

Bemutatkozunk a CERN

Fodor Zoltán

1954-ben 12 ország alapította, ma 21 tagország (2015: Románia)

• +Szerbia halad + Ciprus, Szlovénia, Töröko., tárgyal

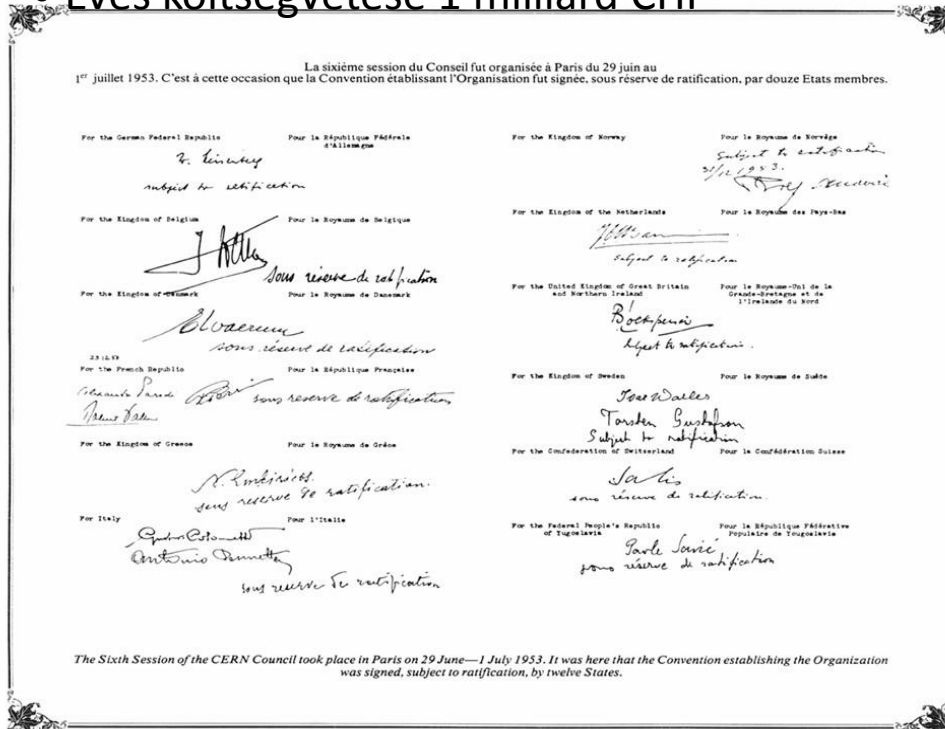
• + Brazília, Oroszo. Érdeklődik,

Magyarország 1992 óta tagja

• Legújabb társult tagország Pakisztán

• Több mint 10000 felhasználó (kutató)

• Éves költségvetése 1 milliárd CHF





YEARS/ANS CERN

Bábel tornya, amely működik



A CERN 21 tagországa 19 különböző hivatalos nyelvet használ

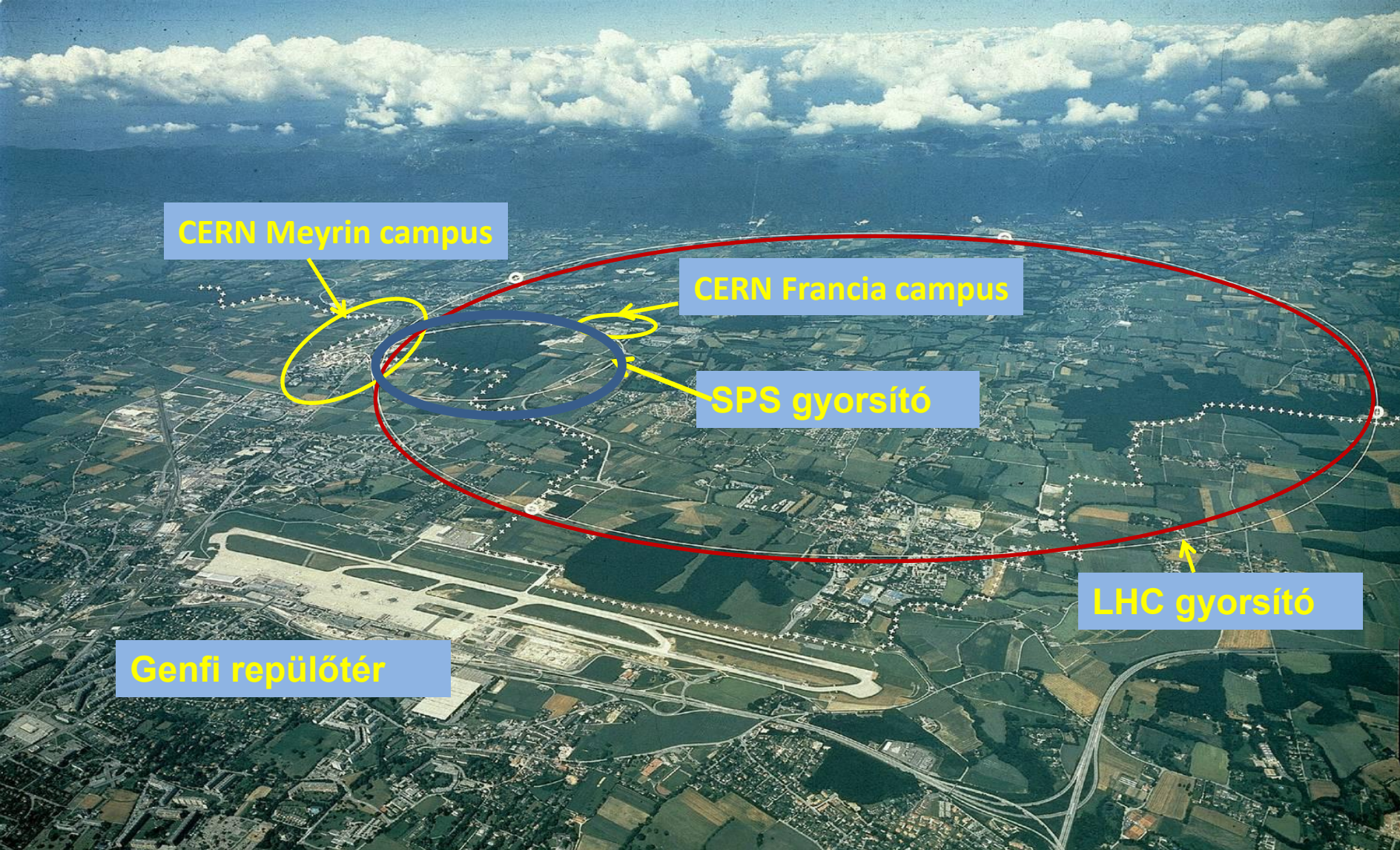
- A 80 országból érkező kutatók közel 100 nyelven beszélnek
- A CERN hivatalos munkanyelvei az angol és a francia





YEARS/ANS CERN

Cern elhelyezkedése



CERN Meyrin campus

CERN Francia campus

SPS gyorsító

LHC gyorsító

Genfi repülőtér

- **Alkalmazottak** [2512 – kb 50 magyar)

