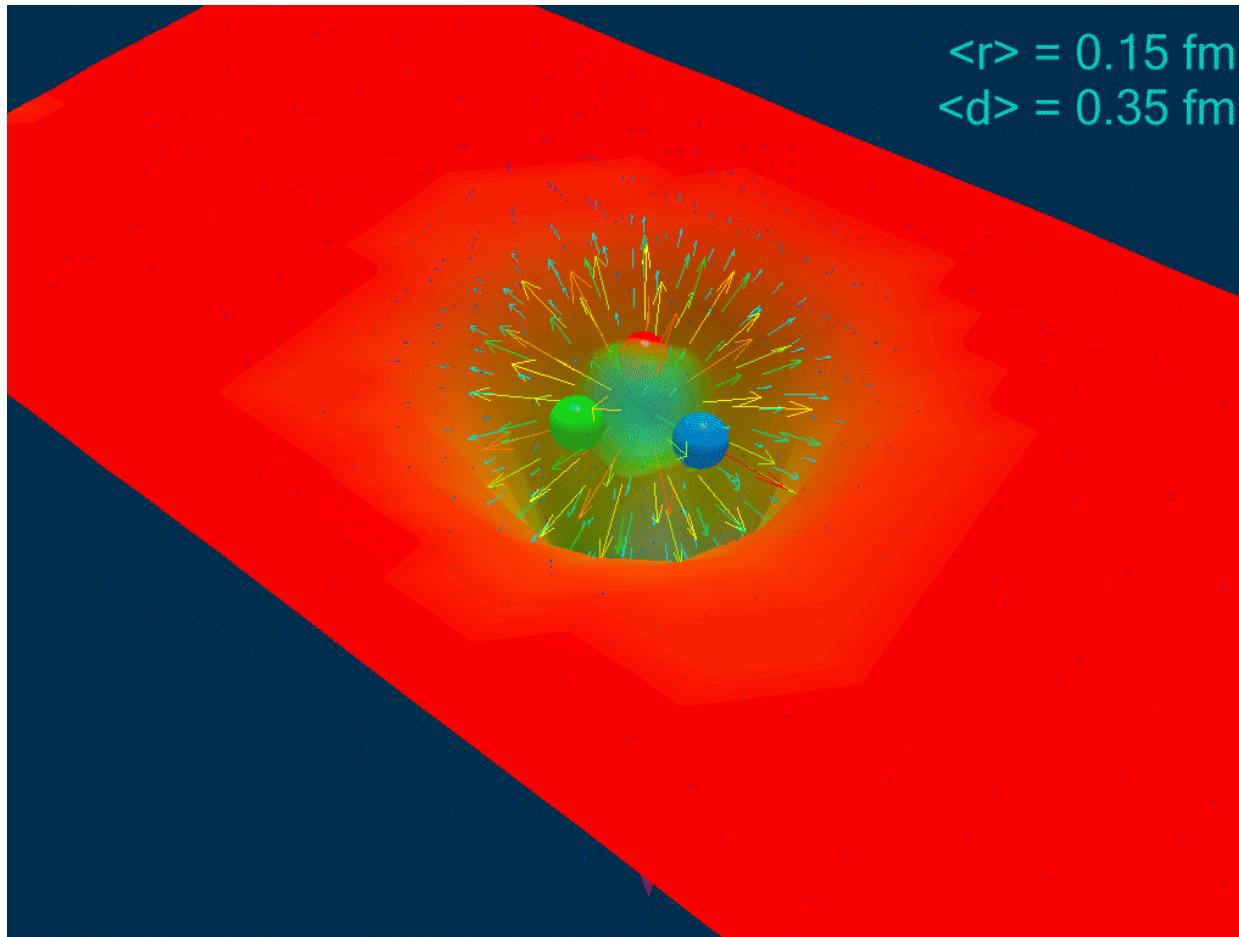
Proton: uud → + 1

Látunk szabad hadronokat

De nem láttunk
szabad kvarkokat !!!!

Miért van ez ????

2. A kvarkok közötti kölcsönhatás „bezáró” !



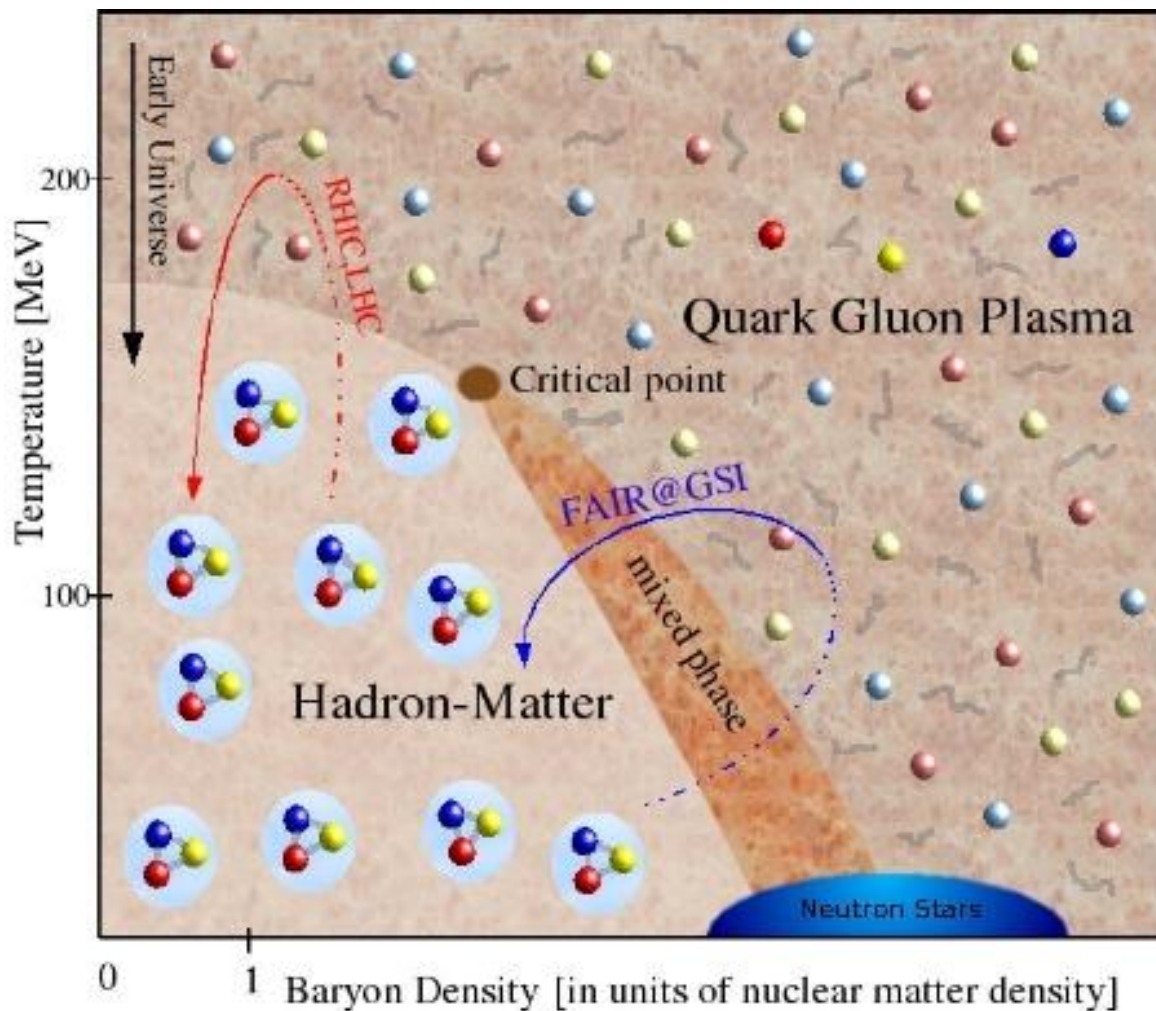
A gluonok által közvetített erős kölcsönhatás nagy távolságon vonzó, kis távolságon Coulomb-szerű:

