

**Teraelektronvoltok
és petabájtok
égen és földön
- részecskefizikus szemmel -**

**Lévai Péter
MTA WIGNER Fizikai Kutatóközpont**

**2022 december 3.
HTP2022, Wigner FK, Budapest**

Mottók:

A CERN az első "világlaboratórium" (DG Rolf Heuer)

Nagyenergiás fizika \leftrightarrow Egységes kezelési módszerek

\rightarrow Egyesített elméletek!

\rightarrow Egyesített mértékrendszerek

A „fizika” jól működik sok-sok nagyságrenden keresztül !

Egységesített (tudományos) nyelv \rightarrow Hatékony kutatás

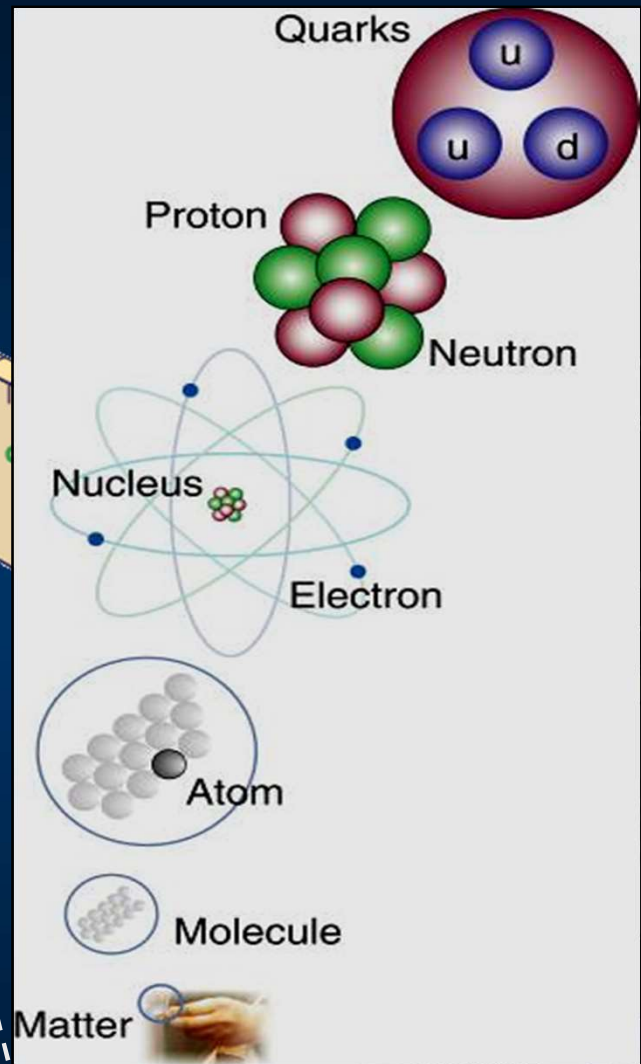
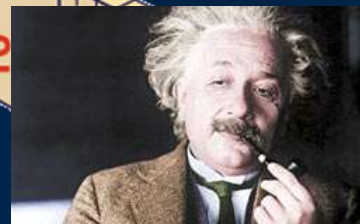
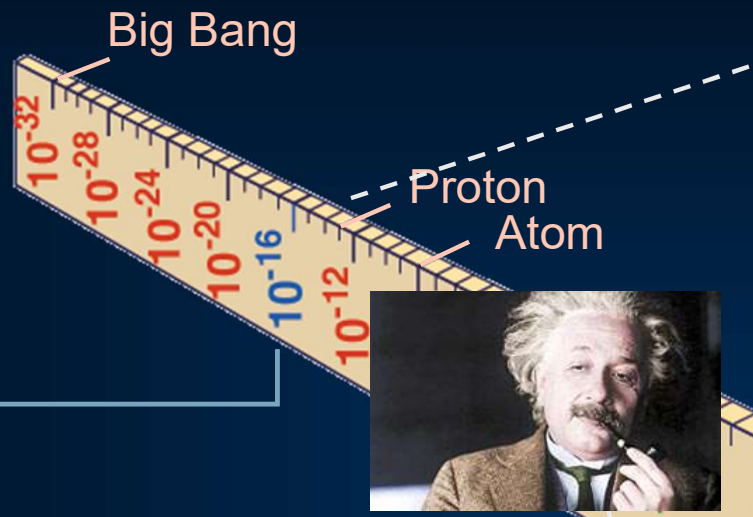
\rightarrow Fejlődés lépésenként

\rightarrow Lehetne esetleg „ugrásszerű” a fejlődés?

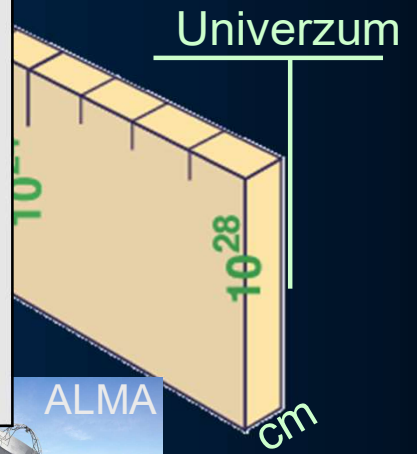
Első HEP-Dimenzió: Hosszúság (3D) → 1 méter



**Az etalon méter a párizsi place Vendôme egyik
(az Igazságügyminisztérium) épületén**



A Galaxisok sugara



LHC

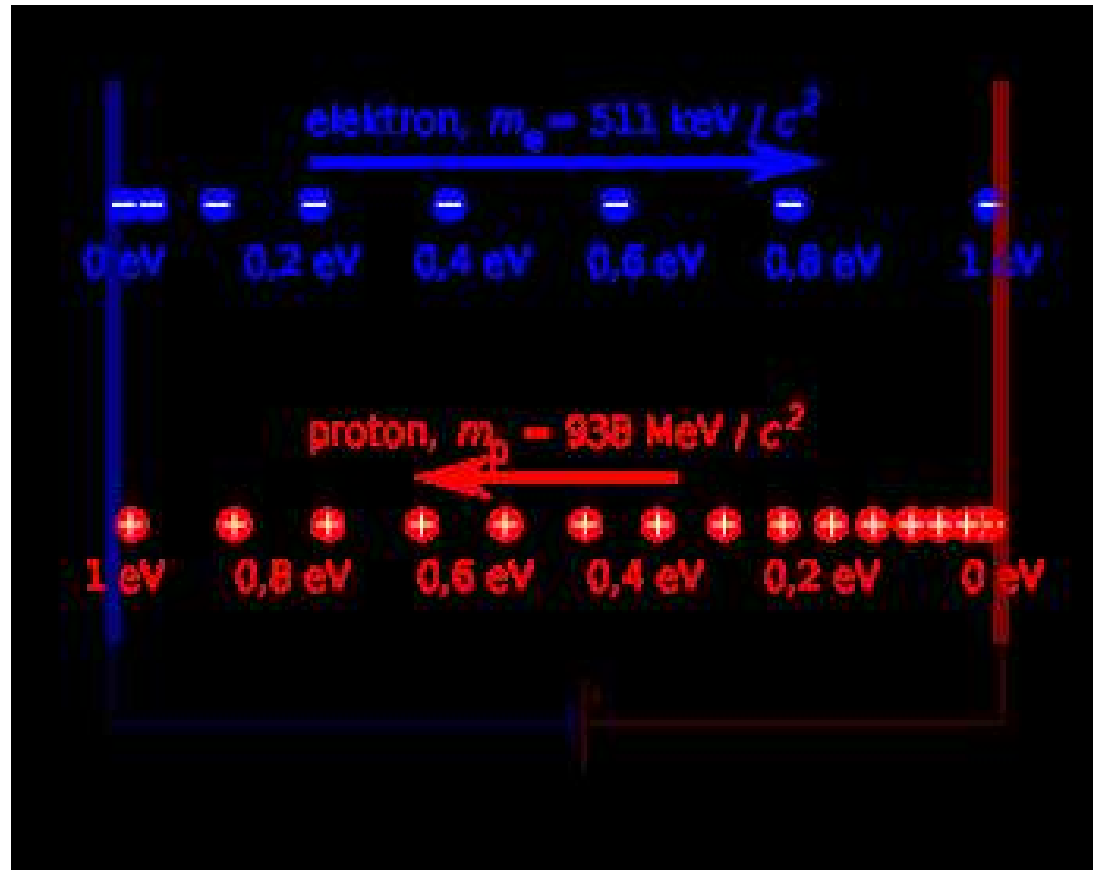
Szuper-Mikroszkóp



A fizika törvényeinek tanulmányozása (Big Bang)
 A részecskefizika, asztrofizika és kozmológia
 kérdéseinek együttes megértése (60 nagyságrend)



Második HEP-Dimenzió: Energia (1D) → 1 eV



$$U_e/k_B = 1 \text{ eV} / k_B = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J} / 1,38 \times 10^{-23} \text{ J/K} = 11605 \text{ K}$$

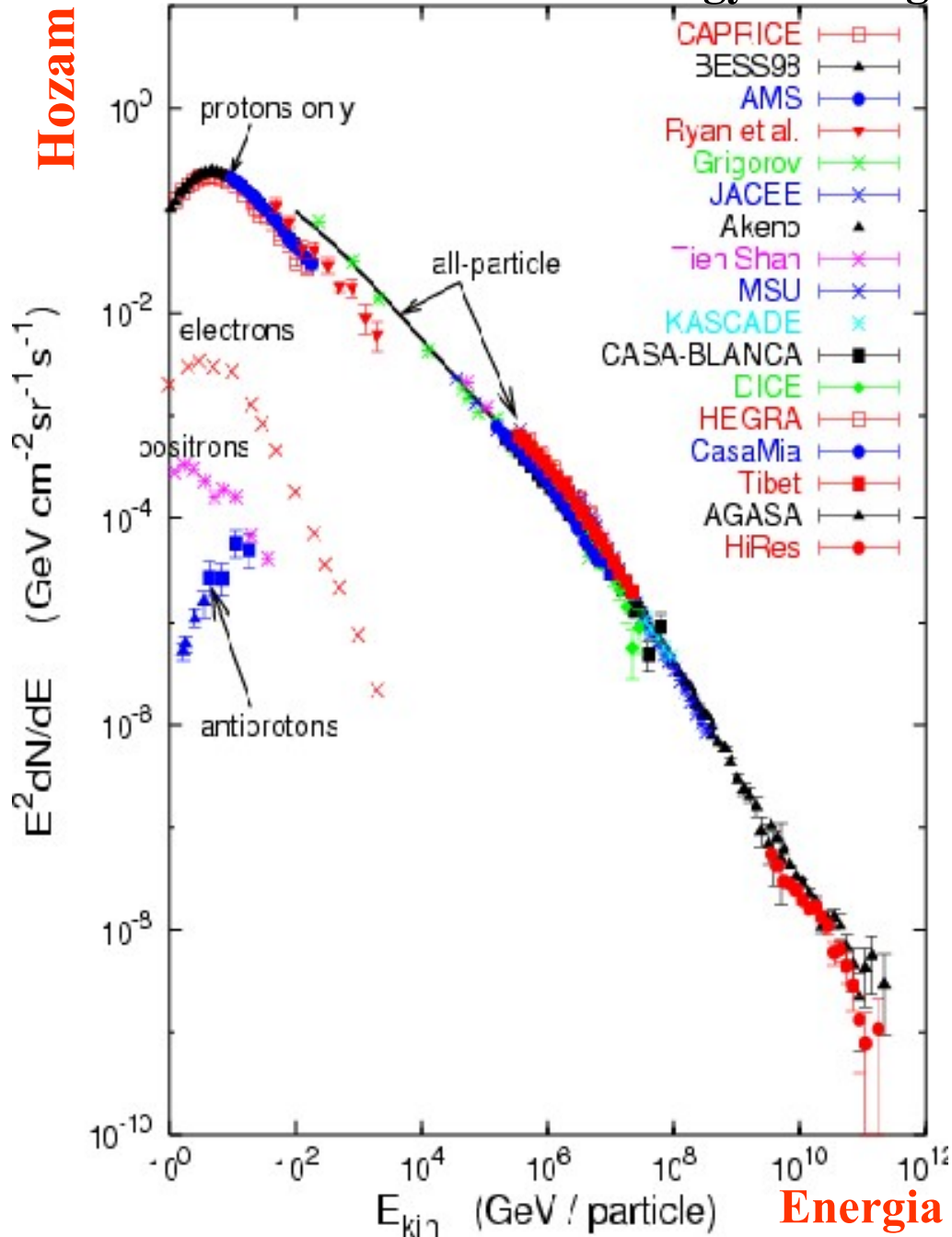
3 K háttérsugárzás: 0.25 meV fotonok alkotják (10^{-4} eV)

Kozmikus sugárzások energiája ?



A kozmikus részecskék gyakorisága **Kozmikus sugárzás - folyamatosan:**

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



10^{15} MeV

10^{18} keV

10^{21} eV

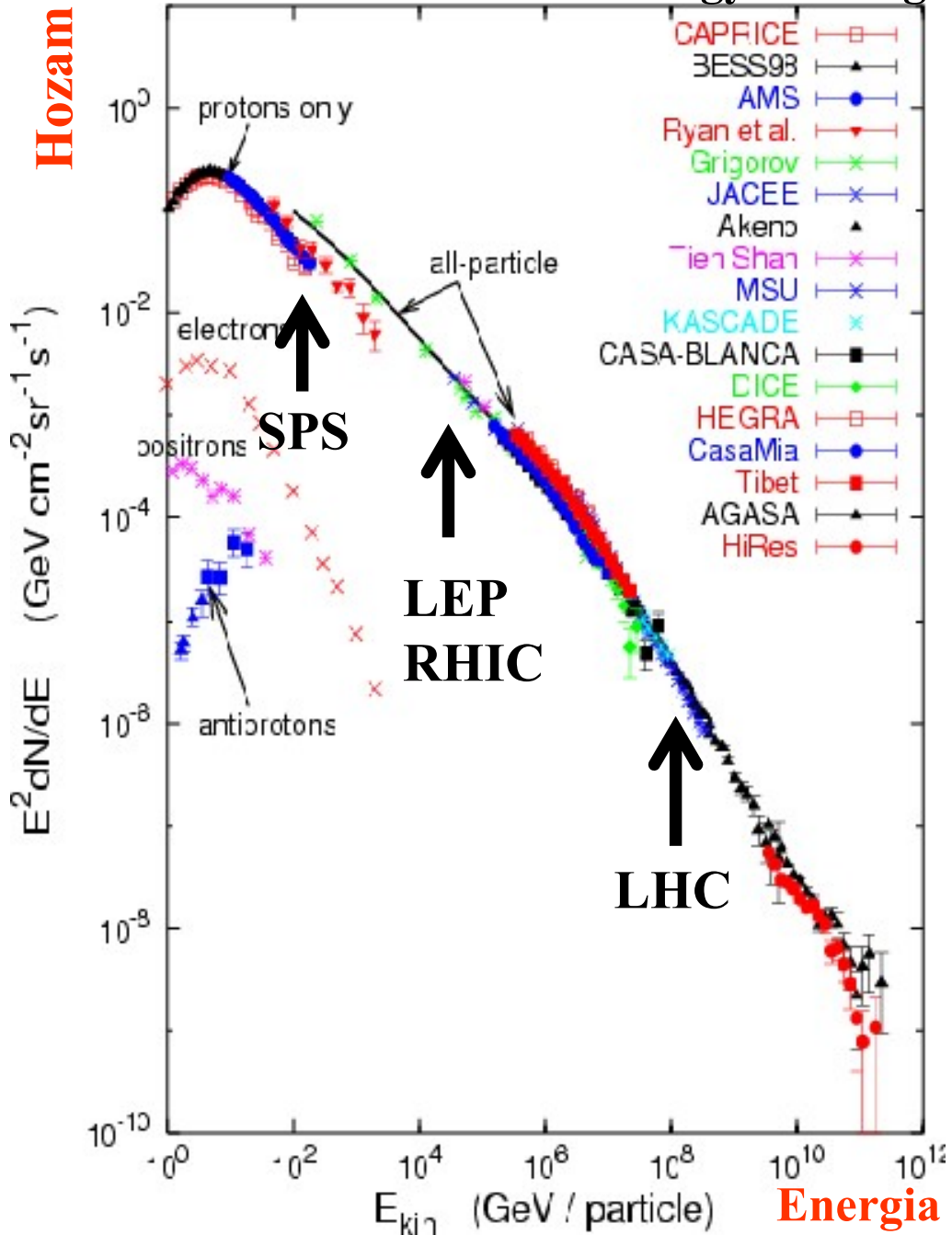
10^{24} meV

Háttér- vs. maxim kozmikus sugárzás között

25 nagyságrend !

Mekkora az LHC energiája ?

A kozmikus részecskék gyakorisága



Kozmikus sugárzás - folyamatosan:

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

Fix targetes gyorsítók:

CERN SPS: $E_{kin} = 4.5 \cdot 10^2$ GeV

Ütközőnyalábos gyorsítók:

CERN LEP és BNL RHIC

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

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

CERN LHC

$\sqrt{s} = 8000 + 8000$ GeV

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

Magfizikai skála:

Bomlás: $U^{235} \rightarrow 202.5$ MeV

[83 TeraJ/kg]

Kötési energia: U^{235} 7.59 MeV/nukl

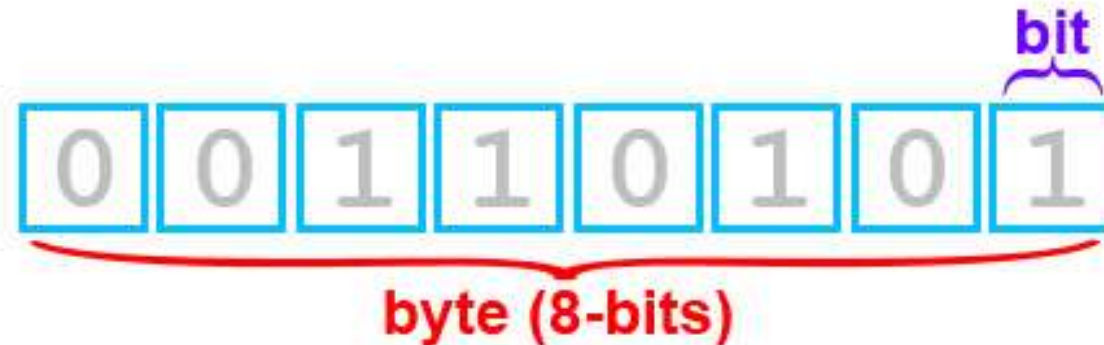
Gyors neutronok: U^{235} -ből 4.8 MeV

Lassú neutronok (reaktor): 25 meV

[T= 25 Celsius] [$v=2$ km/sec]

Harmadik HEP-Dimenzió: Információ (1D)

→ 1 byte



Byte < KiloB < MegaB < GigaB < TeraB < PetaB < ExaB < ZettaB⁹¹ < YottaB⁹¹

1 10³ 10⁶ 10⁹ 10¹² 10¹⁵ 10¹⁸ 10²¹ 10²⁴

Avogadro-szám: 6×10^{23}

2022. nov. 18: ronna – 10²⁷ ; quetta – 10³⁰ ;
 ronto – 10⁻²⁷ ; quecto – 10⁻³⁰ ; (nano,pico,femto,atto,zepto,yocto)

Tartalomjegyzék:

1. Égi adatgyűjtés

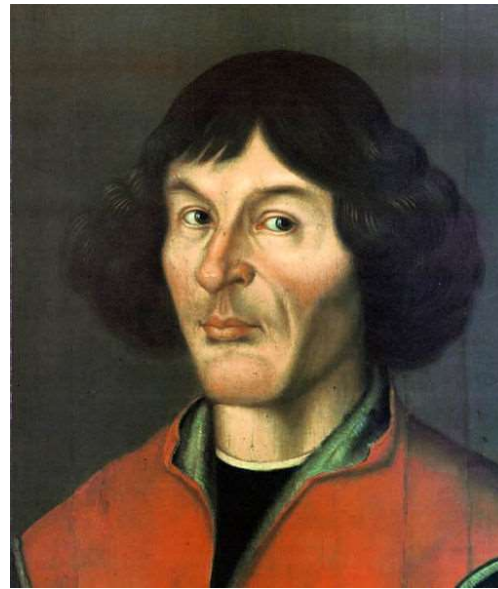
2. A Nagy Hadronütköztető (LHC)

3. Adatgyűjtés a föld alatti detektoroknál

4. Big Data Science – informatikai kihívások

5. Paradigmaváltás az IT-alkalmazásoknál

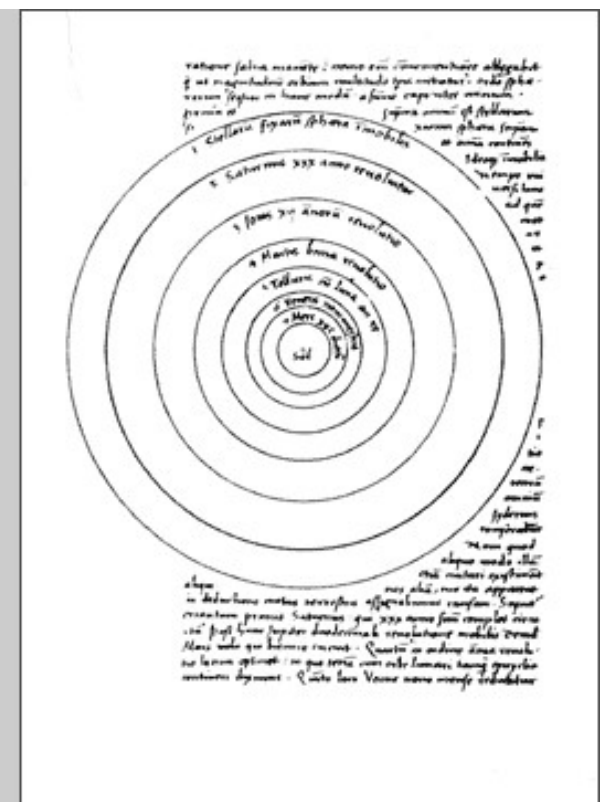
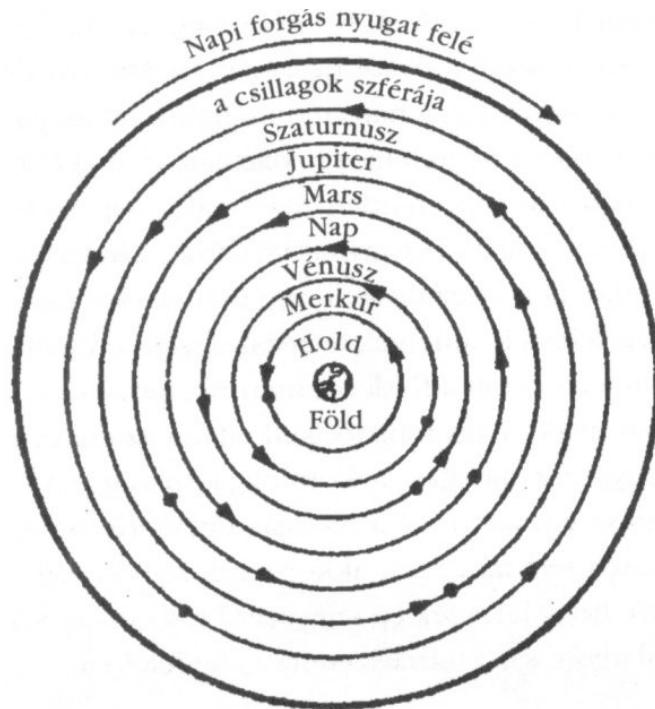
Arisztotelész (Kr. e. 384–322)



**Nikolaus Kopernikusz
(1473-1543)**

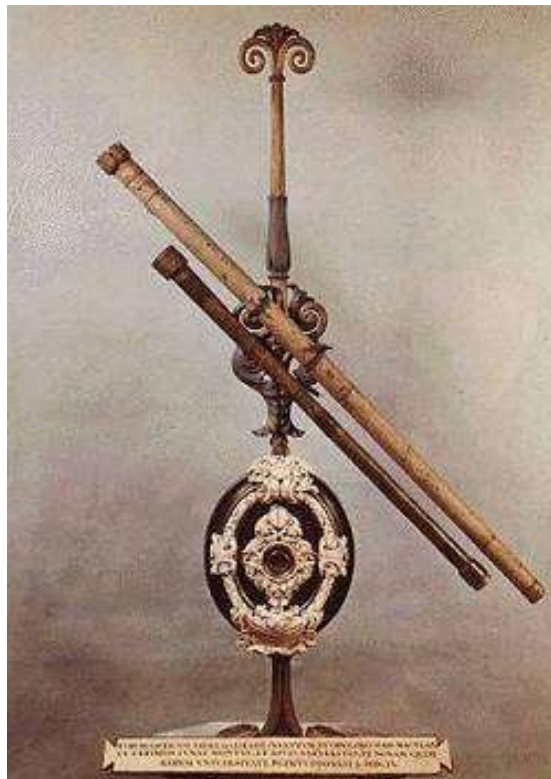
**1510: nap-középpontú
világkép**

**1543: De Revolutionibus
Orbium Coelestium**





Galilei (1564-1642)
Fiatalkori kép



Galilei távcső bemutatója
1609. augusztus 25.
2009: 400 éves a
megfigyelő csillagászat

Observationes Jovis
1610

20. Febr. marc. 11. 12	○ **		
30. marc.	** ○ *		
2. Apr.	○ ** *		
3. marc.	○ * *		
3. Ho. 5.	* ○ *		
7. marc.	* ○ **		
6. marc.	** ○ *		
8. marc. 11. 13.	* * * ○		
10. marc.	* * * ○ *		
11.	* * ○ *		
12. H. 4. vesp.	* ○ *		
13. marc.	* ** ○ *		
14. Apr.	* * * ○ *		

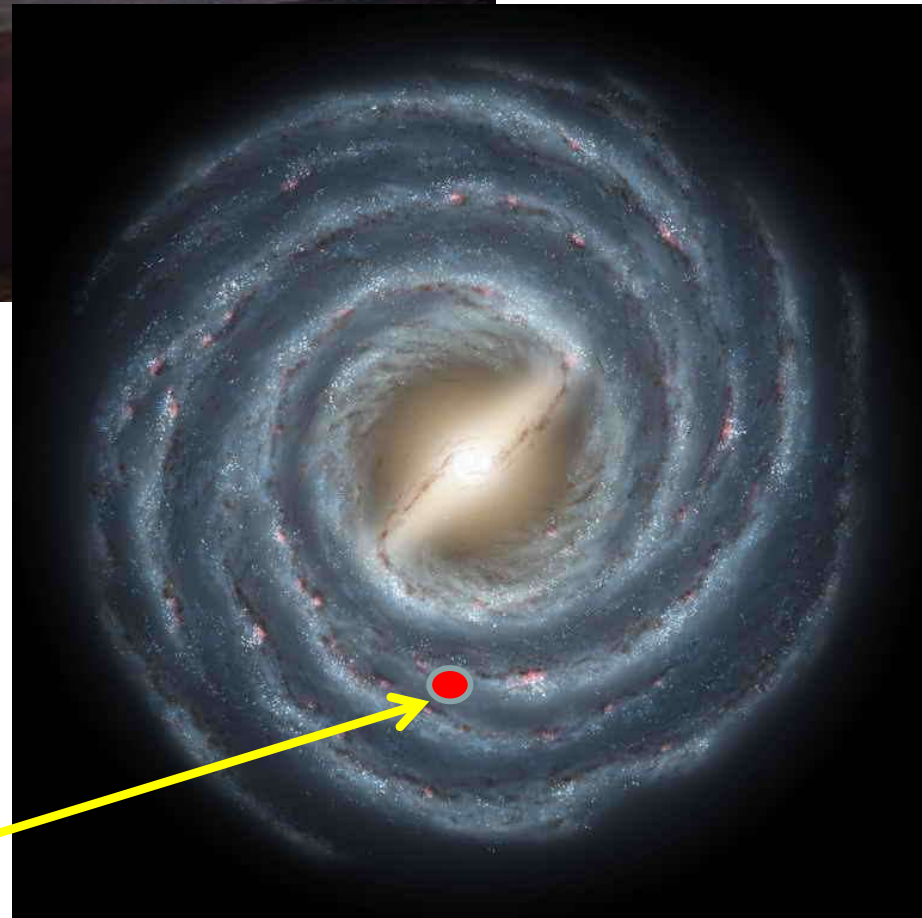
1610. január 7 :
a Jupiter 4 holdjának
felfedezése (Europe, Io,
Kallisztó, Ganümédesz)

1 év alatt 1 kB adat: 3 Byte/éjszaka
→ a Jupiter egy kis Naprendszer,
Kopernikusznak van igaza !