A CERN közvetlen alkalmazásában állnak

- Munkatársak

- Kutató 79, Fejlesztő 1021, technikus 883, szakmunkás 132, vezető adminisztráció 124, irodai alkalmazott 240, egyéb irodai 13

- Ösztöndíjasok

- Kutató 260, Fejlesztő 1021

- Tanulók, egyetemi hallgatók

- **Szerződésesek**

Máshol vannak alkalmazásban (egyetemek, kutató intézetek)

- Felhasználók

- Diákok

- **Beszállítók, szolgáltató cégek alkalmazottai**

- Profit orientált vállalkozások

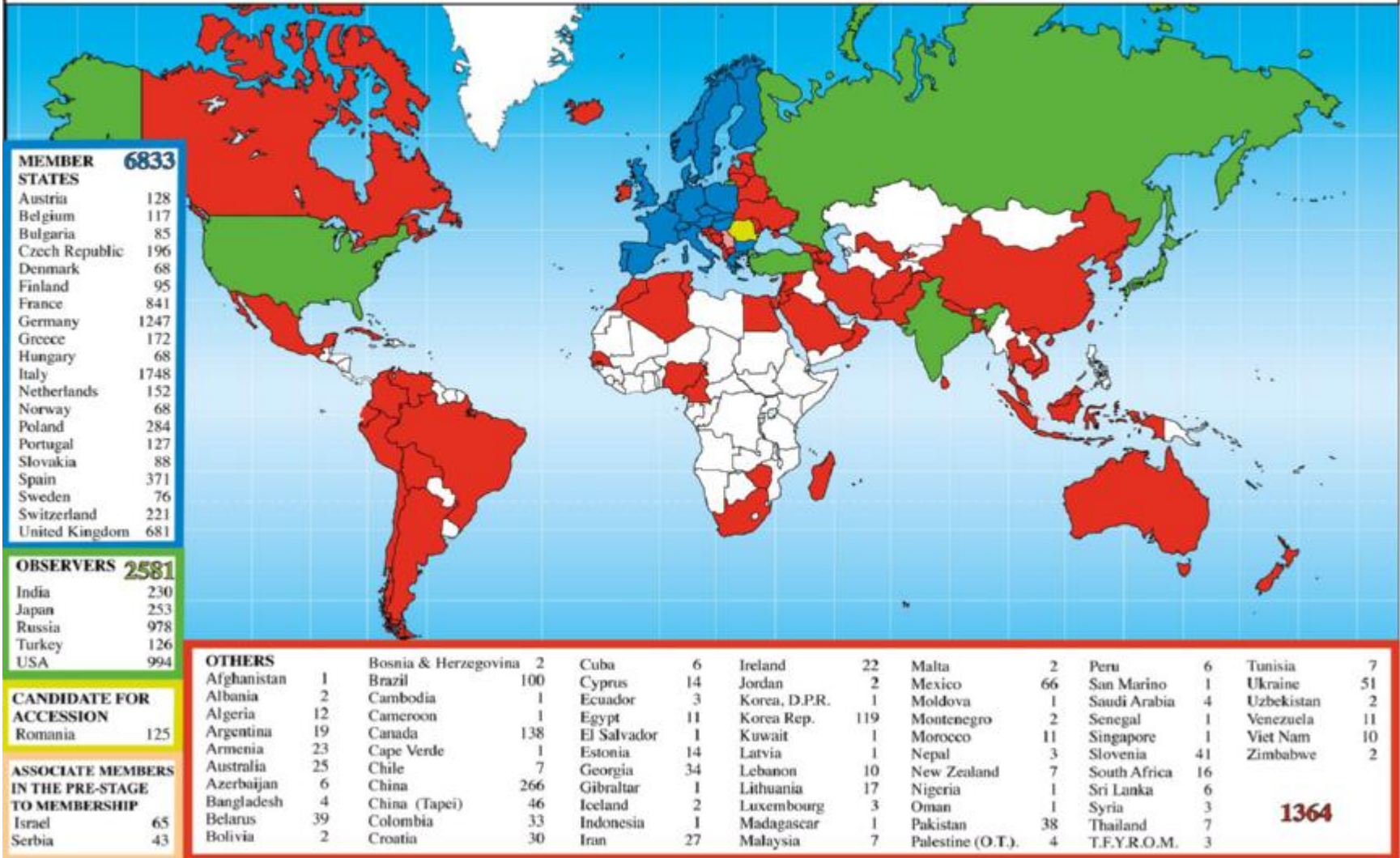


YEARS/ANS CERN

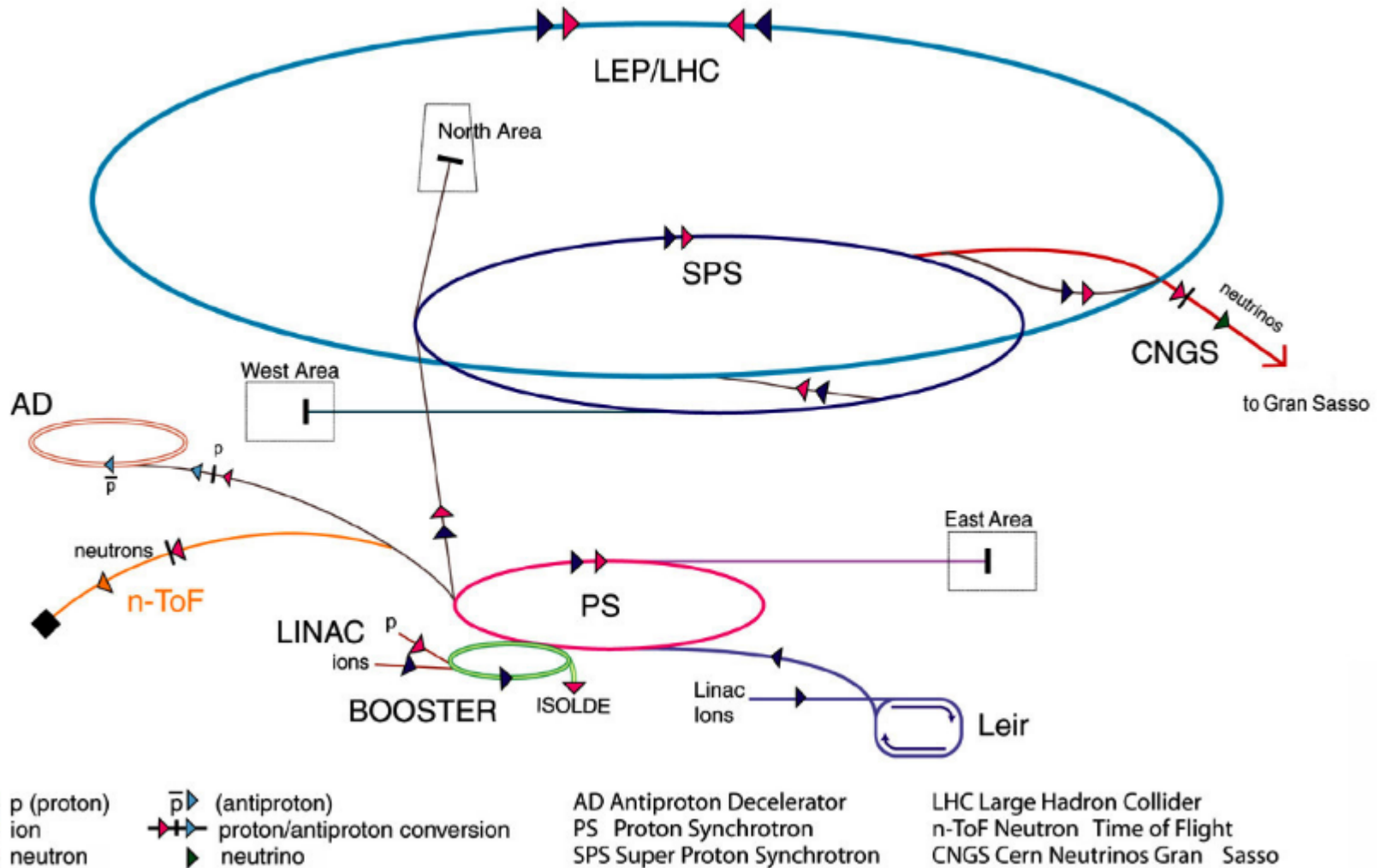
A CERN kutatói



