

Mi lehet a Nobel-díj a CERN  
Nobel-díj a CERN



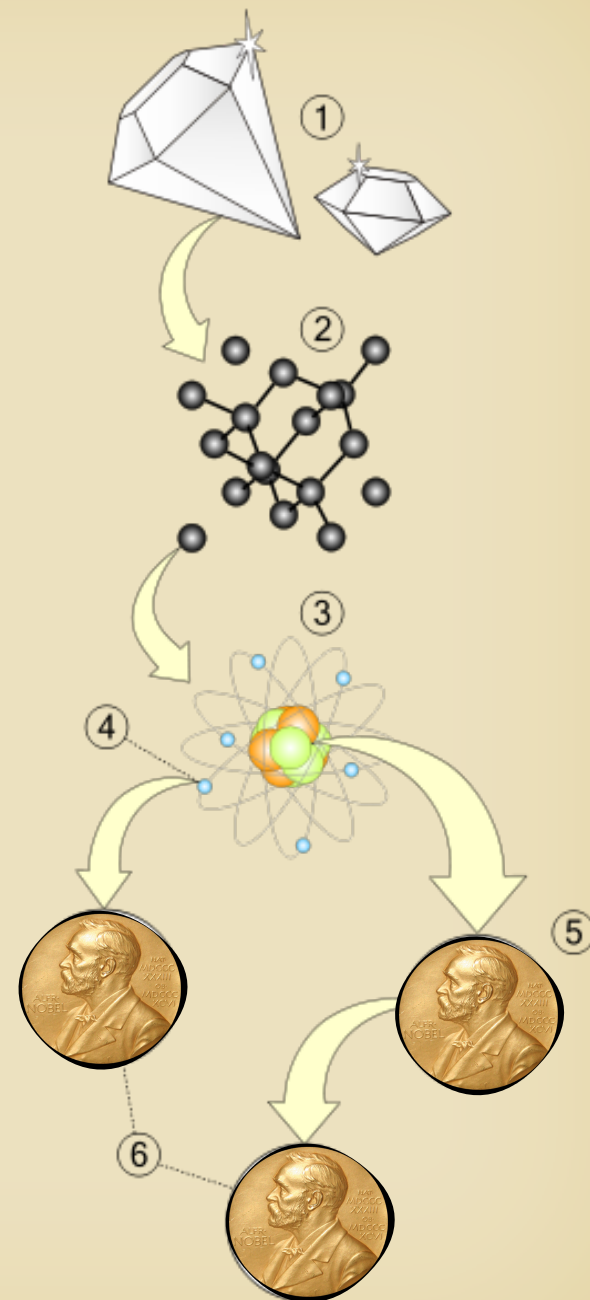
Barnaföldi Gergely Gábor

..., MTA KFKI RMKI



# Tartalom

- A Nobel-díj, amire hajtunk...
- Bemutatkozok a CERN
- LHC – Nagy Hadronütköztető
- Nobel-díjak a CERN-ből
- Mi lehet a következő Nobel-díj?



...mire is hajtunk?

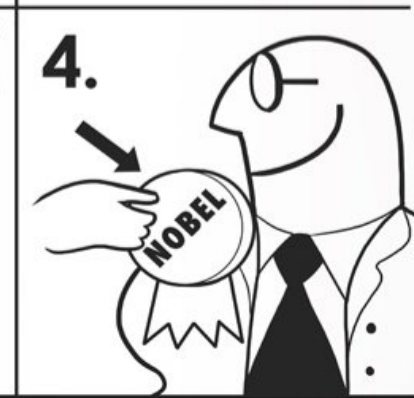
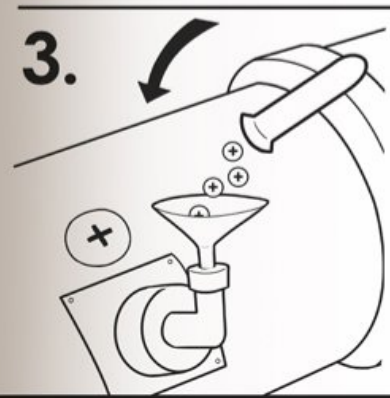
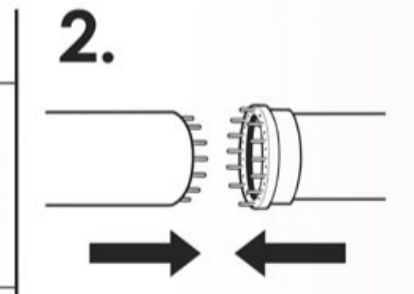
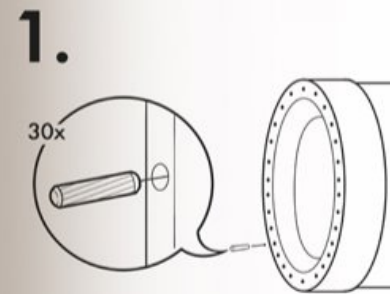
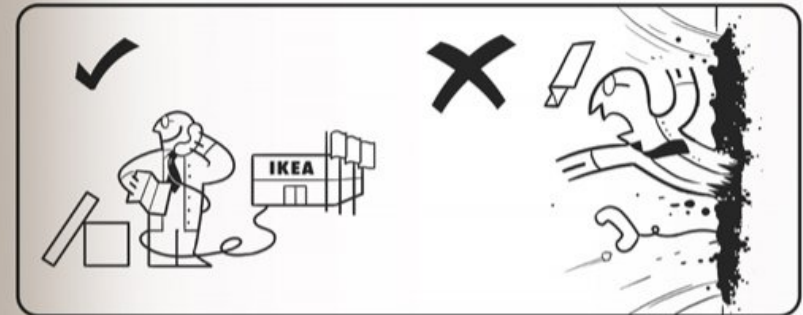
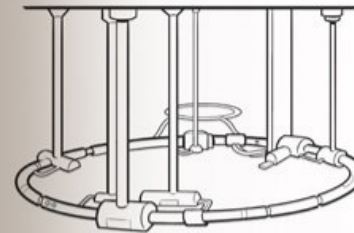
# Nos, azok a svédek...

## HADRON ÜTKÖZTETŐT a HADRON ÜTKÖZTETŐ-boltból...



Barnaföldi G.G.: Mi lehet a

### HÄDRÖNN CJÖLIDDER



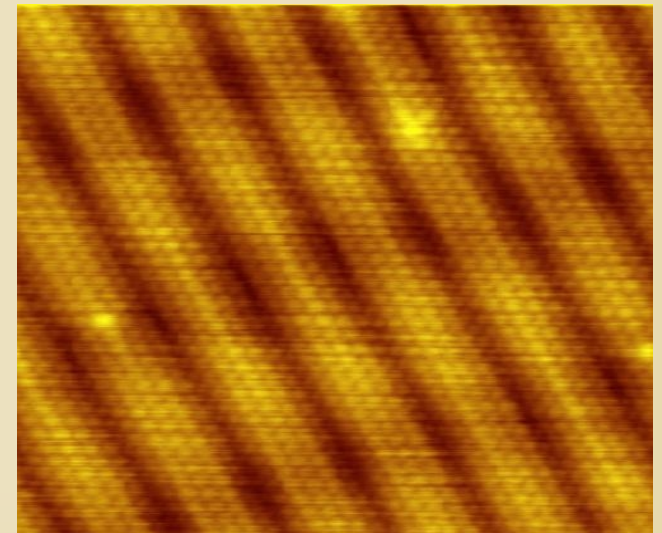
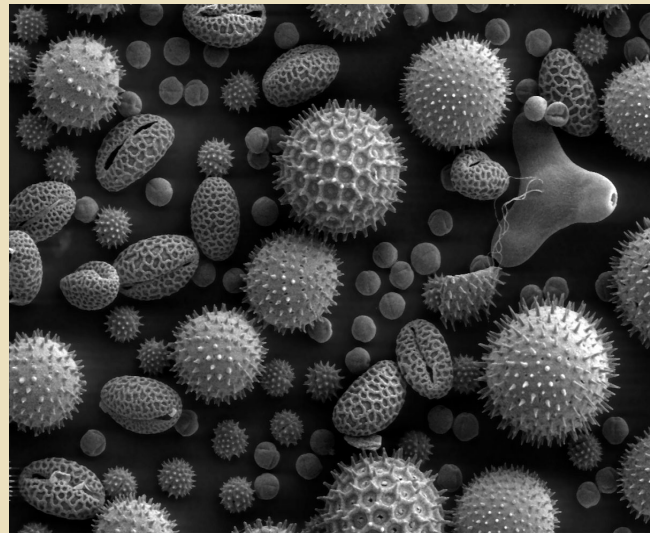
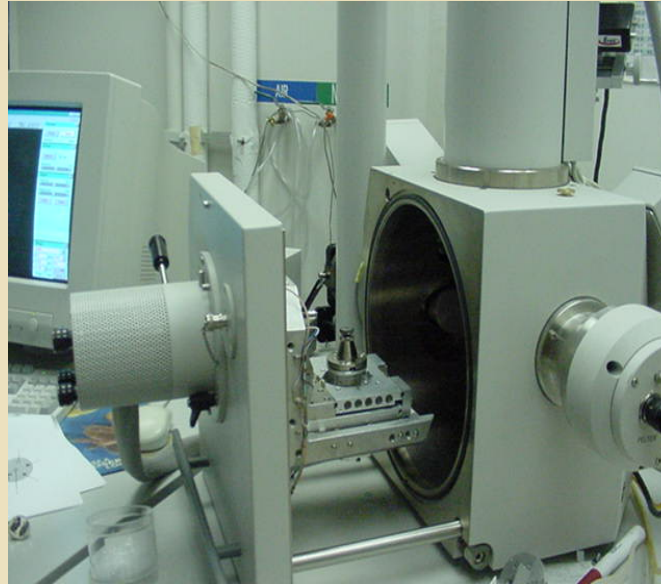
CollegeHumor

Nem, mi sokkal többre hajtunk...

# Miből épül fel a világ?

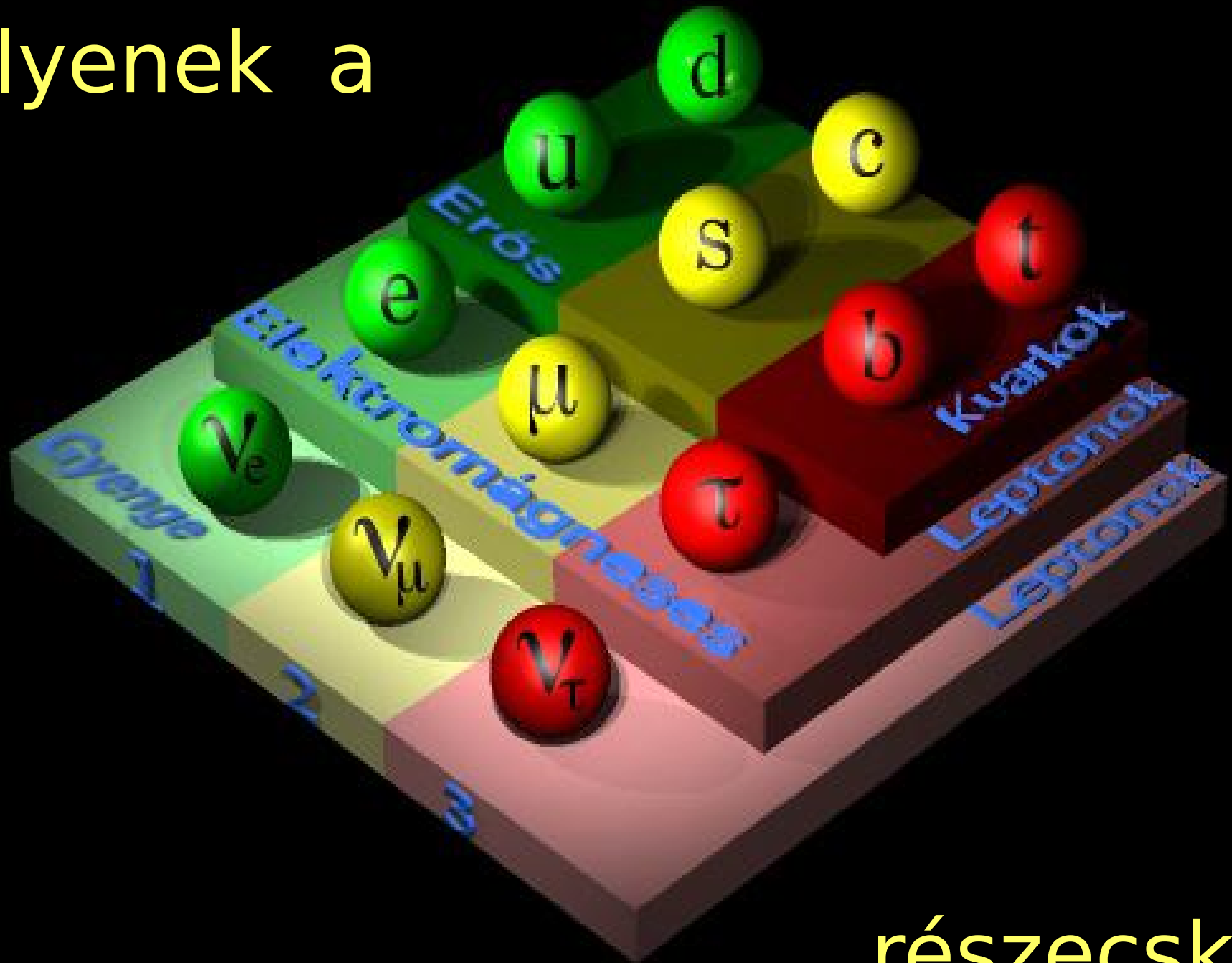


# Egyre jobb mikroszkópokkal...



... és ha ezek nem elég kicsik...

Milyenek a



részecskék?



# Bemutatkozik a CERN

Barnaföldi G.G.: Mi lehet a következő Nobel díj a CERN-ben?

# A CERN - már név is titokzatos

Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire, or European Council for Nuclear Research - 1952

European Organization for Nuclear Research -1954

European Laboratory for Particle Physics

Európai Részecskefizikai Laboratórium

“The Organization shall provide for collaboration among European States in **nuclear research of a pure scientific and fundamental character** (...). The Organization shall have **no concern with work for military requirements** and the results of its experimental and theoretical **work shall be published or otherwise made generally available**”.