$$\rightarrow V_{ij}(r) = K \cdot r + \alpha_s \lambda_i \lambda_j / r$$

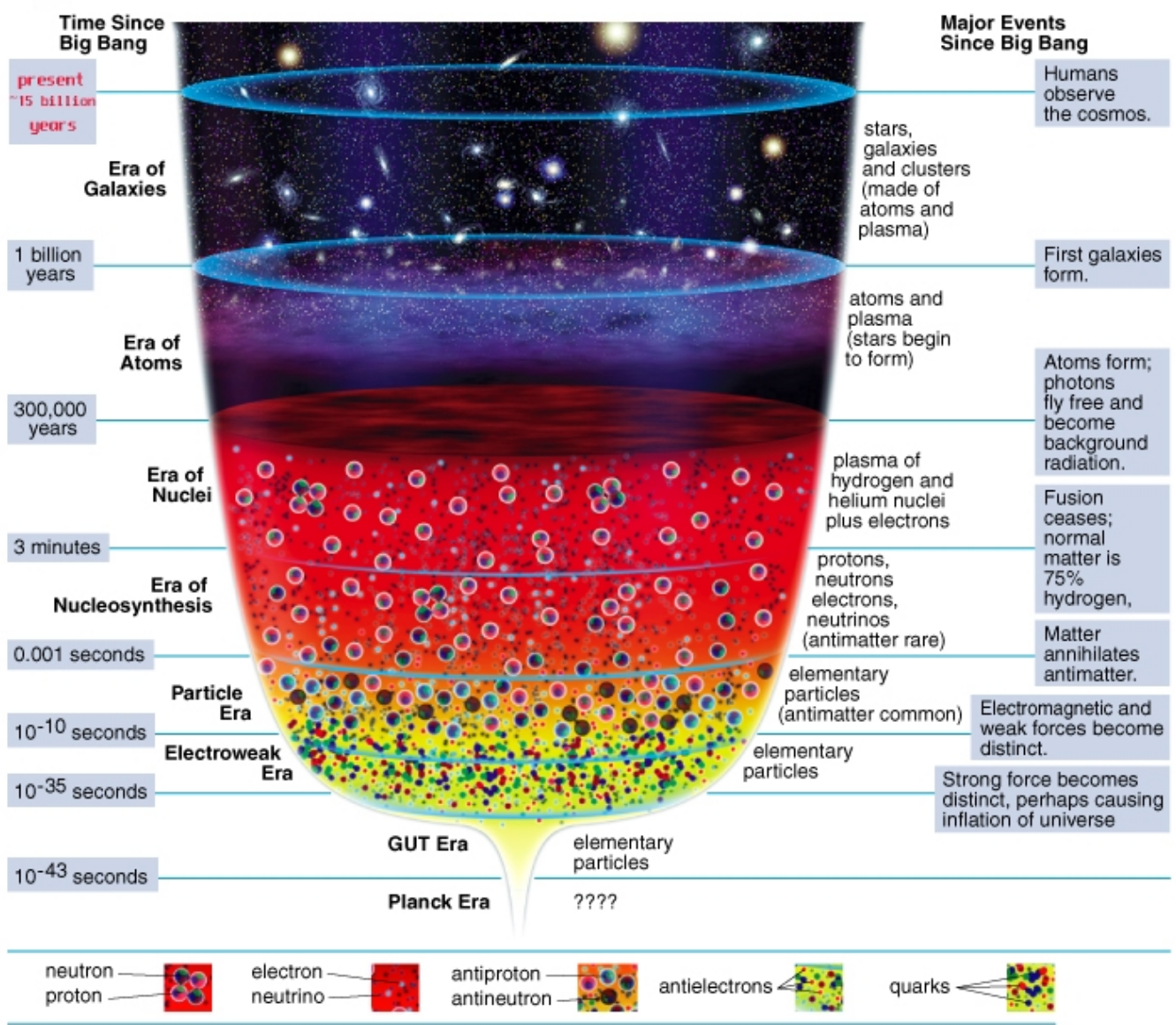
szín-töltés !!!!

2. A nehézionok ütköztetése: új anyag előállítása

A protonokba és neutronokba zárt kvarkokat és gluonok akarjuk kiszabadítani és létrehozni a **kvark-gluon plazmát (QGP)**



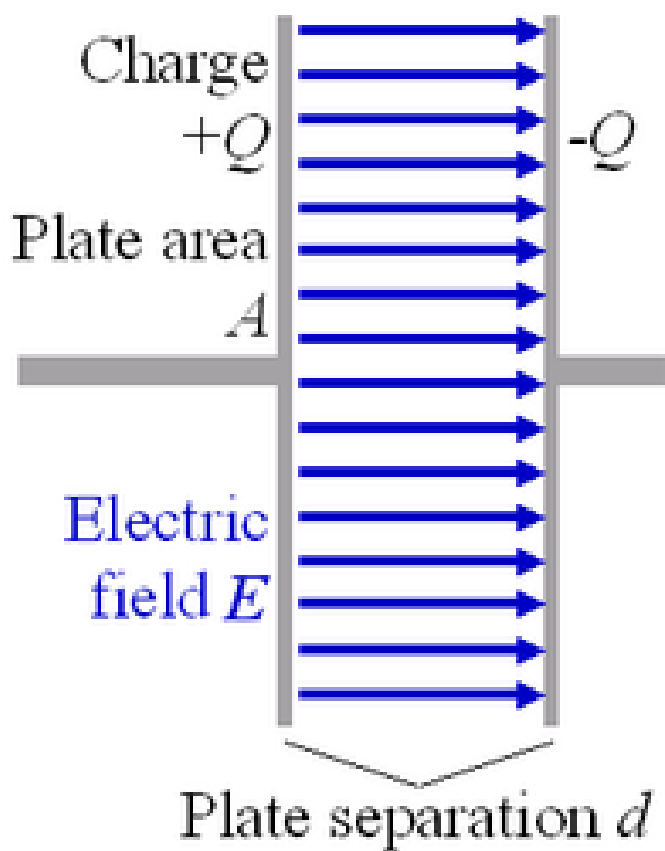
2. Kvark-gluon plazma: az Univerzum őszanyaga !!!



2. Hogyan gyorsítunk nehézionokat ?

Elektromosan töltött részecskék gyorsítása:

Kondenzátor kapacitása: $C = \epsilon A/d \rightarrow U = Q / C$



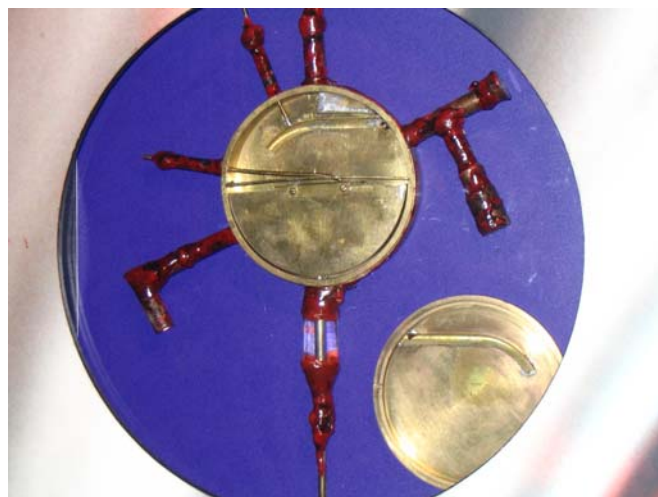
1 eV: az az energia, amit
1 elektron töltés nyer
1 V feszültségkülönbség
befutása után