**A Tejútrendszer,
a mi galaxisunk:
a Földről nézve
és „messziről” tekintve**

Naprendszer





Sloan Digital Sky Survey

New Mexico, Apache Point, 2000/2005/2014

120 Mpixel CCD kamera

Szalai Sándor John Hopkins Egyetem

Csabai István és csoportja, ELTE

Szapudi István és csoportja, Hawai

Gaia Katalógus [Berkeley-Díj 2022]

ÁbrahámP et al. [ELKH CSFK]

30 db 2048x2048 CCD chip

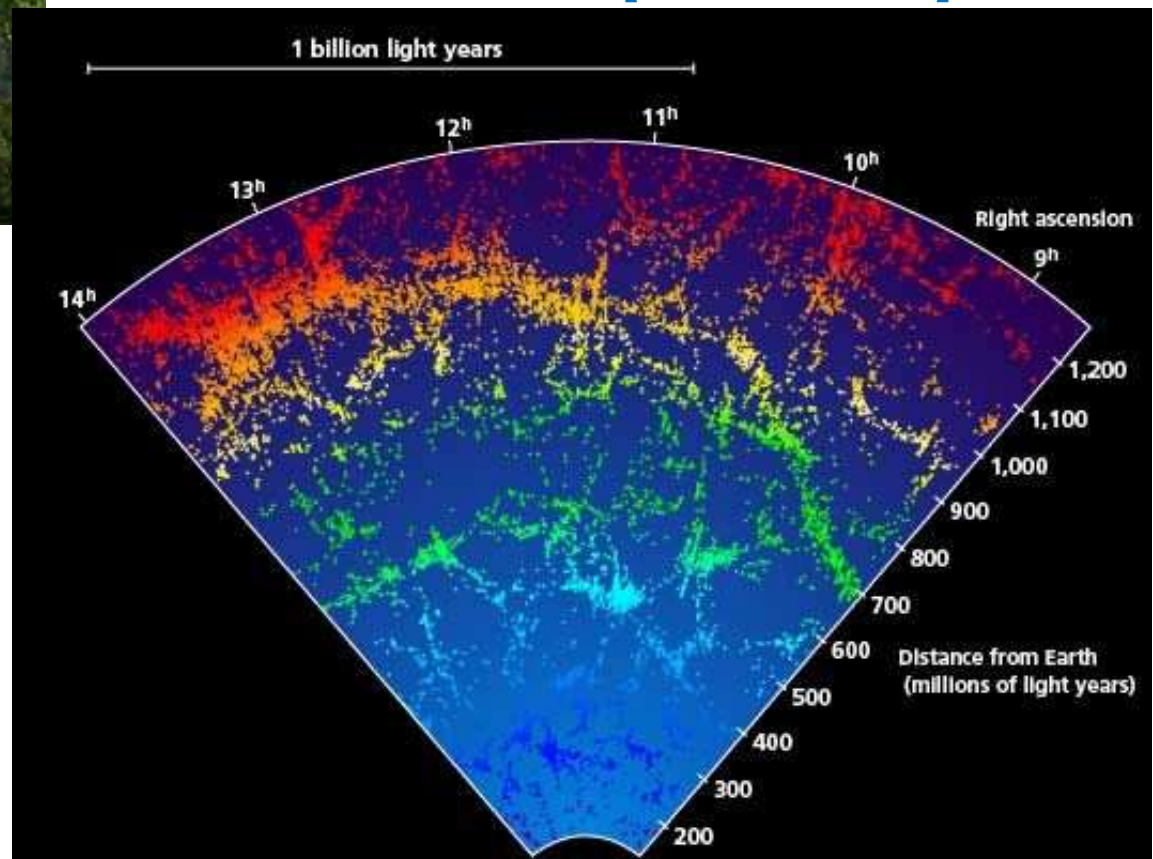
5 színszűrő:

354, 476, 628, 769, 925 nm

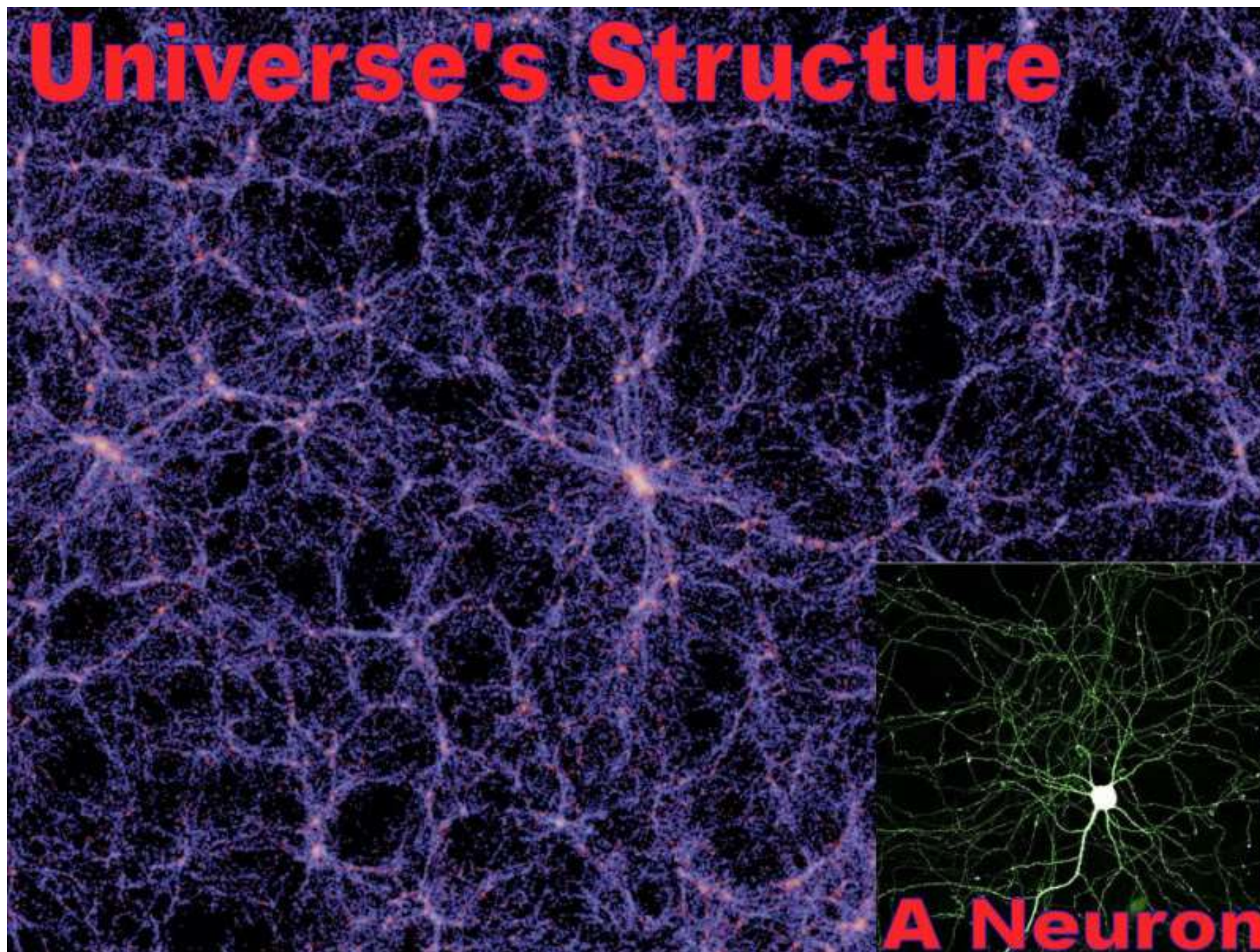
200 GB adat éjszakánként →

2000-2014: 1100 TB adat

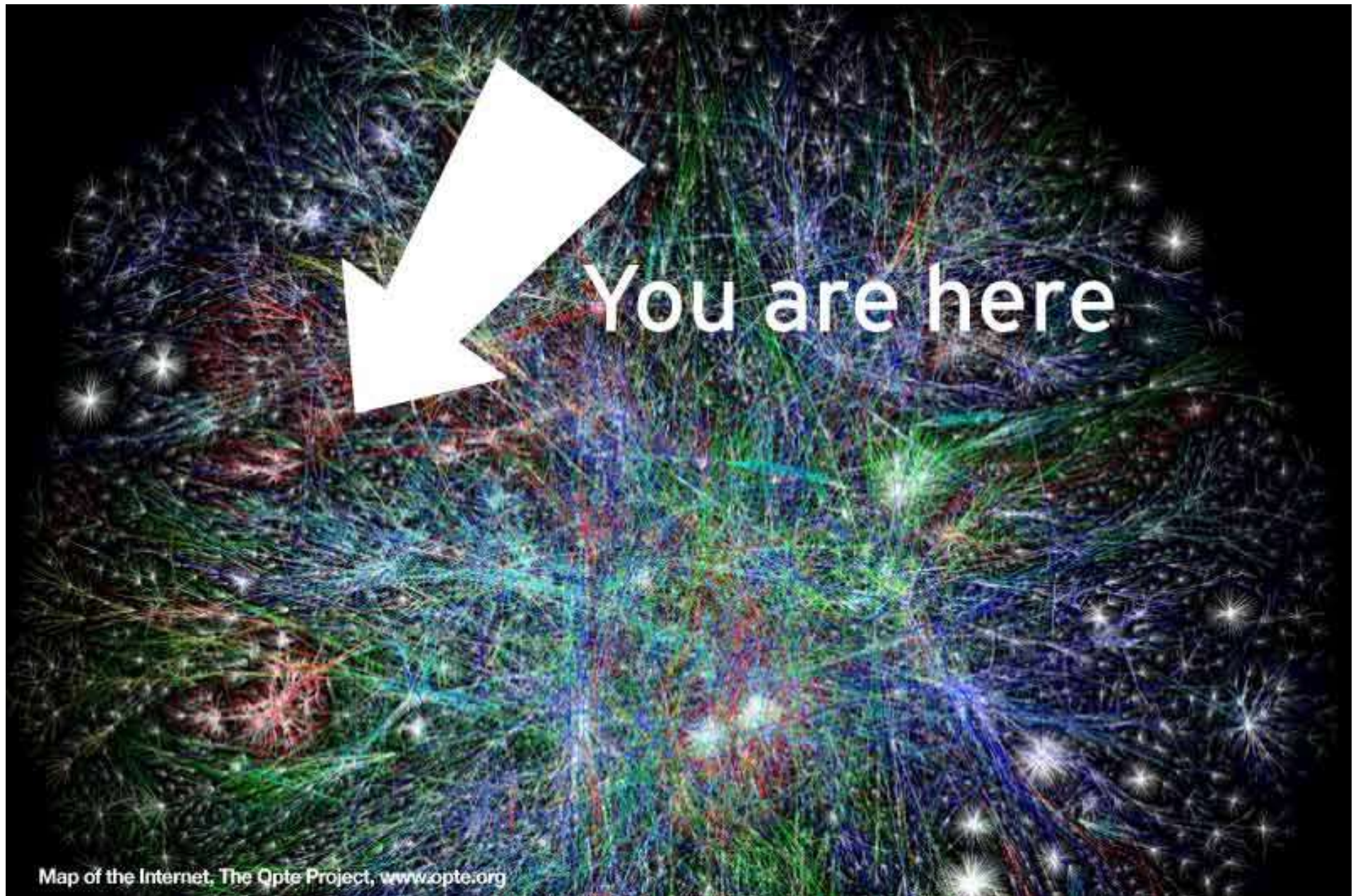
Petabájt skála



Az Univerzum struktúrája --- A neuronok hálózata



Az Internet térképe



Tartalomjegyzék:

1. Égi adatgyűjtés

2. A Nagy Hadronütköztető (LHC)

3. Adatgyűjtés a föld alatti detektoroknál

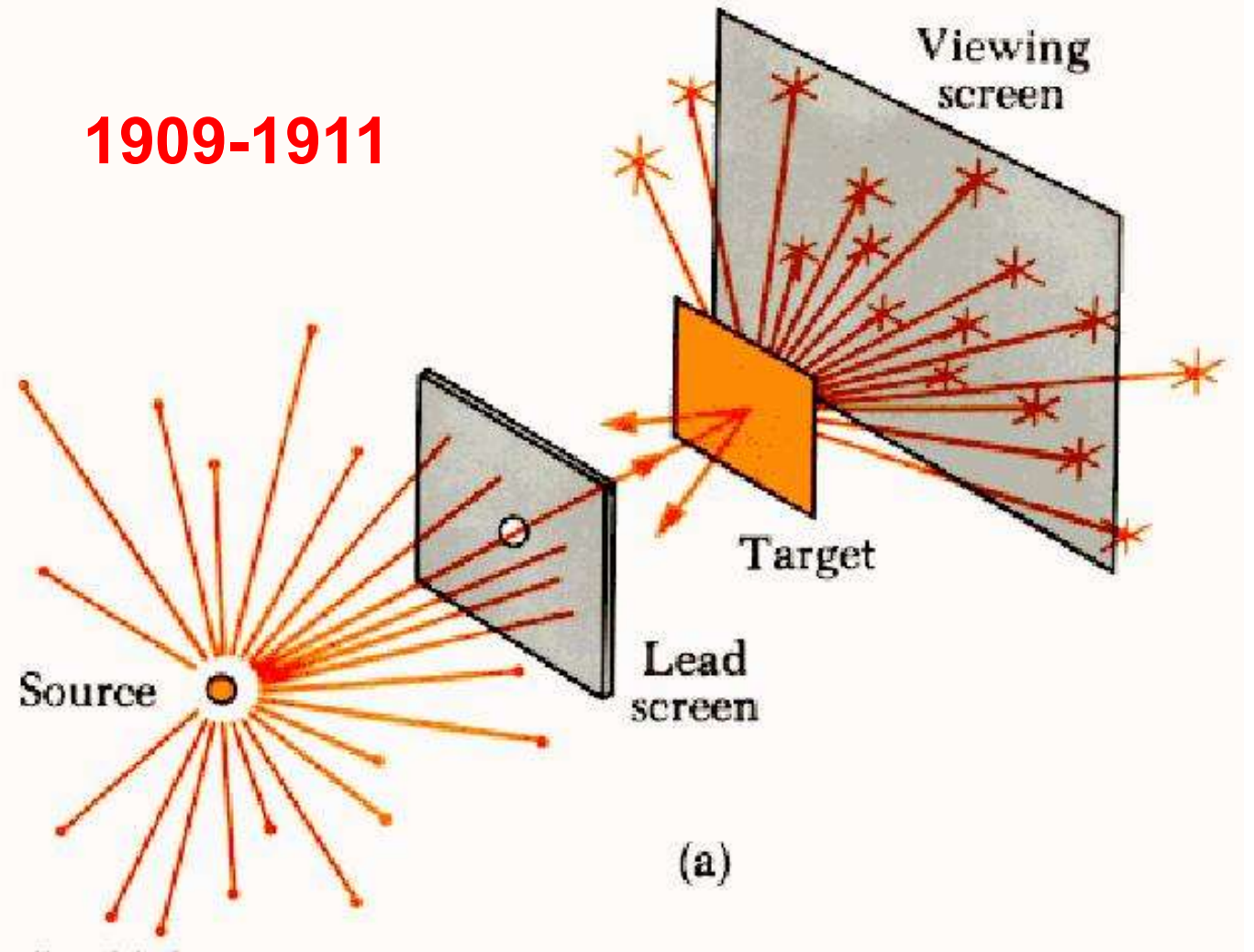
4. Big Data Science – informatikai kihívások

5. Paradigmaváltás az IT-alkalmazásoknál



Ernest Rutherford
(1871-1937)

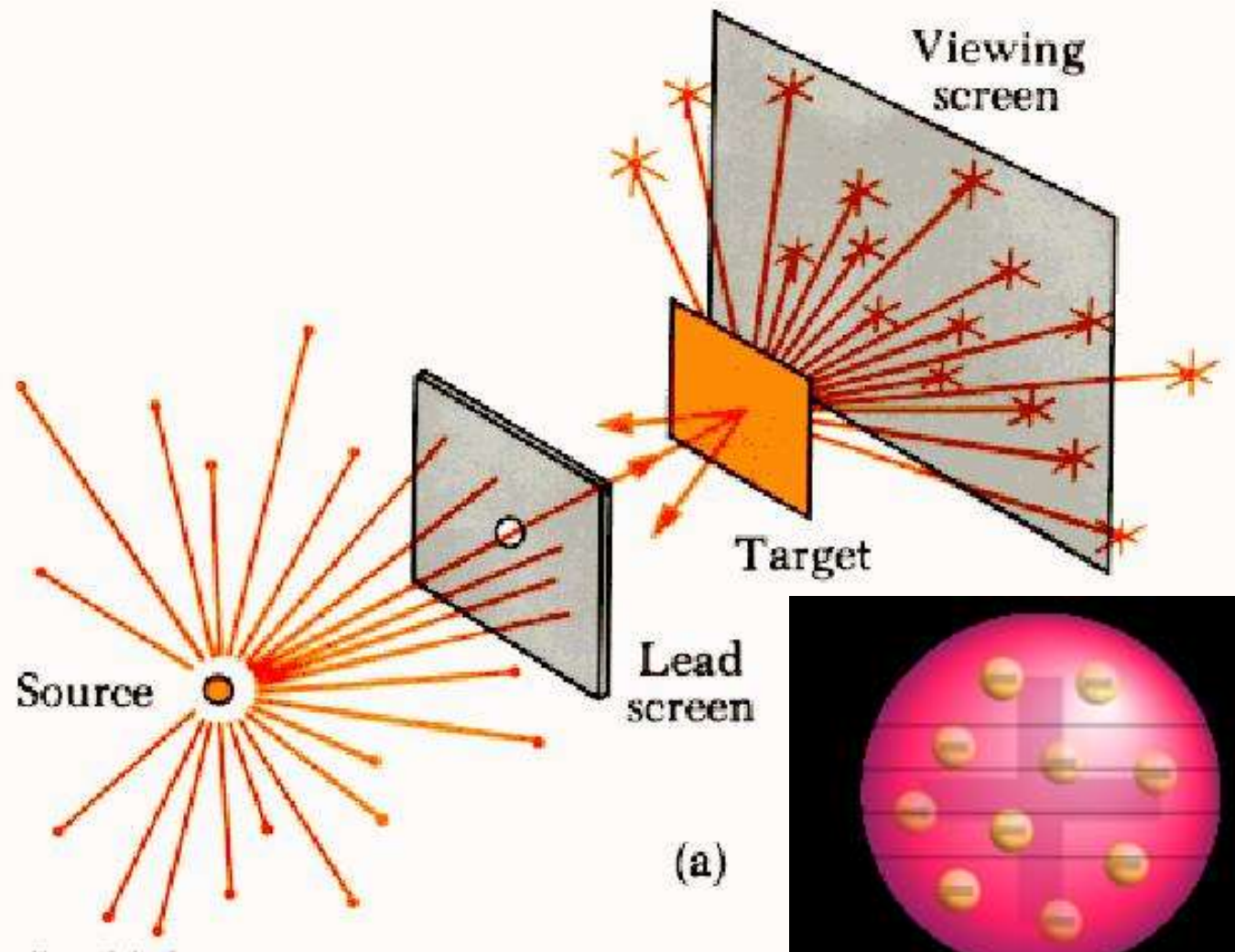
1909-1911



**A Rutherford kísérlet:
az α -részecskék visszaszóródnak az arany fóliáról**



Ernest Rutherford
(1871-1937)

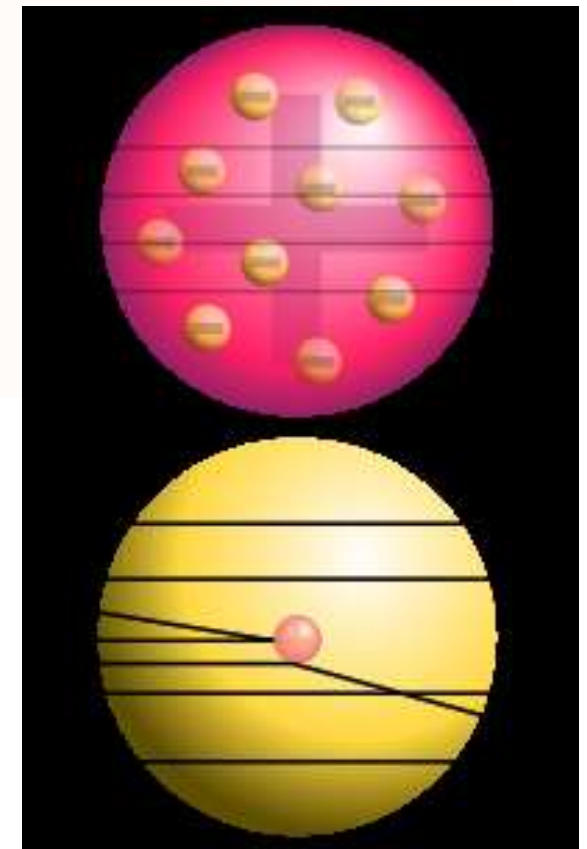


A Rutherford kísérlet:

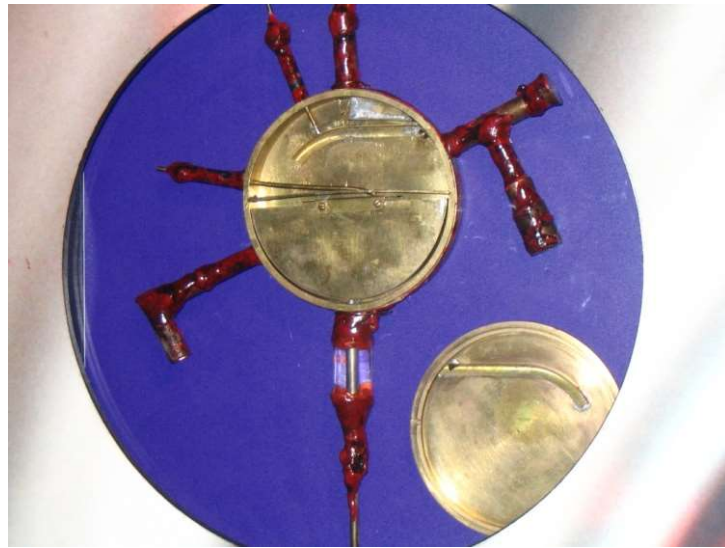
az α -részecskék visszaszóródnak az arany fóliáról