CERN Convention, 1954

## The Twenty Member States of CERN



### Member States (Dates of Accession)

 AUSTRIA (1959)	 DENMARK (1953)	 GREECE (1953)	 NORWAY (1953)	 SPAIN (1/1961-12/1968-1/1983)
 BELGIUM (1953)	 FINLAND (1991)	 HUNGARY (1992)	 POLAND (1991)	 SWEDEN (1953)
 BULGARIA (1999)	 FRANCE (1953)	 ITALY (1953)	 PORTUGAL (1986)	 SWITZERLAND (1953)
 CZECH FR (1993)	 GERMANY (1953)	 NETHERLANDS (1953)	 SLOVAK FR (1993)	 UNITED KINGDOM (1953)

CERN.AC/D/NUM - 53368 1999 - 15/6/99

Barnaföldi G.G.: Mi lehet a következő Nobel díj a CERN-ben?

# Magyarország és a CERN

- A magyar CERN tagság – 1992-től

Állami részvétel: 1%-ban CERN tulajdonosok vagyunk

- Csatlakozás nemzetközi kísérleti együttműködésekhez
- 50-60 magyar áll kapcsolatban (kutatóintézetek, egyetemek)
- 2-3 diák, 15 kutató, mérnök, IT szakember (CERN-es állásban)
- 20-30 diák ill. 10-20 fizika tanár látogatása évente
- 1-3 ipari partner évente (sajnos kevés)

- Magyarok a CERN-ben...

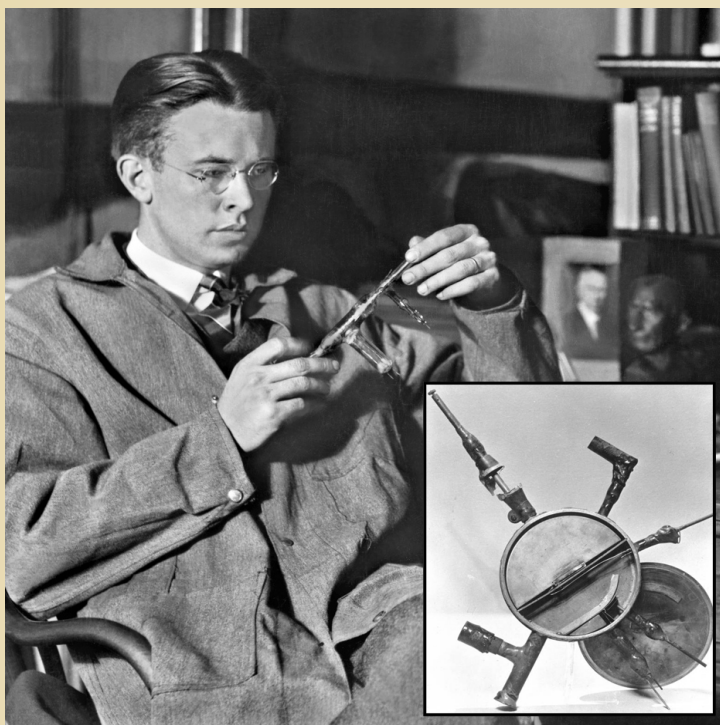
Intézetek, intézeti csoportok önálló részvétele

- MTA KFKI RMKI, ELTE, ATOMKI, BME
- Korábban: NA49 (Budapest fal), OPAL (LEP)
- Jelenleg: ASACUSA, ALICE, CMS, TOTEM, WLCG,

# A Nagy Hadronütköztető

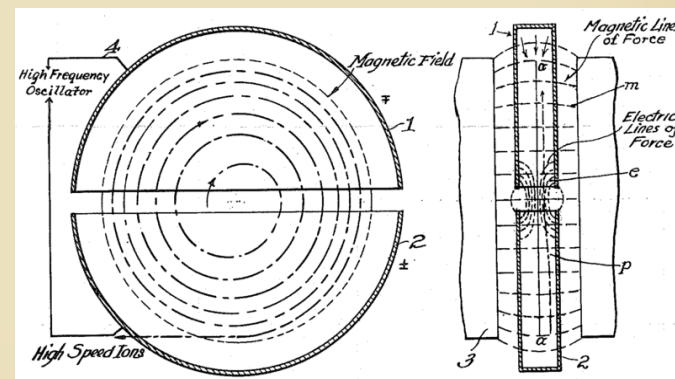
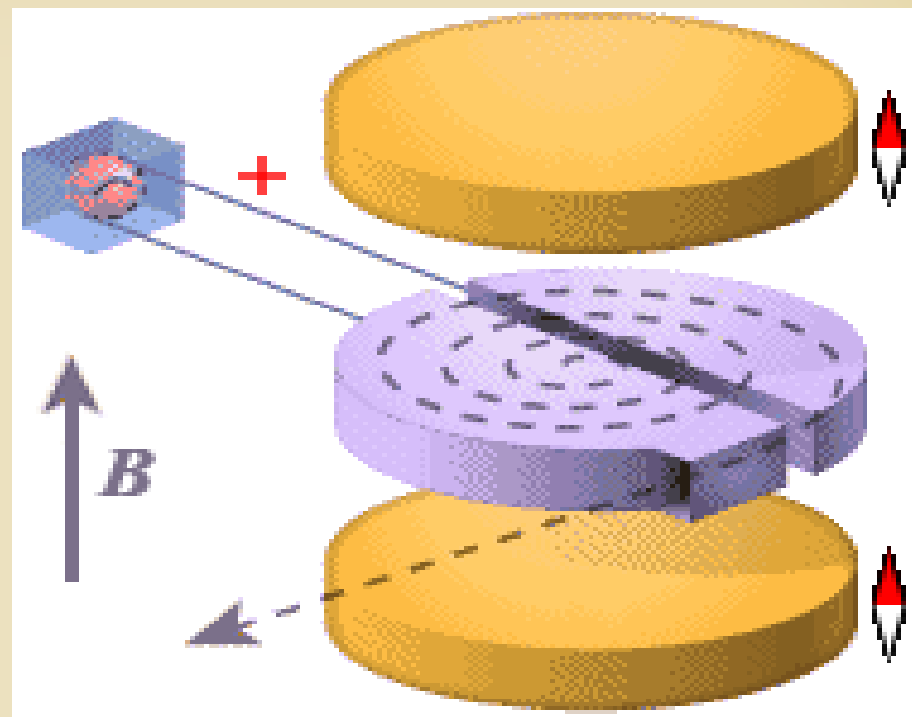
Barnaföldi G.G.: Mi lehet a következő Nobel díj a CERN-ben?

# A gyorsítás alapja: a ciklotron



**Ernest Orlando Lawrence**  
(1901 Canton DA- 1958 Palo Alto CA)

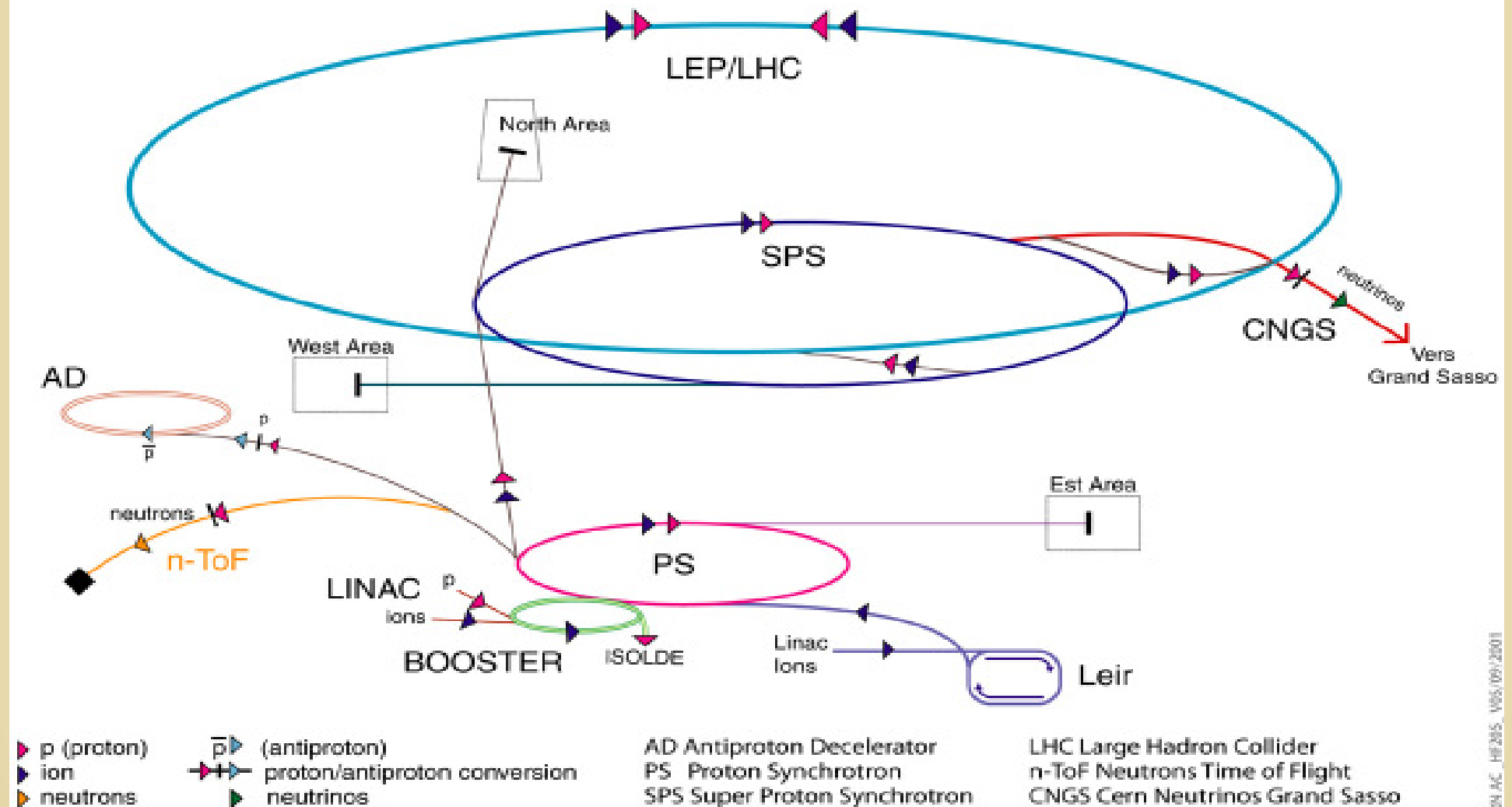
- Uránium izotóp szeparálása
- Ciklotron feltalálása
- 1929 Nobel díj
- Lawrencium, a 103. elem őrzi a nevét



Barnaföldi G.G.: Mi lehet a következő Nobel díj a CERN-ben?

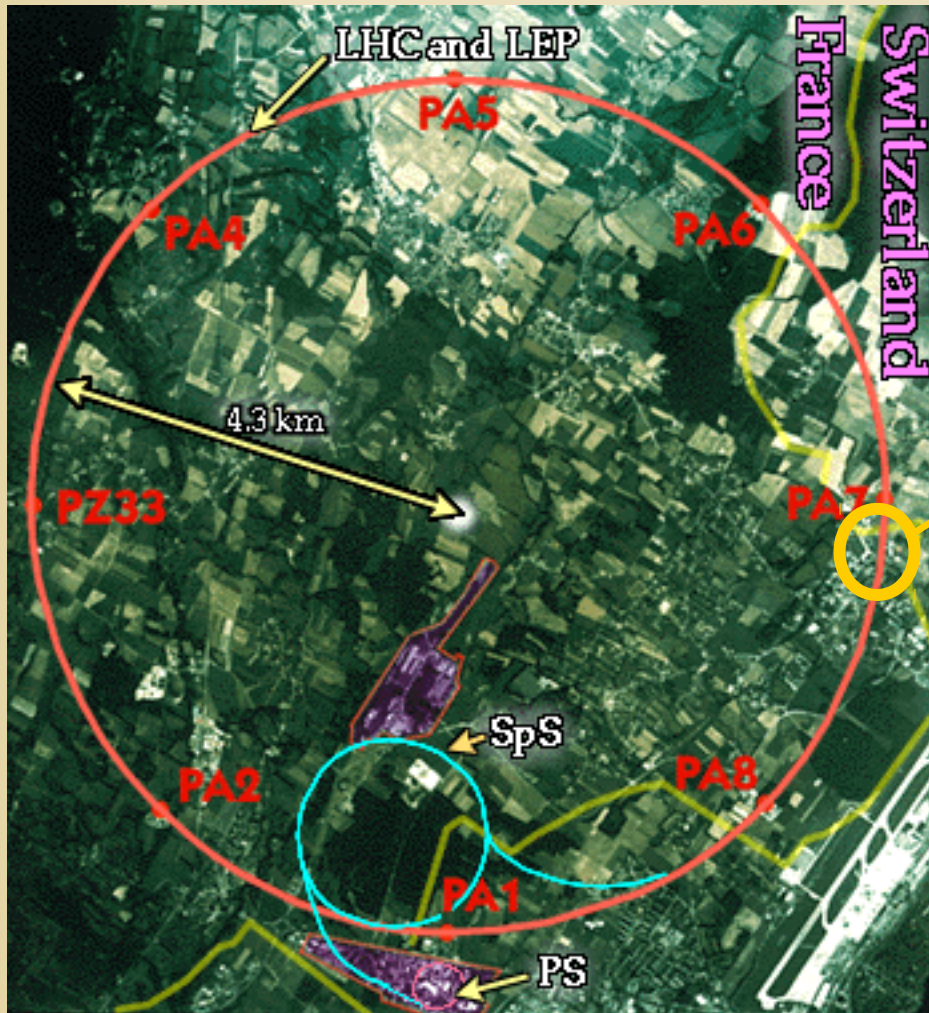
# Az LHC gyorsítási lánc

## Accelerator chain of CERN (operating or approved projects)



Barnaföldi G.G.: Mi lehet a következő Nobel díj a CERN-ben?