Lineáris gyorsítók:
gyorsító modulok egymás után

Ciklikus gyorsítók:
mágneses tér körpályán tartja
+ gyorsító modulok



Gyorsítók: 1930 ⇒⇒⇒ 2007 CERN LHC

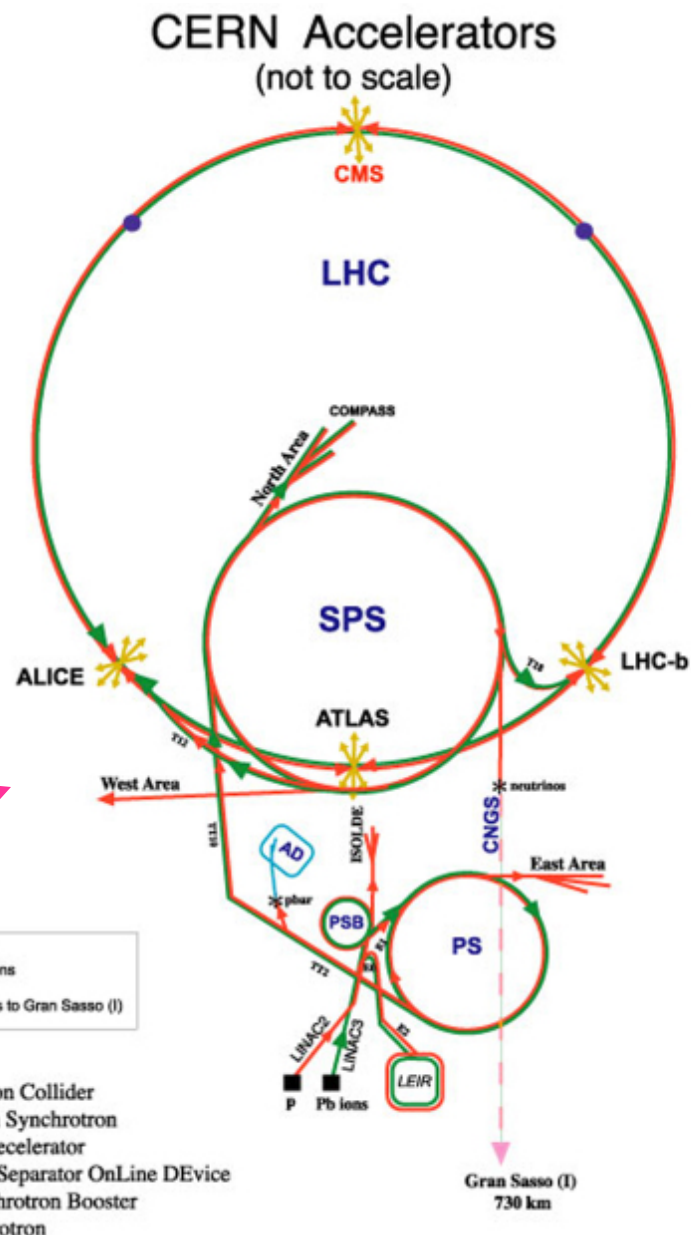


Az első ciklotron, 1930, Lawrence

Átmérő:	12 cm	($1.2 \cdot 10^1$ cm)
Energia:	80 ezer eV	($8 \cdot 10^4$ eV)
Stáb:	1+1 ember	($2 \cdot 10^0$ fő)
Mai ár:	150 euro	($1.5 \cdot 10^2$ €)

A CERN LHC komplexum, 2007

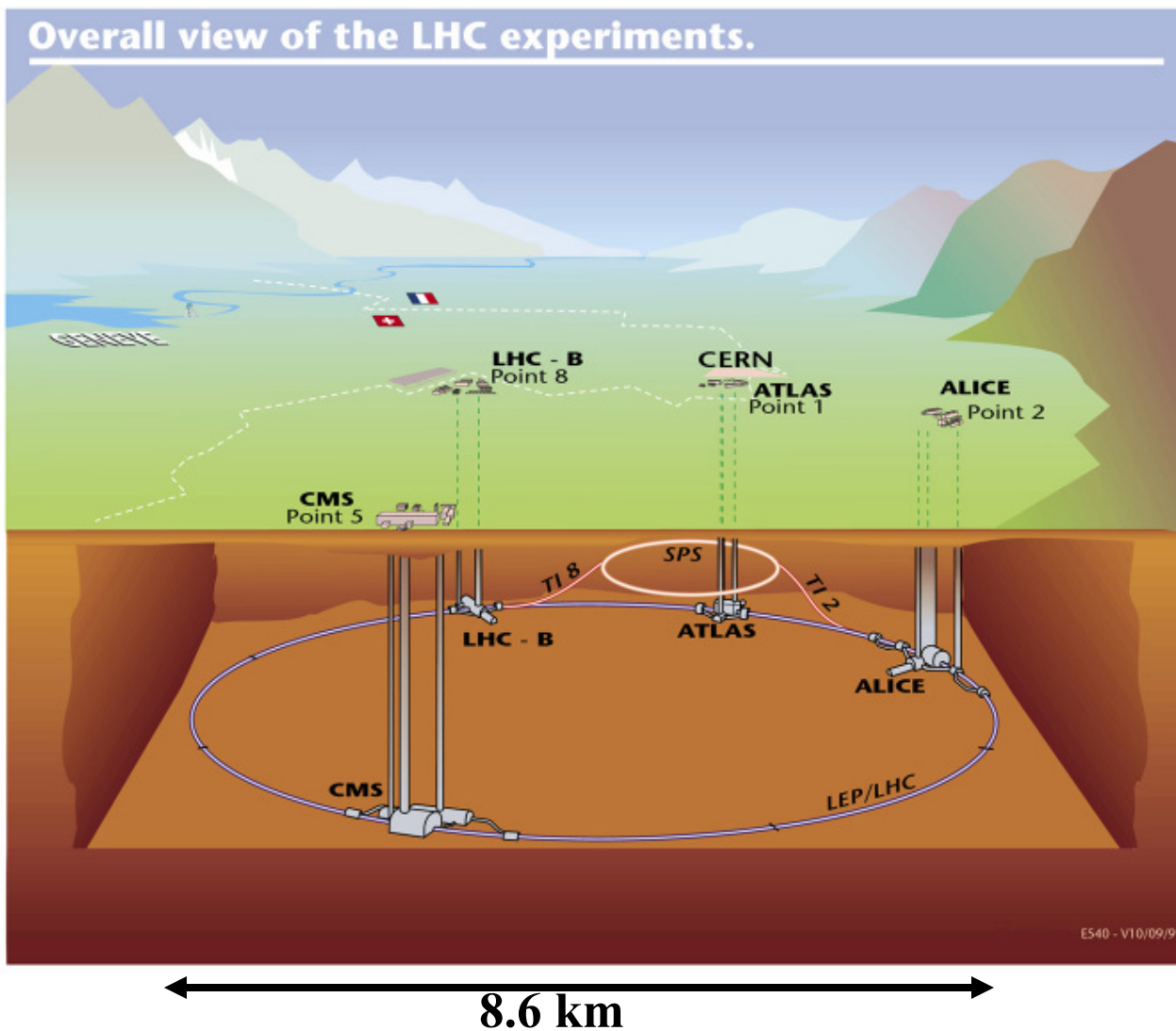
Átmérő:	8.6 km	($8.6 \cdot 10^5$ cm)
Energia:	7 TeV	($7 \cdot 10^{12}$ eV)
Stáb:	2500 + 7500 fő	($1 \cdot 10^4$ fő)
Mai ár:	~15 mrd euro	($1.5 \cdot 10^{10}$ €)





3. CERN LHC: a Föld legnagyobb berendezés

Magyarország 1992 óta teljes jogú tagja a CERN-nek
~1 %-ban vagyunk „tulajdonosok”



L3
OPAL
NA49
ASACUSA

ALICE
CMS

ATLAS
TOTEM



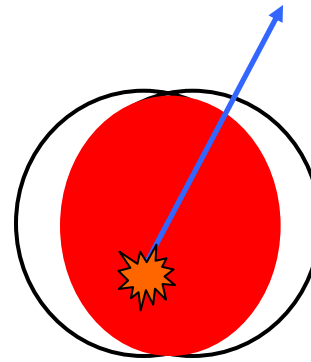
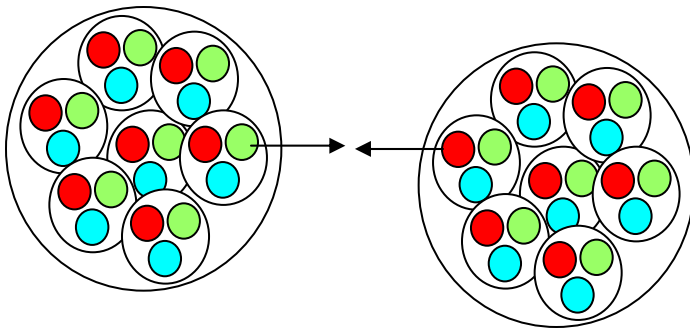
Mit találhatunk a Nagy Hadron Ütköztetőben?