**→ az arany atomoknak pozitív töltésű magjuk van
amit negatív töltésű elektron felhő vesz körbe**

1 nap 1 KB adat



Gyorsítók: 1930 ⇒⇒⇒ 2008 CERN LHC

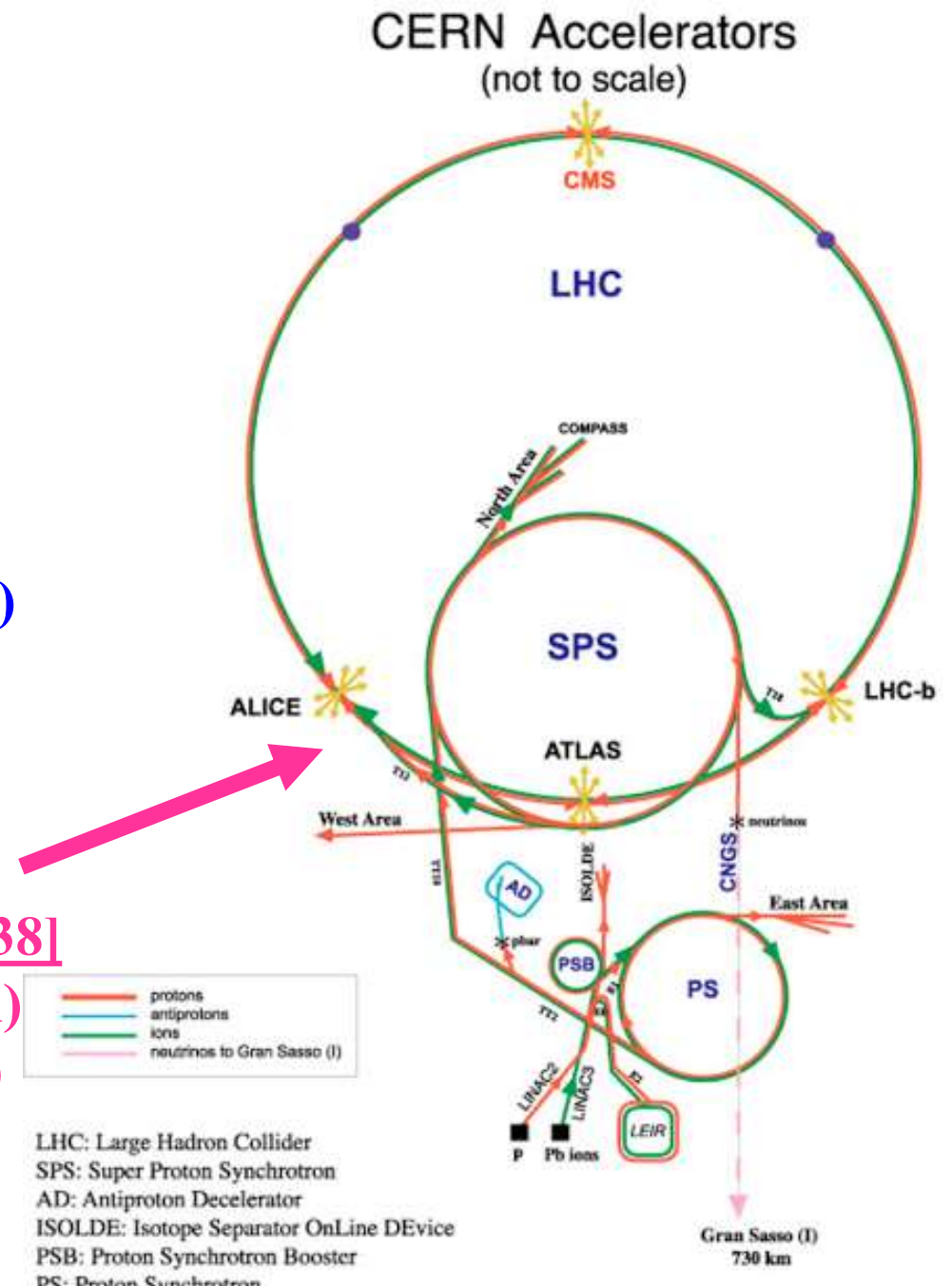


Az első ciklotron, 1930, Lawrence

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	($1.5 \cdot 10^2$ €)

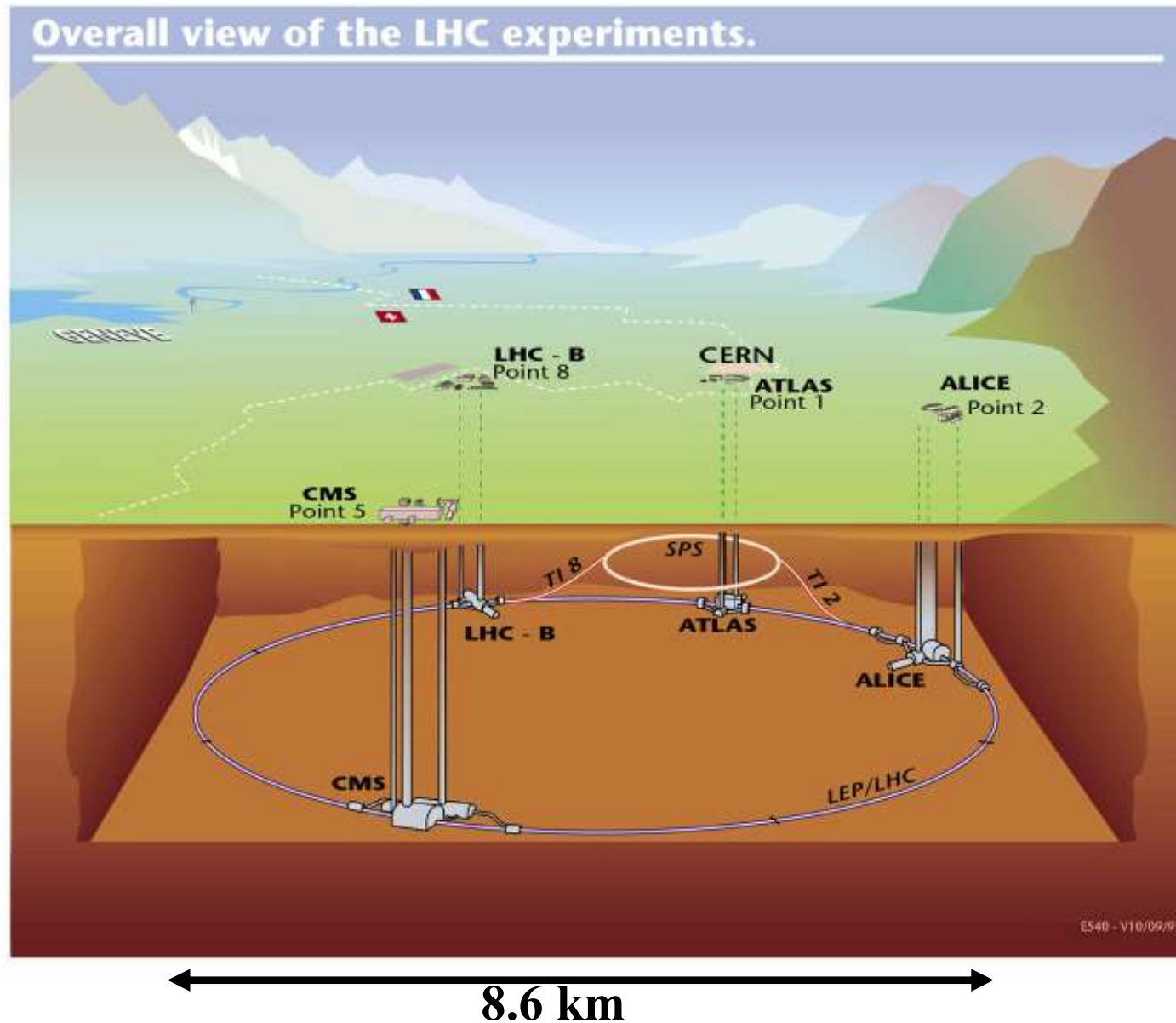
A CERN LHC komplexum, 2008 [-2038]

Átmérő:	8.6 km	($8.6 \cdot 10^5$ cm)
Energia:	8 TeV	($8 \cdot 10^{12}$ eV)
Stáb:	2000 + 13000 fő	($1 \cdot 10^4$ fő)
Mai ár:	~15 mrd euro	($1.5 \cdot 10^{10}$ €)



CERN LHC: a Föld legnagyobb berendezése

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



L3
 OPAL
 NA49
 ASACUSA

ALICE
 CMS

ATLAS
 TOTEM
 NA61
 AWAKE
 FCC

LHC gyorsító elkészült: 2008 nyara



A CERN LHC komplexum, 2008 nyarán

Nyalábcső: 2 db, 10^{-13} atm, 9000 m^3 térfogat (+ 120 t szuperfolyékony He)

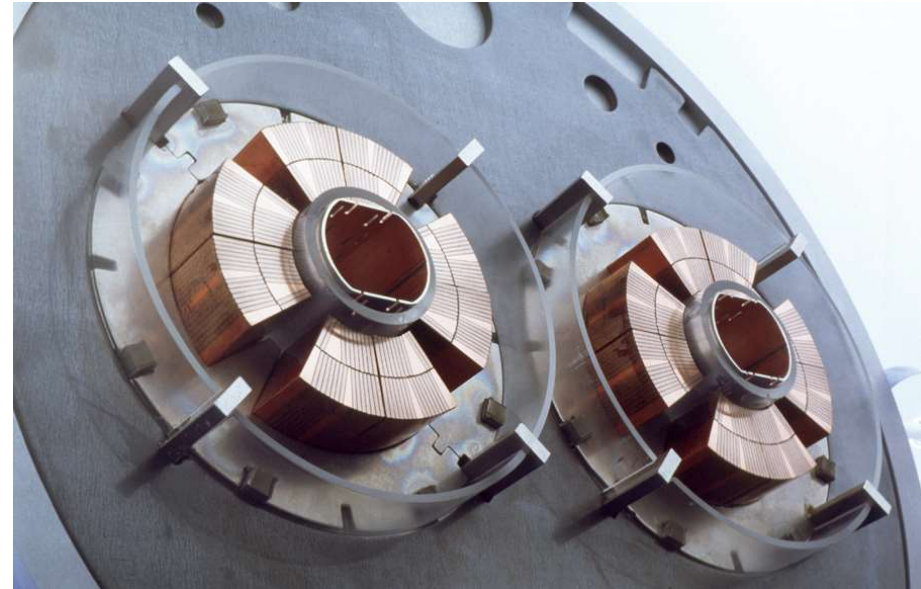
Dipól mágnesek (pályán tartás): 1232 db (NbTi, 1.9 K, 11 850 A, 8.3 T, 15 m)

Quadrupólus mágnesek (optika, nyalábformálás): 392 db (1.9 K)

Sextupólus, oktupólus, decapólus mágnesek (korrekciók, irányítás): kb. 8000 db

RF üregrezonátorok: 2 x 8 db (4.5 K, 5MV/m gyorsító tér)

LHC gyorsító elkészült: 2008 nyara



Dipól mágnes röntgen rajza

Quadrupól mágnes keresztmetszete

A CERN LHC által megcélzott luminozítás → 2016 RUN2:

Proton + proton ütközések:

2808 csomag (bunch), amelyek 7 m (25 ns) távolságból követik egymást
 1 csomagban 10^{11} proton (100 milliárd)

Nyalábátmérő utazáskor 1 mm, ütközéskor $16 \mu\text{m}$ (hajszál: $50 \mu\text{m}$)

Ütközés: 1+1 bunch 20 ütközés [→ 40-50 ütközés is lehet !!]

másodpercenként 30 milliószor fednek át a csomagok

→ másodpercenként 600 millió p+p ütközés (10^{16} ütk/év → 15 P byte)

Tartalomjegyzék:

1. Égi adatgyűjtés

2. A Nagy Hadronütköztető (LHC)

3. Adatgyűjtés a föld alatti detektoroknál

4. Big Data Science – informatikai kihívások

5. Paradigmaváltás az IT-alkalmazásoknál



LHC:

p+p 2009-12

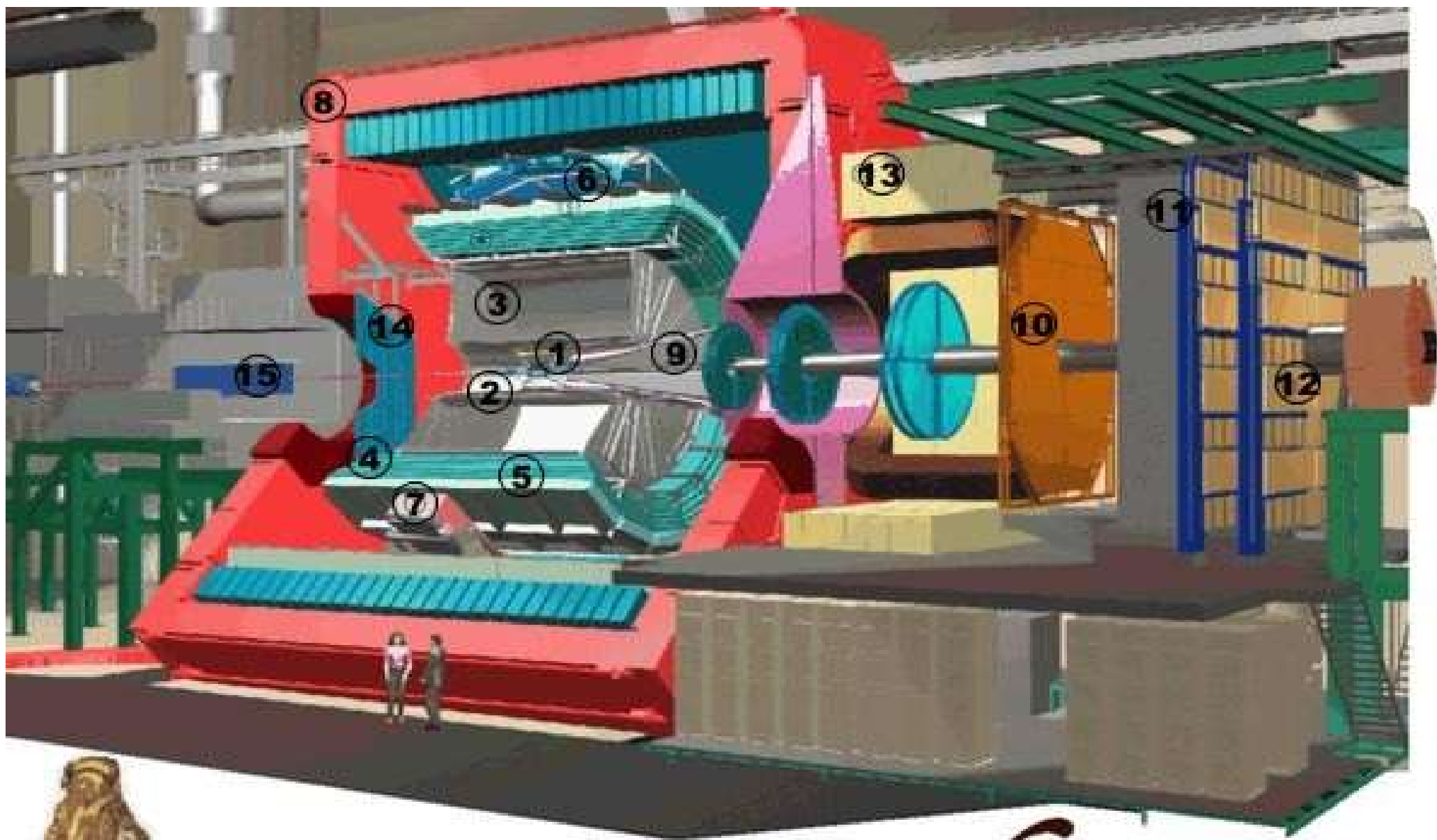
Pb+Pb 2010-12

p + Pb 2011-12

p+p 2013-17



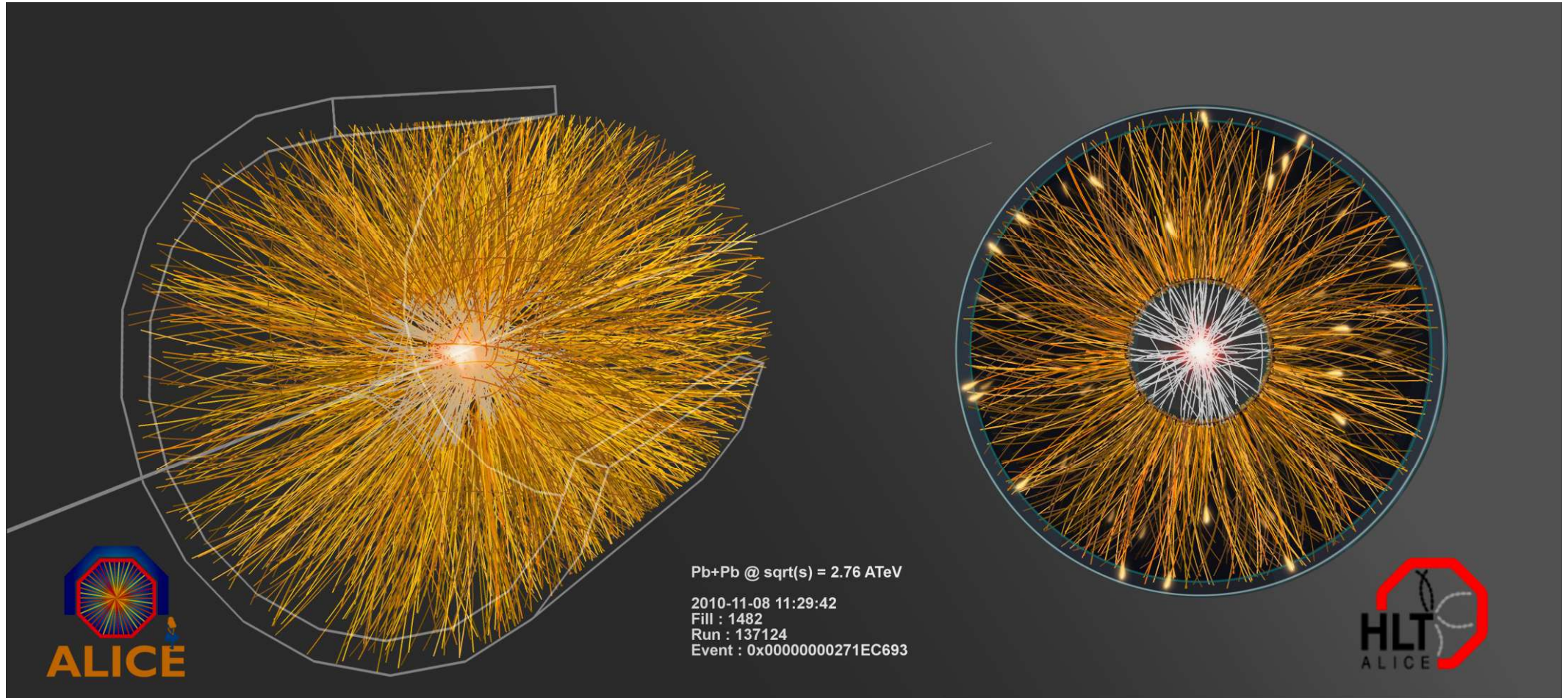
Centrális ütközések	SPS	RHIC	LHC
\sqrt{s} (GeV)	17	200	5500
dN_{ch}/dy	430	700	$1-3 \times 10^3$
ϵ (GeV/fm ³)	3	5-10	15- 60
V_f (fm ³)	10^3	7×10^3	2×10^4
T / T_c	> 1	2	3-4



Alice

Pb+Pb ütközések femtométeres skálán ($1 \text{ fm} = 10^{-15} \text{ m}$) :

1000 fm^3 kvark-gluon plazma keletkezése



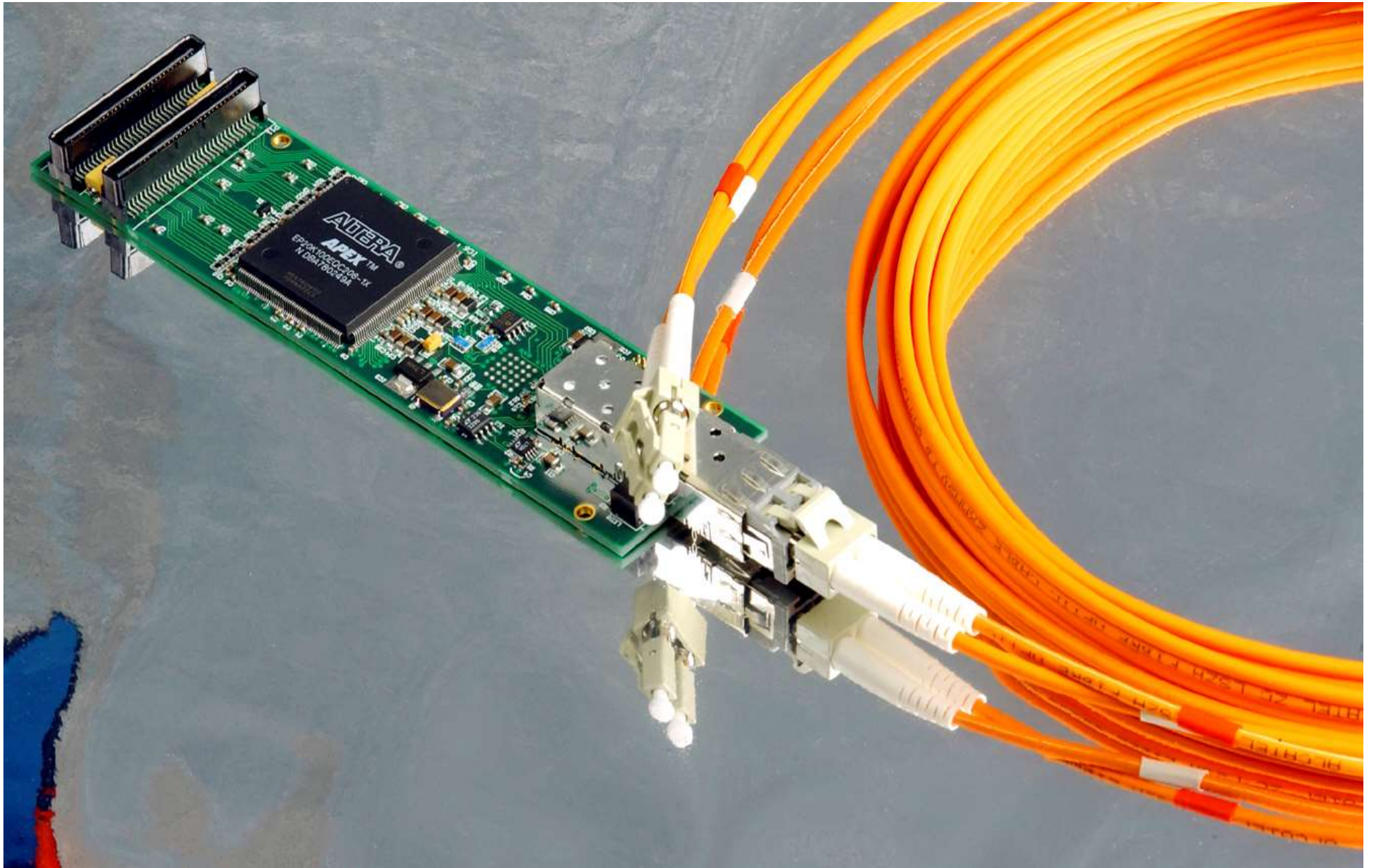
Egy Pb+Pb ütközés adatainak vizualizációja (TPC és ITS).

100 MB-os digitális kamera \rightarrow gyors adatgyűjtő és adattovábbító rendszer (DAQ)

ALICE: magyar feladat volt/van/lesz (2006/2018/2022/...)