# A LEP/LHC alagút elhelyezkedése

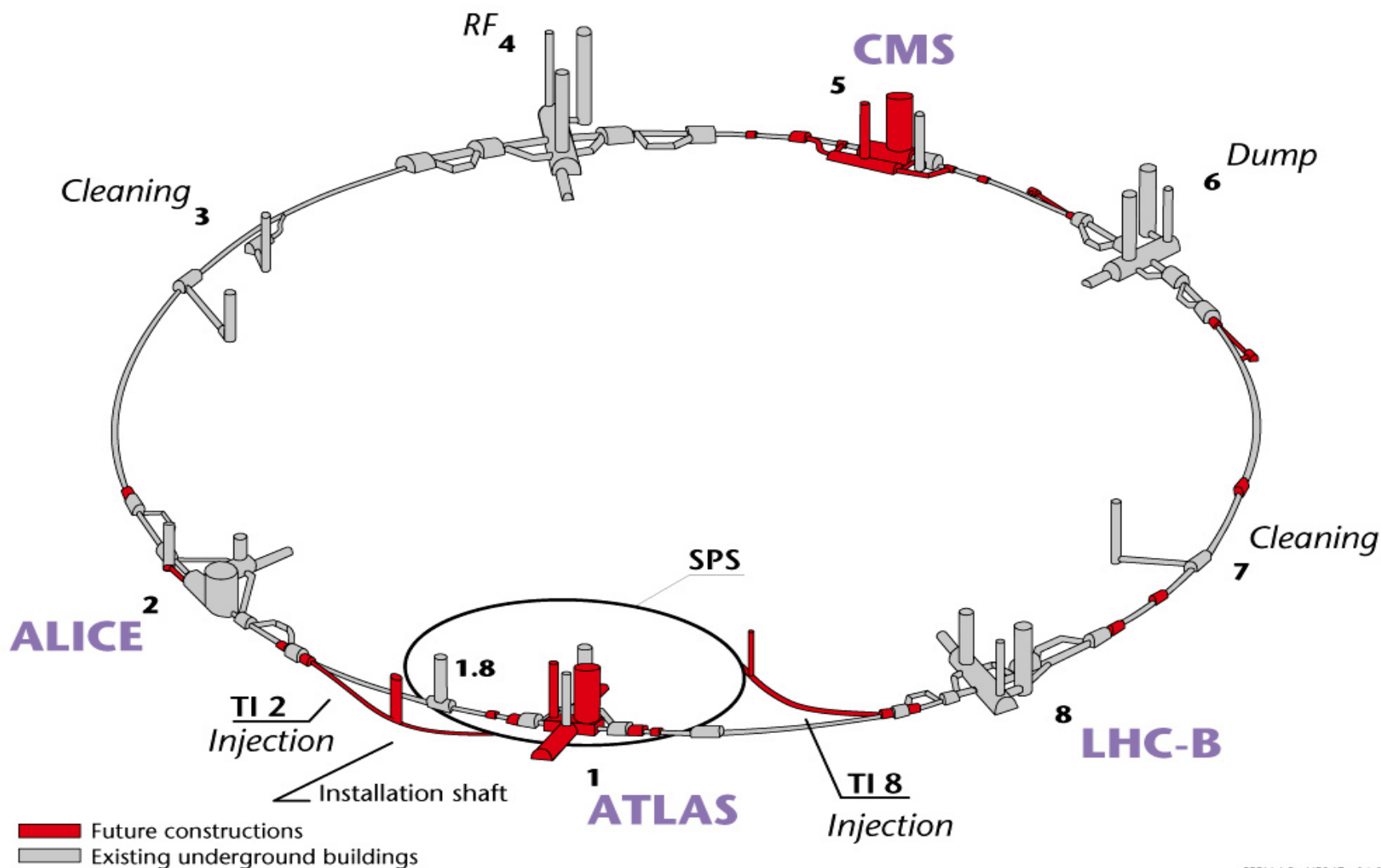


- 4.3 km sugarú kör
- 27 km kerületű
- 30 000 tonna fém
- 1.9 K hőmérsékleten

A CERN az Univerzum leghidegebb pontja!

# Az LHC alagút szerkezete

Layout of the LEP tunnel including future LHC infrastructures.

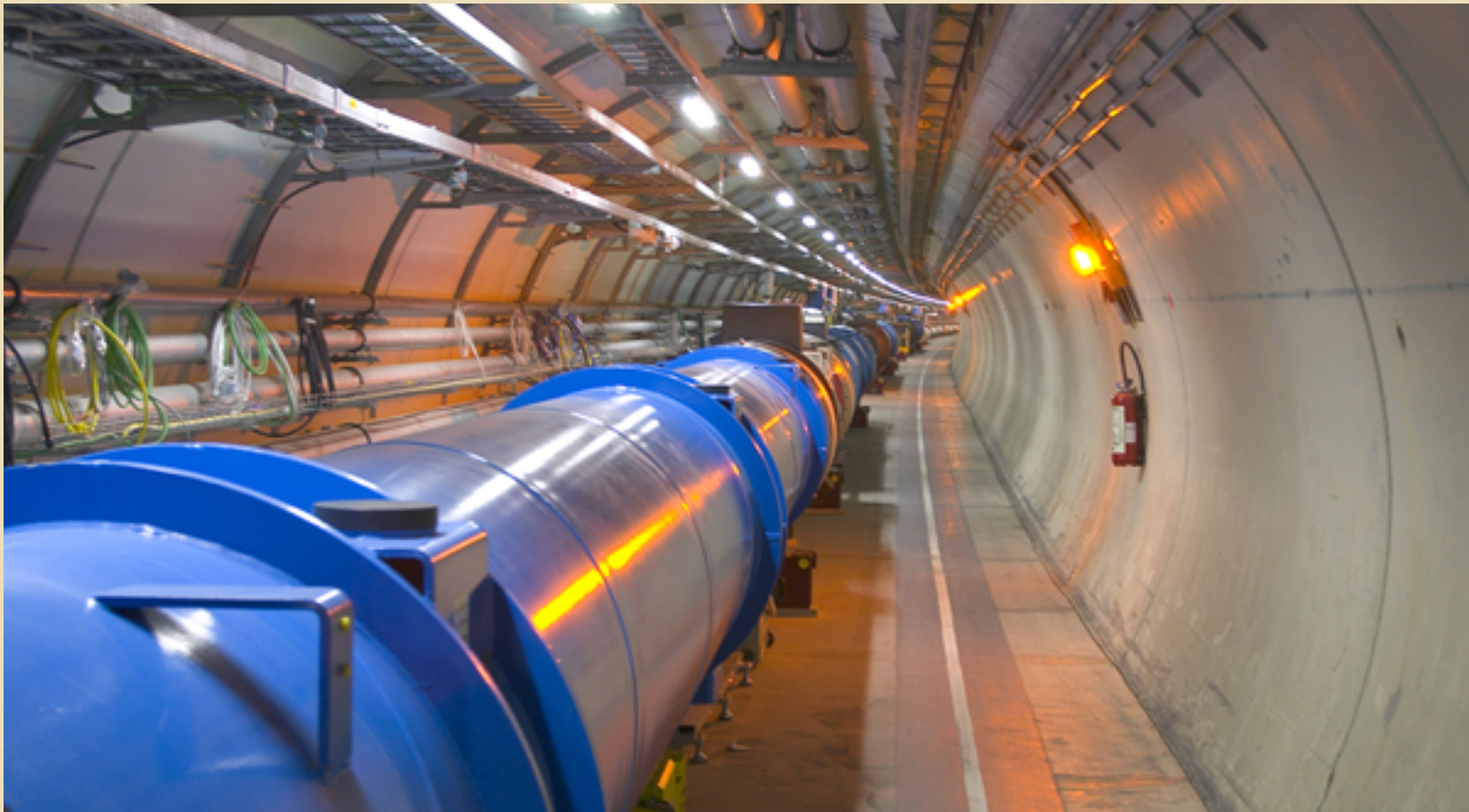


CERN AC - HF267 - 04-07-1997

Barnaföldi G.G.: Mi lehet a következő Nobel díj a CERN-ben?



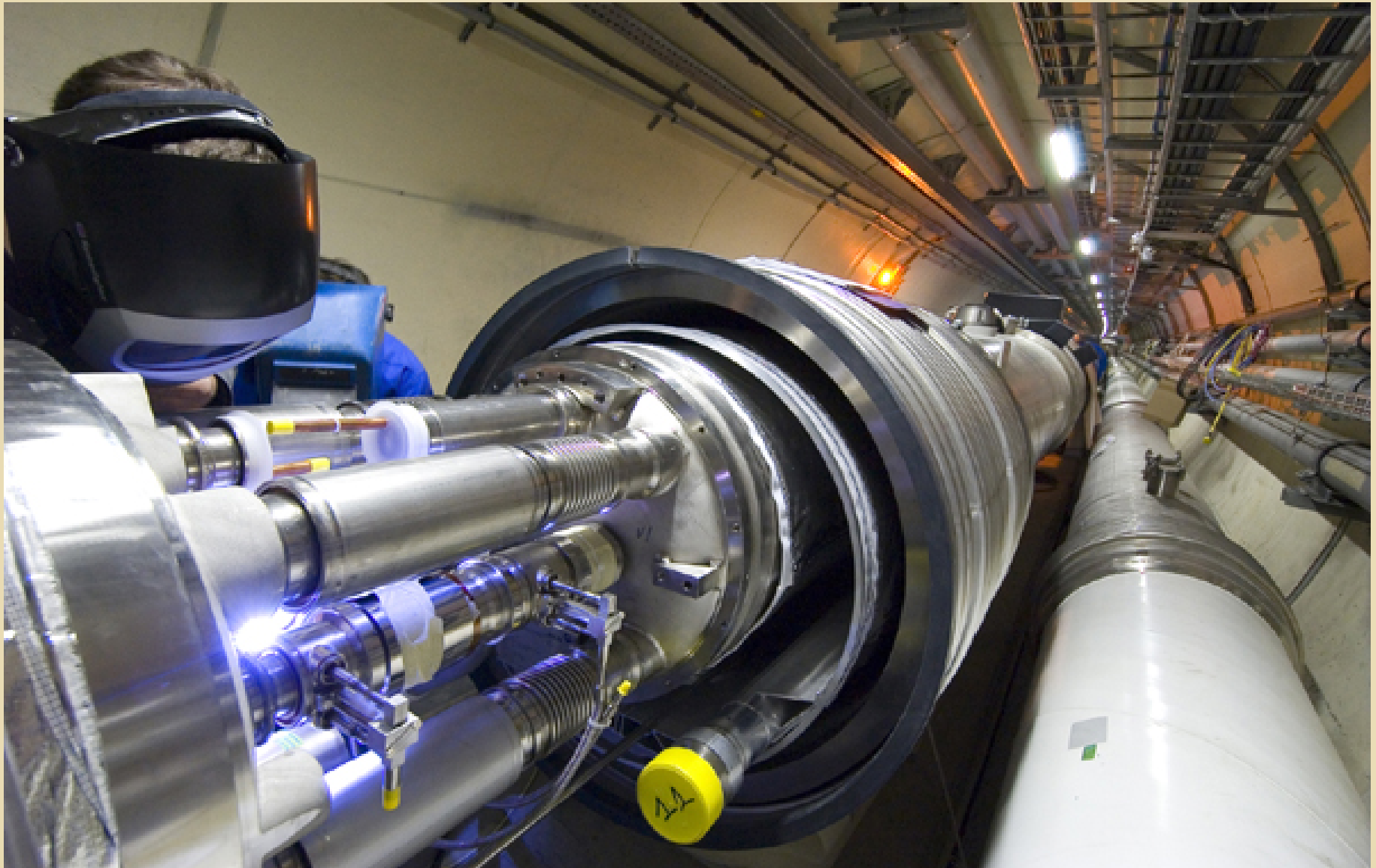
# Az LHC alagútja



- 27 km kerület, 50 – 127 méter mélyen, 3.8 méter átmérőjű alagút
- Proton (7 TeV) vagy nehézion (2.75 TeV/n) nyalábok
- 4 perc 20 másodperc töltési idő
- 20 perc gyorsítás

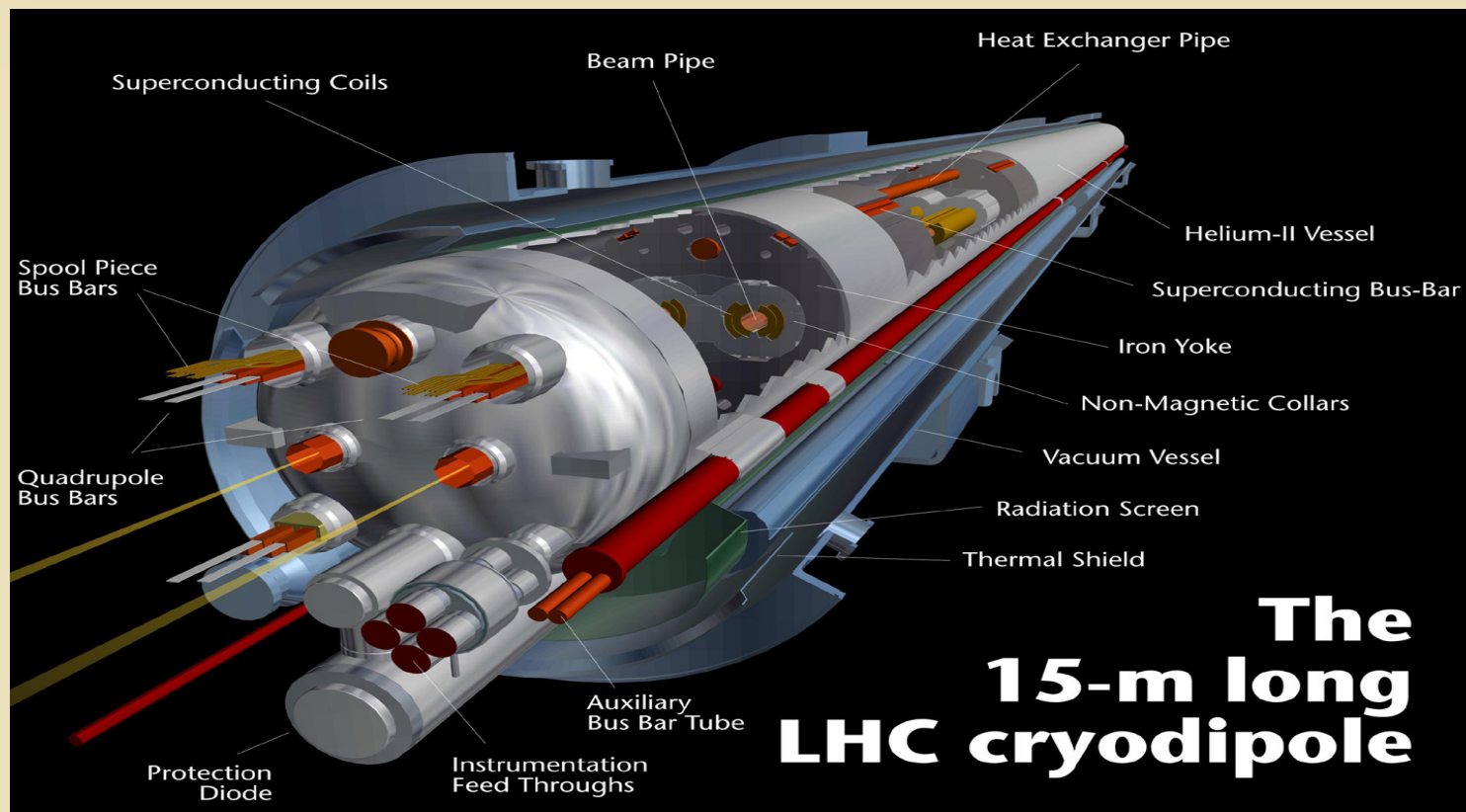
Barnaföldi G.G.: Mi lehet a következő Nobel díj a CERN-ben?