1. Új elemi részecskéket, új szimmetriákat, új fizikai törvényeket
proton+proton ütközések (p+p) → CMS

2. Az anyag új halmazállapotait, pl. a keresett kvark-gluon plazmát
nehézionok, pl. ólom atommagok ütközése (Pb+Pb)

A protonba és neutronba zárt kvarkok kiszabadulása

A kvark-gluon plazma halmazállapot kialakulása, → ALICE
tulajdonságainak részletes vizsgálata



Nagy impulzusú hadronok
üzenetet hoznak a
sűrű, forró anyag
korai állapotairól



3. Meglepetés !!!!

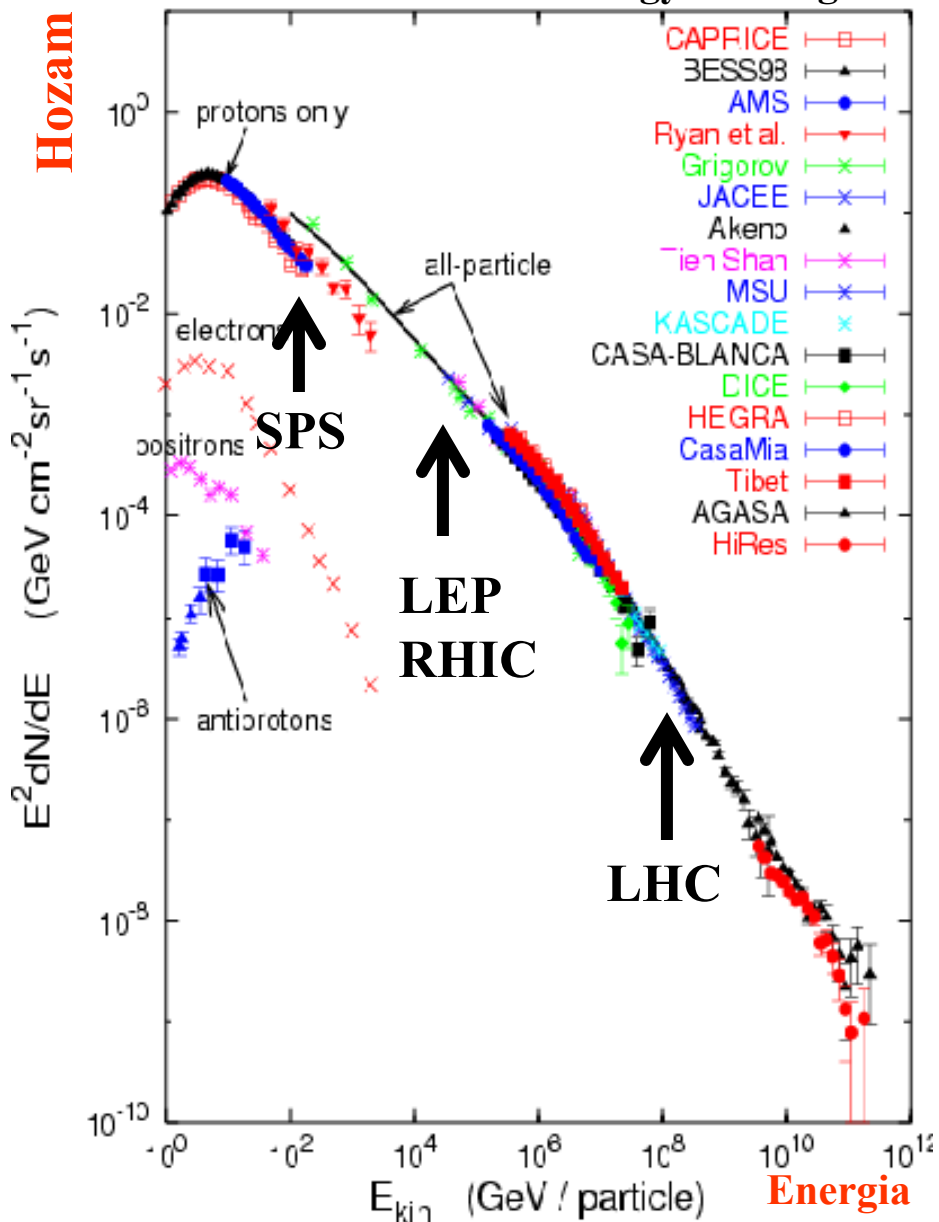
Extra dim.? Fehér/fekete lyuk? ...

Az Univerzum nagyon korai állapotainak
kísérleti, laboratóriumi tanulmányozása



Milyen nagy az LHC energiája ?

A kozmikus részecskék gyakorisága



Kozmikus sugárzás - folyamatosan:

max. $E_{kin} = 10^{12}$ GeV – de ez ritka

Fix targetes gyorsítók:

CERN SPS: $E_{kin} = 2 \cdot 10^2$ GeV

Ütközőnyalábos gyorsítók:

CERN LEP és BNL RHIC

$\sqrt{s} = 100 + 100$ GeV

$\Rightarrow E_{kin} = 2 \cdot 10^4$ GeV

CERN LHC

$\sqrt{s} = 7000 + 7000$ GeV

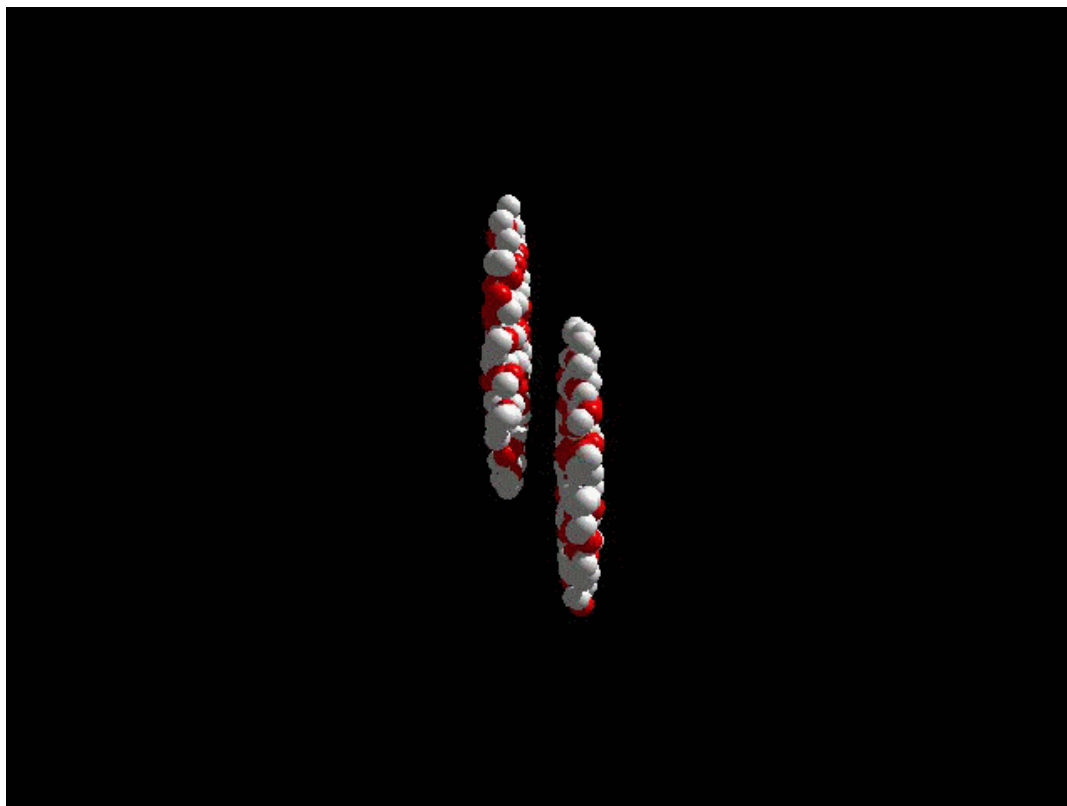
$\Rightarrow E_{kin} = 10^8$ GeV

Nem kell aggódnunk:

Bármilyen „katasztrófa” már rég bekövetkezett volna az elmúlt évmilliók során (ld. fekete lyuk) egy Föld méretű céltárgy esetén.