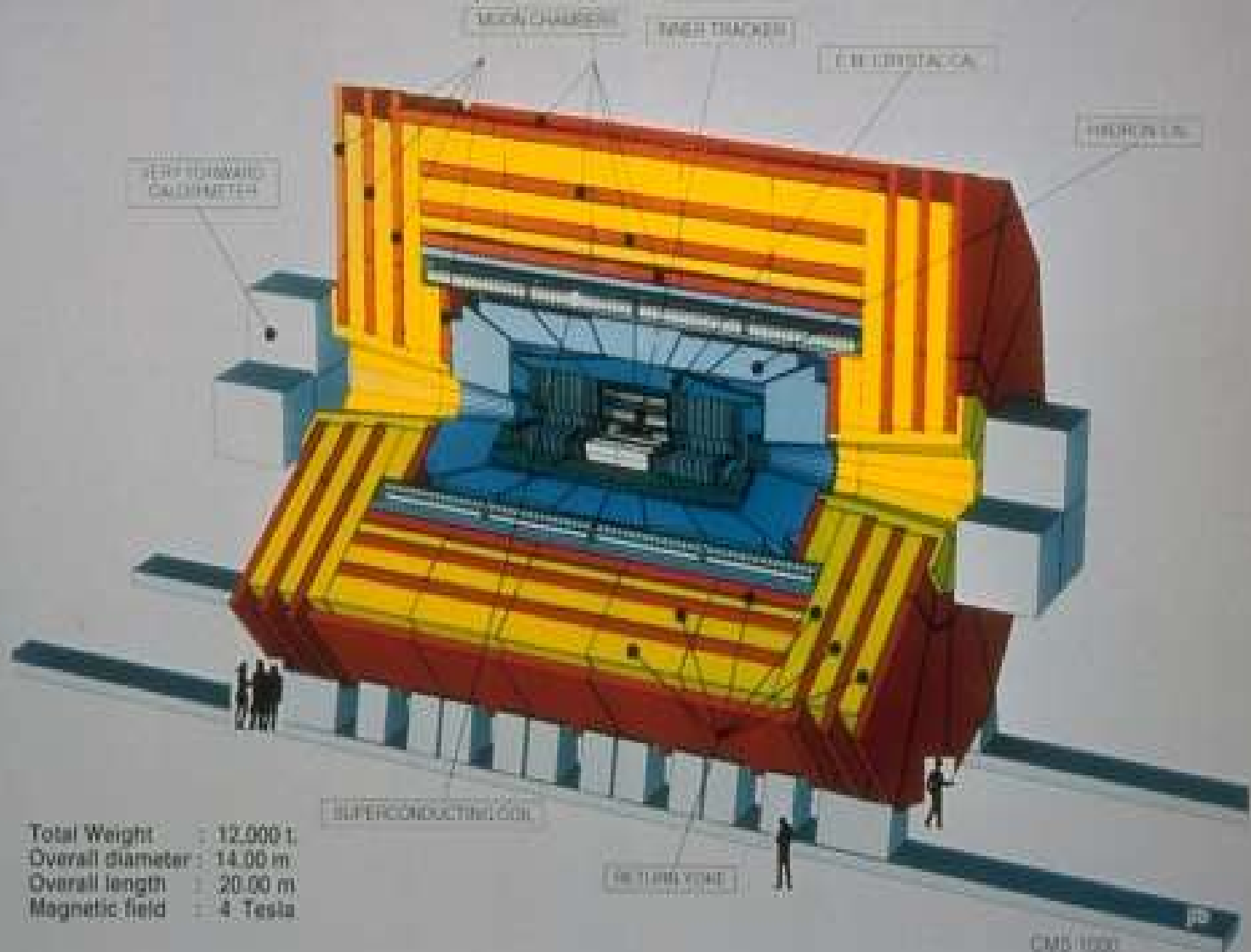
$8000 \times 100 \text{ MB} \rightarrow 1 \text{ TB/sec}$ túl sok!!! Valóság: $20 \times 100 \text{ MB} = 2 \text{ GB/sec}$ ($\rightarrow 170 \text{ TB/nap}$)

ALICE Detector Data Link



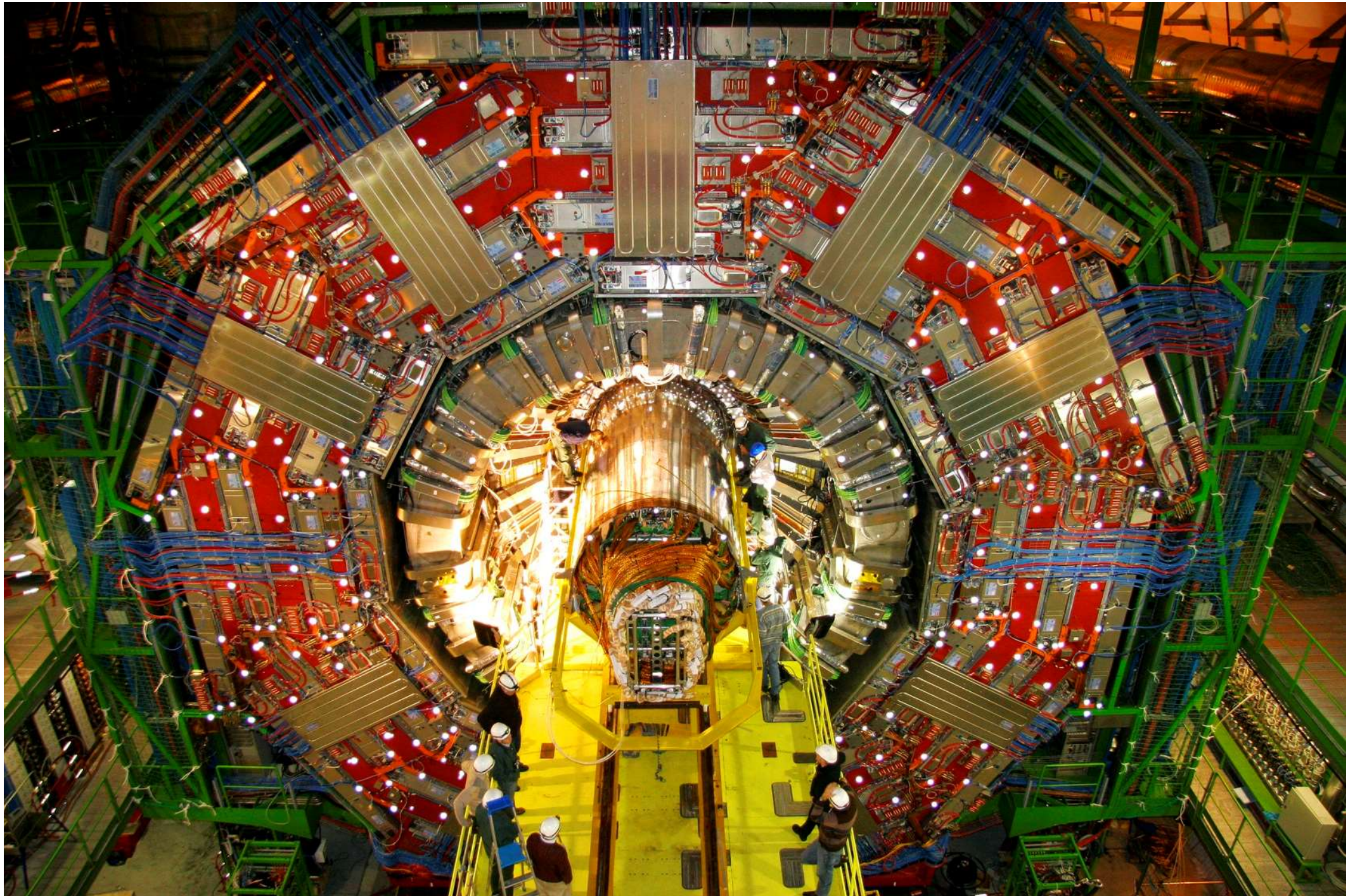
CMS

A Compact Solenoidal Detektor for LHC

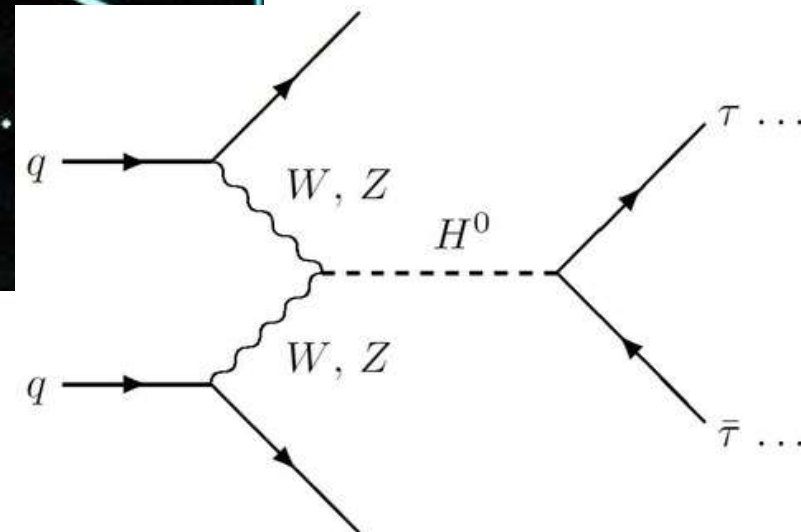
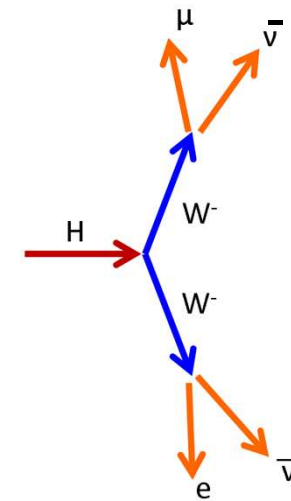
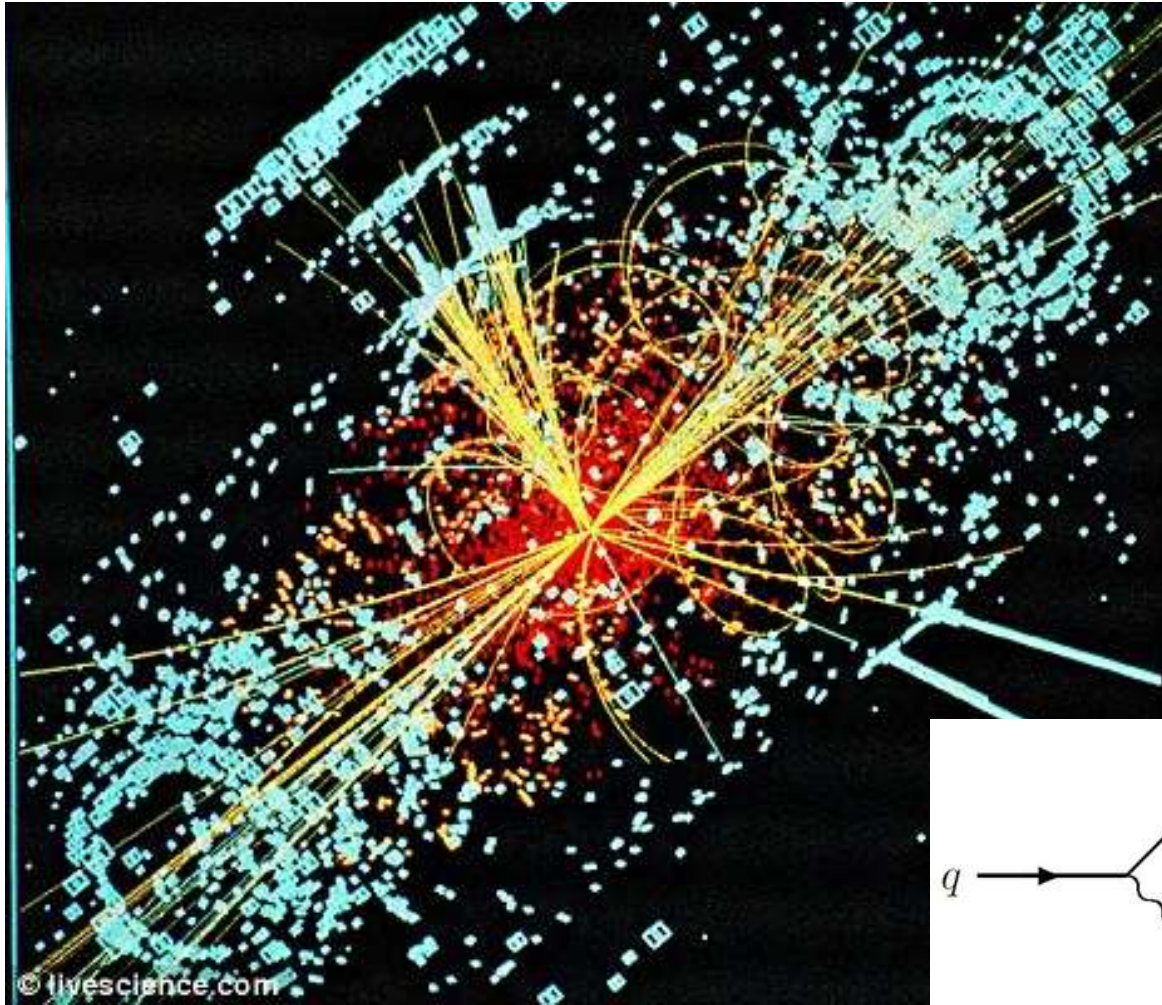


- Total Weight : 12,000 t
- Overall diameter : 14.00 m
- Overall length : 20.00 m
- Magnetic field : 4 Tesla

CMS 1000

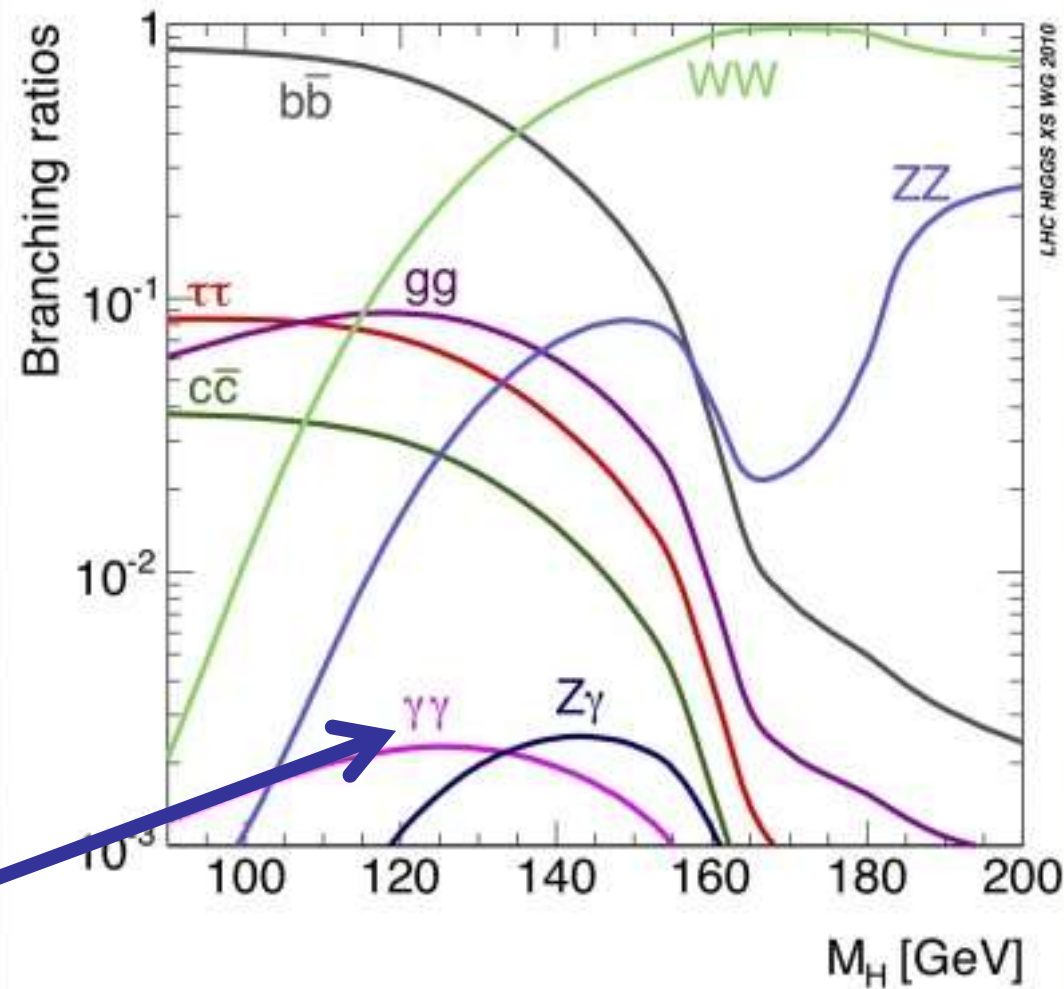


Higgs keresésre jelölt: $p+p \rightarrow H \rightarrow \text{jet} + \text{jet} + \text{lepton} + \text{anti-lepton}$
 $p+p \rightarrow H \rightarrow \text{elektron} + \text{e-antineutrínó} +$
 $+ \text{müion} + \text{müion-antineutrínó}$



2000, CMS szimuláció

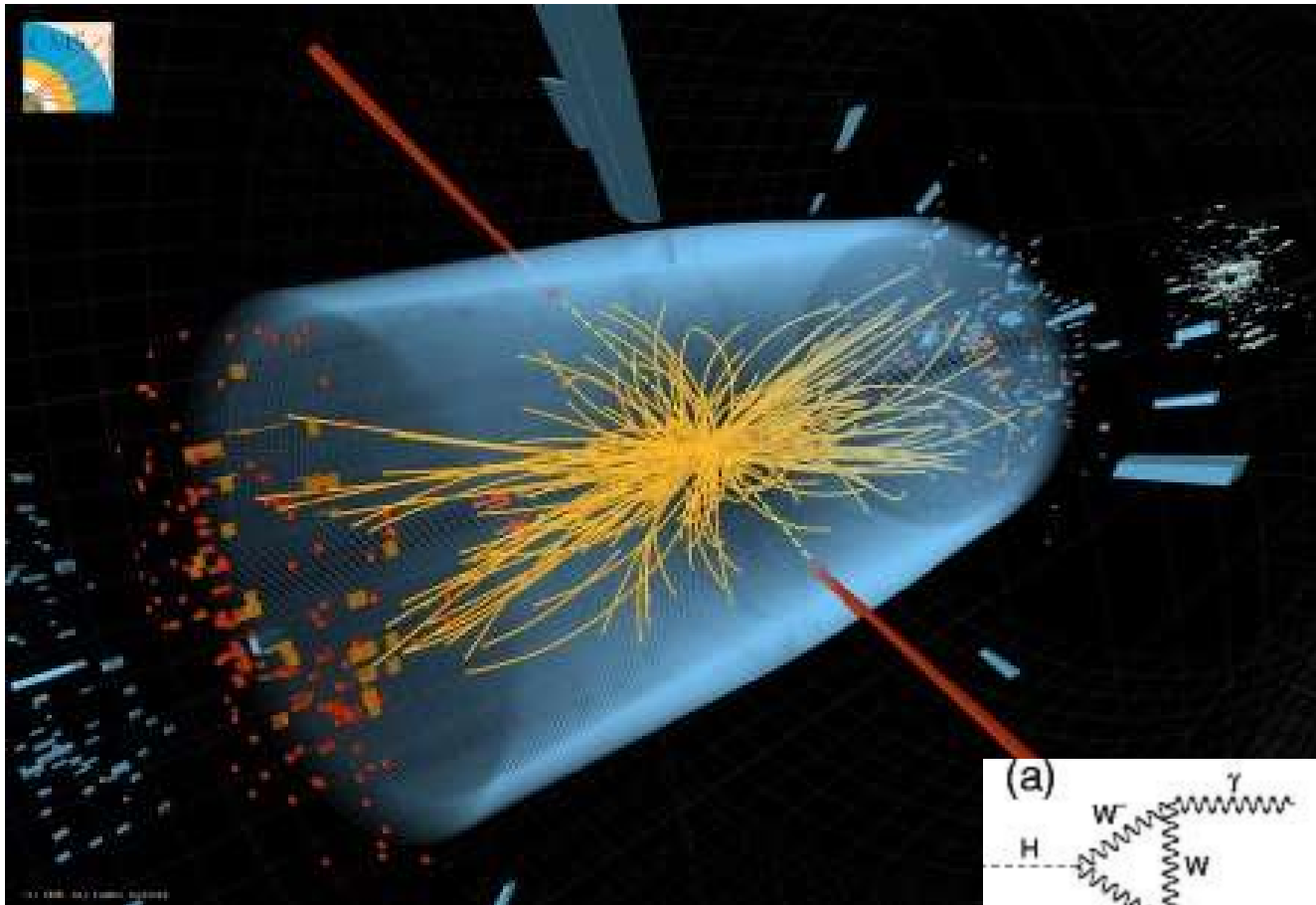
Higgs bomlási csatornák különböző tömegeknél



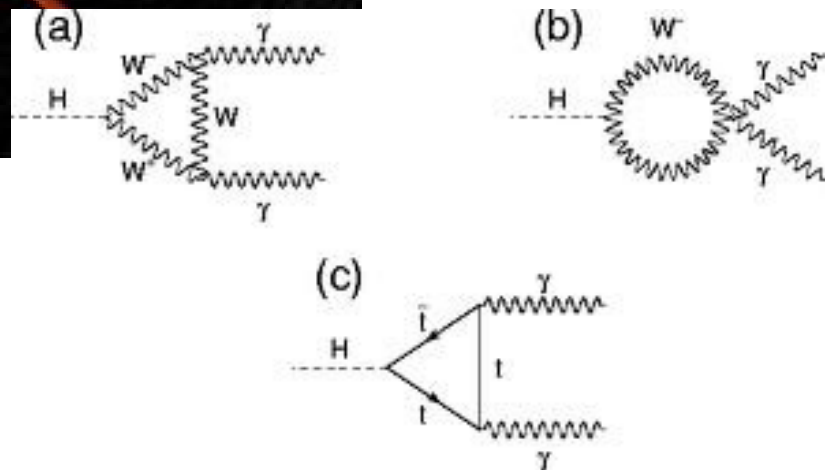
Jelölt!

A Higgs-részecske ismeretlen tömege nagyon fontos paraméter

Tiszta jel, ha $m_H = 110-130$ GeV: $p+p \rightarrow H \rightarrow \gamma\gamma$



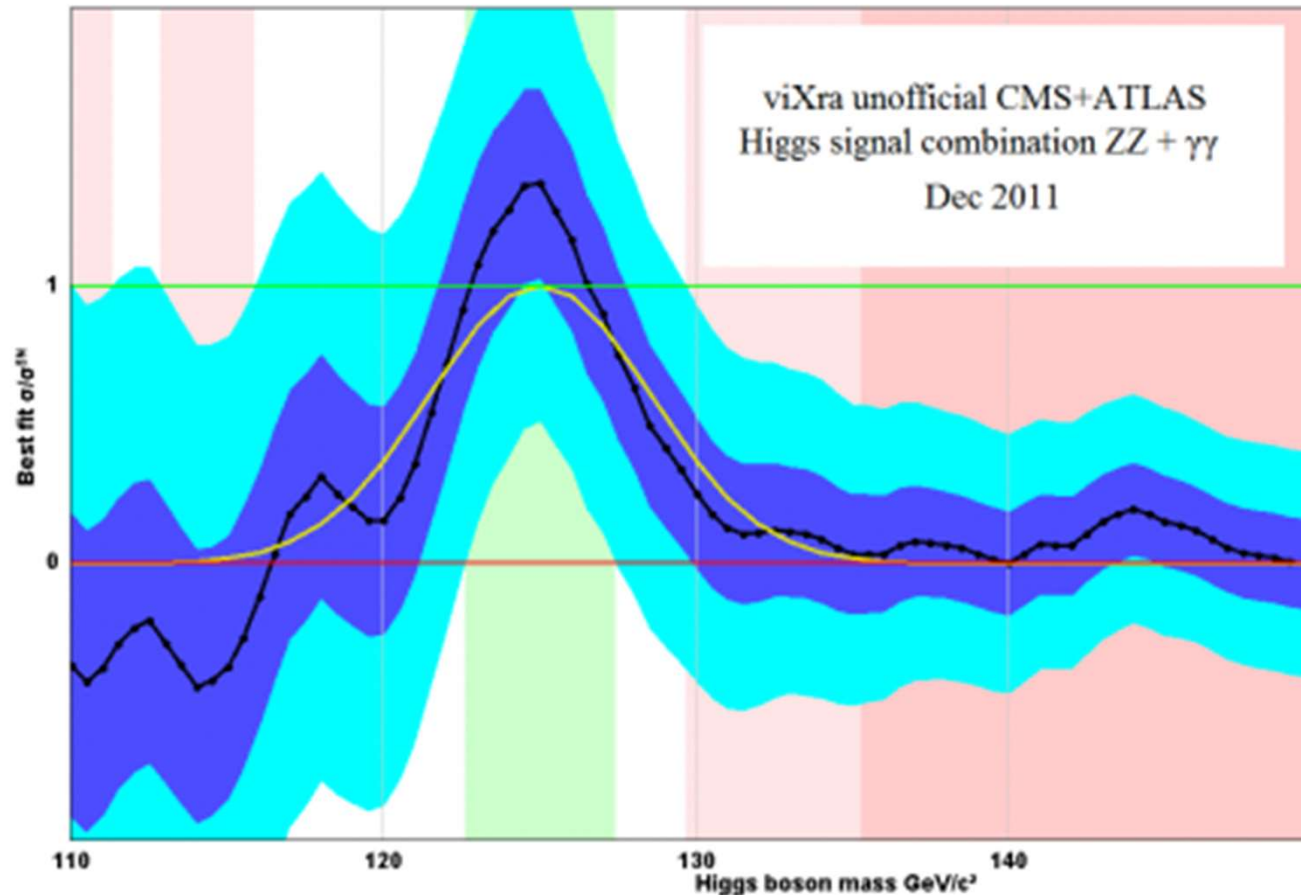
Elmélet:



Kísérlet (CMS)

2011 adatok kombinációja: CMS + ATLAS

$H \rightarrow ZZ$ & $H \rightarrow \gamma\gamma$



2011: 5+5 fb^{-1} adat (7 TeV)

Discovery: 25+25 fb^{-1} ???!