# Mágnes az LHC alagútban



Barnaföldi G.G.: Mi lehet a következő Nobel díj a CERN-ben?

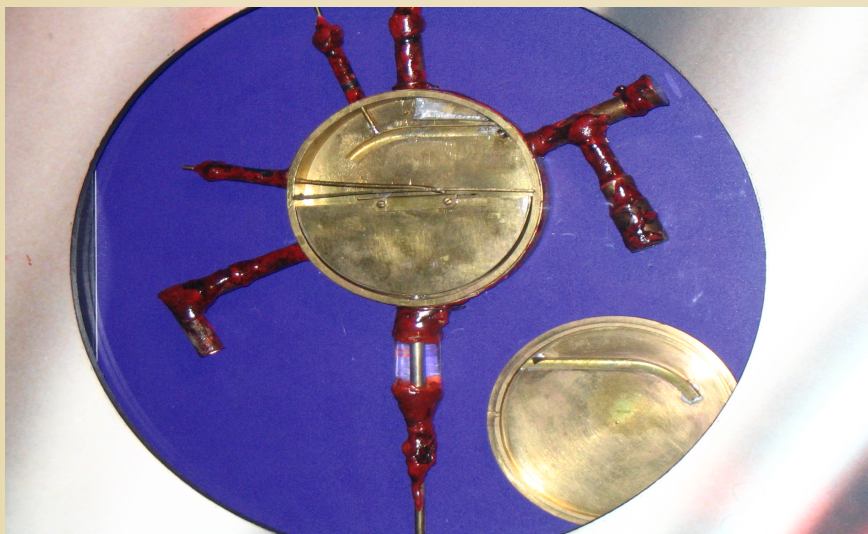
# Egy LHC mágnes szerkezete



- 8.4 T mágneses tér, 11700 A árammal
- Szupravezető mágnesek 1.9 K folyékony héliumban
- 14.3 méter hosszú, 35 tonna
- 1232 darab, darabonként félmillió svájci frank

Barnaföldi G.G.: Mi lehet a következő Nobel díj a CERN-ben?

# Részecskegyorsítók 1930 vs. 2010

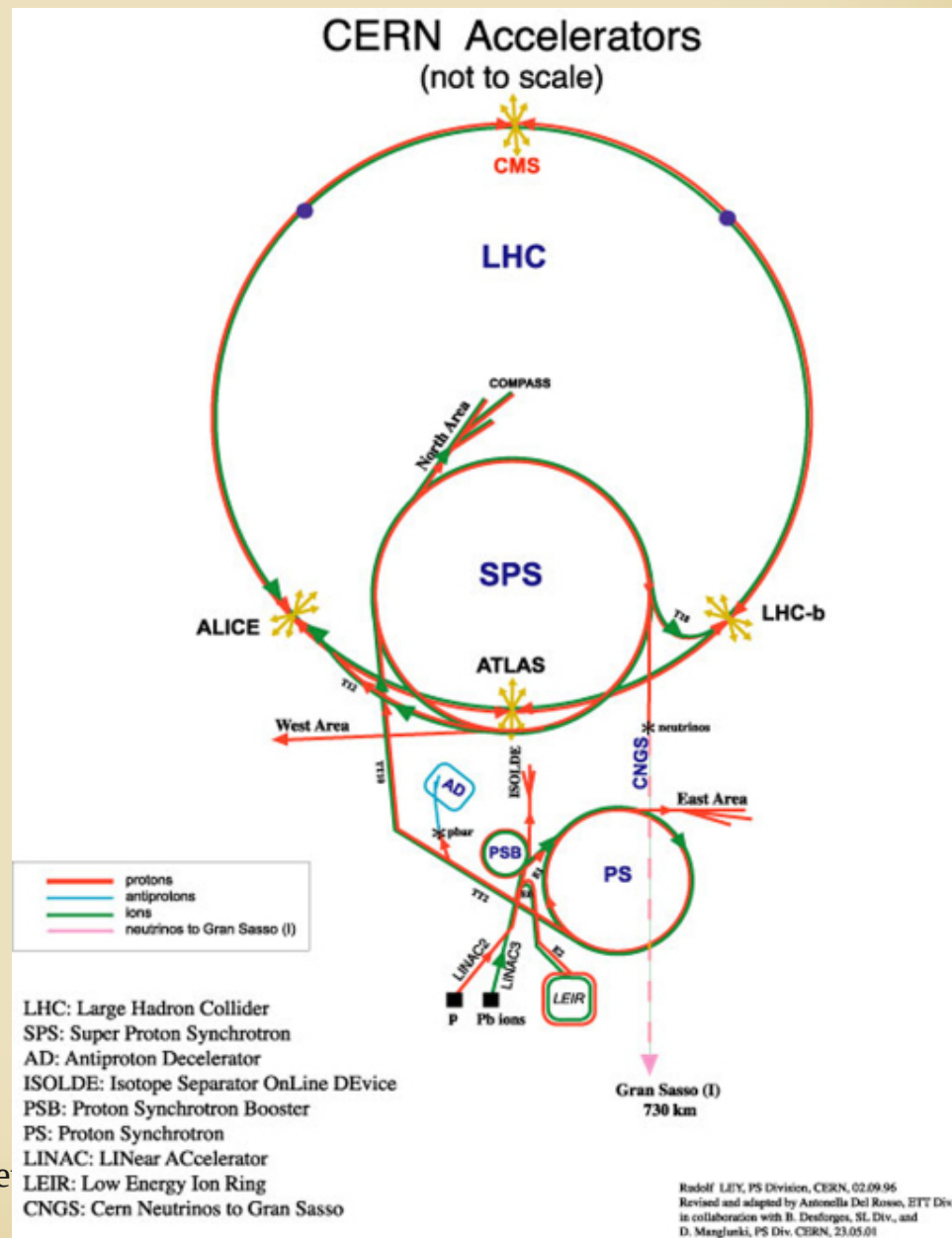


Az első ciklotron: Lawrence 1930

Átmérő	12 cm	8.6 km	$10^5$
Energia	80 keV	7 TeV	$10^8$
Stáb	1+1 fő	2500+7500 fő	$10^4$
Fogy ár	150 €	15 Mrd €	$10^8$

## Az LHC komplexuma 2010

Barnaföldi G.G.: Mi lehet



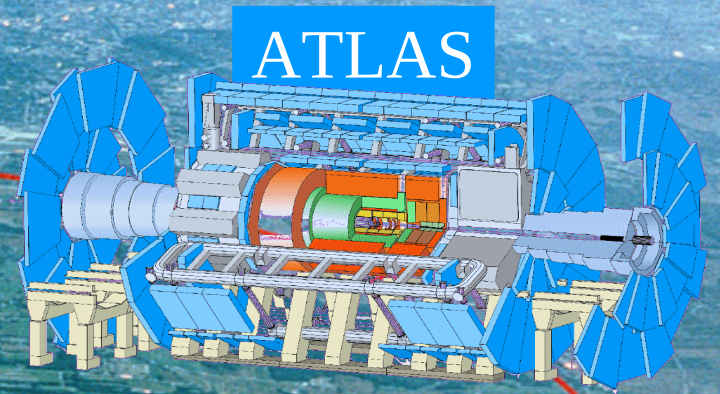
A Nagy Hadronütköztető...

...és kísérletei

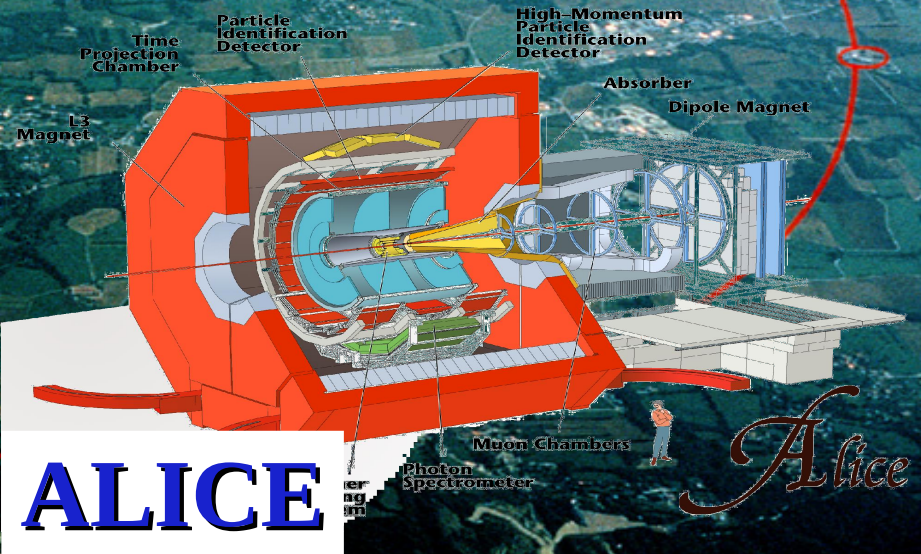
# Az LHC és legnagyobb kísérletei



**CMS**



**ATLAS**



**ALICE**

*Alice*

Szolenoid mágnes 0.5 T

Kozmikus sugárzás trigger



„Forward” detektorok

- PMD
- FMD, T0, V0, ZDC

Specializált detektorok

- HMPID
- PHOS

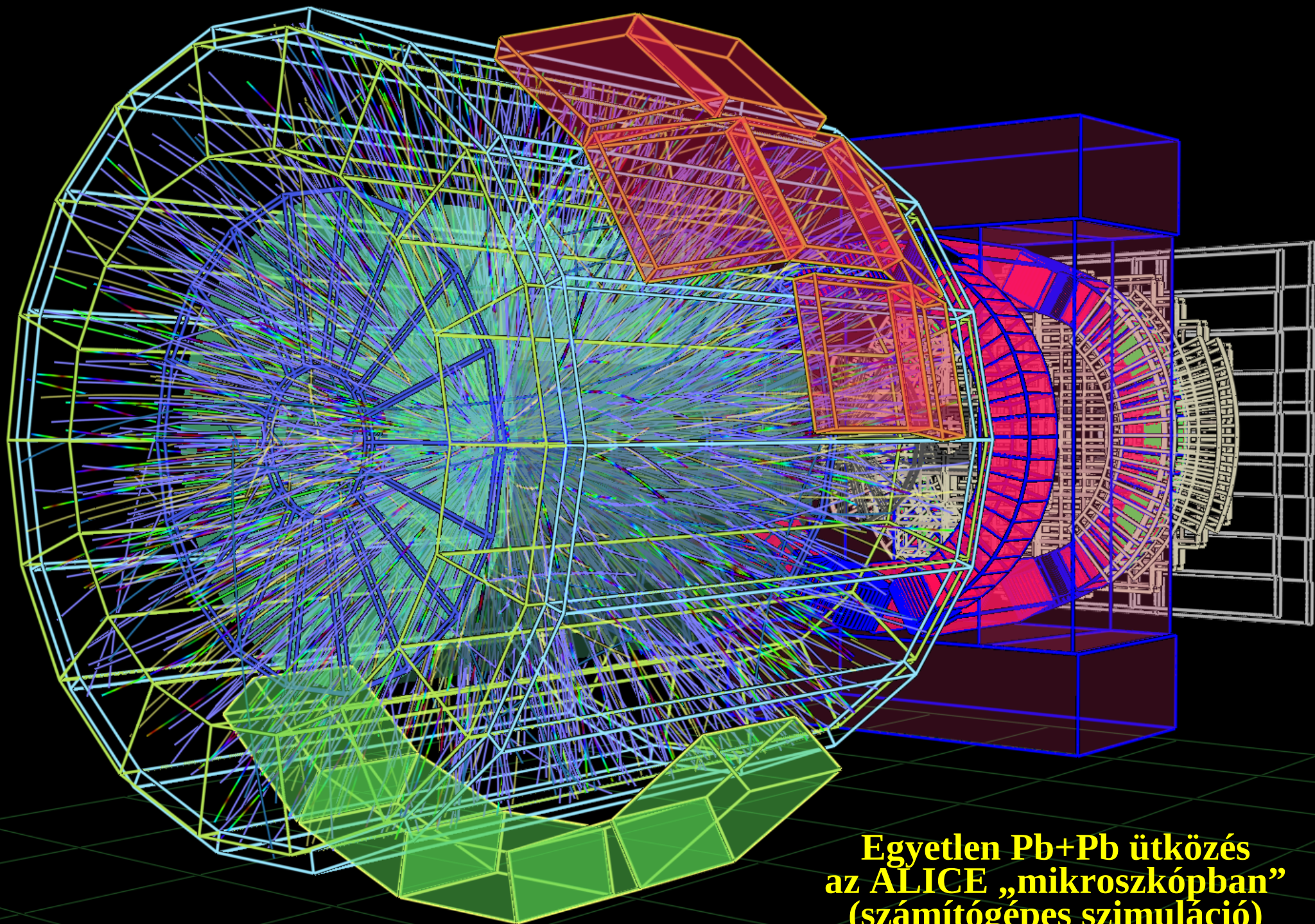
Központi nyomkövető rendszer MUON Spektrométer