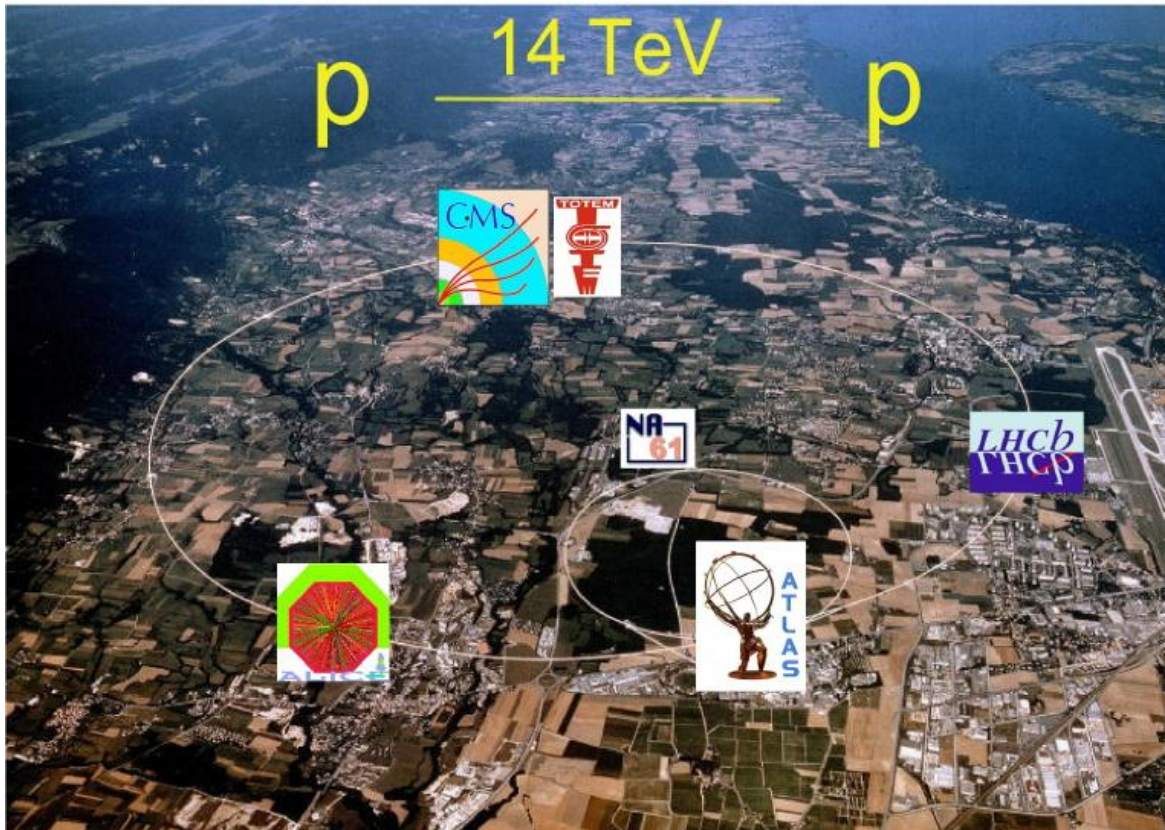
Distribution of All CERN Users by Nationality on 3 September 2012



Fő feladat: Gyorsítók építése, üzemeltetése a kutatók számára



A világon valaha felépített legnagyobb, az elemi részecskék kutatására szolgáló tudományos mérőberendezés



Óriási detektorok:
mélyen a földalatti
hatalmas csarnokokban

Szupravezető
mágnesekben a
hőmérséklet alacsonyabb
mint a világűrben

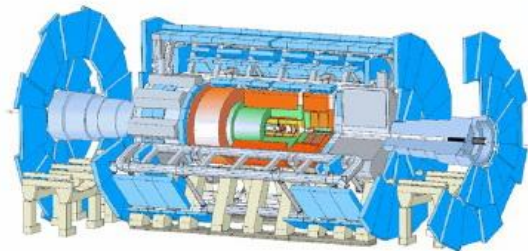


YEARS/ANS CERN

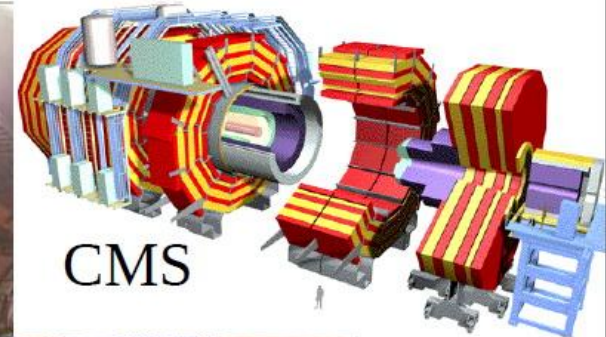
LHC



Az LHC megváltoztathatja a világegyetemről alkotott képünket.