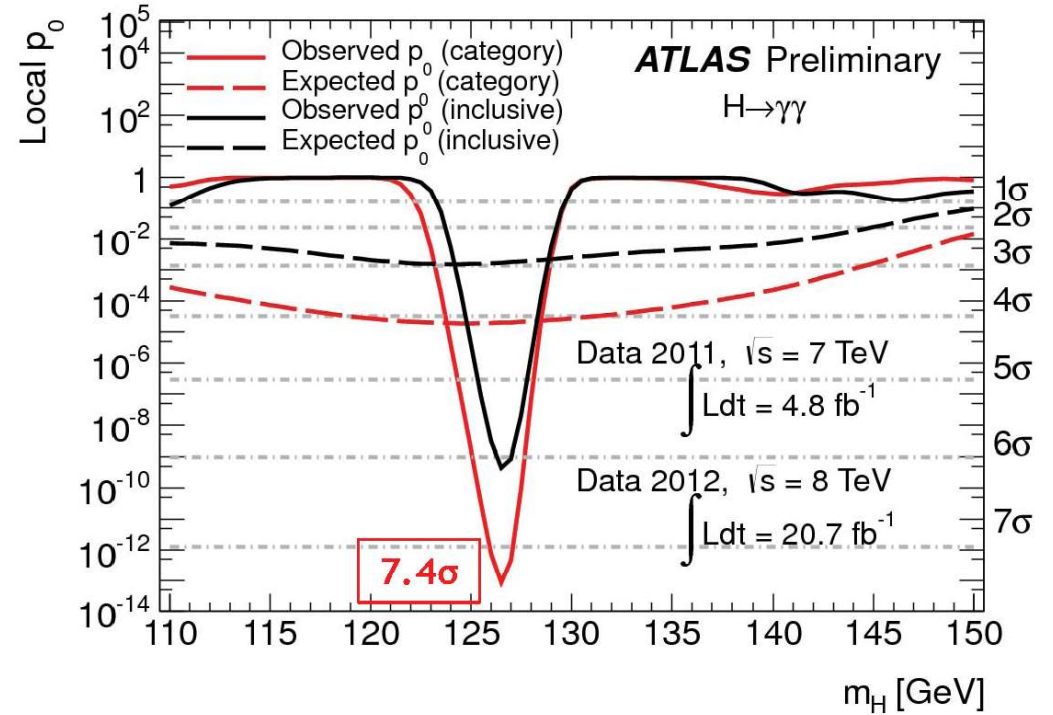
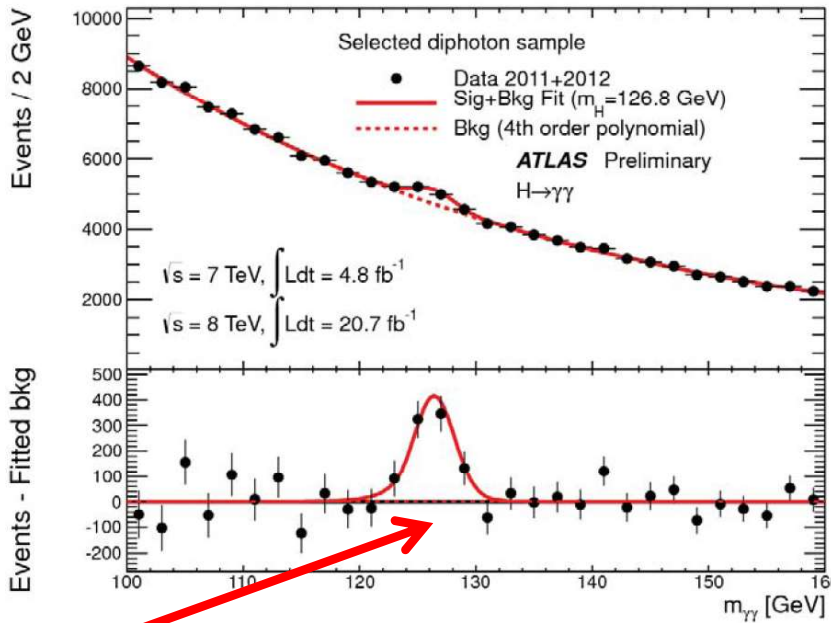
Megoldás: emelni az energiát ! 2012: 8 TeV \rightarrow 15 fb^{-1}

2015: 13 TeV

2022: 13,6 TeV

H → γγ

ATLAS-CONF-2013-021



Evidence in this channel now at 7.4σ at 126.5 GeV (expect 4.1σ)

$$m_H = 126.8 \pm 0.2(\text{stat}) \pm 0.7(\text{syst}) \text{ GeV}$$

$$\mu = 1.65 \pm 0.24(\text{stat}) \pm {}^{0.25}_{0.18}(\text{syst})$$

2.3σ from SM $\mu=1$

Fiducial cross-section ($E_T^{\gamma 1} > 40, E_T^{\gamma 2} > 30, |\eta^\gamma| < 2.47$)

$$\sigma_{\text{fid}} \cdot \mathcal{B}(H \rightarrow \gamma\gamma) = 56.2 \pm 10.5(\text{stat}) \pm 6.5(\text{syst}) \pm 2.0(\text{lumi}) \text{ fb}$$

CERN tudományos programja: 2008 – 2030

2013-18: Emelni a luminozitást 600 M p+p ütközés / sec
Emelni az energiát 7 + 7 TeV-re, majd 8 + 8 TeV-re

2013-30: Új részecskék felfedezése

Csillagászat: sötét anyag
sötét energia

Elmélet: szuperszimmetrikus (árnyék) részecskék

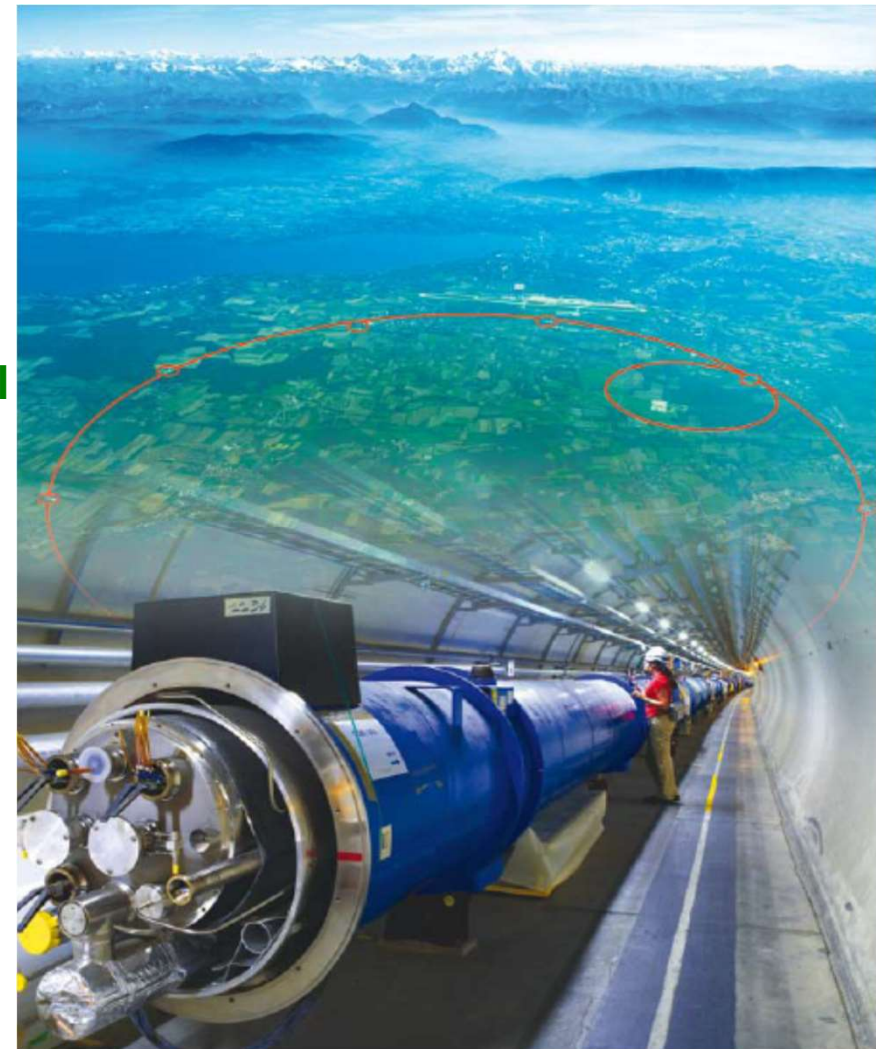
2030 + Új típusú gyorsító kifejlesztése
vagy
VLHC → FCC (100 TeV, 80 km gyűrű)

Eszköz: LHC (Large Hadron Collider)

**14 TeV proton-proton
ütköztető gyorsító, amely
a LEP alagútban épült meg**

Lead-Lead (Lead-proton) collisions

- 1983 : First studies for the LHC project**
- 1988 : First magnet model (feasibility)**
- 1994 : Approval of the LHC by the CERN Council**
- 1996-1999: Series production industrialisation**
- 1998 : Declaration of Public Utility & Start of civil engineering**
- 1998-2000: Placement of the main production contracts**
- 2004 : Start of the LHC installation**
- 2005-2007: Magnets Installation in the tunnel**
- 2006-2008: Hardware commissioning**
- 2008-2009: Beam commissioning and repair**
- 2009-2035: Physics exploitation**

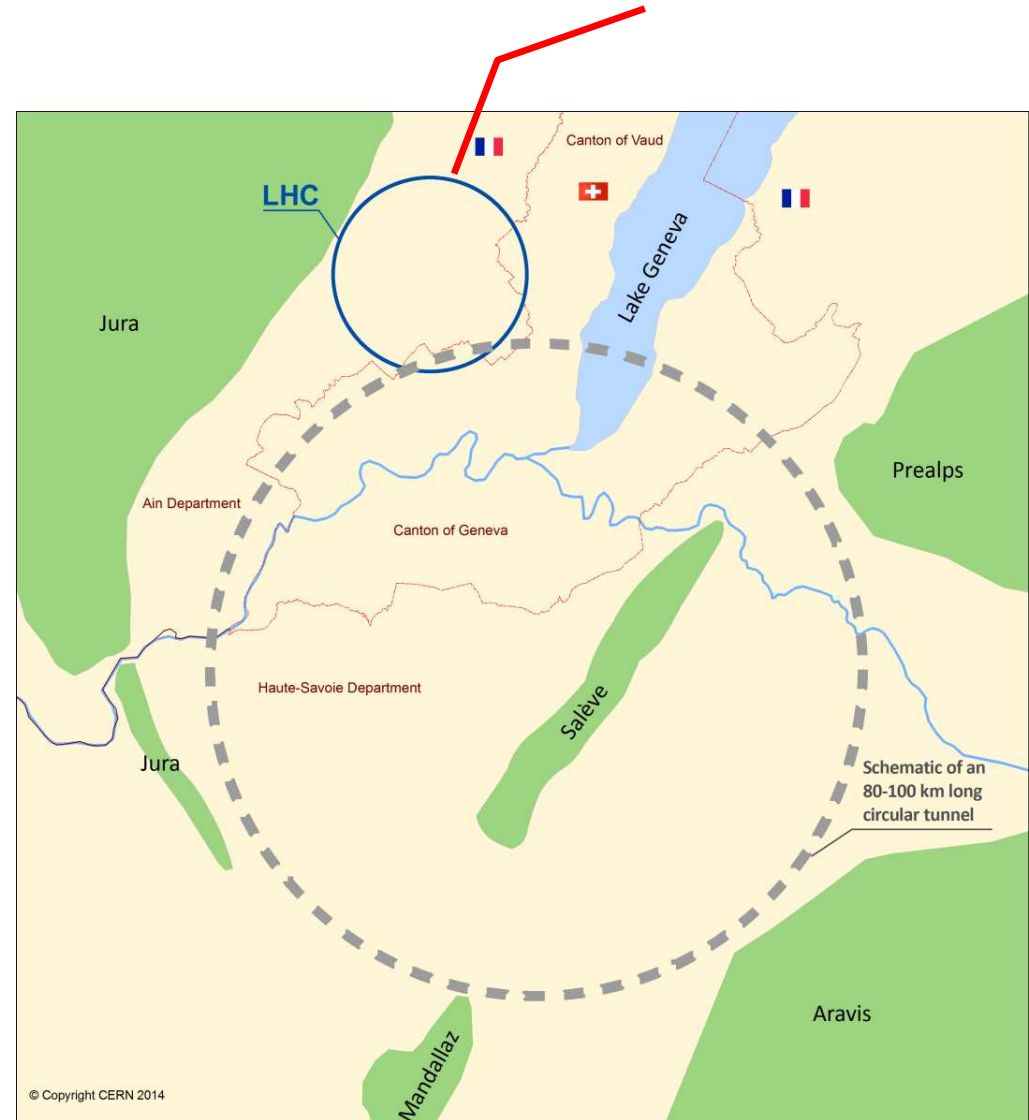


Tool-2: "High Energy LHC"

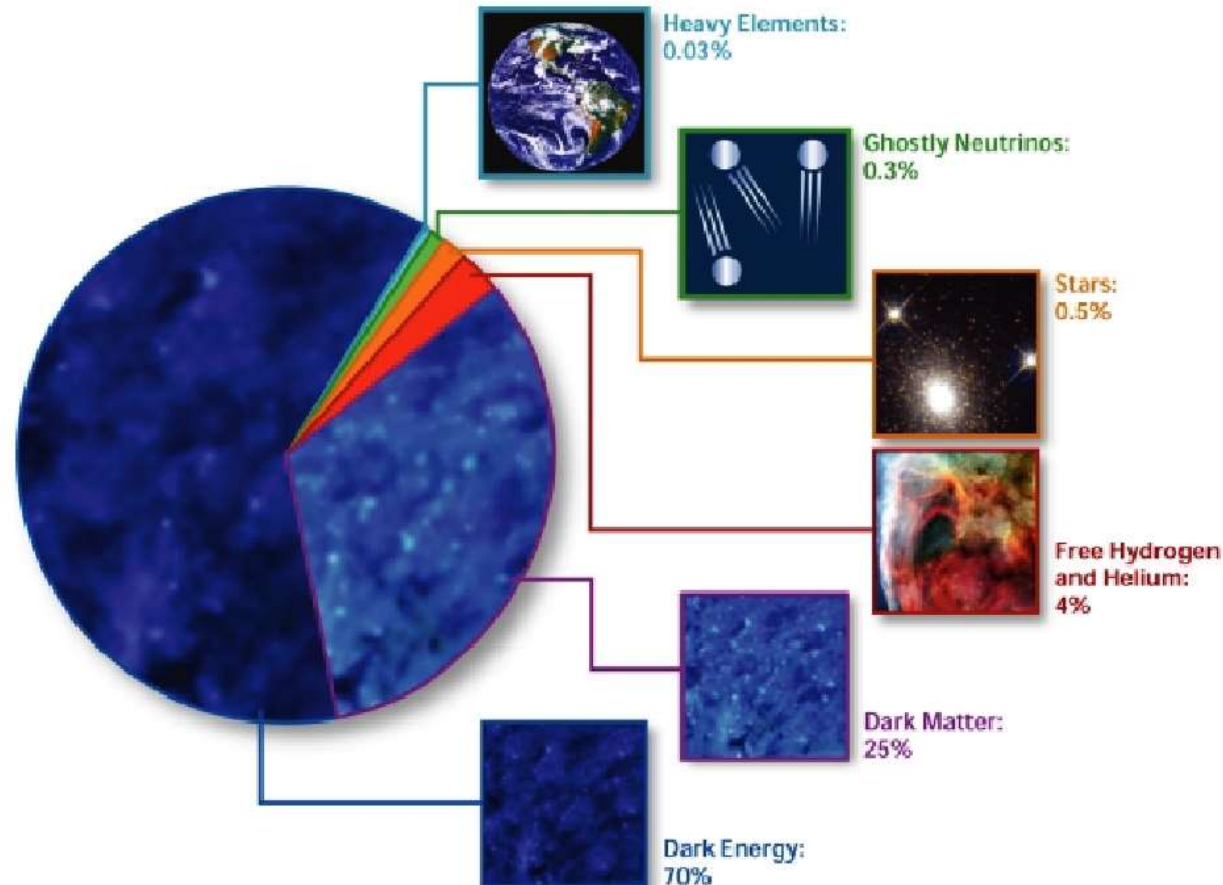
First studies on a new 80 km tunnel in the Geneva area

- **42 TeV with 8.3 T using present LHC dipoles**
- **80 TeV with 16 T based on Nb₃Sn dipoles**
- **100 TeV with 20 T based on HTS dipoles**

**HE-LHC :33 TeV
with 20T magnets**



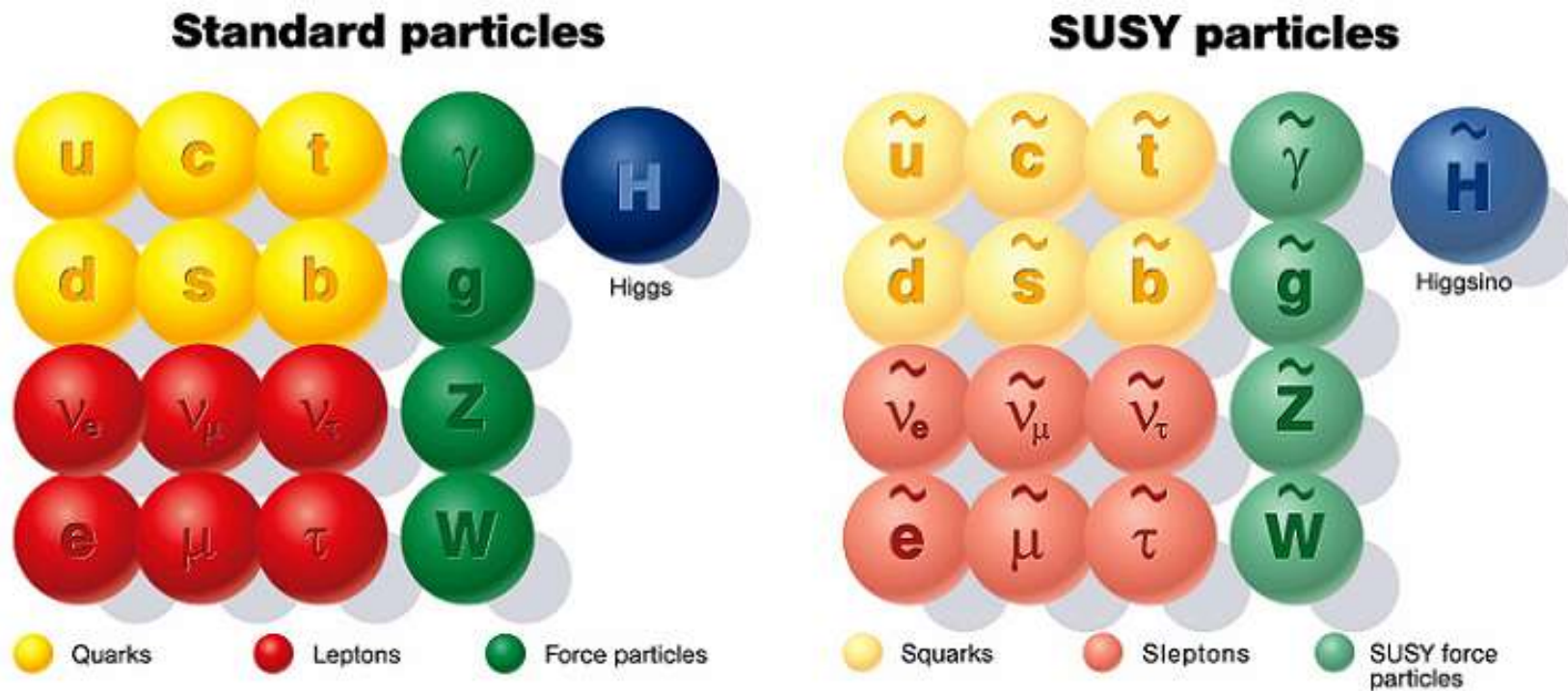
Miért kell megépítenünk az FCC-t ?
Mit tudunk ma az elemi részecskékről?
Standard Modell leírja a Világegyetemet?



A látható és SM anyag csak 5 % ! (Higgs szerepe kérdéses.)
Probléma: Mi alkotja a sötét anyagot és energiát?

Mit tudunk ma az elemi részecskékről?

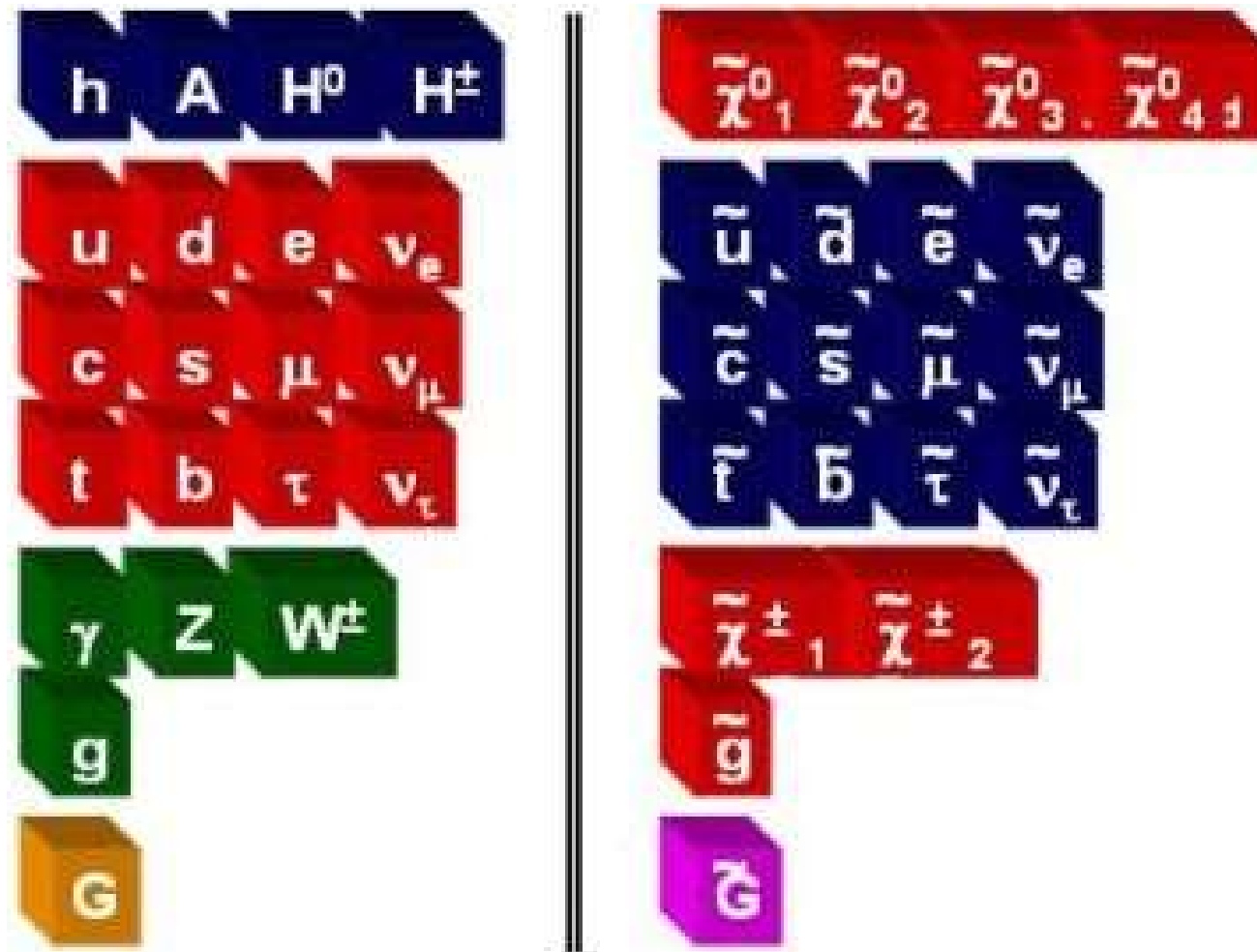
Elmélet: a Standard Modell kiterjesztése-1



Minden részecskének van egy szuperszimmetrikus partnere
Probléma: Ez hogyan magyarázza a sötét anyagot?

Mit tudunk ma az elemi részecskékről?

Elmélet: a Standard Modell kiterjesztése-2



Ha több higgs van, akkor melyik lesz a legkönnyebb.