- ITS
- TPC
- TRD
- TOF

- elnyelő anyagok
- nyomkövetők
- trigger kamrák
- dipól mágnes

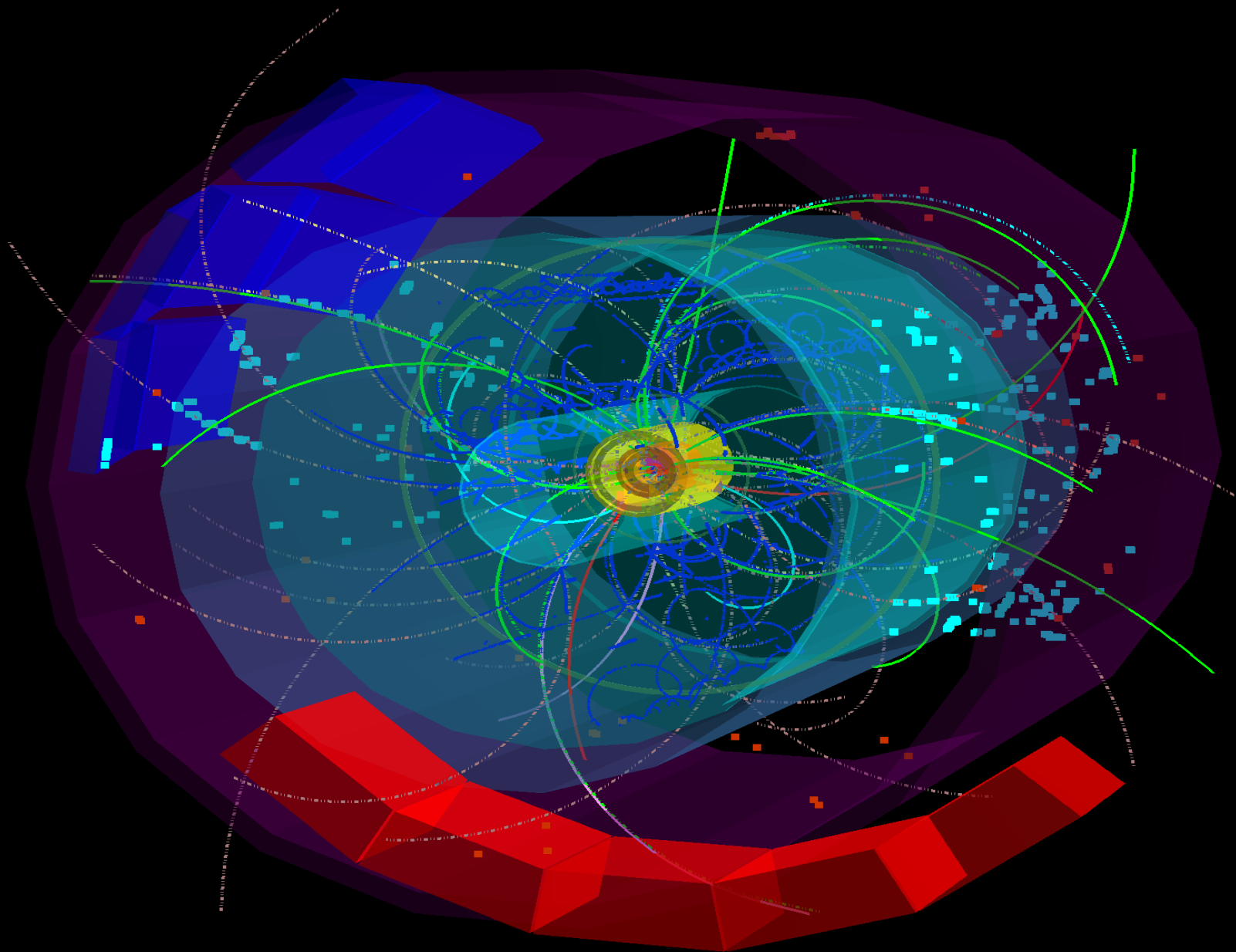
- 1• L3 MAGNET
- 2• HMPID
- 3• TOF
- 4• DIPOLE MAGNET
- 5• MUON FILTER
- 6• TRACKING CHAMBER
- 6'• TRIGGER CHAMBER
- 7• ABSORBER
- 8• TPC
- 9• PHOS
- 10• ITS





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





# Kutatások a CERN-ben

Barnaföldi G.G.: Mi lehet a következő Nobel díj a CERN-ben?

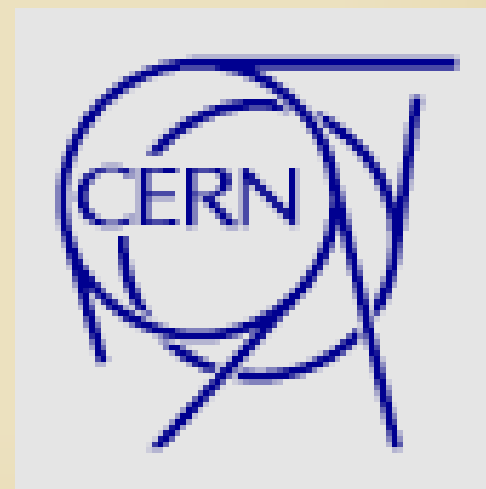
# Kutatások a CERN-ben

- Alap kutatás – nagyenergiás mag- és részecskefizika
  - Részecskefizikai modellek tesztelése (Higgs keresés)
  - Magfizikai modellek tesztelése (Kvark-Gluon Plazma vizsgálata)
  - Antianyag előállítása (miért nem szimmetrikus az anyag)
  - Új fizikai modellek keresése (extra dimenziók, húrmodell, stb.)
- Alkalmazott kutatás – detektorfejlesztés (K+F)
  - Anyagtudomány és szilárdtestfizika (szupravezető anyagok)
  - Mérnöki tudományok (extrém mechanikai rendszerek)
  - IT mérnök (extrém körülmények + gyors adatfeldolgozás)
  - IT (elosztott számítási rendszerek, GRID, szuperszámítógépek)

# A CERN története

## Fontos pillanatok a CERN történetéből

- 1952 CERN alapító okirat
- 1957 első szinkro-ciklotron (SC 600 MeV)
- 1959 Proton Szinkrotron (PS 28 GeV)
- 1968 Geroges Charpak (sokszálas proporciónális kamra)
- 1971 ISR első proton-proton ütközések
- 1983 W és Z részecskék felfedezése
- 1986 Nehézion ütközések (QGP keresése)
- 1989 Nagy Elektron Pozitron Ütköztető (LEP)
- 1990 WWW Tim Berners-Lee
- 1993 CP szimmetria sértés kimérése
- 1996 Antihidrogén előállítása
- 2008 Nagy Hadronütköztető (LHC) elindulna, de...)



# Világrekordok...

- 2009-óta rekordokat döntünk...



$\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$

- Online magyarul: <http://cernblog.wordpress.com>

Barnaföldi G.G.: Mi lehet a következő Nobel díj a CERN-ben?

Mi lehet a következő Nobel-díj  
a CERN  
Nagy Hadronütköztetőjében?

# CERN-hez kötődő Nobel-díjasok

- 1984. Carlo Rubbia és Simon Van der Meer  
A gyenge kölcsönhatás közvetítő részecskéinek kísérleti felfedezéséért.
- 1992. Georges Charpak  
A részecskedetektorok fejlesztésében, elősorban is a sokszálas proporcionális kamra (MWPC) fejlesztésében folytatott tevékenységéért.
- 1952. Felix Bloch (1. igazgató) és Edward Mills Purcell  
A mag mágneses momentumának meghatározására és mérésére.
- 1976. Sam Ting és Burt Richter (LEP L3)  
A  $J/\psi$  részecske 1974-es felfedezésért (bájos kvark-antikvark kompozit)
- 1988. Jack Steinberger (ELP ALEPH), Leon Lederman és Mel Schwartz  
A neutrino-nyaláb eljárásért, amely elvezetett a leptoncsaládok felfedezéséhez.



# Nobel-TOTÓ, de okosan

- Alap kutatás - nagyenergiás mag- és részecskefizika

Elméleti modellek kísérleti tesztelése



Részecskefizikai modellek tesztelése (Higgs keresés)

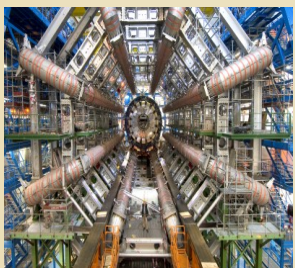
Magfizikai modellek tesztelése (Kvark-Gluon Plazma vizsgálata)

Új fizikai modellek keresése (extra dimenziók, húrmodell, stb.)

Antianyag előállítása (miért nem szimmetrikus az anyag)

- Alkalmazott kutatás – technológia (K+F)

Új kísérleti módszerek, anyagok, eljárások



Anyagtudomány és szilárdtestfizika (szupravezető anyagok)

Mérnöki tudományok (extrém mechanikai rendszerek)

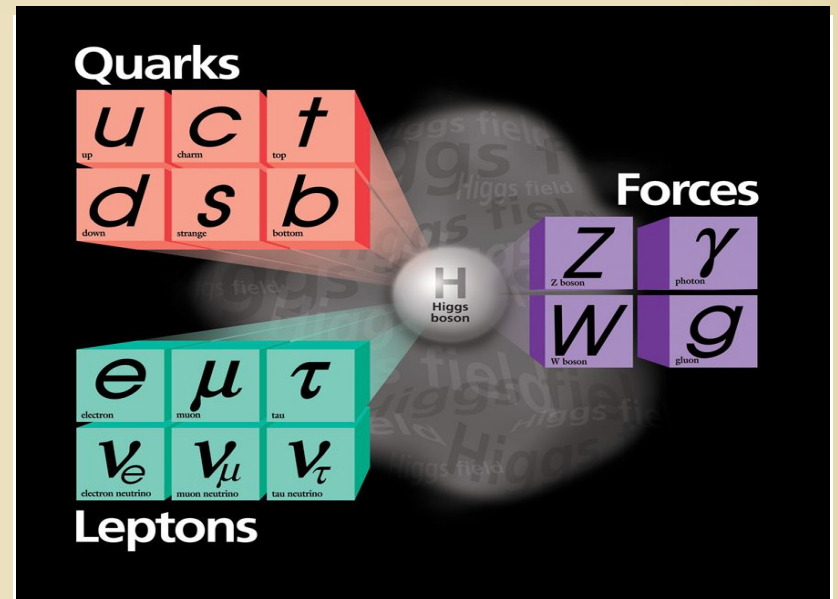
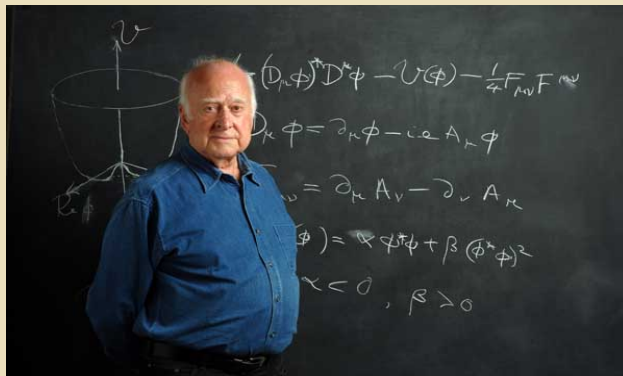
IT mérnök (extrém körülmények + gyors adatfeldolgozás)

IT (elosztott számítási rendszerek, GRID, szuperszámítógépek)



# Standard Modell és a Higgs bozon

- P. Higgs



- R. Brout, F. Englert, G.S. Guralnik, C.R. Hagen, T. Kibble

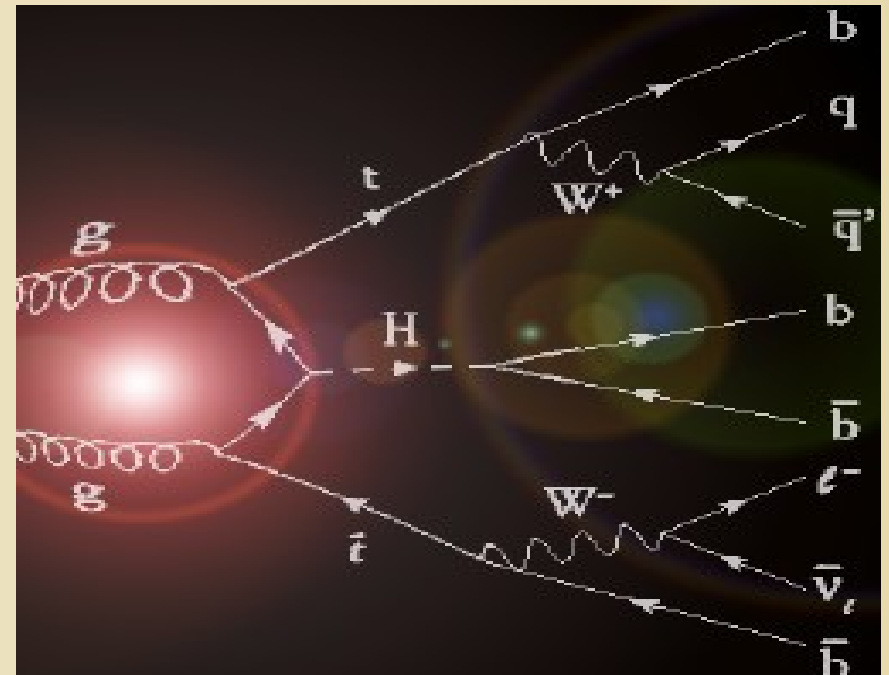
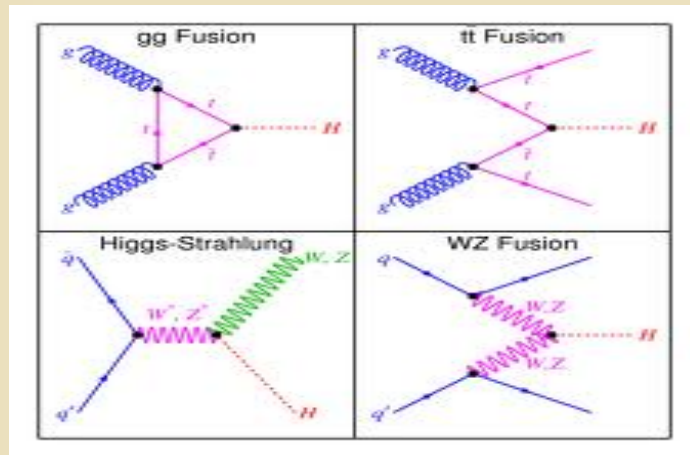