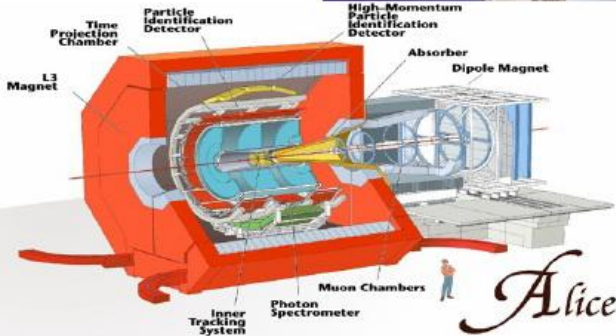


ATLAS

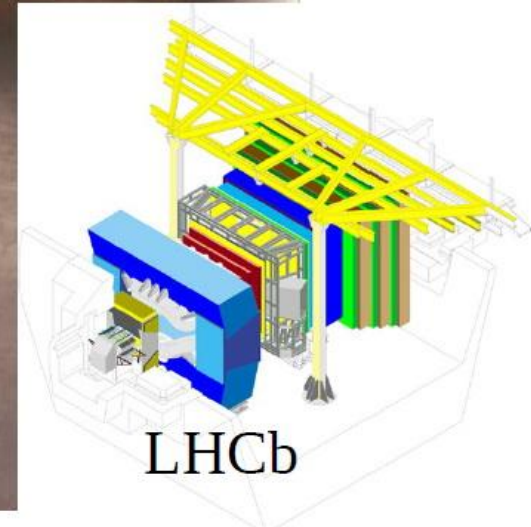


CMS

ALICE



ALice



LHCb

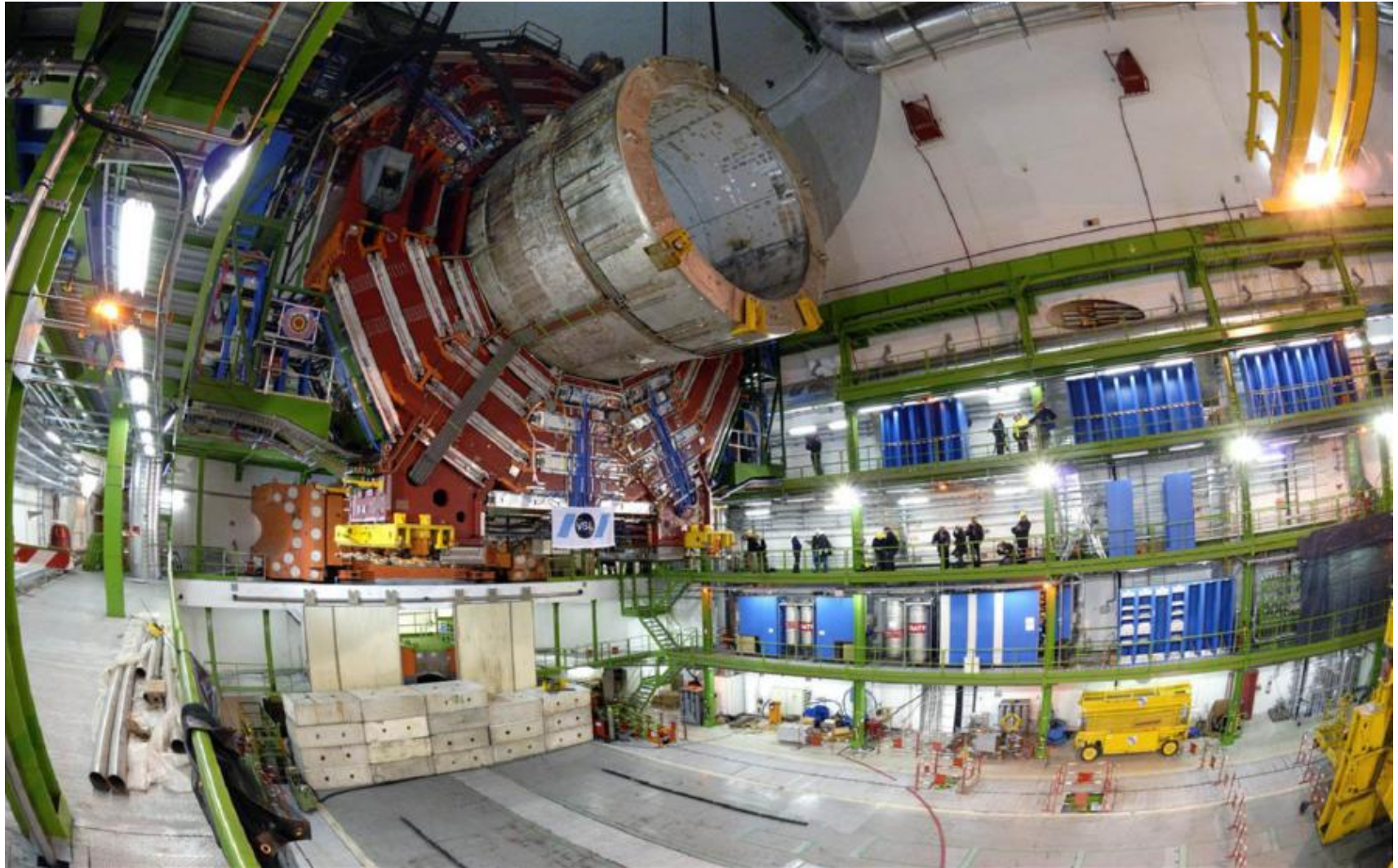


27 km kerületű
100 méterre a föld alatt
Szupravezető mágnesekkel kirakva

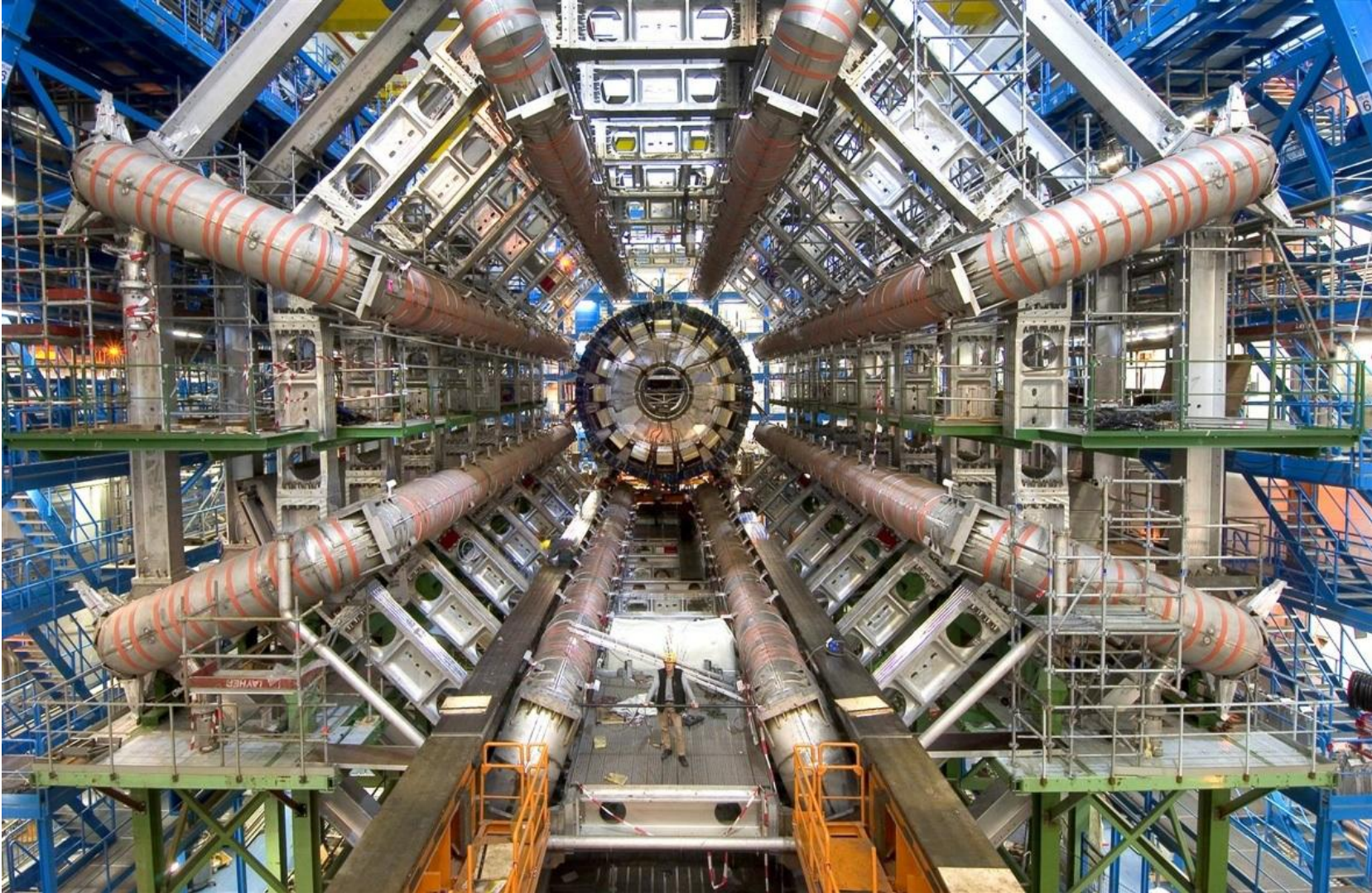


Az LHC csarnokának építése

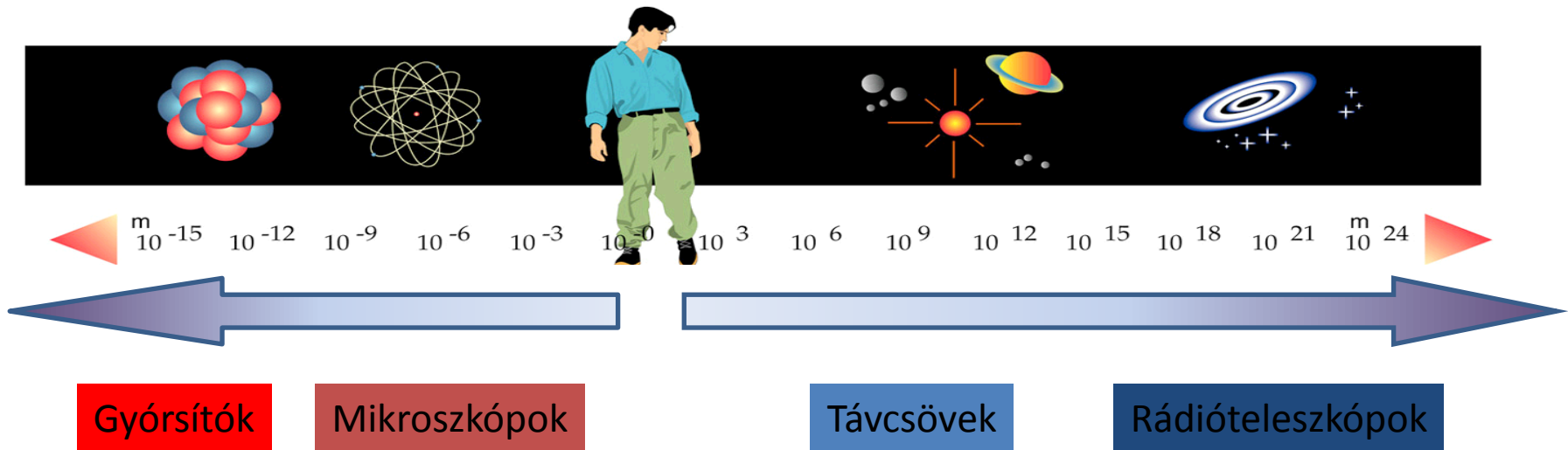




Az ATLAS detektor



A részecskefizika az anyag legmélyebb szerkezetét vizsgálja



Nagyobb energia → rövidebb hullámhossz → kisebb távolság → mélyebb szerkezet



YEARS/ANS CERN

A részecskefizika elmélete: a Standard Modell



AZ ELEMI RÉSZECSEKÉK ÉS ALAPVETŐ KÖLCSÖNHATÁSOK Standard Modellje

Az elemi részecskékre és alapvető kölcsönhatásokra vonatkozó jelenlegi legpontosabb ismeretelnket összegzi a Standard Modell, amely az erős és egyesített elektromgyenge kölcsönhatások elmélete. A gravitáció, jóllehet alapvető kölcsönhatás, nem része a Standard Modellnek.