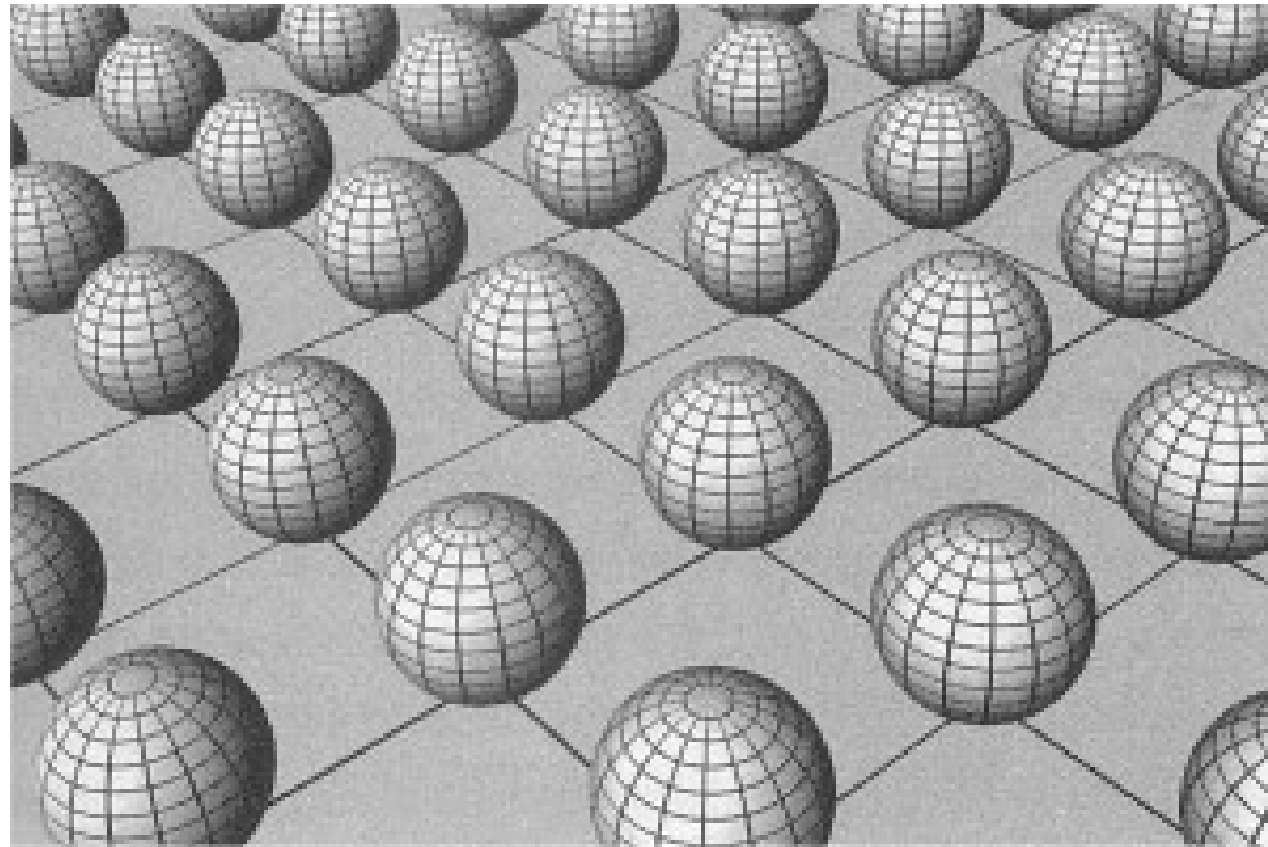
Probléma: Melyik SUSY részecske alkotja a sötét anyagot?

Melyik SUSY részecske lesz a legkönnyebb ?

Mit jósolunk ma az elemi részecskékről?

Elmélet: nagyon túl a Standard Modellen

→ Húrelmélet (10,11,27, ... dimenzió)



1 idő + 3 tér + 6 felcsavarodott tér

Mikroszkópikus kompaktifikált (véges) extra dimenziók.

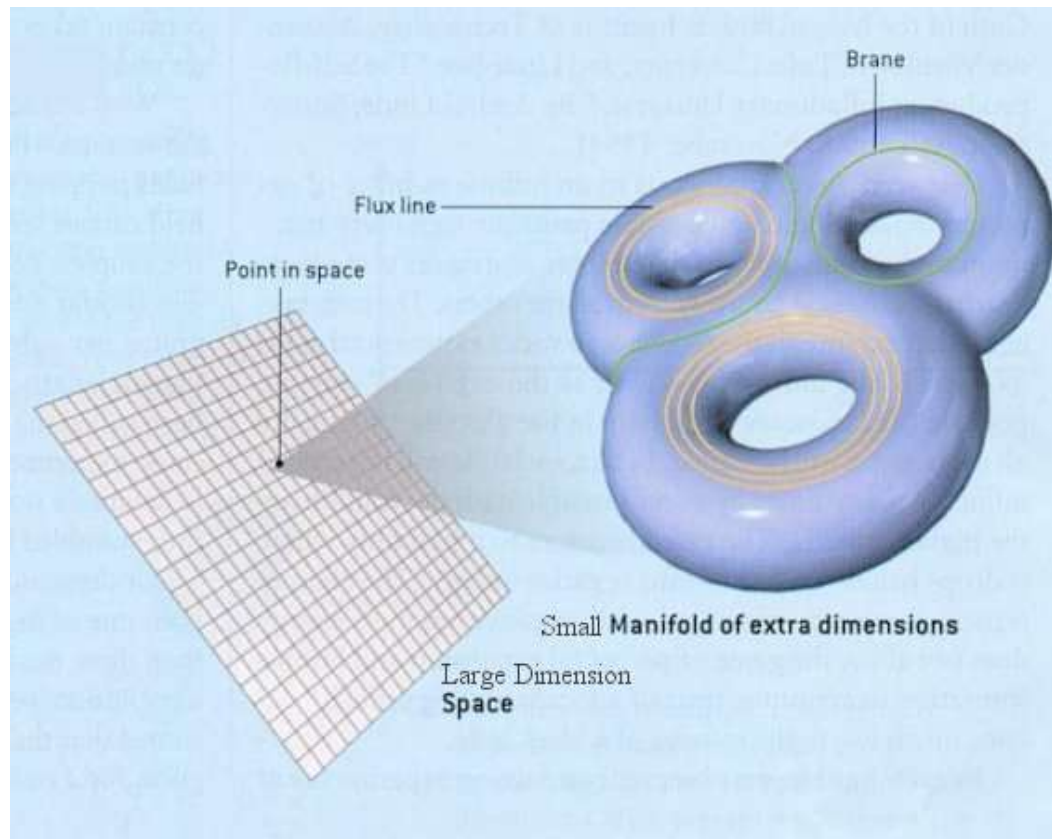
Probléma: Miért nem láttuk eddig őket?

Mennyire kicsik ?

Mit jósolunk ma az elemi részecskékről?

Elmélet: nagyon túl a Standard Modellen

→ Húrelmélet (10,11,27, ... dimenzió)



1 idő + 3 tér + bonyolultabb felcsavarodott tér (manifolds)

Mikroszkópikus kompaktifikált (véges) extra dimenziók.

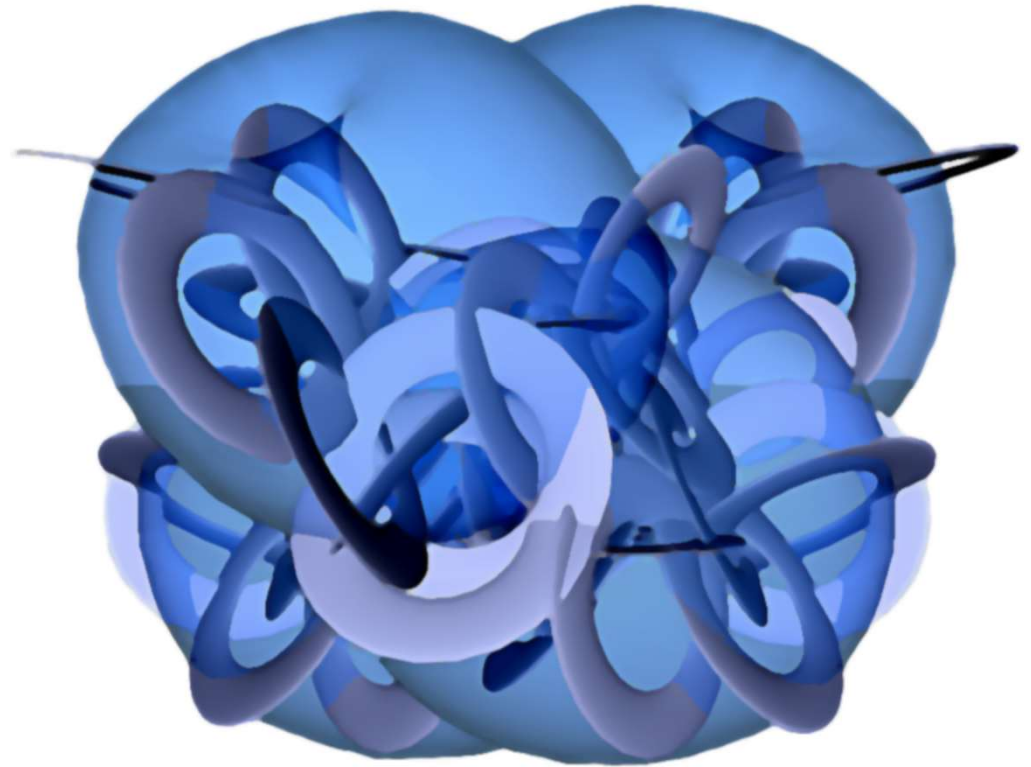
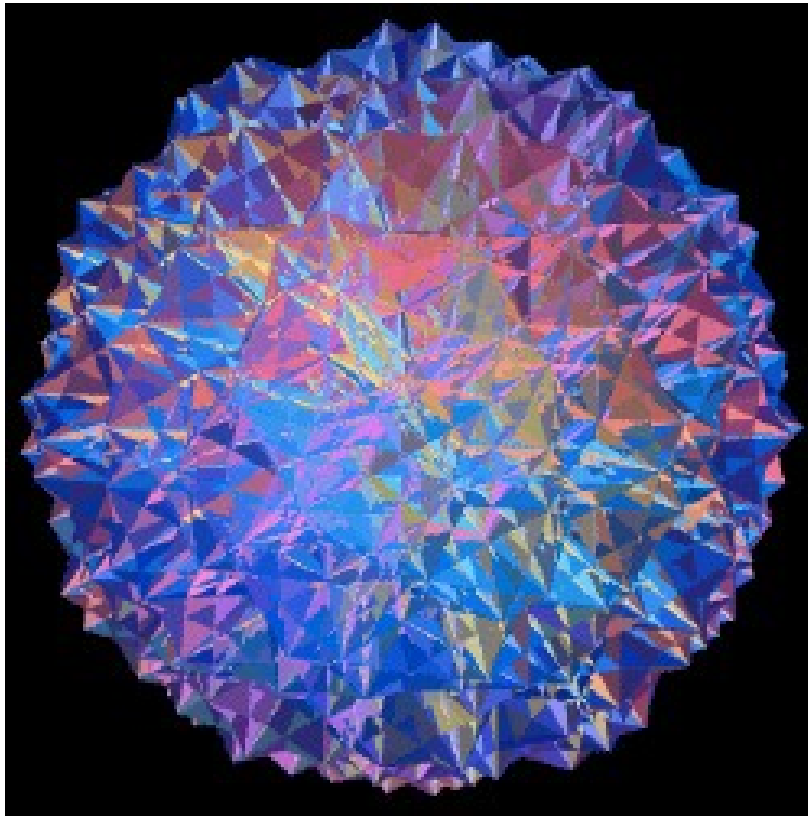
Probléma: Miért nem láttuk eddig őket?

Mennyire kicsik ?

Mit jósolunk ma az elemi részecskékről?

Elmélet: nagyon túl a Standard Modellen

→ Húrelmélet (10,11,27, ... dimenzió)



1 idő + 3 tér + bonyolultabb felcsavarodott tér (manifolds)

Mikroszkópikus kompaktifikált (véges) extra dimenziók.

Probléma: Miért nem láttuk eddig őket?

Mennyire kicsik ?

Tartalomjegyzék:

1. Égi adatgyűjtés

2. A Nagy Hadronütköztető (LHC)

3. Adatgyűjtés a föld alatti detektoroknál

4. **Big Data Science – informatikai kihívások**

5. **Paradigmaváltás az IT-alkalmazásoknál**

Informatikai kihívások !!!!!!!

1 fb⁻¹: 70 milliószor millió ütközés

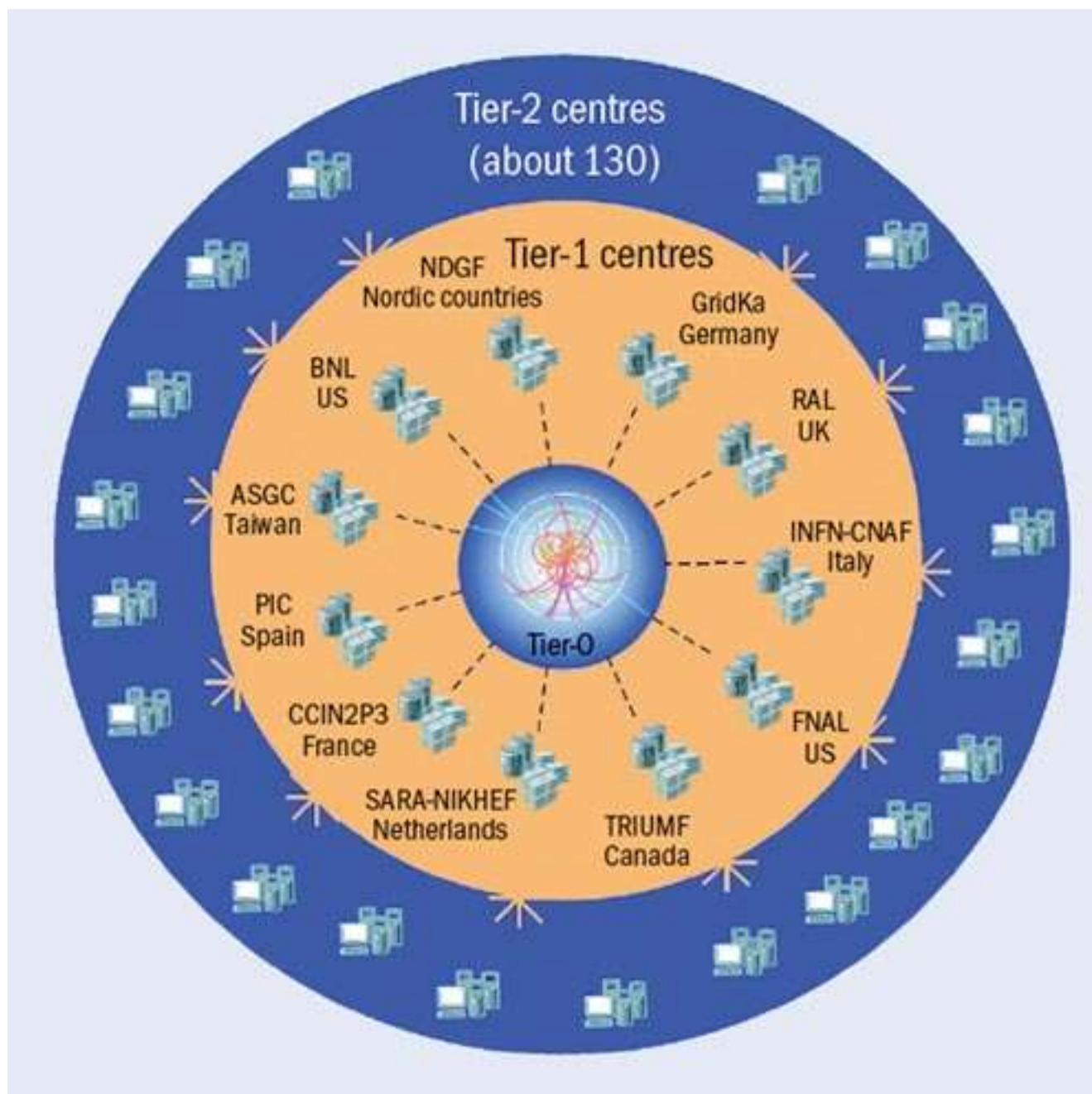
$$7 \cdot 10^{13} * 2 \text{ kbyte} = 140\,000 \text{ TeraB}$$

Higgs felfedezés: 25 fb⁻¹ adat = 3500 PetaB → **25 PetaB**



A CERN TIER-0 számítógép központja

Az adatfeldolgozó piramis: TIER-0 → TIER-1 → TIER-2 → TIER-3



WLCG, amint behálózza a Földet



WIGNER Adatközpont -- MTA WIGNER FK

2013. január 1: CERN TIER-0 kiterjesztés

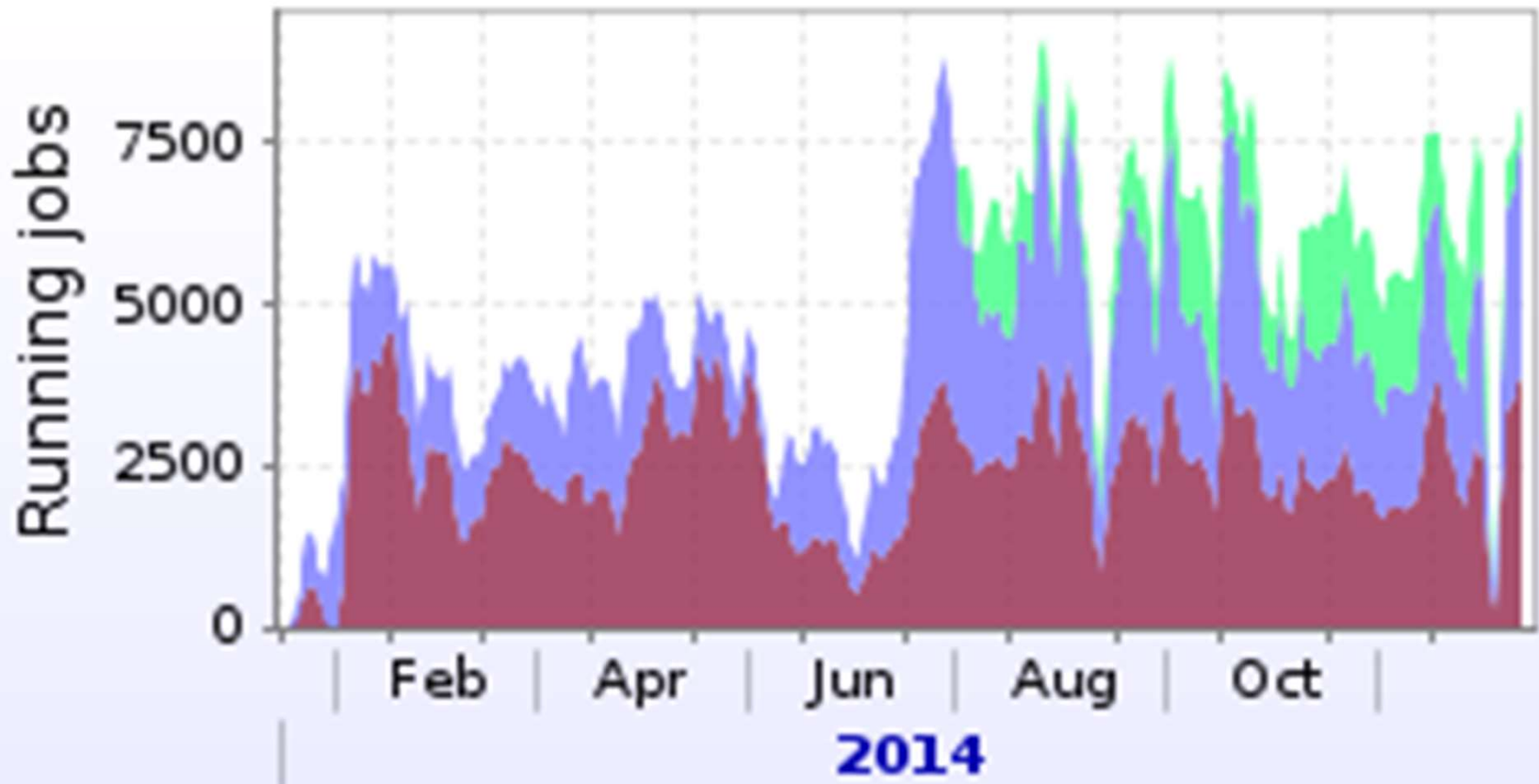
1300 km 100 Gbit/s (300 Gbit/s)



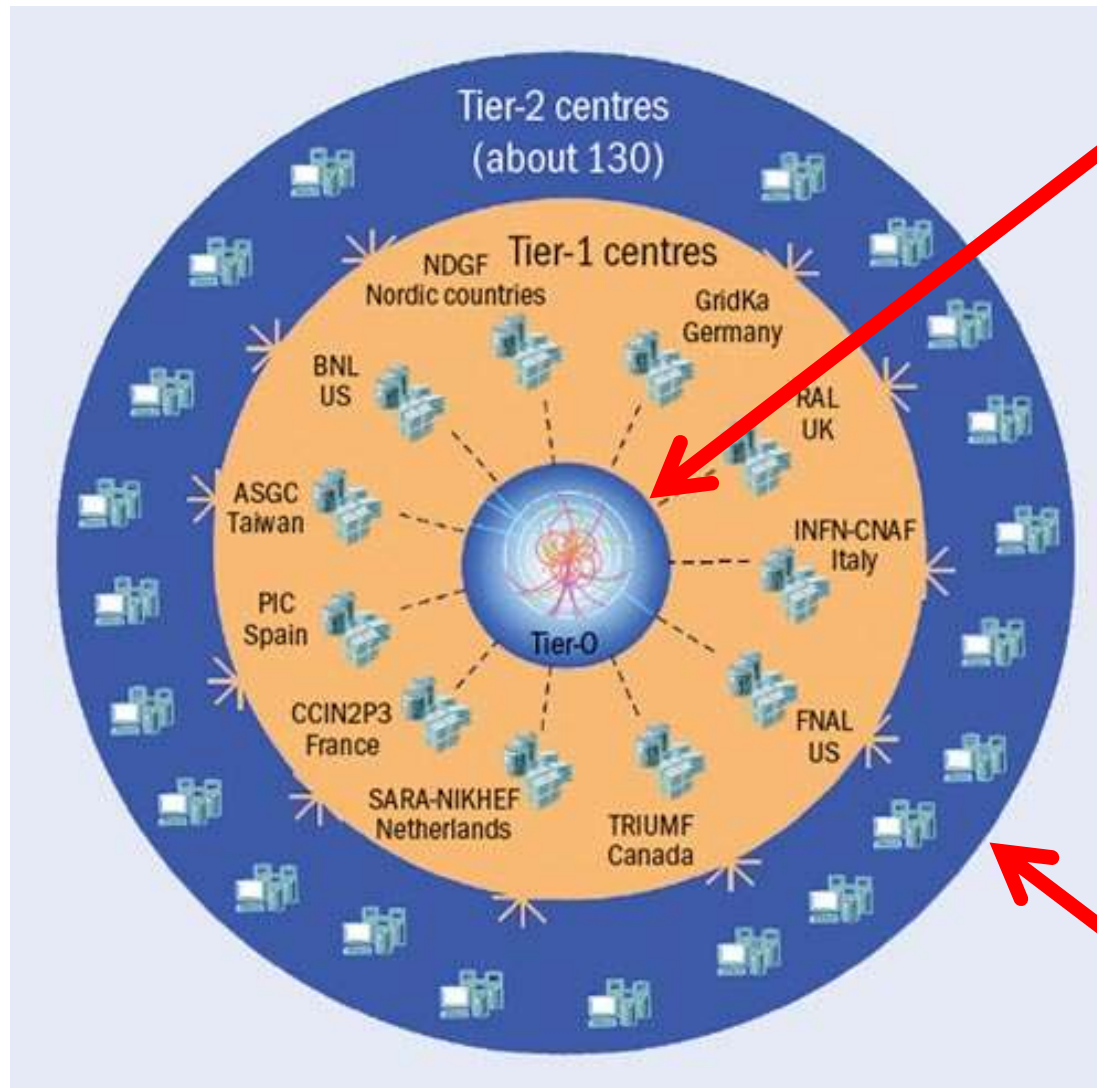
Nagybiztonságú adattovábbítás, adatkezelés, adatbányászás

Misszió: Tudásközpont, know-how transzfer

ALICE terhelés a TIER-0-ban: CERN(Meyrin) + WIGNER(Bp)