$$\begin{aligned}
 & W_\mu^- \phi^+ + \frac{1}{2} i g^2 s_w A_\mu H (W_\mu^+ \phi^- - W_\mu^- \phi^+) - g^2 \frac{s_w}{c_w} (2c_w^2 - 1) Z_\mu^0 A_\mu \phi^+ \phi^- - \\
 & g^2 s_w^2 A_\mu A_\mu \phi^+ \phi^- - \bar{e}^\lambda (\gamma \partial + m_e^\lambda) e^\lambda - \bar{\nu}^\lambda \gamma \partial \nu^\lambda - \bar{u}_j^\lambda (\gamma \partial + m_u^\lambda) u_j^\lambda - \bar{d}_j^\lambda (\gamma \partial + \\
 & m_d^\lambda) d_j^\lambda + i g s_w A_\mu [ -(\bar{e}^\lambda \gamma e^\lambda) + \frac{2}{3} (\bar{u}_j^\lambda \gamma u_j^\lambda) - \frac{1}{3} (\bar{d}_j^\lambda \gamma d_j^\lambda) ] + \frac{i g}{4 c_w} Z_\mu^0 [ (\bar{\nu}^\lambda \gamma^\mu (1 + \\
 & \gamma^5) \nu^\lambda) + (\bar{e}^\lambda \gamma^\mu (4s_w^2 - 1 - \gamma^5) e^\lambda) + (\bar{u}_j^\lambda \gamma^\mu (\frac{4}{3} s_w^2 - 1 - \gamma^5) u_j^\lambda) + \\
 & (\bar{d}_j^\lambda \gamma^\mu (1 - \frac{8}{3} s_w^2 - \gamma^5) d_j^\lambda) ] + \frac{i g}{2\sqrt{2}} W_\mu^+ [ (\bar{\nu}^\lambda \gamma^\mu (1 + \gamma^5) e^\lambda) + (\bar{u}_j^\lambda \gamma^\mu (1 + \\
 & \gamma^5) C_{\lambda e} d_j^\lambda) ] + \frac{i g}{2\sqrt{2}} W_\mu^- [ (\bar{e}^\lambda \gamma^\mu (1 + \gamma^5) \nu^\lambda) + (\bar{d}_j^\lambda C_{\lambda e}^\dagger \gamma^\mu (1 + \gamma^5) u_j^\lambda) ] + \\
 & \frac{i g}{2\sqrt{2}} \frac{m_e^\lambda}{M} [ -\phi^+ (\bar{\nu}^\lambda (1 - \gamma^5) e^\lambda) + \phi^- (\bar{e}^\lambda (1 + \gamma^5) \nu^\lambda) ] - \frac{g}{2} \frac{m_e^\lambda}{M} [ H (\bar{e}^\lambda e^\lambda) + \\
 & i \phi^0 (\bar{e}^\lambda \gamma^5 e^\lambda) ] + \frac{i g}{2M\sqrt{2}} \phi^+ [ -m_e^\lambda (\bar{u}_j^\lambda C_{\lambda e} (1 - \gamma^5) d_j^\lambda) + m_d^\lambda (\bar{u}_j^\lambda C_{\lambda e} (1 + \\
 & \gamma^5) d_j^\lambda) ] + \frac{i g}{2M\sqrt{2}} \phi^- [ m_d^\lambda (\bar{d}_j^\lambda C_{\lambda e}^\dagger (1 + \gamma^5) u_j^\lambda) - m_e^\lambda (\bar{d}_j^\lambda C_{\lambda e}^\dagger (1 - \gamma^5) u_j^\lambda) ] - \\
 & \frac{g}{2} \frac{m_e^\lambda}{M} H (\bar{u}_j^\lambda u_j^\lambda) - \frac{g}{2} \frac{m_d^\lambda}{M} H (\bar{d}_j^\lambda d_j^\lambda) + \frac{i g}{2} \frac{m_e^\lambda}{M} \phi^0 (\bar{u}_j^\lambda \gamma^5 u_j^\lambda) - \frac{i g}{2} \frac{m_d^\lambda}{M} \phi^0 (\bar{d}_j^\lambda \gamma^5 d_j^\lambda) + \\
 & \bar{X}^+ (\partial^2 - M^2) X^+ + \bar{X}^- (\partial^2 - M^2) X^- + \bar{X}^0 (\partial^2 - \frac{M^2}{c_w^2}) X^0 + \bar{Y} \partial^2 Y + \\
 & i g c_w W_\mu^+ (\partial_\mu \bar{X}^0 X^- - \partial_\mu \bar{X}^+ X^0) + i g s_w W_\mu^+ (\partial_\mu \bar{Y} X^- - \partial_\mu \bar{X}^+ Y) + \\
 & i g c_w W_\mu^- (\partial_\mu \bar{X}^- X^0 - \partial_\mu \bar{X}^0 X^+) + i g s_w W_\mu^- (\partial_\mu \bar{X}^- Y - \partial_\mu \bar{Y} X^+) + \\
 & i g c_w Z_\mu^0 (\partial_\mu \bar{X}^+ X^- - \partial_\mu \bar{X}^- X^+) + i g s_w A_\mu (\partial_\mu \bar{X}^+ X^- - \partial_\mu \bar{X}^- X^+) - \\
 & \frac{1}{2} g M [ \bar{X}^+ X^+ H + \bar{X}^- X^- H + \frac{1}{c_w} \bar{X}^0 X^0 H ] + \frac{1 - 2c_w^2}{2c_w} i g M [ \bar{X}^+ X^0 \phi^+ - \\
 & \bar{X}^- X^0 \phi^- ] + \frac{1}{2c_w} i g M [ \bar{X}^0 X^- \phi^+ - \bar{X}^0 X^+ \phi^- ] + i g M s_w [ \bar{X}^0 X^- \phi^+ - \\
 & \bar{X}^0 X^+ \phi^- ] + \frac{1}{2} i g M [ \bar{X}^+ X^+ \phi^0 - \bar{X}^- X^- \phi^0 ]
 \end{aligned}$$

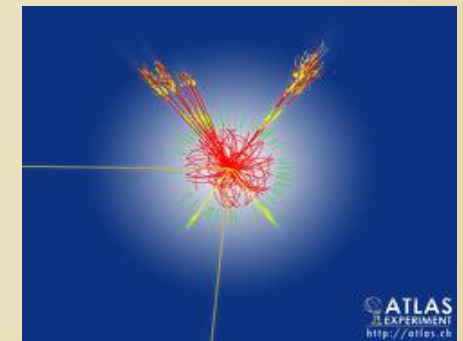
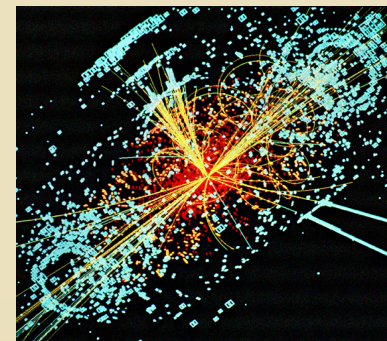
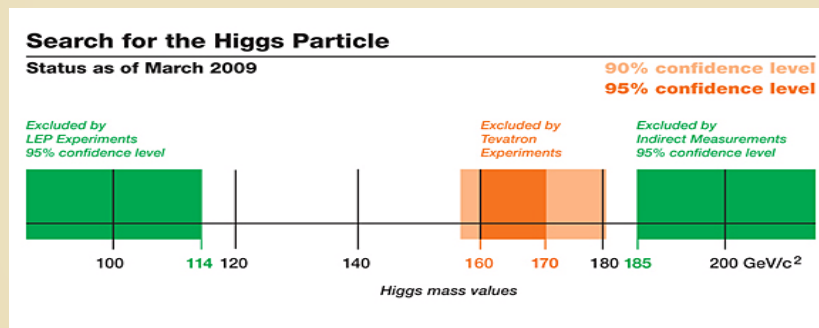
Barnaföldi G.G.: Mi lehet a következő Nobel díj a CERN-ben?

# Standard Modell és a Higgs bozon

- Higgs részecske folyamatai



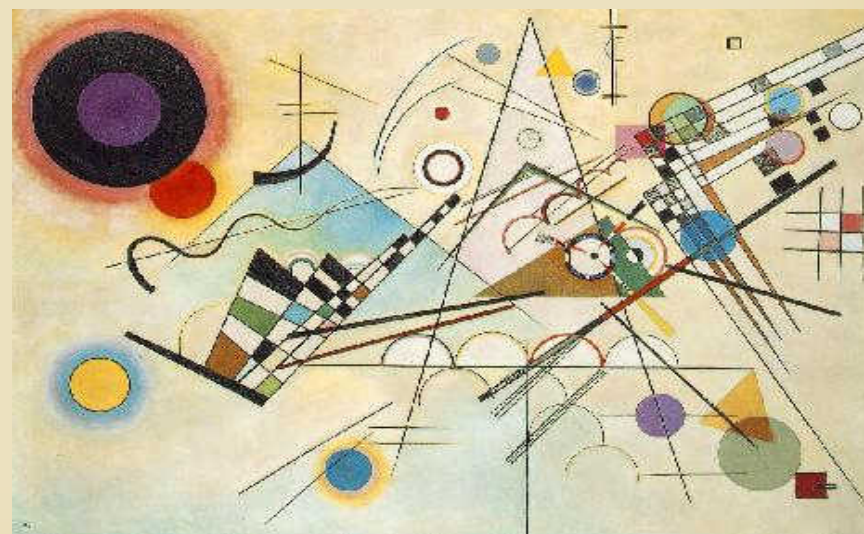
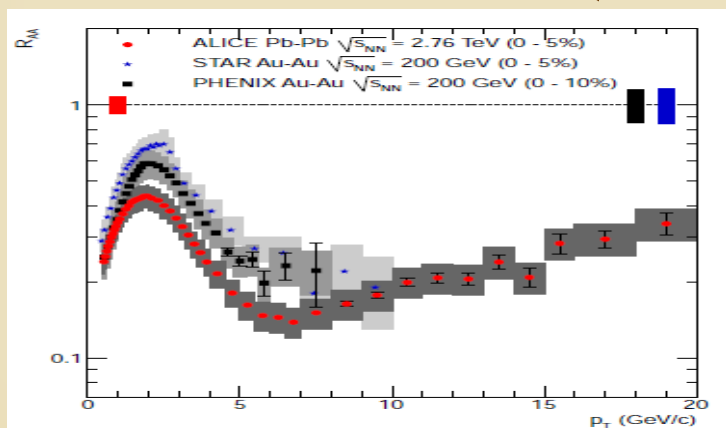
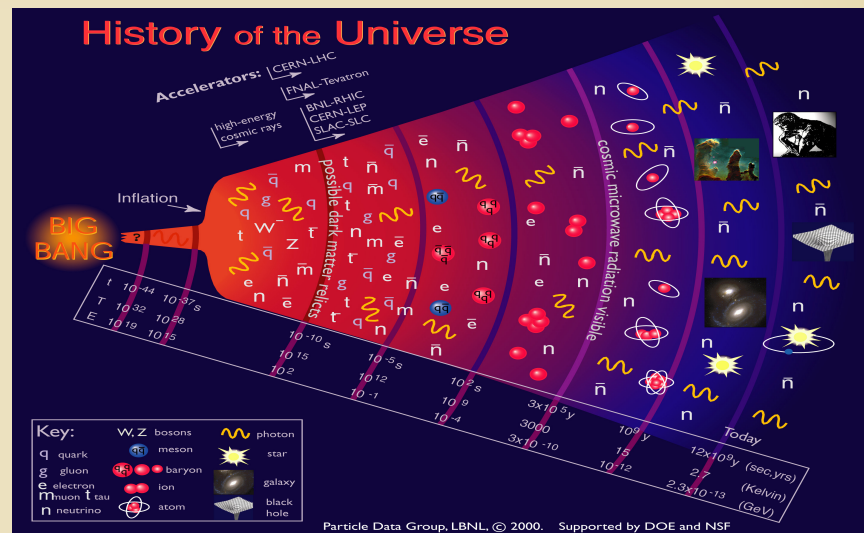
- Kísérletek proton-protonban (Tevatron), ATLAS, CMS



Barnaföldi G.G.: Mi lehet a következő Nobel díj a CERN-ben?

# A korai Univerzum anyaga

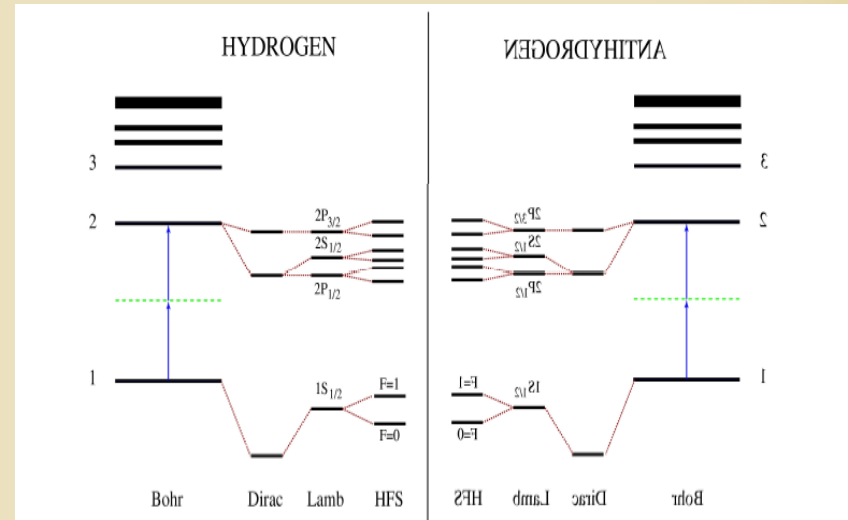
- Kvark Gluon Plazma (QGP) az BNL RHIC gyorsítóban már erős szignaturát adott:
  - forró, színes (kvark+gluon)
  - a tökéletes folyadék
  - részecskezaporok elnyomása
- PbPb: ALICE, CMS (ATLAS)



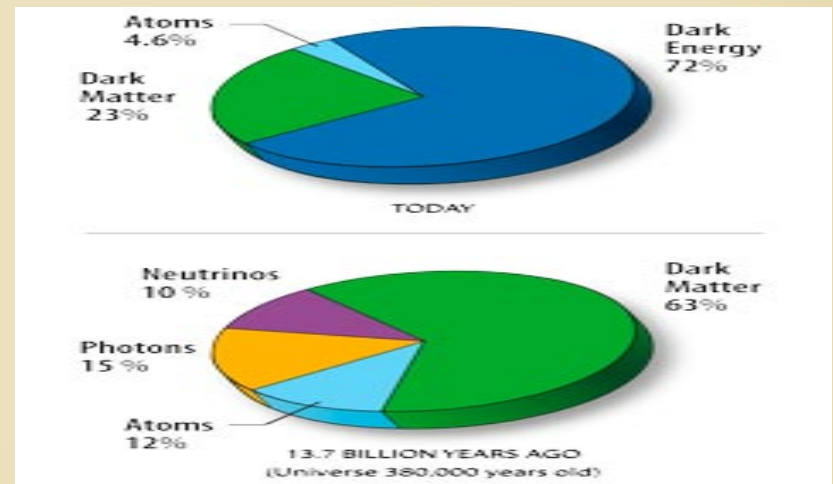
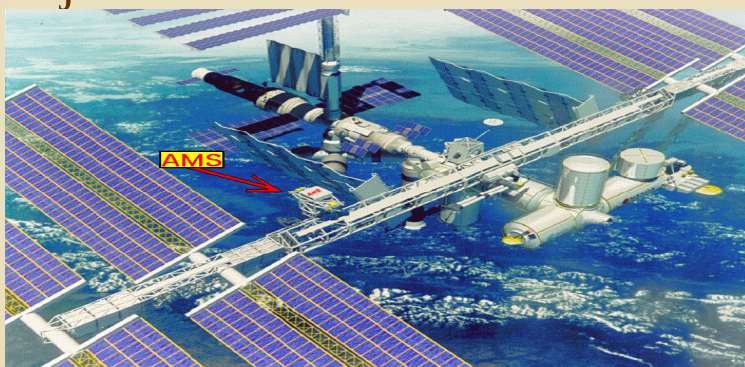
Barnaföldi G.G.: Mi lehet a következő Nobel díj a CERN-ben?