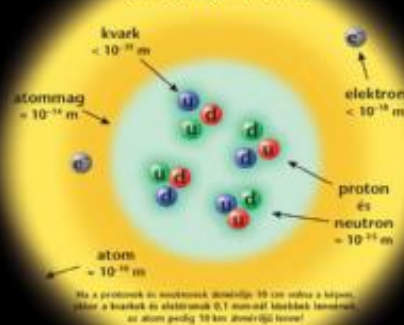
Fermionok – az anyag építőköve, spinjük: 1/2, 3/2, 5/2 ...

kvarkok (spin = 1/2)				leptonok (spin = 1/2)			
jel/név	tömeg GeV/c ²	elekt. töltés	spin	jel/név	tömeg GeV/c ²	elekt. töltés	spin
u	0,003	2/3	1/2	e	0,000511	-1	1/2
d	0,006	-1/3	1/2	μ	0,106	-1	1/2
c	1,3	2/3	1/2	τ	1,7771	-1	1/2
s	0,1	-1/3	1/2	ν _e	< 0,0002	0	1/2
t	175	2/3	1/2	ν _μ	< 0,02	0	1/2
b	4,3	-1/3	1/2	ν _τ	< 0,02	0	1/2

Tömeg: a részecskefizikában az energiát elektronvoltban (eV), a tömeget GeV/c² egységekben ($E = mc^2$) mérik. $1 \text{ GeV} = 10^9 \text{ eV} = 1,60 \cdot 10^{-10} \text{ J}$. A proton tömege $0,938 \text{ GeV}/c^2 = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$.

Töltés: az elektromos töltéseket a protontöltés egységében adjuk meg. A proton töltése $1,60 \cdot 10^{-19} \text{ Coulomb}$.