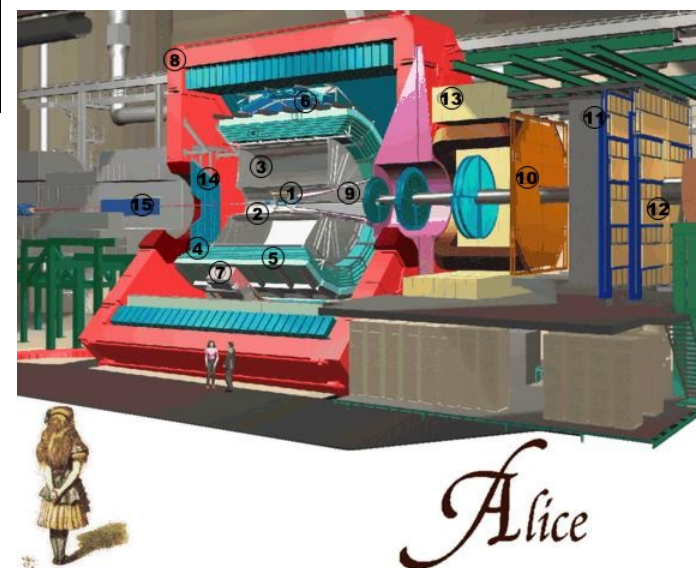
A nehézion ütközések kísérleti vizsgálata

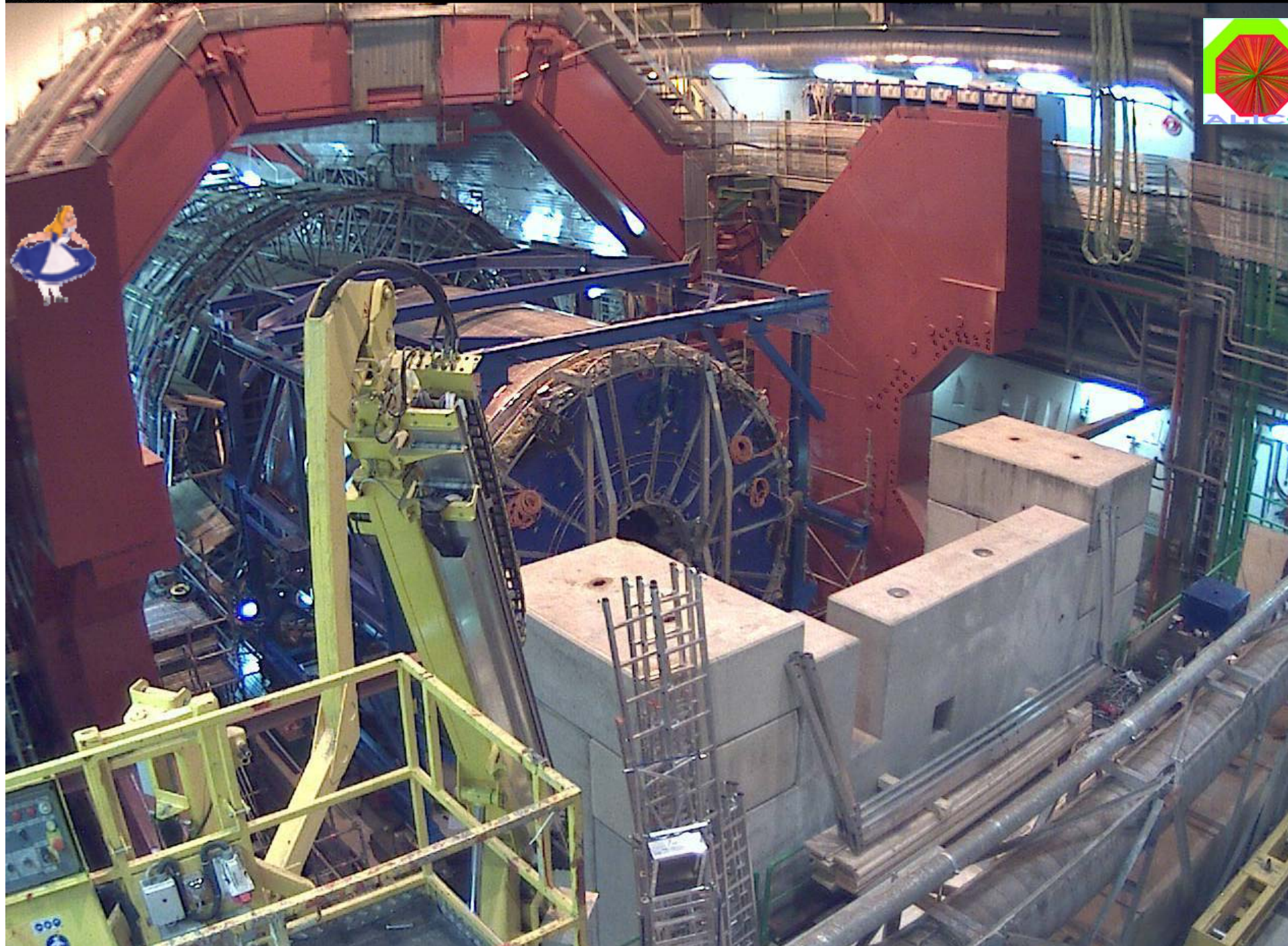


Ólom atommagok
ütközése, 5500*208 GeV

Szimuláció
 10^{-13} cm méretskálán

Kell egy hatalmas mikroszkóp:
ALICE detektor
26 m hosszú, 16 m magas
10 000 tonna, 1000 ember