# Antianyag és sötét anyag...

- Antianyaggyár (AD, lassító)  
ALPHA, ASACUSA, ATRAP, ATHENA

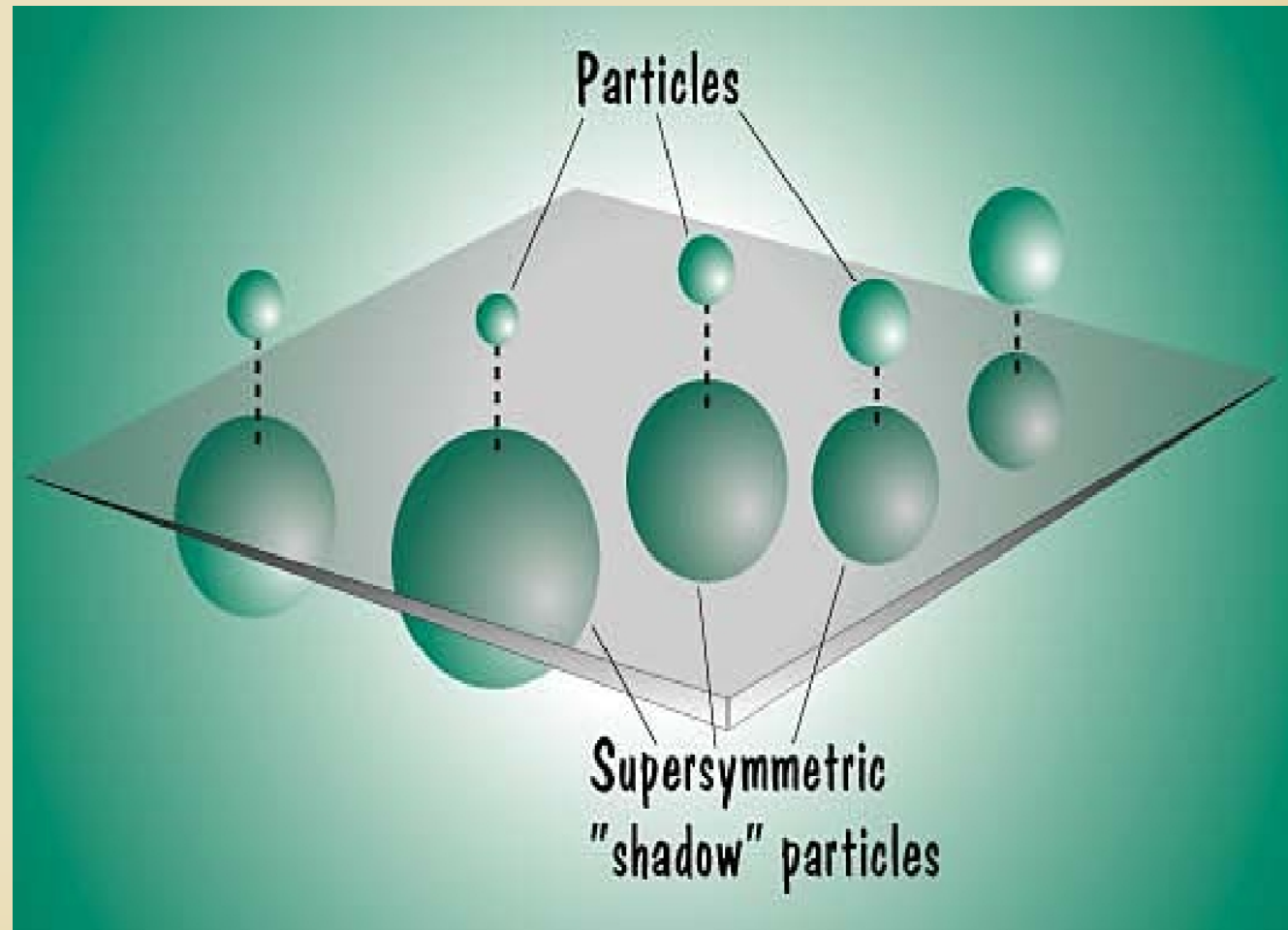


- Sötét anyag keresése (AMS)  
Május 16-án Endeavour vitte fel



Barnaföldi G.G.: Mi lehet a következő Nobel díj a CERN-ben?

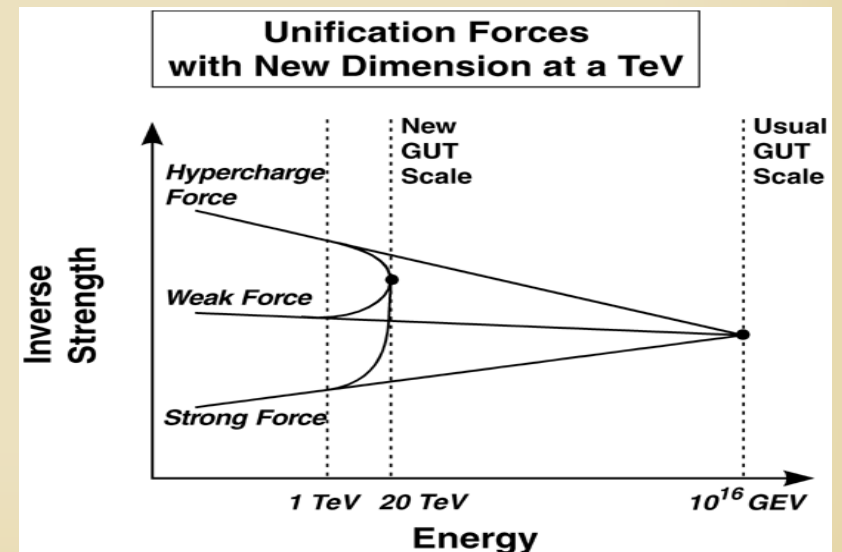
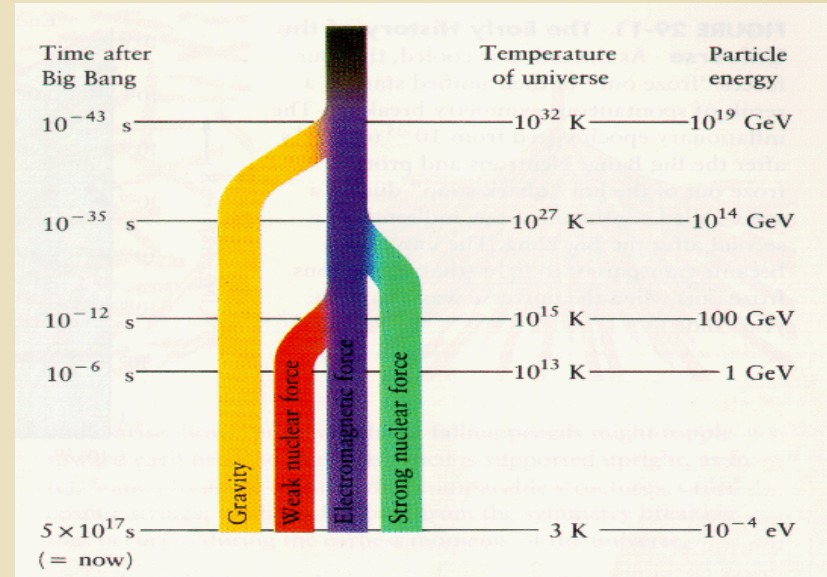
# A Standard Modellen túl – SUSY



Barnaföldi G.G.: Mi lehet a következő Nobel díj a CERN-ben?

# A Nagy Egyesítés felé

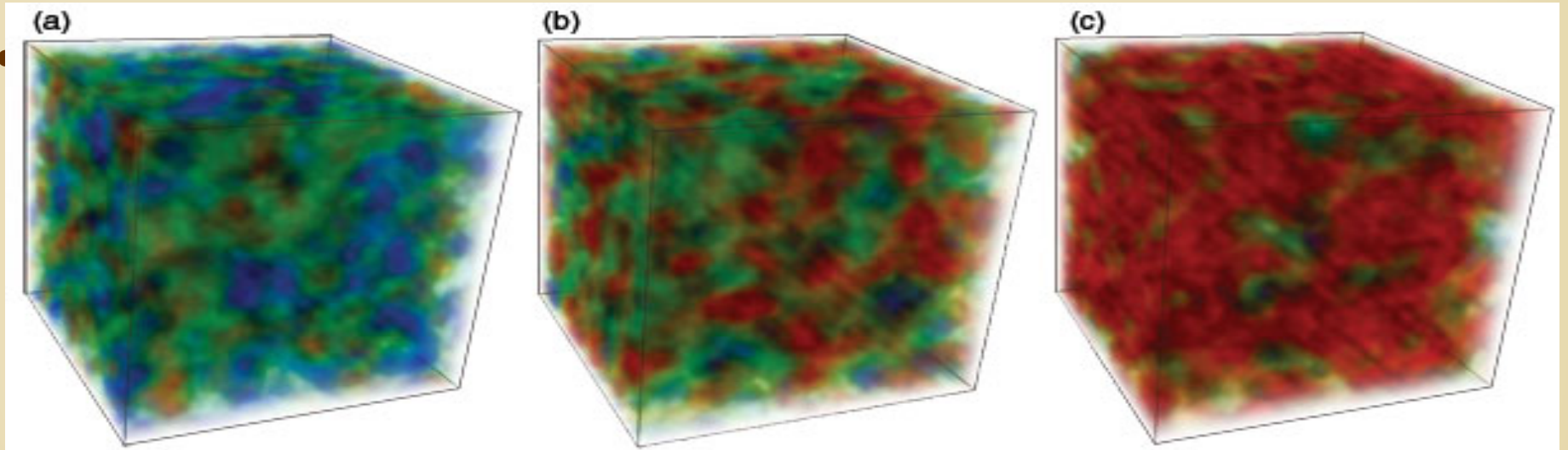
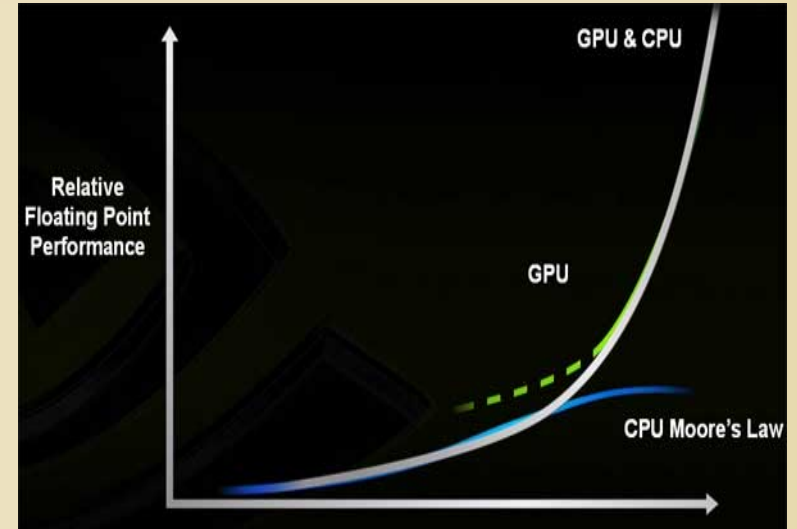
- Gravitáció és a SM egysítése, csak  $10^{19}$  GeV energián lehet – ez borzasztó nagy...
  - legalábbis az LHC-nek
- Megoldás lehet extra dimenziók bevezetése, amivel alacsonyabb energián is lehet egyesített elméletet csinálni.
  - milyenek az extra dimenziók?



t a következő Nobel díj a CERN-ben?

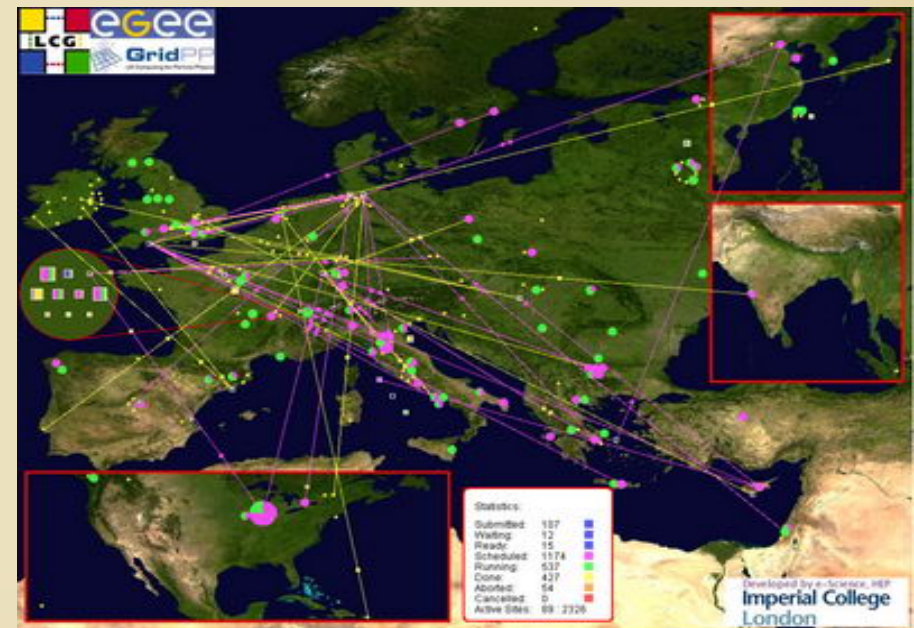
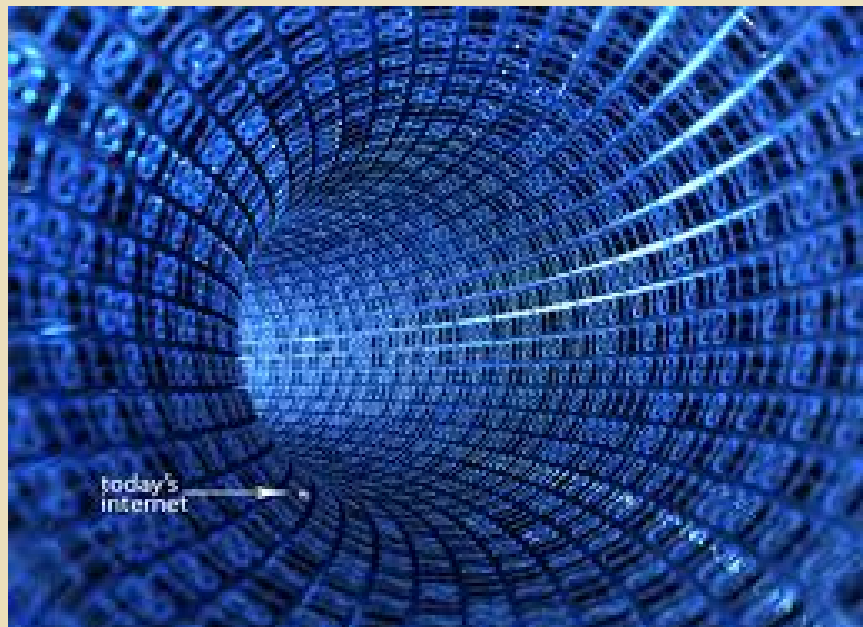
# Kvantumelmélet rácson

- 1974 K. G. Wilson javasolta, hogy a folytonos kvantumtérelméletet diszkretizálva rácson oldjuk meg. Ennek technikai megvalósítása éveket váratott magára.