Az atom szerkezete



Bozonok – a kölcsönhatások közvetítői, spinjük: 0, 1, 2 ...

erős – szín (spin = 1)				elektromgyenge (spin = 1)			
jel/név	tömeg GeV/c ²	elekt. töltés	spin	jel/név	tömeg GeV/c ²	elekt. töltés	spin
g	0	0	1	γ	0	0	1
W [±]	80,39	±1	1	Z ⁰	91,187	0	0

Szintöltés: a kvarkok és gluonok „szintöltést” hordoznak. A kvarkok három-, a gluonok nyolcféle „színűek” lehetnek. Kvarkok és gluonok szabadon nem létezhetnek. Őket a szintöltések között ható alapvető erős kölcsönhatás kettőféleképpen kötheti össze színsemleges hadronokba: vagy három kvark alkothat egy bariont, vagy egy kvark-antikvark-pár alkothat egy mezont.

A visszamaradó erős kölcsönhatás a színsemleges nukleonok – vagyis az atommagot alkotó neutronok és protonok – között hat (ez felelős a „magerőkért”), jellegében a Van Der Waals-kölcsönhatáshoz hasonlít.

A spin a részecske saját perdülete. A spin \hbar egységekben adjuk meg, ahol $\hbar = h/2\pi = 6,58 \cdot 10^{-25} \text{ GeVs} = 1,05 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$.

Fermionikus hadronok

barionok (qqq) és antibarionok (q̄q̄q̄) – több száz ismert barion van				
jel/név	kvark-össz.	tömeg GeV/c ²	elekt. töltés	spin
p	uud	0,938	1	1/2
anti-p	ūūū	0,938	-1	1/2
n	udd	0,940	0	1/2
λ	uds	1,116	0	1/2
ω	sss	1,672	-1	3/2

Antianyag: a részecskének általában van „antirészecskéje”, amely azonos tulajdonságú, de ellentétes töltésű, mint a részecske. Néhány elektromosan semleges részecske egyben saját antirészecskéje is. Ilyen a Z⁰-bozon, a γ-foton, vagy az η_c-mezon, de a K⁰-kaon, mely két kvark-antikvark-párból áll, már nem.

Az ábrák a jellemző fizikai folyamatokat csak szemléltetik, hozzájuk értelmes módon skálát rendelni nem lehet. A kékeszöld tartományok a gluonok felhőjét, illetve mezéjét, a piros vonalak a kvarkok pályáját mutatják.

A kölcsönhatások tulajdonságai

tulajdonság	erős		gyenge	elektromágneses (elektromgyenge)	gravitációs (nem az SM része)
	alapvető	visszamaradó			
amire hat	szintöltés	lásd magyarázat	íz	elektromos töltés	tömeg, energia, lendület
ezek a részecskék érzik	kvarkok, gluonok	hadronok	kvarkok, leptonok	elektr. töltötték	minden
közvetítő részecske	gluonok	mezonok	W [±] , Z ⁰ -bozon	γ-foton	graviton (még nem figyeltek meg)
relatív erősség	25	–	0,8	1	10 ⁻⁴¹
két up kvarkra	60	–	10 ⁻⁴	1	10 ⁻⁴¹
két proton az atommagban	–	20	10 ⁻⁷	1	10 ⁻¹⁶

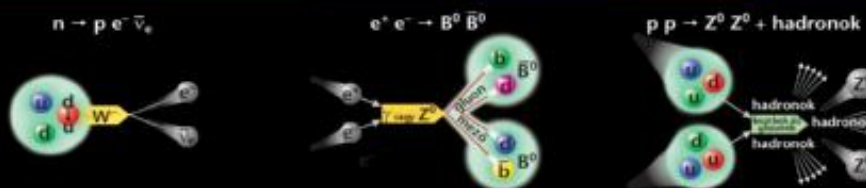
Bozonikus hadronok

mezonok (q̄q)				
jel/név	kvark-össz.	tömeg GeV/c ²	elekt. töltés	spin
π	uđ	0,140	1	0
K	sū	0,494	-1	0
ρ	uđ	0,770	1	1
B	đb	5,279	0	0
η	cđ	2,980	0	0

Az eredeti posztert a **Contemporary Physics Project** (<http://CPEPweb.org>) készítette. A nagyra várt Kármán Tamás és Somogyi Gábor munkája.

Megjelent a **Fizikai Szemle** mellékleteként, a **Paksi Atomerőmű Zrt.** támogatásával. Letölthető a <http://fizikaiszemle.hu> honlapról.

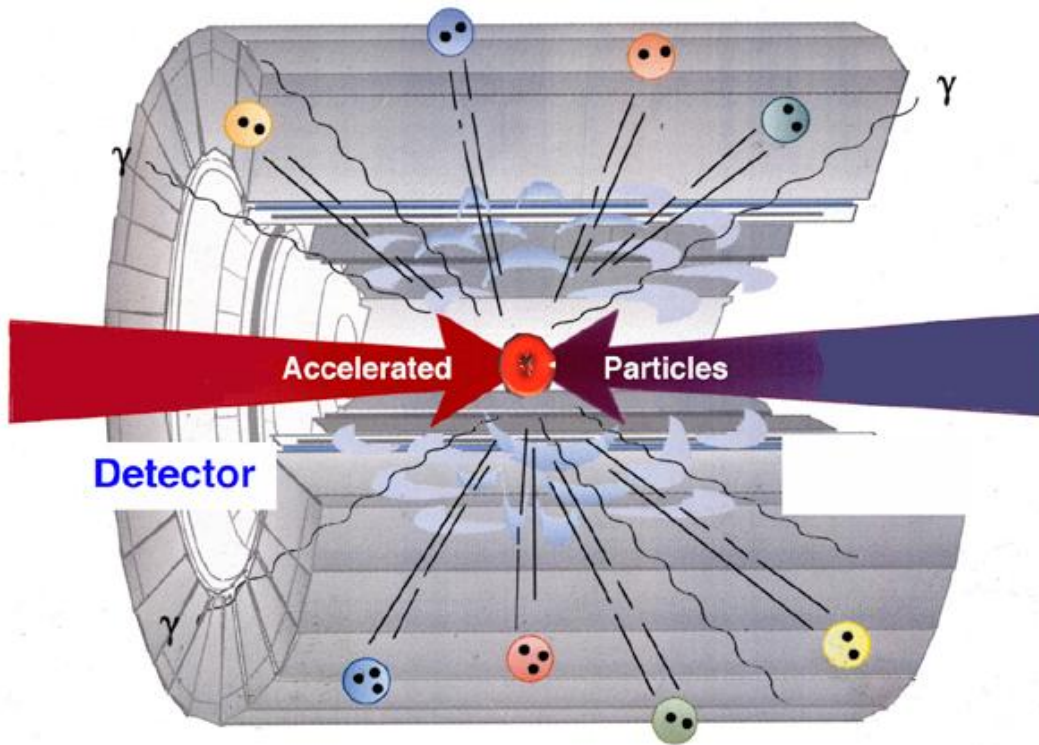
Kereskedelmi forgalomba nem hozható, oktatási célra szabadon felhasználható.



Egy neutron protonra, elektróra és antineutrínóra bomlik egy virtuális W⁻-bozon (gyenge kölcsönhatás) közvetítésével. Ez a béta-bomlás.