Szolenoid mágnes 0.5 T Kozmikus sugárzás trigger

„Forward” detectorok

- PMD
- FMD, T0, V0, ZDC

Specializált detektorok

- HMPID
- PHOS

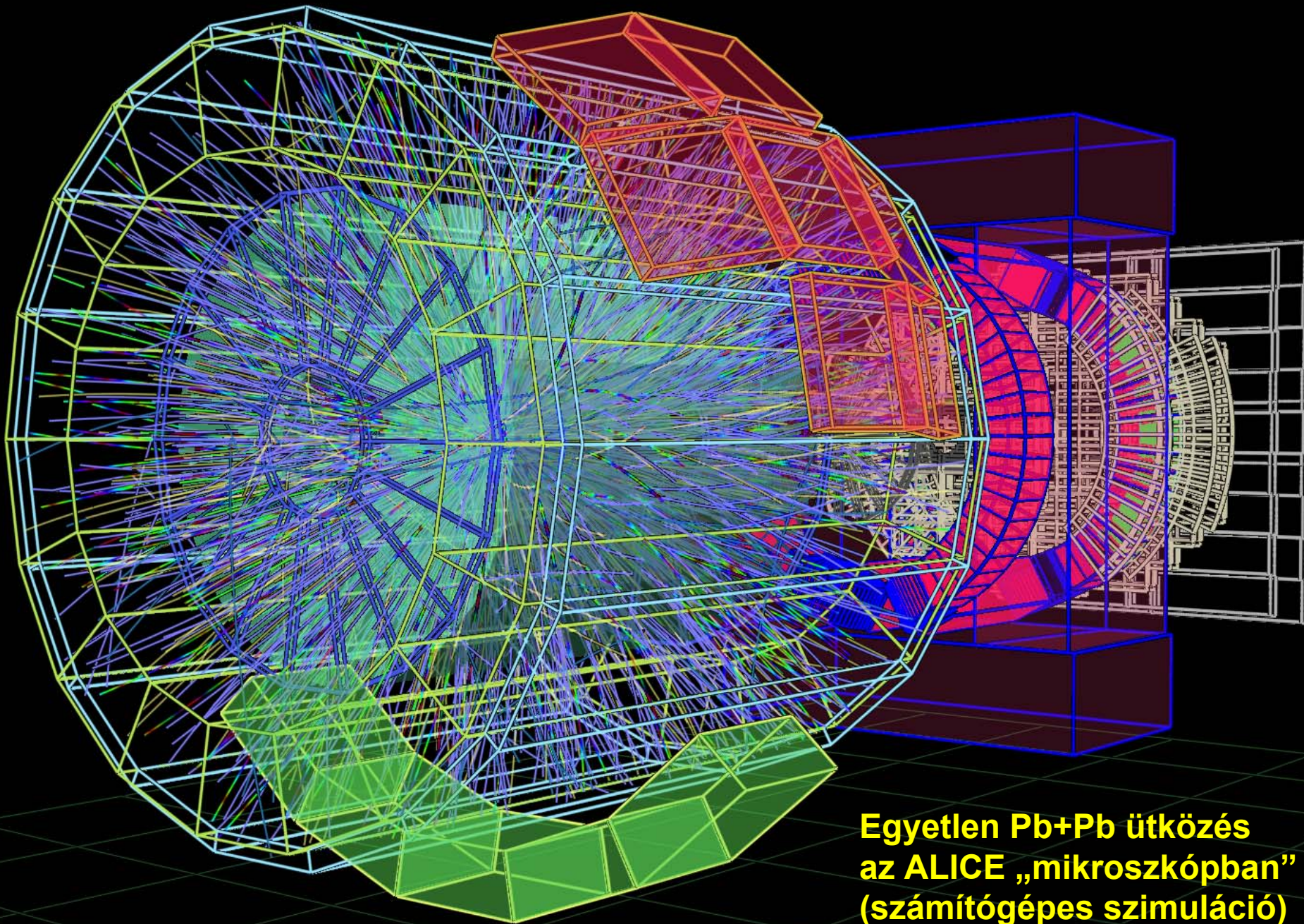
Központi nyomkövető rendszer

- ITS
- TPC
- TRD
- TOF

MUON Spektrométer

- elnyelő anyagok
- nyomkövető állomások
- trigger kamrák
- dipól mágnes

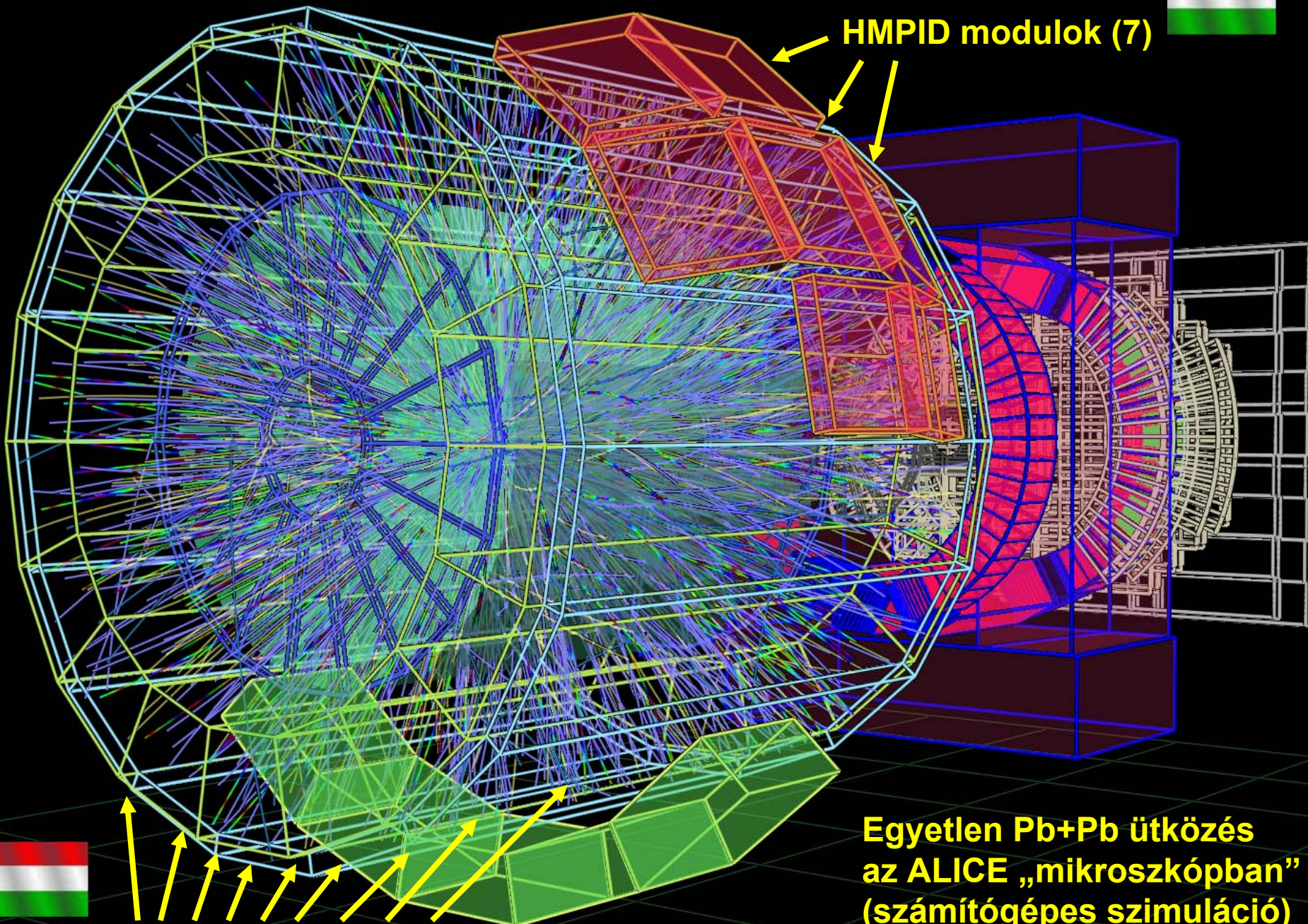




**Egyetlen Pb+Pb ütközés
az ALICE „mikroszkópban”
(számítógépes szimuláció)**