# Elosztott számítógépek rendszere

- 1991 Tim Berners-Lee (info.cern.ch)  
1994 WWW W3C konzorcium
- A GRID: WLCG  
Worldwide LHC GRID Computing



Barnaföldi G.G.: Mi lehet a következő Nobel díj a CERN-ben?



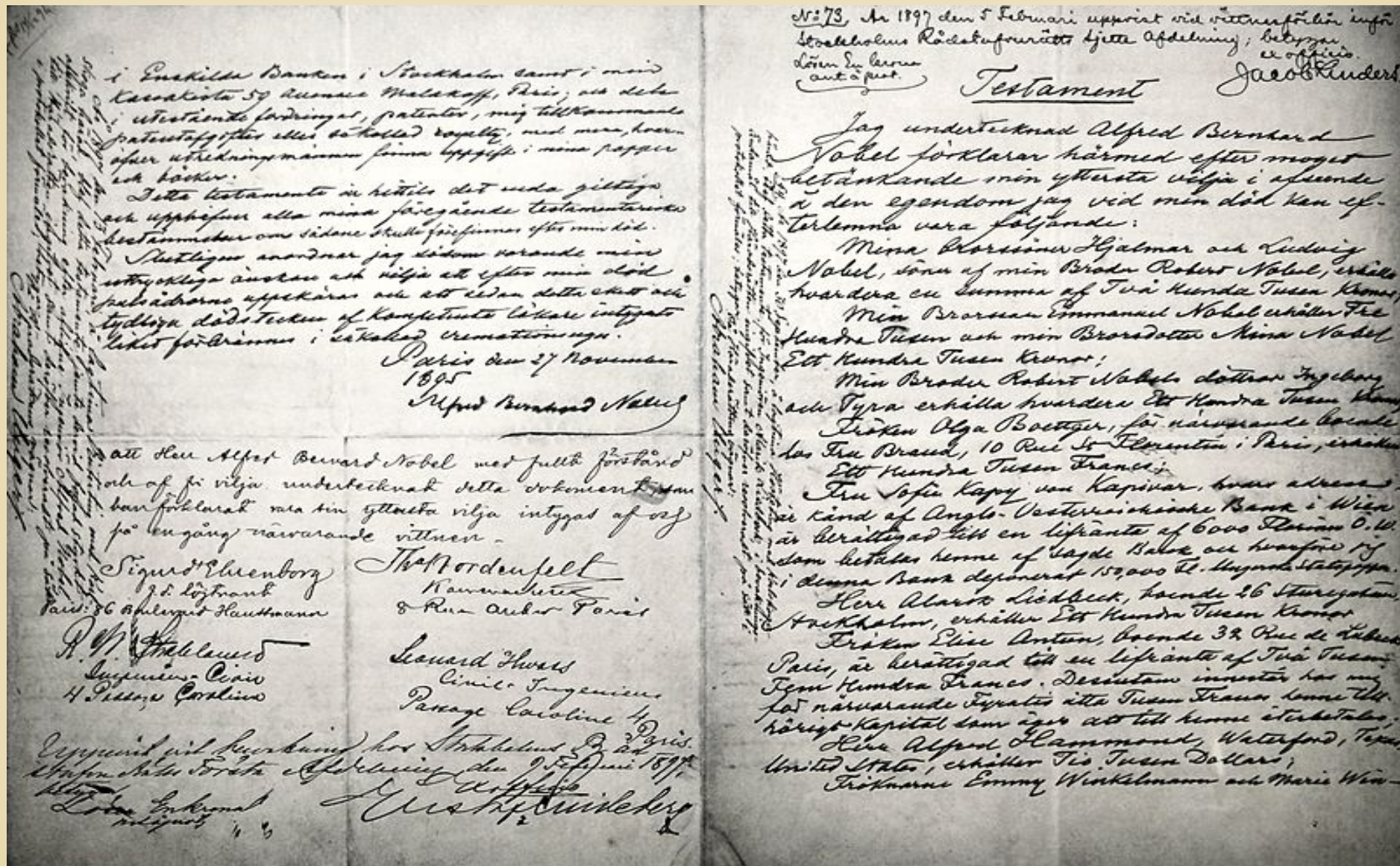
# Kutatások a CERN-ben

- Alap kutatás - nagyenergiás mag- és részecskefizika
  - Részecskefizikai modellek tesztelése (Higgs keresés)
  - Magfizikai modellek tesztelése (Kvark-Gluon Plazma vizsgálata)
  - Antianyag előállítása (miért nem szimmetrikus az anyag)
  - Új fizikai modellek keresése (extra dimenziók, húrmodell, stb.)
- Alkalmazott kutatás – detektorfejlesztés (K+F)
  - Anyagtudomány és szilárdtestfizika (szupravezető anyagok)
  - Mérnöki tudományok (extrém mechanikai rendszerek)
  - IT mérnök (extrém körülmények + gyors adatfeldolgozás)
  - IT (elosztott számítási rendszerek, GRID, szuperszámítógépek)

# CERN LHC



# dilemma...



Barnaföldi G.G.: Mi lehet a következő Nobel díj a CERN-ben?

Köszönjük a figyelmet!

# Van-e jövője a nagyenergiás fizikának?

Egy részecskegyorsító 10-15 év

Lesz-e munkám az LHC után?

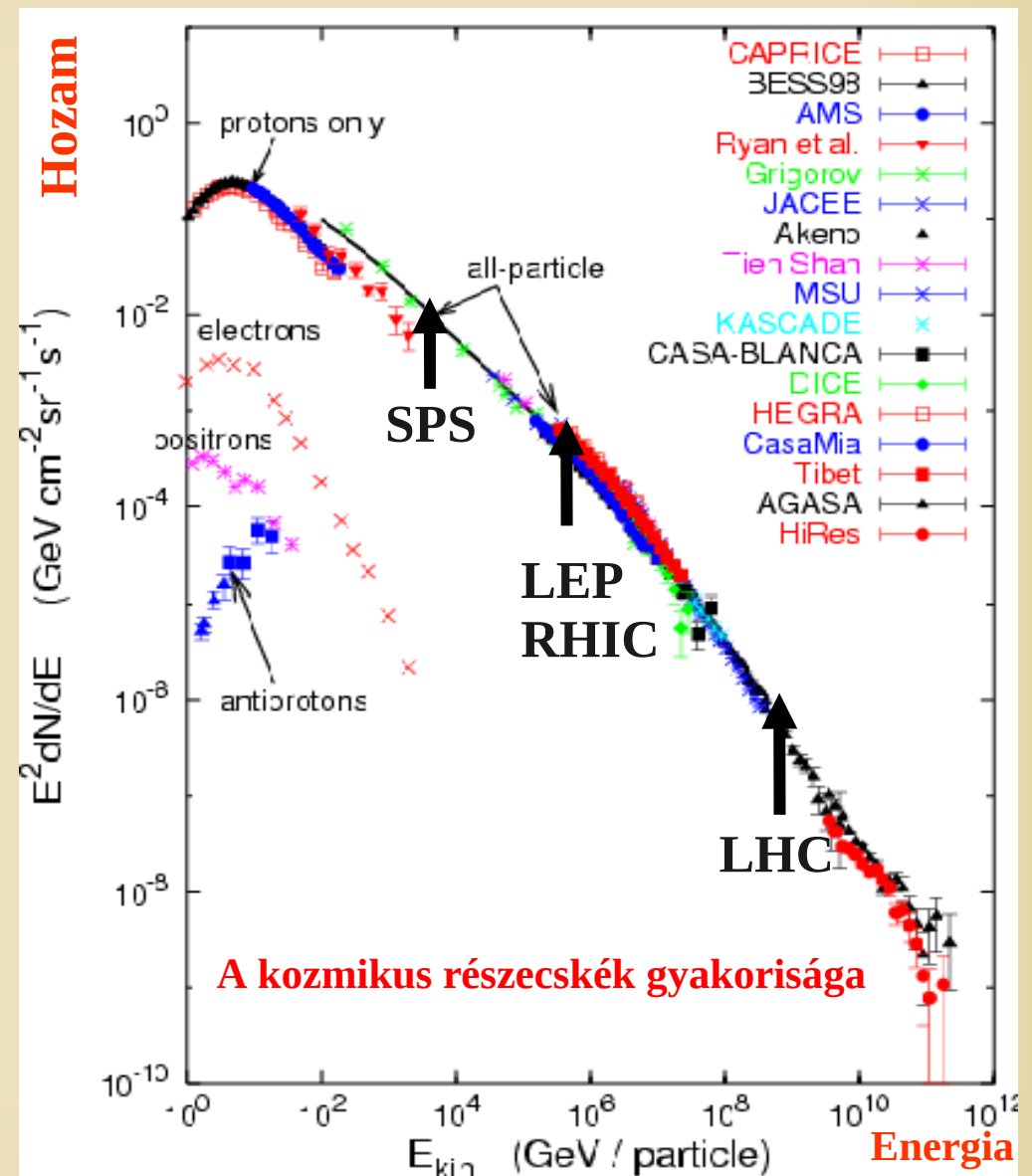
Ha csak RAJTUNK múlik:

- CERN SPS ~20 GeV
- RHIC BNL, LEP ~100 GeV
- LHC ~10 TeV
- **Kozmikus** ~1 EeV

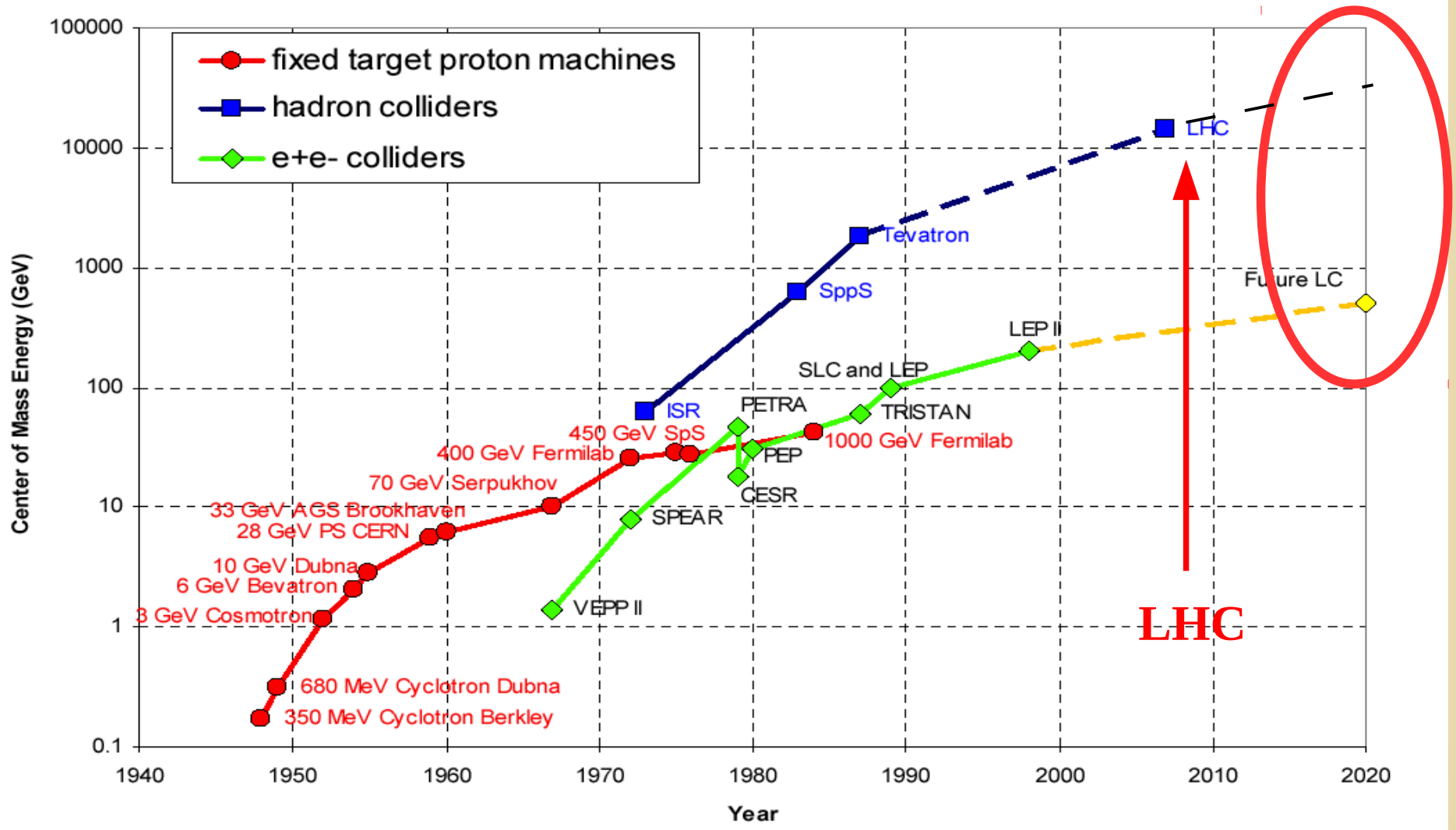
Van még felfelé - legalább is energiában csak most ritkán.

Már tervezzük a következőt:

- eLHC
- SLHC



# A jövő részecskegyorsítói



Barnaföldi G.G.: Mi lehet a következő Nobel díj a CERN-ben?