Nagy energiájú elektron-pozitron párokban (elektromgyenge kölcsönhatás) B⁰-anti-B⁰ párok keletkezhetnek hadronok és nehéz részecskék, például Z⁰-bozonok közvetítésével.

Nagy energiájú, erősen kölcsönható protonok ütközésekor keletkezhetnek hadronok és nehéz részecskék, például Z⁰-bozonok.



1) Energiakonzentráció a részecskéken (**gyorsító**)

2) Részecskék **ütköztetése** (ősrobbanás–közeli állapot előidézése)

3) Létrehozott részecskék azonosítása a **detektorban** (új fizikára mutató jelek keresése)

Gyorsító? Minden nagyenergiás részecske relativisztikus

Miért kell ütköző nyaláb

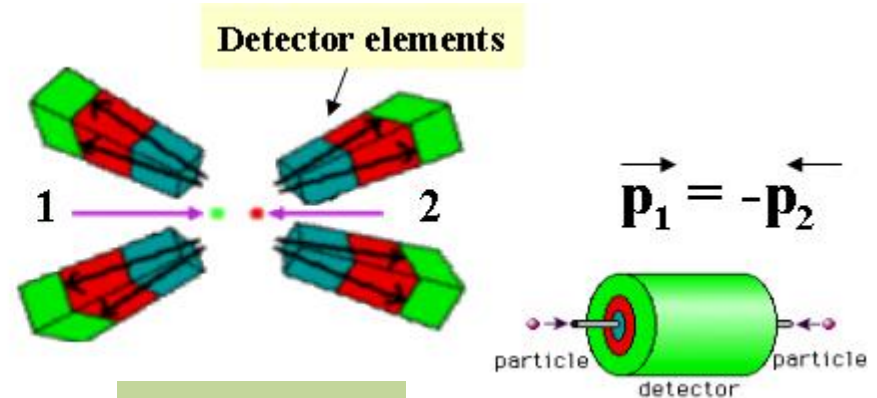
Rendelkezésre álló energia $E_{cm} = [(E_1 + E_2)^2 - (p_1 + p_2)^2]^{1/2}$ ($p = mv$)

Álló targetes kísérlet



$$E_{cm} = (m_1^2 + m_2^2 + 2 E_{1lab} m_2)^{1/2}$$

Ütköző nyalábos kísérlet



$$E_{cm} = E_1 + E_2$$



Nyitott kérdések



Mystery



Mystery



Mystery



Mystery



Miért van éppen három részecskegeneráció?

Megvan a SM Higgs-bozonja?

Miért nincsenek antigalaxisok?

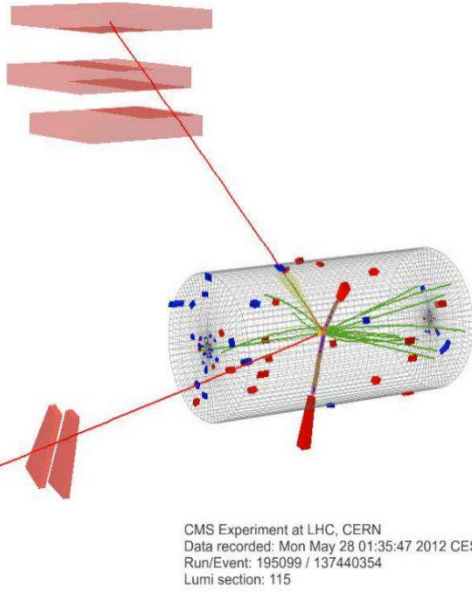
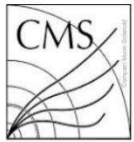
Mi alkotja a sötét anyagot?

*Az LHC segít
válaszolni
ezekre a
kérdésekre*

- 41 ország 179 intézménye
- 3275 fizikus (közülük 1535 diák)
- 790 mérnök és technikus
- Résztvevők intézmény országa szerint:
USA: 1149, Olaszo.: 439, Németo.: 298, Oroszo.: 234
- Útlevél szerint:
USA: 707, olasz: 554, német: 315, orosz: 305
- Magyar intézményből: 40, magyar útlevéllal: 44

Az LHC két protonnyalábja 2012-ben másodpercenként 20 millió alkalommal találkozott, esetenként 10-30 p-p ütközéssel

$$\text{CMS: } H \rightarrow ZZ^* \rightarrow e^+e^-\mu^+\mu^-$$

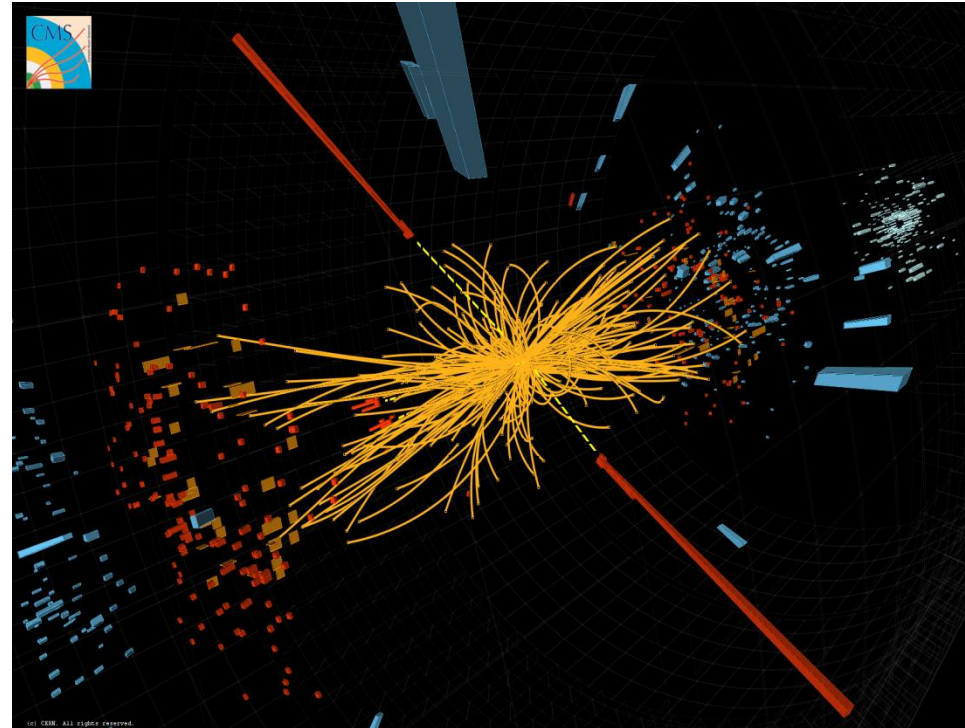


CMS Experiment at LHC, CERN
Data recorded: Mon May 28 01:35:47 2012 CEST
Run/Event: 195099 / 137440354
Lumi section: 115

Horváth Dezső: Higgs-bozon az LHC-nál

Wiener FK. 2012.07.17.