Az adatfeldolgozó piramis: TIER-0 → TIER-1 → TIER-2 → TIER-3



Jelenlegi Tier-0
Budapest Wigner FK

2014 december:
25 000 mag, 85 TB RAM
6 + 52 PB HD

2018 június (csúcs):
80 000 mag, 240 TB RAM
6 + 85 PB HD

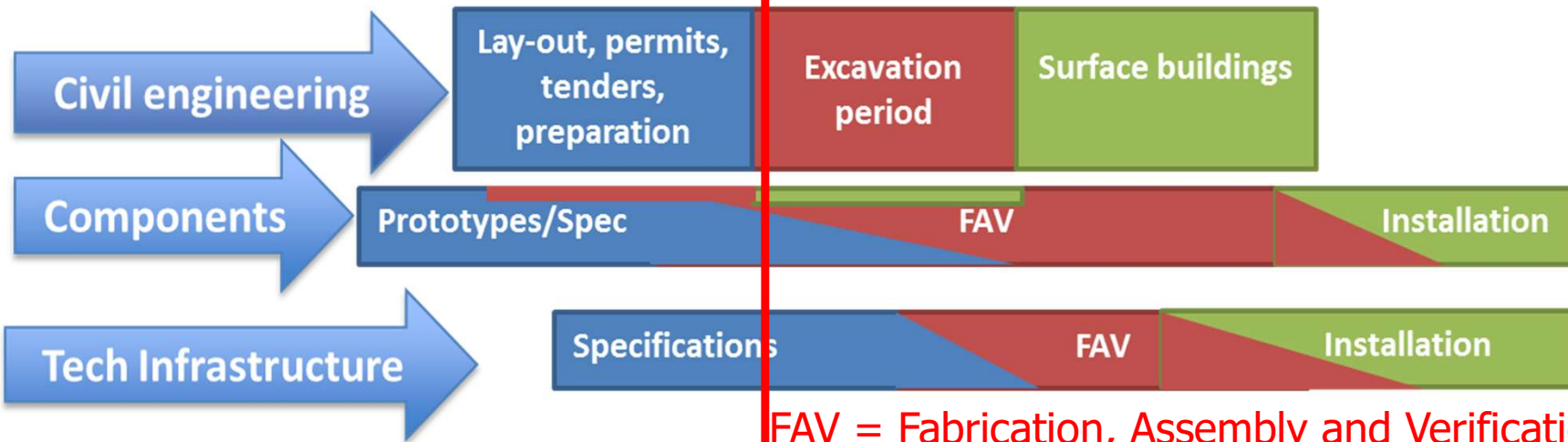
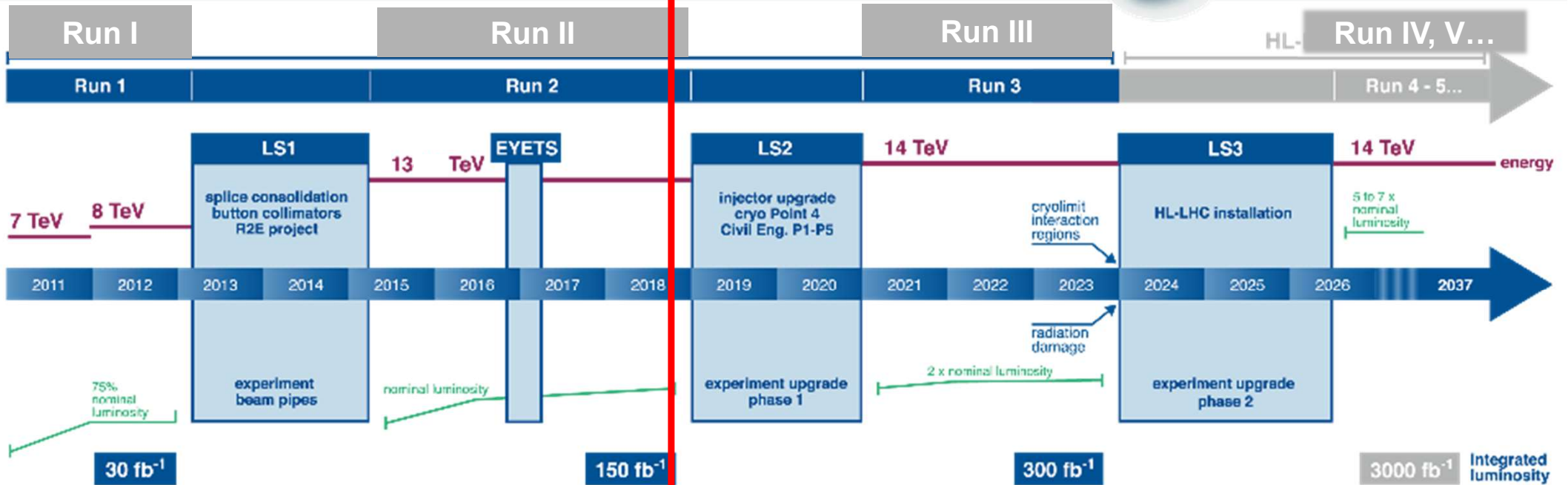
2019. dec.31:
LHC Tier-0 korszak vége
ALICE AF kezdődik

Jelenlegi Tier-2:
Budapest Wigner FK
1500 mag, 2 TB RAM
0.5 PB HD

+ Wigner Felhő (1000 mag) és MTA Felhő (2000 mag) + GPU klaszter

2018. Aug.

LHC / HL-LHC Plan



FAV = Fabrication, Assembly and Verification

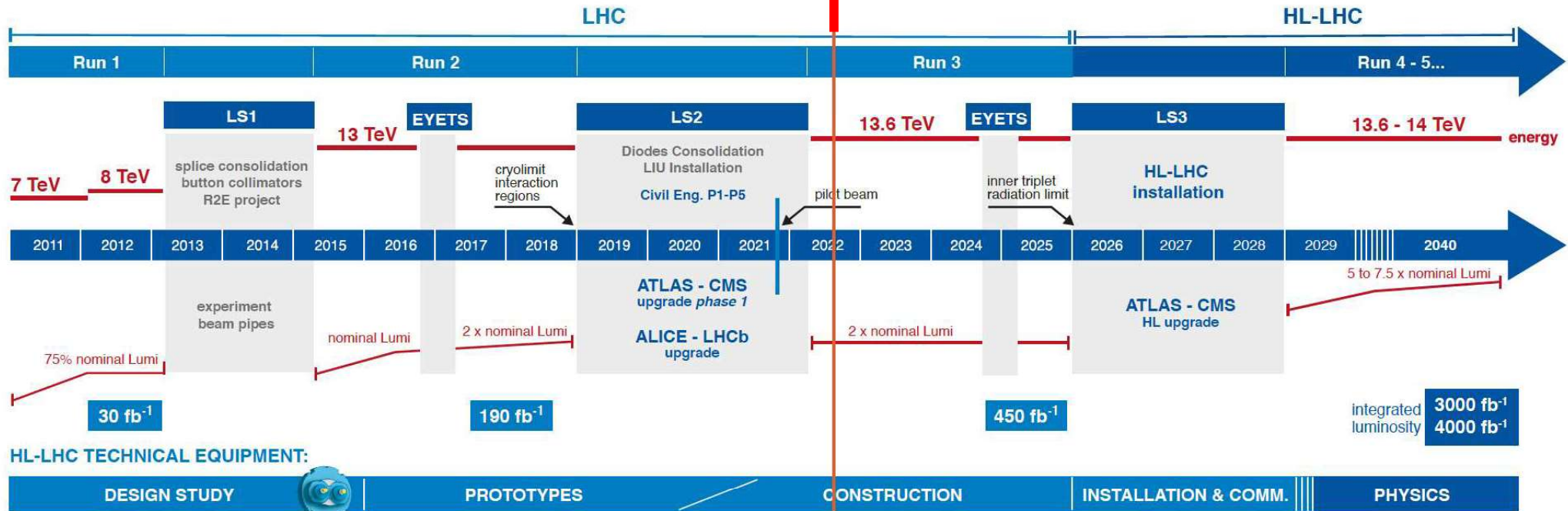




LHC / HL-LHC Plan



2022. szept.



Run 3 started with excellent performance

Beam energy for Run 3 fixed @ 6.8 TeV [long training time]

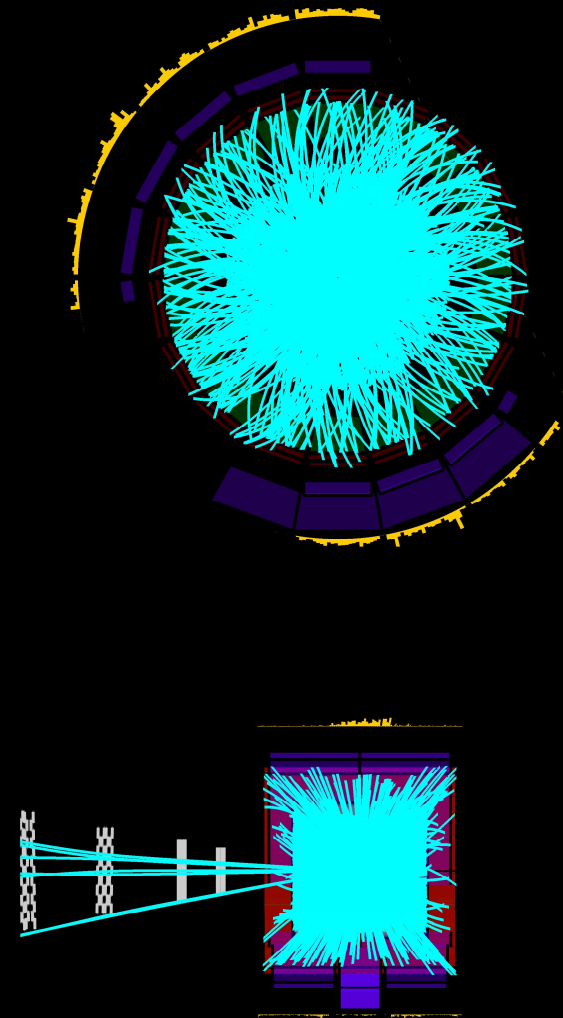
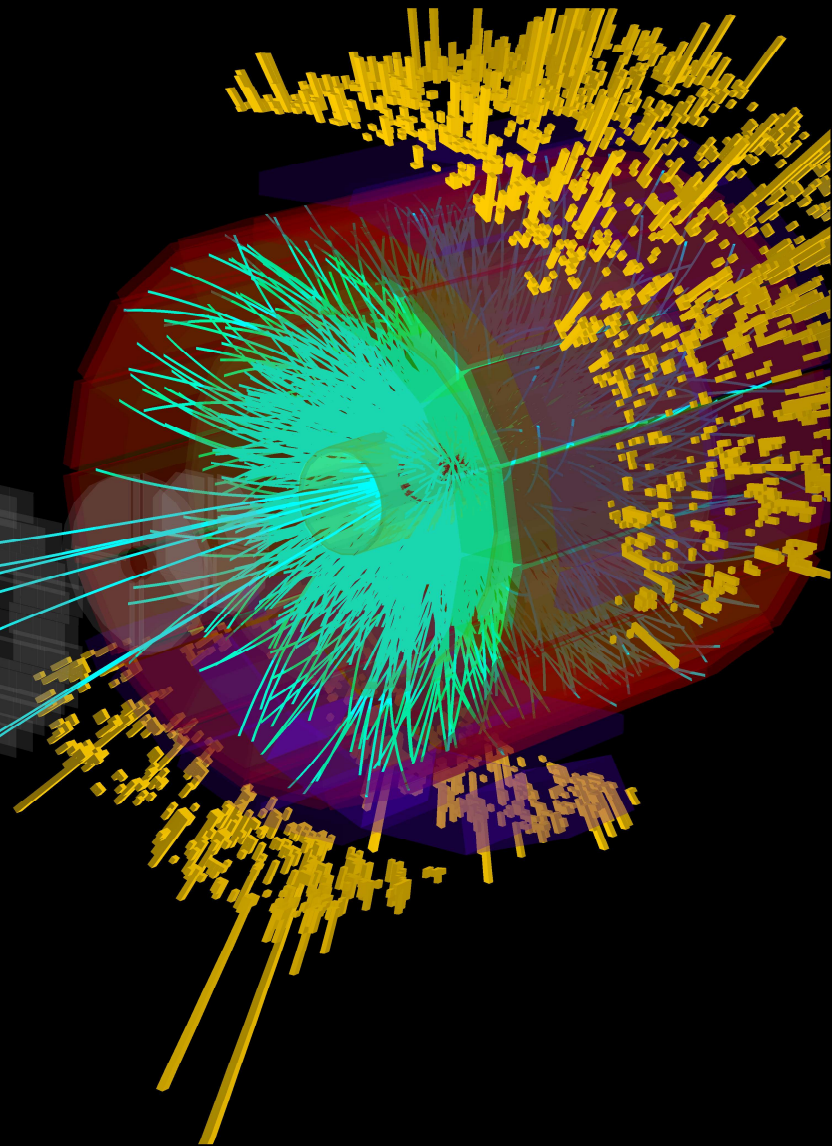
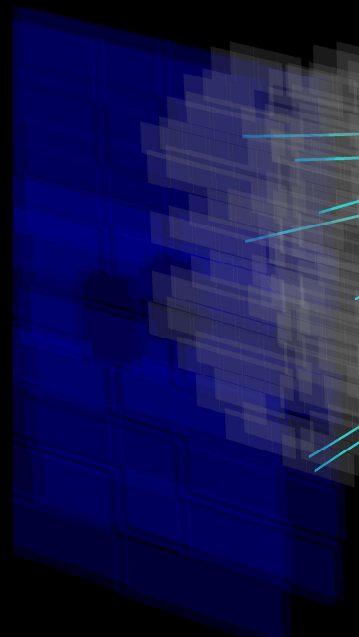
LS3 shifted by 1 year and extended to 3 years

→ HL-LHC keeps the construction schedule unchanged where possible to keep the momentum!

→ IT String operation still scheduled to start in 2024, but with main operation period in 2025



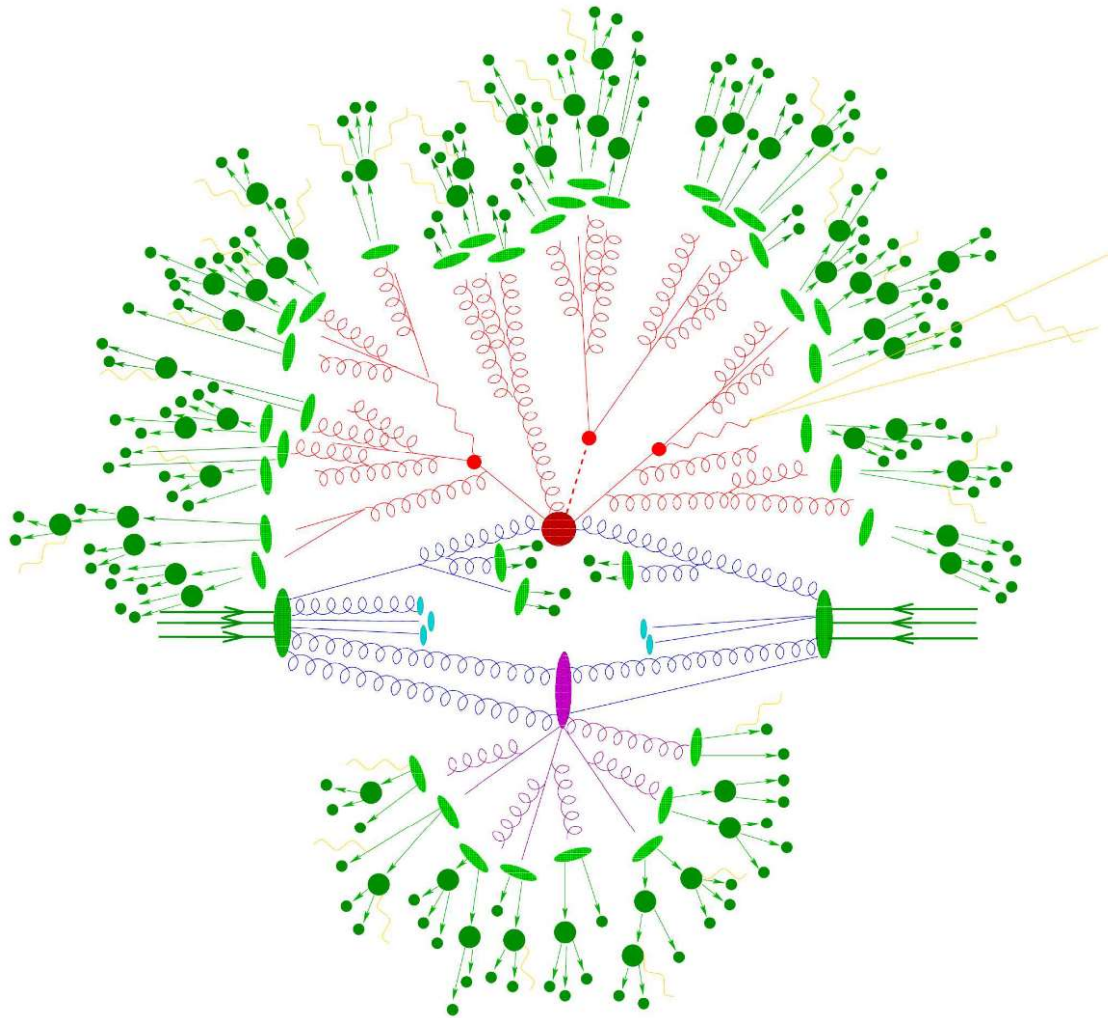
ALICE



Run number: 529397
First TF orbit: 5589120
Date: Fri Nov 18 16:57:27 2022
Detectors: ITS,TPC,TRD,TOF,PHS,EMC,MFT,MCH,MID

ALICE RUN3 első Pb+Pb ütközése 2022. november 18. 16:57:27
Adatgyűjtés: 2022 novembertől - 2025 novemberig (3 év)

Parton shower algorithms are ubiquitous in HEP, but most interference effects can not be treated classically

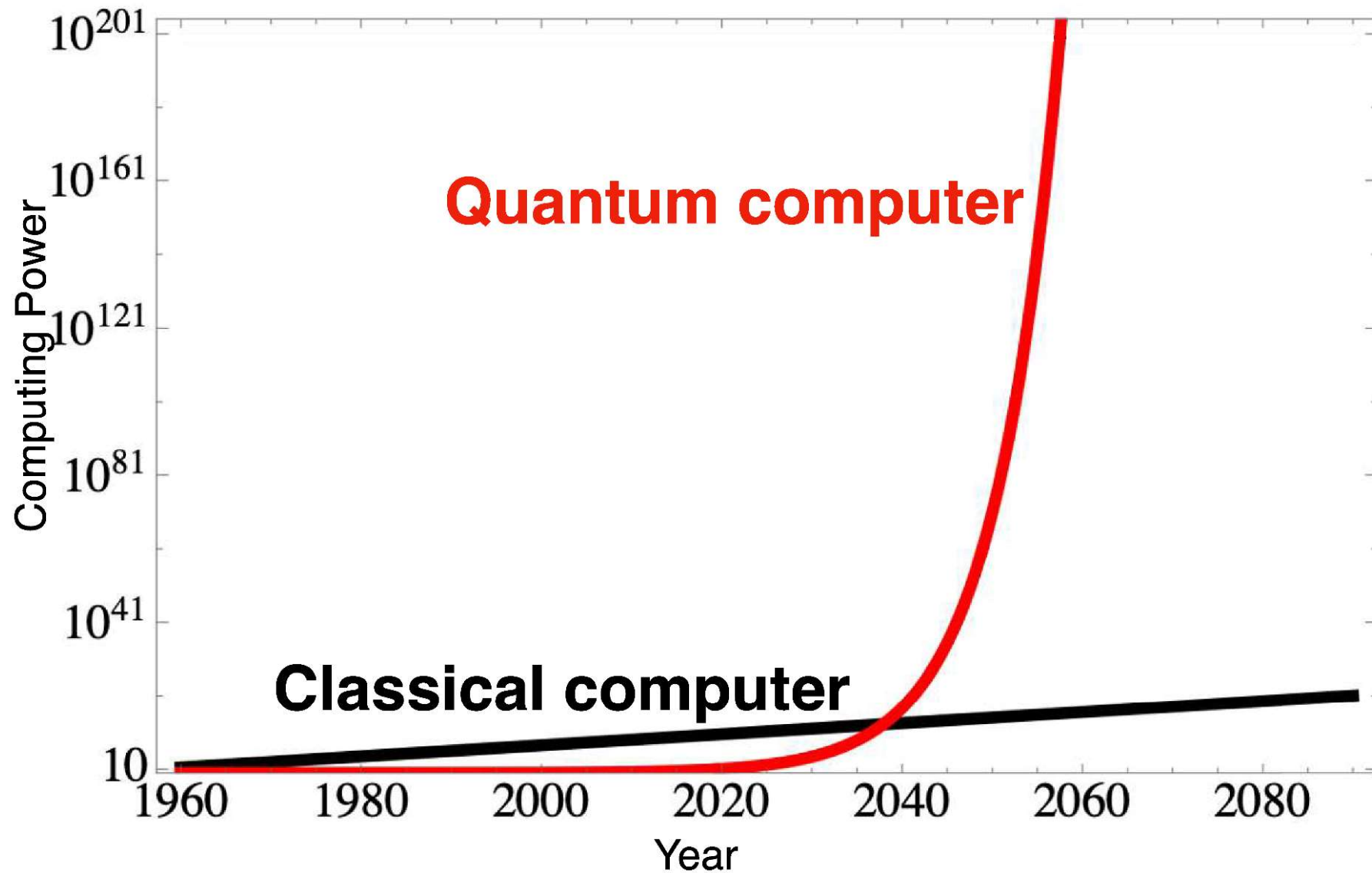


$1/N_c$ effects in dipole showers

γ/Z interference in EW showers

CKM interference in EW showers

The standard argument for quantum computing is that it outperforms a classical computer exponentially



A WIGNER ADATKÖZPONT új missziója (2021-2026)

- 1. LHC ALICE Analysis Facility (AF): 40 PB HD, 4000 core + ...
Teszt Laboratórium IT-fejlesztésekhez
(GPU, új hardware-ek integrálása a CERN analizáló rendszerébe)**
- 2. Wigner Felhő: 2 PB HD, 1500 core + GPU clusterek
Kiszolgálja a Wigner FK tudományos projektjeit
(GW: VIRGO/ET; Lézergyorsító: EuPraxia; ELI – tervezés alatt)**
- 3. CERN ALICE/CMS Tier-2 Cluster**
- 4. Kvantumcomputer Szimulátor (FPGA alapú)**

**→→ Wigner Tudományos Számítási Laboratórium (WSCLAB)
NKFIH TOP50 Infrastruktúra**

**ELKH Felhő: 3 PB HD, 3000 core + GPU clusterek
Kiszolgálja az ELKH intézményeinek számolási szükségletét**

Mennyi adatunk lesz a CERN-ben ?

1. RUN-I szakasz [2011-2012]

--- 30 fb⁻¹ ütközés → 25 PB előválogatott adat → 300 Higgs bozon

Analízis és szimuláció: 150 ezer mag (x2 virtuális)

Fogyasztás: 6 MW Tier-0 (CERN és Wigner DC) + Tier-1, Tier-2

→ 50 millió kWh/év → 5 M euro/év x 2

2. RUN-II szakasz [2015-2018]

--- 150 fb⁻¹ ütközés → 125 PB előválogatott adat → 1500 Higgs bozon

6 MW Tier-0 (+ Tier-1, Tier-2)

→ 50 millió kWh/év → 5 M euro/év x 3

3. Run-III szakasz [2022-2026]

--- 300 fb⁻¹ ütközés → 250 PB előválogatott adat → 3000 Higgs bozon

6 MW Tier-0 (+ Tier-1, Tier-2)

→ 50 millió kWh/év → 5 M euro/év x 5 x 5

4. Run-IV szakasz [2029-2037]

--- 3000 fb⁻¹ ütközés → 250 000 PB adat → ?? Előválogatott adat ??

6 MW Tier-0 (+ Tier-1, Tier-2)

→ 50 millió kWh/év → 5 M euro/év x 8 x 5

De hol vannak a SUSY-részecskék vagy más felfedezések, meglepetések ?

Mennyi adatunk lesz a CERN-ben ?

4. Run-IV szakasz [2029-2037]

--- 3000 fb⁻¹ ütközés → 250 000 PB adat (100 db Wigner Adatközpont!!)

Analízis és szimuláció: 150 ezer mag (x2 virtuális) nevetségesen kevés !

6 MW Tier-0 (+ Tier-1, Tier-2)

→ 50 millió kWh/év → 5 M euro/év x 40 alulbecsült !!

De hol vannak a SUSY-részecskék vagy más felfedezések, meglepetések ?

TERV-A: 6 MW → 60 MW (Tízszerezünk meg az IT teljesítményt)

Analízis és szimuláció: 1.5 Millió mag (x2 virtuális) [50 Meuro/év x 40 !]

Probléma: Elhelyezés? Felügyelet ? Sérülékenység?

TERV-B: 6 MW → 20 MW + Váljunk okosabbakká !

Hívjuk segítségül az okos algoritmusokat !!