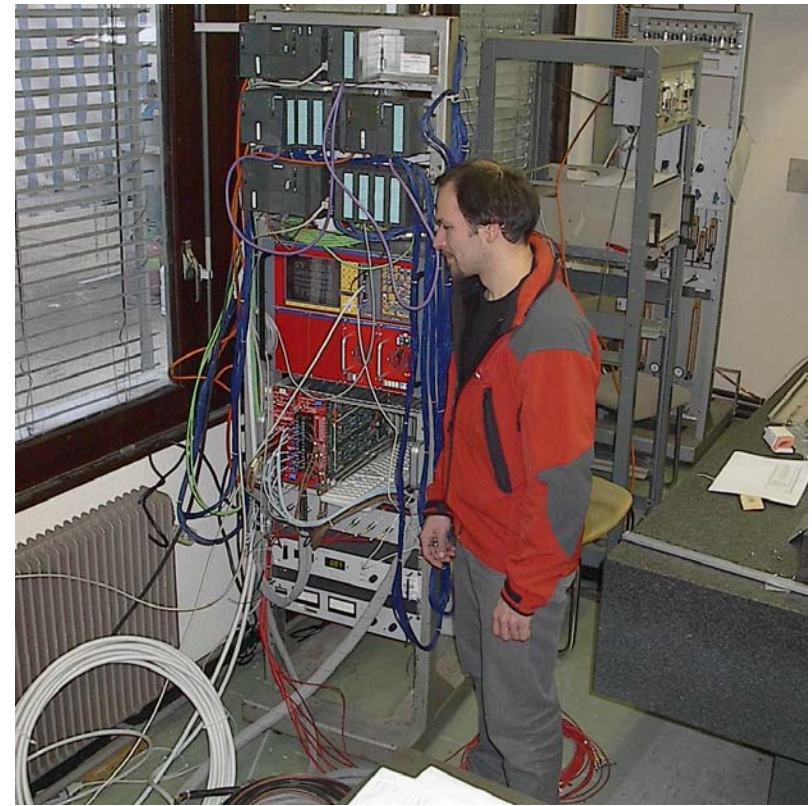
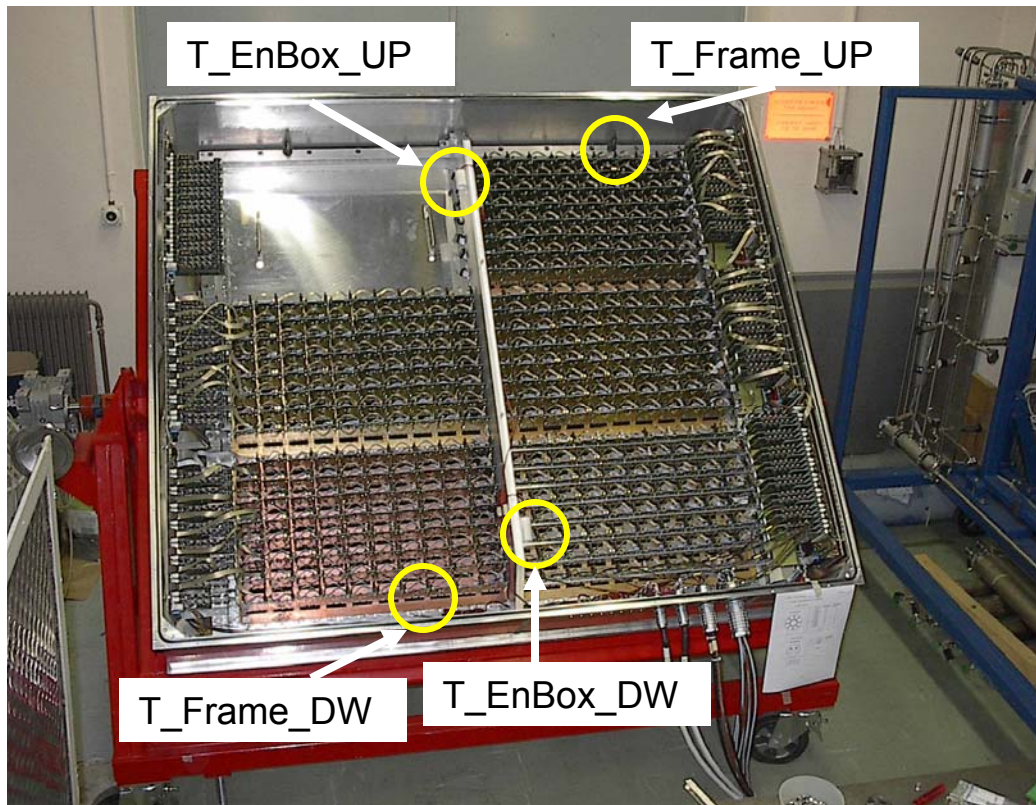
HMPID modulok (7)



VHMPID modulok helye ($2 \times 10 \text{ m}^2$)

Egyetlen Pb+Pb ütközés az ALICE „mikroszkópban” (számítógépes szimuláció)

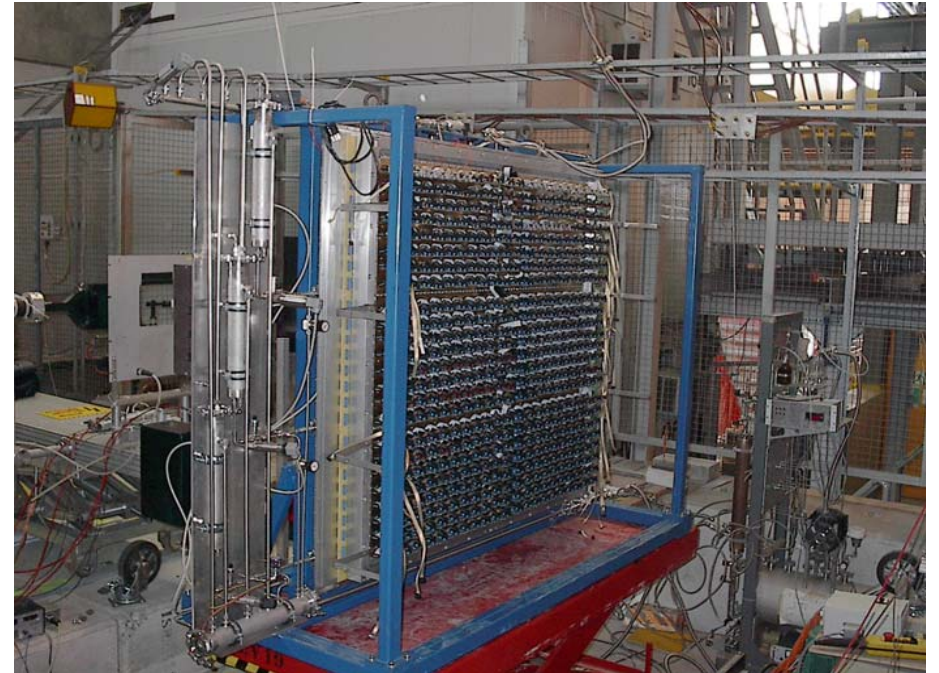
A HMPID Mod5 hűtési tesztje



Fotók: Paolo Martinengo

G.G. Barnaföldi, 2006 Febr.

A HMPID modulok végső összeszerelése



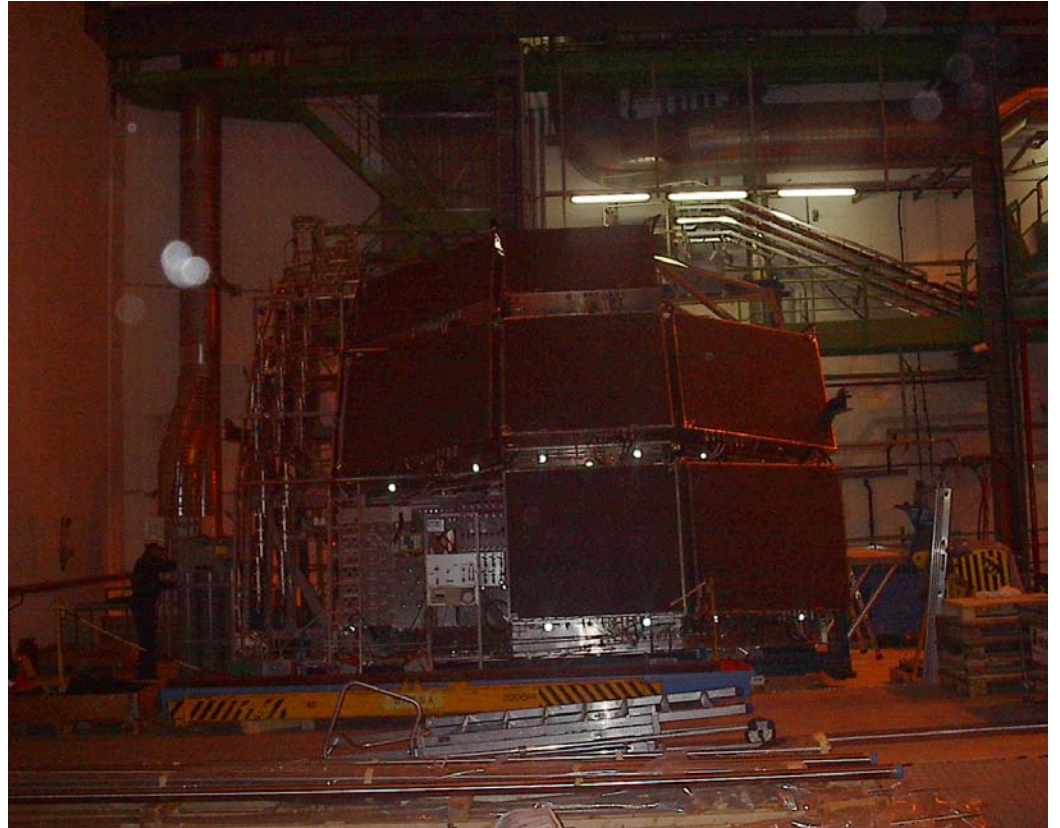
G.Hamar, N. Novitzky, 2006 Jul-Sep.
CERN Summer Students