Mesterséges Intelligencia (AI)

Gépi Tanulás (ML)

Mélyebb összefüggések (DL) [Deep Learning]

Paradigma váltás a HEP-ben: új módszerek kifejlesztése

Nagyon közel a határidő !!! 2021-24: Teszt időszak

2026- : Rutin eljárás

Tartalomjegyzék:

1. Égi adatgyűjtés

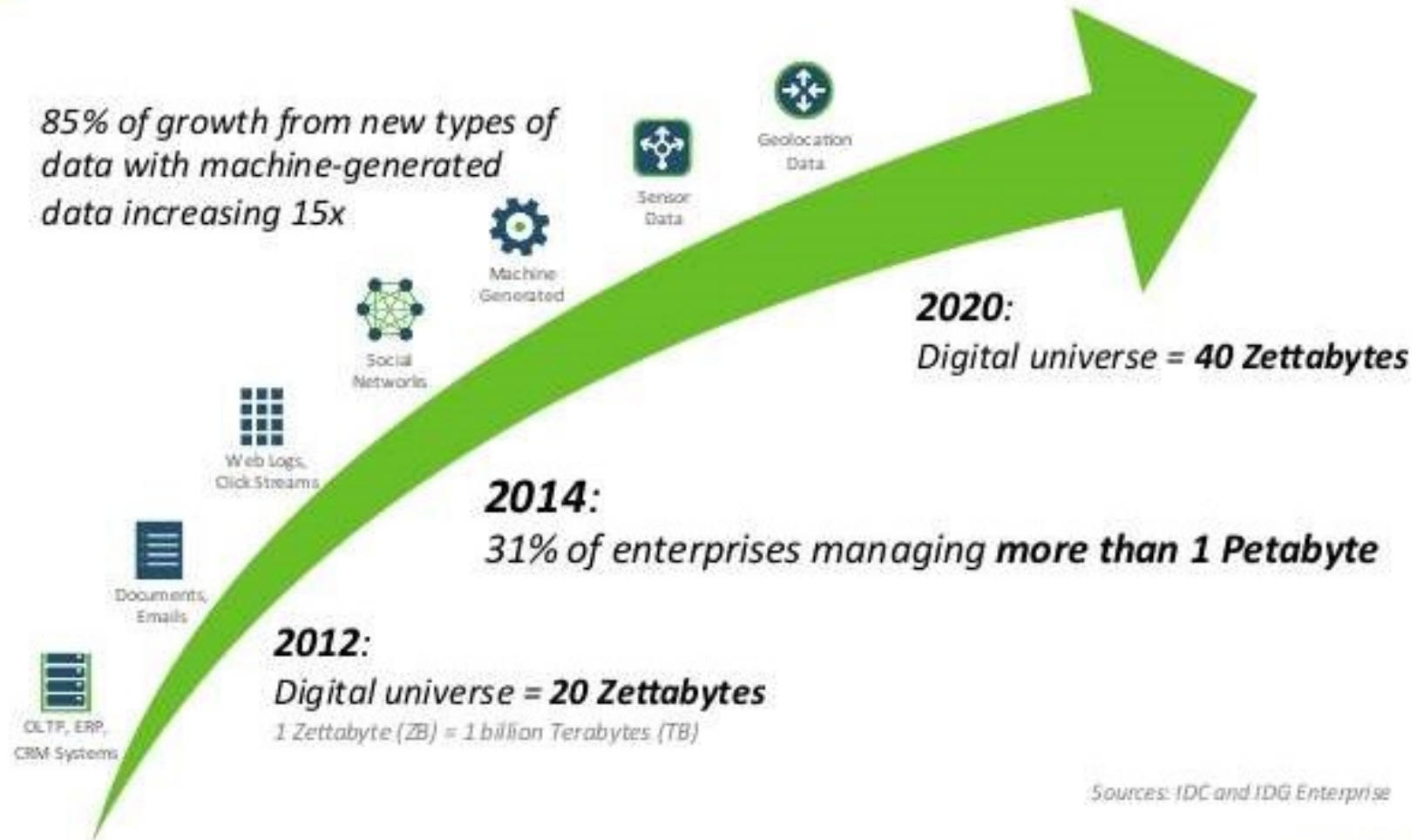
2. A Nagy Hadronütköztető (LHC)

3. Adatgyűjtés a föld alatti detektoroknál

4. Big Data Science – informatikai kihívások

5. Paradigmaváltás az IT-alkalmazásoknál

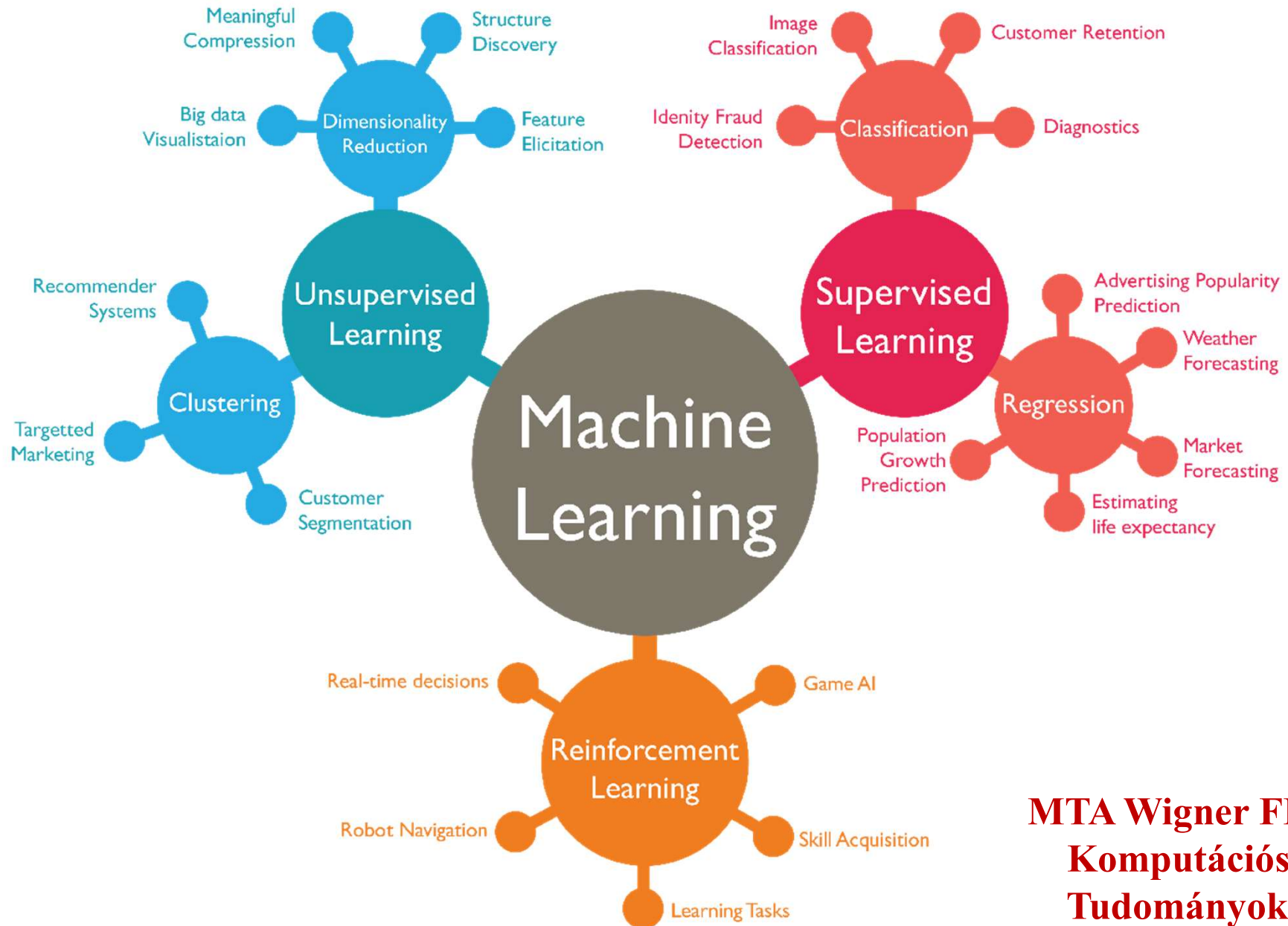
Data Continues to Grow Sharply



**Machine learning, Artificial Intelligence(AI)
Data mining, Big Data Visualisation**

GPU Napok a Wigner FK-ban: <http://gpuday.com/>

A Gépi Tanulás: módszertani összefoglaló → BSc képzés az egyetemen



**MTA Wigner FK
Komputációs
Tudományok
Osztálya (2018-)**

Kvantum világ:

- qubit (tört-bit)
- quantum-entanglement (összekapcsolódás)
- kvantumszámítógép
- kvantumprogramozás
- kvantumkommunikáció, -hálózat

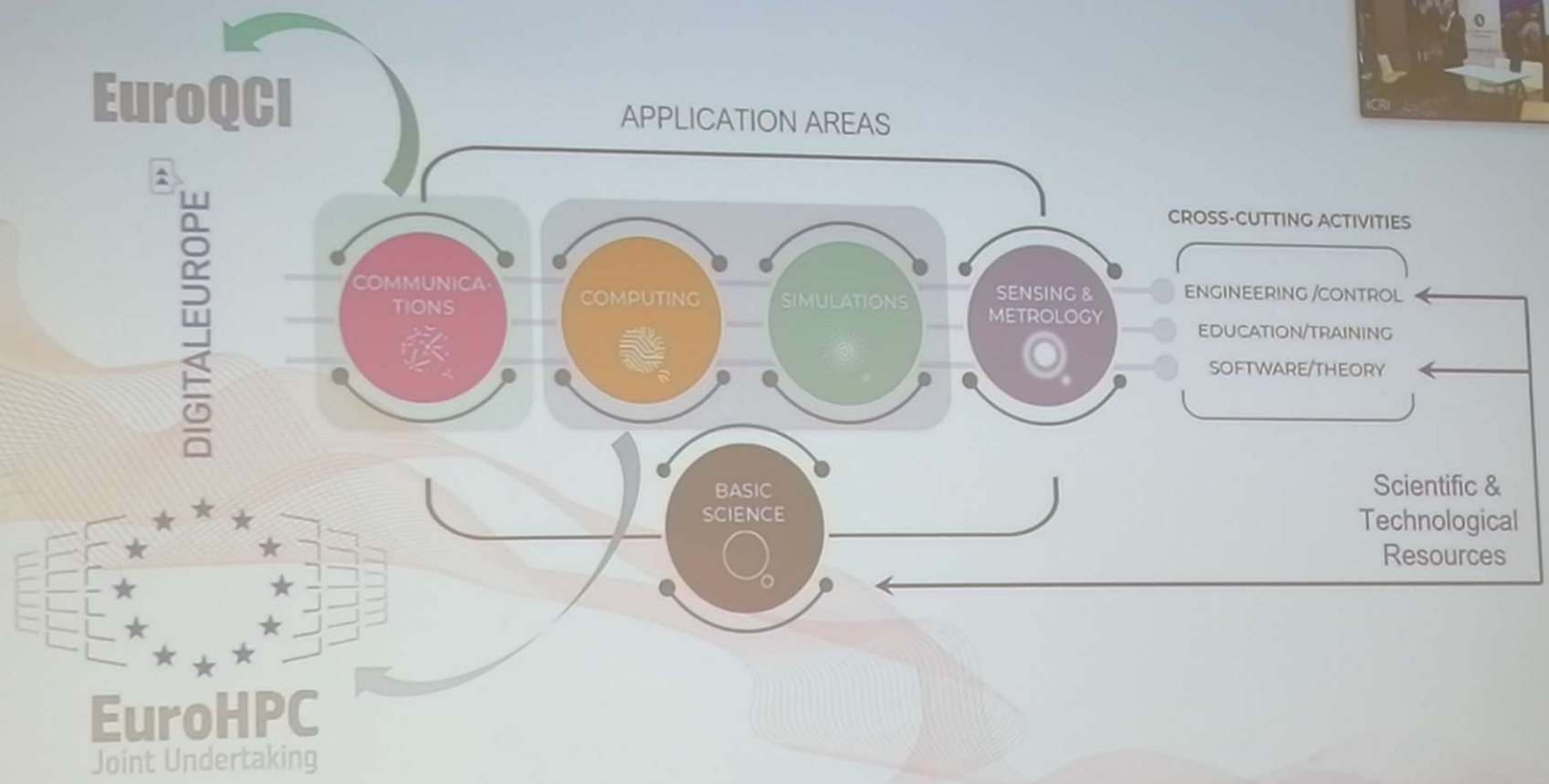
Wigner Scientific Computation Laboratory

<https://wigner.hu/hu/wsclab>

CERN Quantum Technology Initiative (QT4HEP)

<https://indico.cern.ch/event/1190278/>

The Quantum Flagship Strategic Research Agenda



APPLICATION PILLARS

4 projects

QUANTUM
Communication

For a Secure Digital Society and a Quantum-enabled Internet

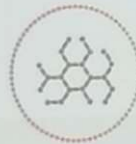


Quantum Internet - secure communication and applications

2 projects

QUANTUM
Simulation

Simulating Complex Systems for Advanced Design and Development



By 2021 quantum simulators 20x more precise

4 projects

QUANTUM
Sensing metrology

Bringing Accuracy And Performance To Unprecedented Levels



By 2021, sensors with resolution 1000x better

2 projects

QUANTUM
Computing

Computing Power To Overcome Currently Unsolvable Problems



By 2021, quantum computers of 50-100 qubits demonstrating first quantum applications

QUANTUM
Basic science

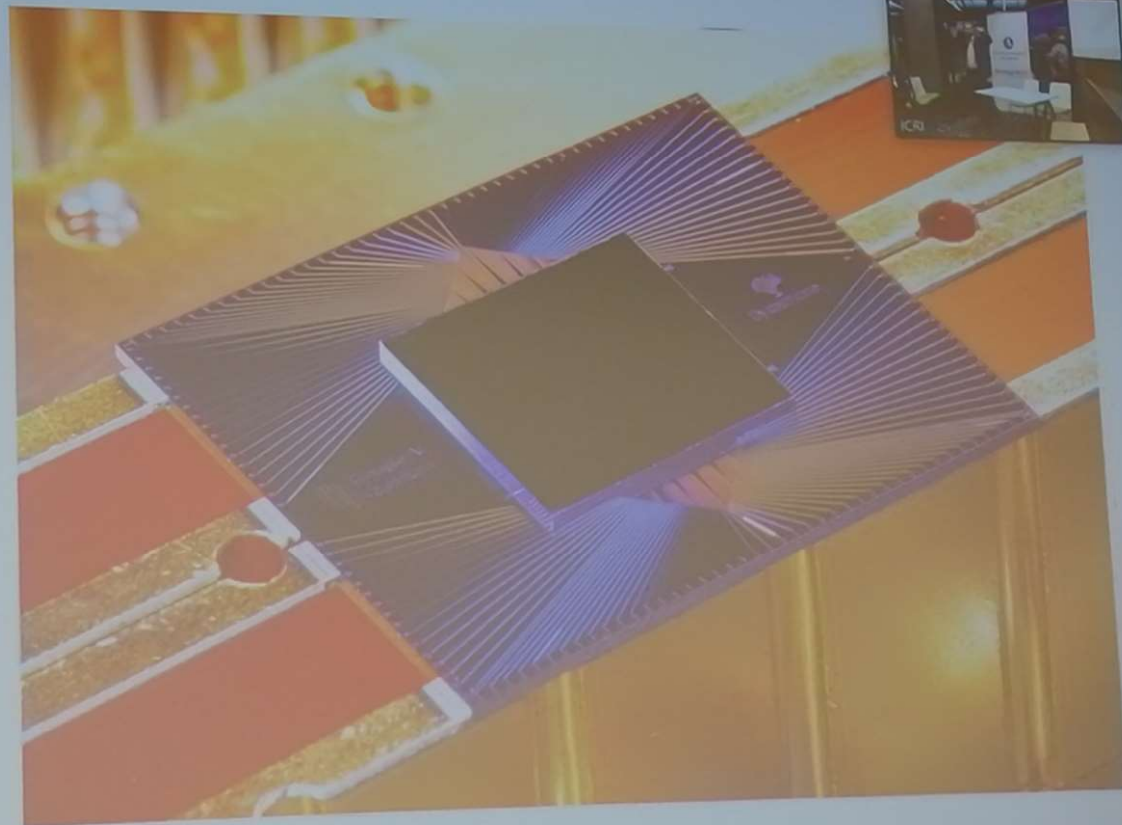
Addressing Foundational Challenges For Development Of Quantum Technologies



Discover & understand new fundamental quantum principles

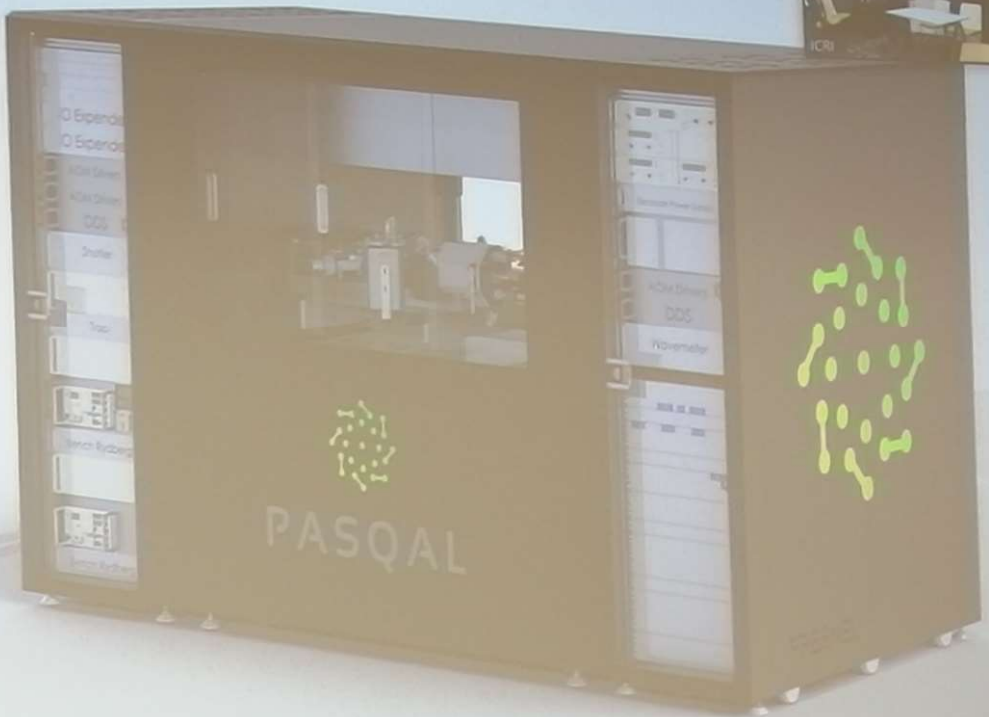
QUANTUM COMPUTING

You are screen sharing Stop Share



You are screen sharing Stop Share

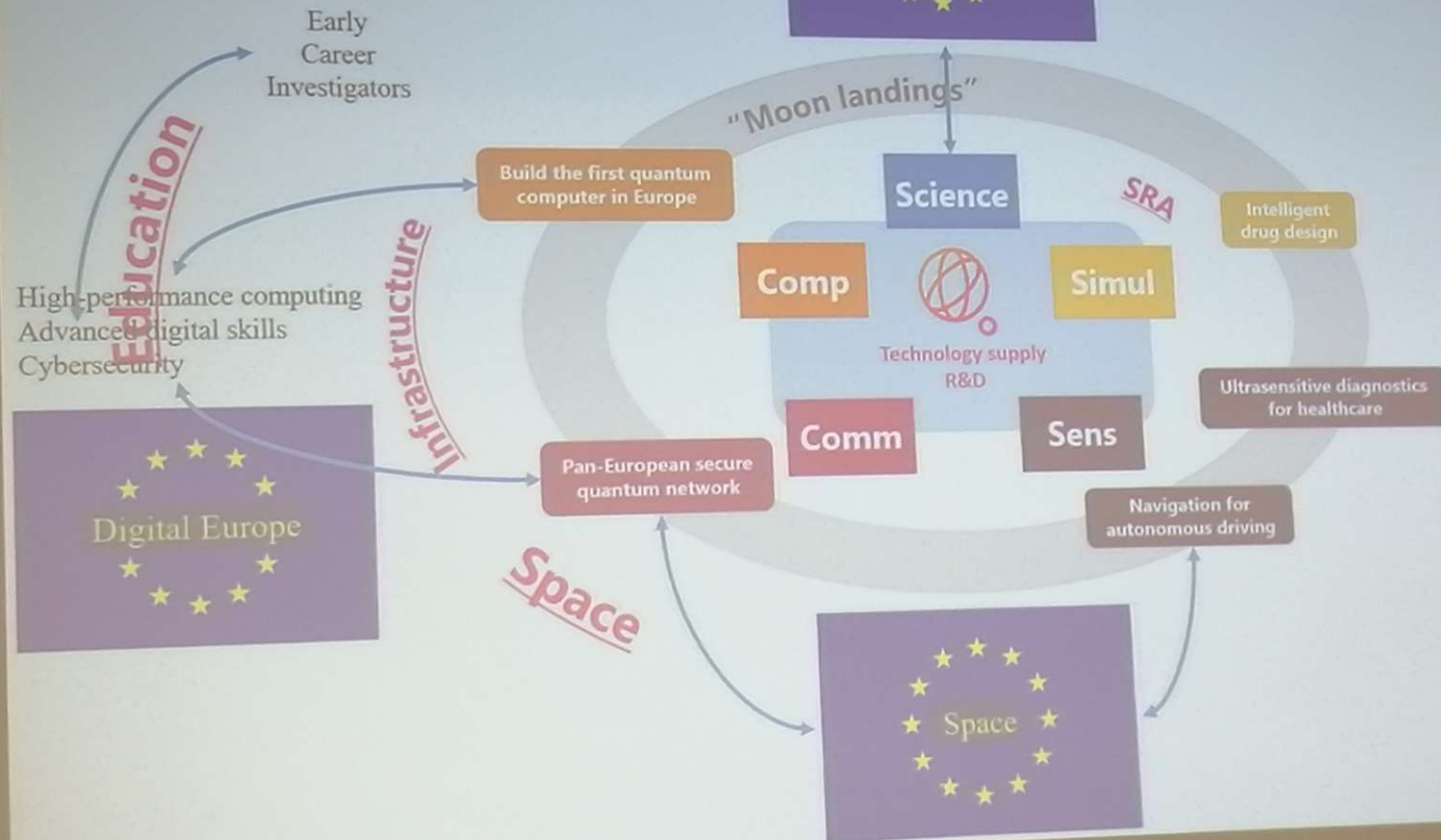
QUANTUM COMPUTING



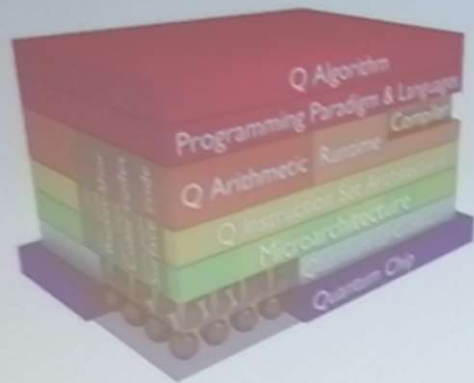
2018: IDEAS FOR THE QUANTUM FLEET



You are screen sharing Stop Share



EuroQCS: a full stack and integrated approach



Quantum computing stack



High-Performance Computing



Quantum Internet

DECLARATION ON A
**QUANTUM COMMUNICATION
INFRASTRUCTURE
FOR THE EU**

All 27 EU Member States
have signed a declaration agreeing to work
together to explore how to build a quantum
communication infrastructure (QCI) across
Europe, boosting European capabilities
in quantum technologies, cybersecurity
and industrial competitiveness.



@FutureTechEU #EuroQCI

EuroQCI

arXiv > quant-ph > arXiv 2210.10470

Quantum Physics

[Submitted on 19 Oct 2022]

**Classical Half-Adder using Trapped-ion Quantum Bits:
Towards Energy-efficient Computation**

Sagar Silva Pratapsi, Patrick H. Huber, Patrick Barthel, Sougato Bose, Christof Wunderlic,
Yasser Omar

Energetics of Quantum Technologies

Zárszó:

**A jövő(nk) izgalmas és
nagy kihívásokat tartogat számunkra.**

**Nem tudjuk elkerülni,
hogy szembe nézzünk ezekkel a kihívásokkal!**

Sok sikert kívánok a szembenézéshez!

Tanítsuk meg a fiatalokat is minderre!

Extra diaképek

Adatgyűjtés → adatrobbanás

Részecskefizika:

Higgs-részecske a fókuszpontban, de az új felfedezések is (sötét anyag!)

CERN: 25 PetaByte adat 2 év alatt (a felfedezéshez)

≈ 350 db Higgs-bosont találtak

Asztrofizika:

Folyamatos megfigyelés, pontos adatok folyama, új folyamatok felismerése

SLOAN Digital: 1 PB adat 10 év alatt

Pan-STARRS: 1.5 PB adat / év

Genetika:

Genetikai kód feltérképezése, genom-programm, DNS, személyre szabott

10K Genom programm: 5 PB

gyógyászat

Kémia:

Kémiai anyagok a számítógépből, azok analízise, virtuális laborok

Kutatók szeretik azt hinni: Óvák a legnagyobb adatbázis !!

Tényleg sok tudományos adatunk van?

2013: cca. 2000 PB (becslés)

Elhelyezés: 1000 PB személyi számítógépeken
1000 PB szervereken, adatbankokban

2020: cca. 40 000 PB (becslés)

Elhelyezés: 1000 PB személyi számítógépeken
39000 PB szervereken, adatbankokban

WIGNER Adatközpont: 2015 → cca. 400 PB kapacitás
2020 → cca. 2000 PB kapacitás

Új technológiák az adatkezelésben, adatbányászásban
és/vagy új/nagy tudományos adatközpontok

+ adat analízis !!!! → → „Big Data tudós”

Quo Vadis CERN ?! Mennyi adatunk lesz a tervek szerint ?

A fejlődés mozgatórugói: IPAR, PRIVÁT SZFÉRA SZÓRAKOZTATÁS, BIZTONSÁG ÖNVEZETŐ JÁRMŰVEK

Adatok keletkezése:

- orvosi ellátás
- államigazgatás (törvények betartása, megszegése)
- hírek, újságok, média
- személyi szórakozás (fényképek, filmek, blogok)
- háztartás
- közlekedés
- kiszolgáló infrastruktúra

Adatok mozgatása:

- gyors internet hálózatok
- WiFi
- Mobil-szolgáltatók

Adatok feldolgozása:

- szerverparkok
- számítási felhők

Magyarország: 10 millió állampolgár (+ 5 millió turista)
365 nap

1 Petabájt adat → 0.25 MB / nap / fő

De:

1 PDF file: 0.1 – 0.2 MB

1 film: 3000-4000 MB

1 röntgenfelvétel: 1000-2000 MB

1 fényképezés: 1000-8000 MB → ???? PB HU-adat

Napjainkban óriási adatmennyiség keletkezik és továbbítódik.

Ezek nagy része elveszik, kisebb része tárolódik, minimális feldolgozás

Mi lesz ezzel a rengeteg adattal? → adatbányászat, adatfeldolgozás
„Big Data Technikus”

→ → Új eljárások kifejlesztése szükséges / elkerülhetetlen !!