A. Agócs → 2007 Jul-Aug

A HMPID modulok installálása



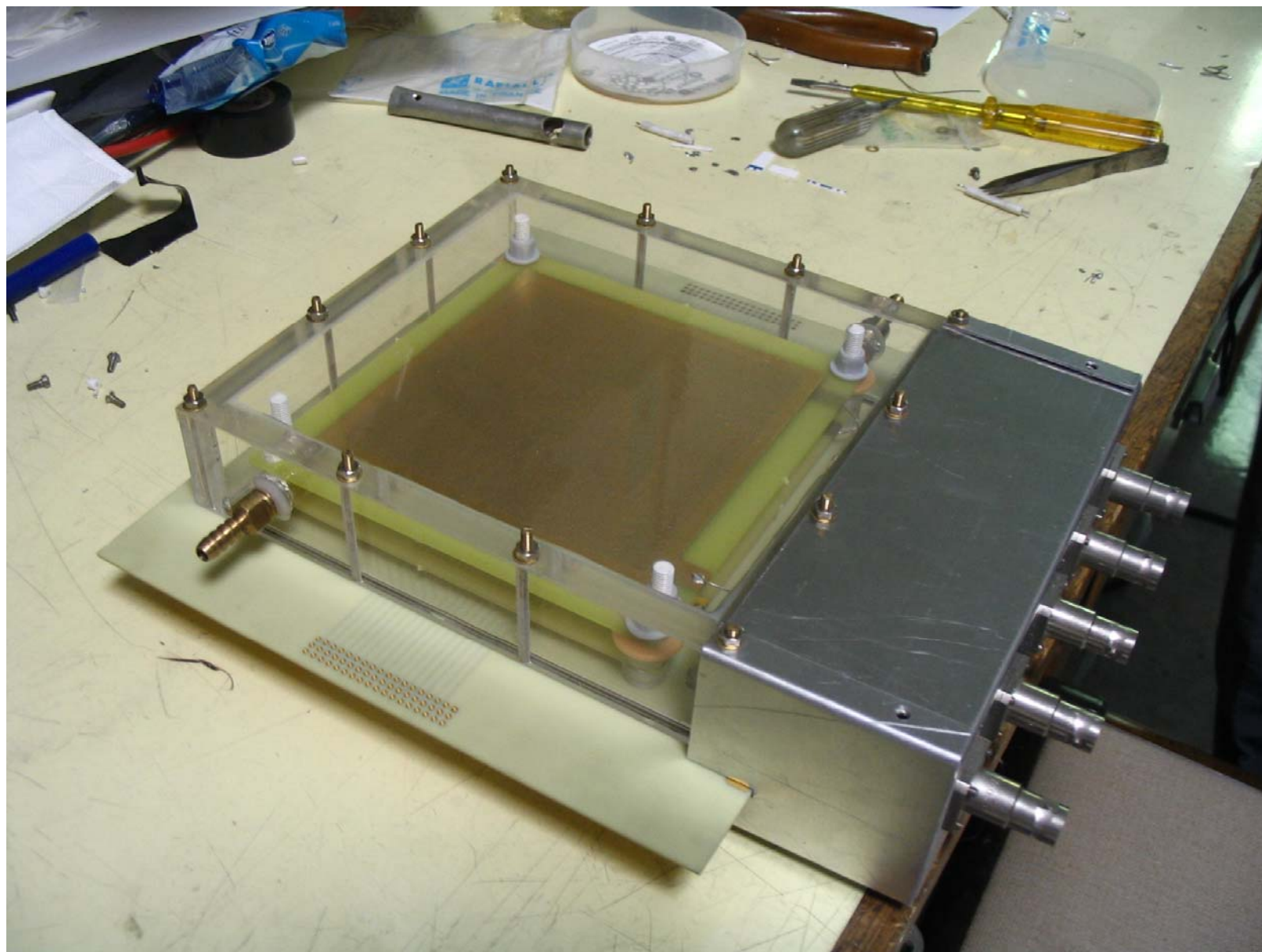
Fotók: Paolo Martinengo



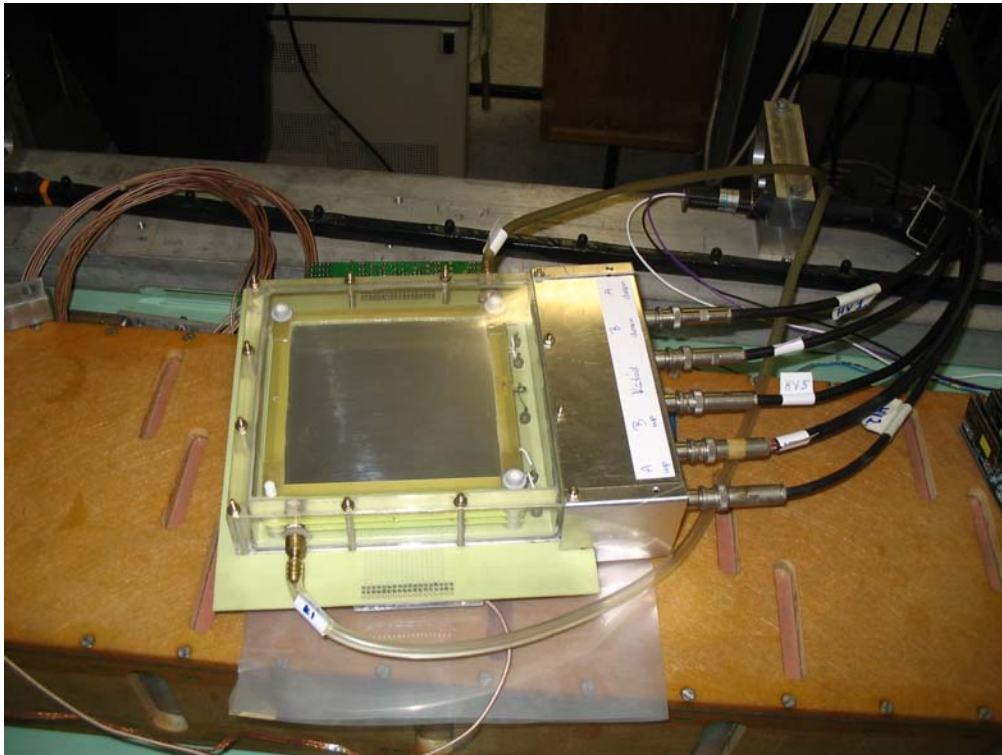
Fönt és az ALICE gödörben, lent
2006. Sept. 13

G.Hamar, N. Novitzky, 2006 Jul-Sep.

Teszt detektor a VHMPID triggerhez (RMKI):



GEM Laboratórum KFKI RMKI ('06 Aug)



**„Detection efficiency”
Thick GEM foils - THGEM
(0.4 mm, 1.4 mm)**

**Előkészületek
tesztnyaláb mérésekhez
a CERN-ben
- '06 Nov. ; '07 Nov.**

LHC-GRID Laboratórium - KFKI RMKI



ALICE-GRID egység Budapesten
5+13 PC 3GHz CPU, 2 GB RAM/CPU
+ HD storage

Adat analízis (ALIROOT, ALIEN,...)

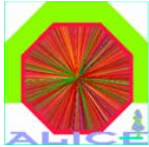
2010 cél (ALICE): 100 CPU és 30 TB HD

ALICE-GRID-0: 5x1 PC – 2005



ALICE-GRID-1: 13x2 PC – 2006 Sept.
ALICE-GRID-2: 10 TB HD + 4x4 PC – 2007 Aug.





Miként vehet részt egy diák az ALICE-ben?



0. Látogatás az RMKI-ban, beszélgetés a kutatókkal, diák-kutatói munka

1. Nyári gyakorlat az RMKI-ban

Contact: plevai @ rmki.kfki.hu

--- mérési gyakorlat a GEM-laborban

--- programozási gyakorlat a szimulációs és a DAQ csoportban

--- elméleti számolási gyakorlat

2. Tudományos diákköri munka

--- a fenti témák folytatása + CERN helyszínek meglátogatása

--- CERN Summer Student Program (Jul-Aug-Szept)

3. Diplomamunka

--- a TDK munka folytatása

--- aktív részvétel az ALICE csoport RMKI-is és CERN-i munkáiban

4. PhD kutatási tevékenység

--- a diplomamunka folytatása, vagy más (időszerűbb) kutatási tevékenység

5. Postdoc tevékenység

--- külföldi és CERN ösztöndíjak

→ CERN LHC: 2008-2020-...