- p. 37/54

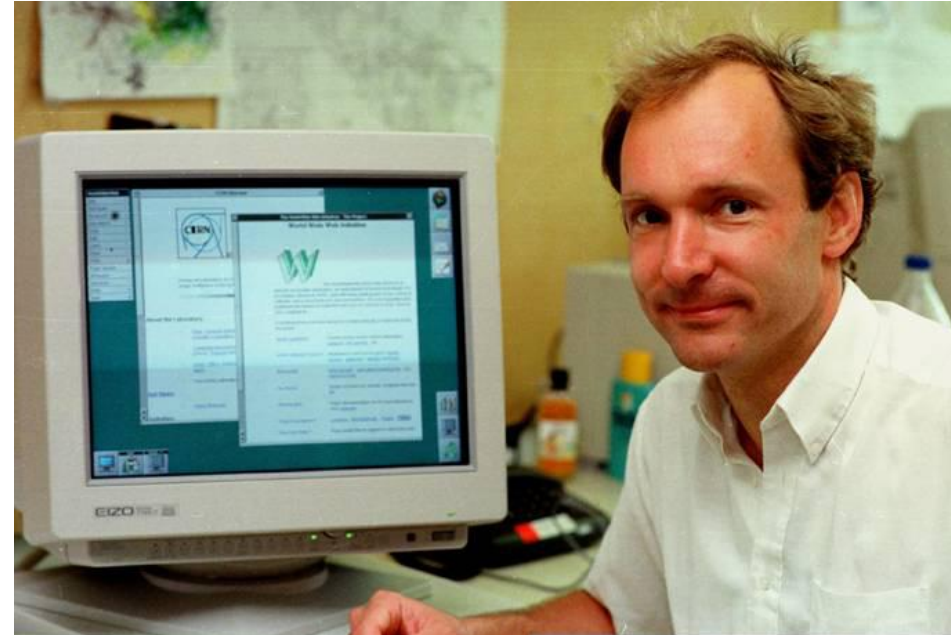


2013-14: fejlesztési szünet. 2015-től 13-14 TeV, 40 MHz

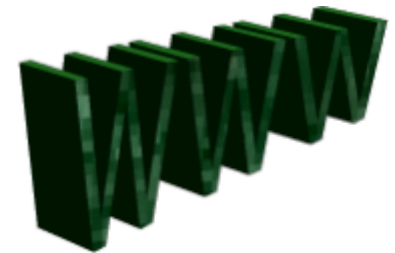


YEARS/ANS CERN

CERN, Internet, WWW

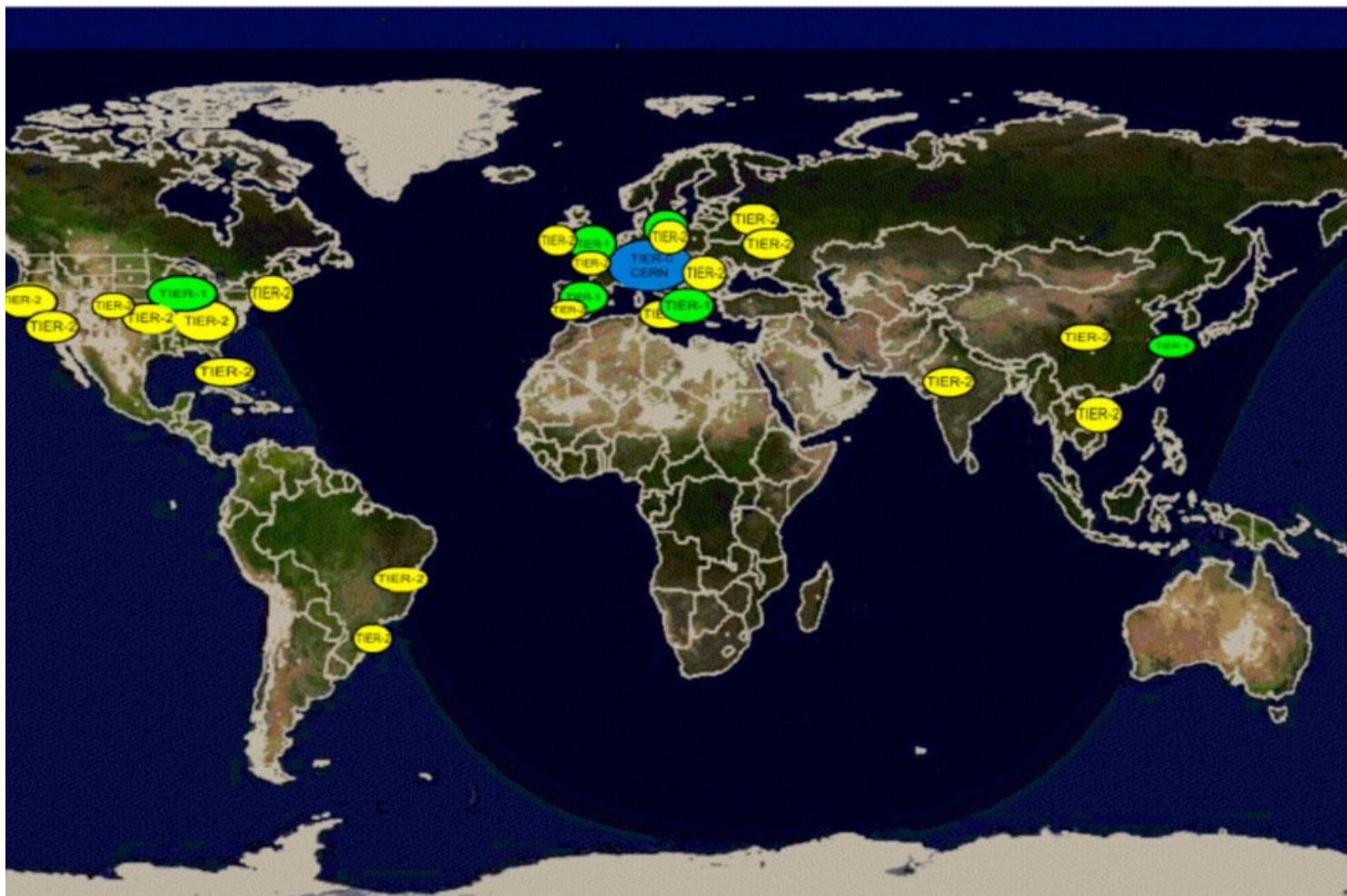


Tim Berners-Lee



2015.08.14

HTP2015, Fodor Zoltán: Bemutatkozik a CERN



CMS-tárhelyek:
Barcelona,
Bologna,
Chicago,
Karlsruhe, Lyon,
Oxford, Taipei

Tier-0 Budapestre költözött, 2013 június 13-án adták át (Wigner Adatközpont)

Évente közel 500 diák, akik hazaviszikaz itt szerzett tudásukat



És a tanárok, akik útjukra indítják őket...



- **Minden kutatási eredmény nyilvános**
- **Mindenhova be lehet menni, ahol nincs veszély és nem zavarjuk a dolgozókat**
- **Mindenütt szabad fényképezni**
- **Webkamerák figyelik az LHC és detektorai működését**





YEARS/ANS CERN

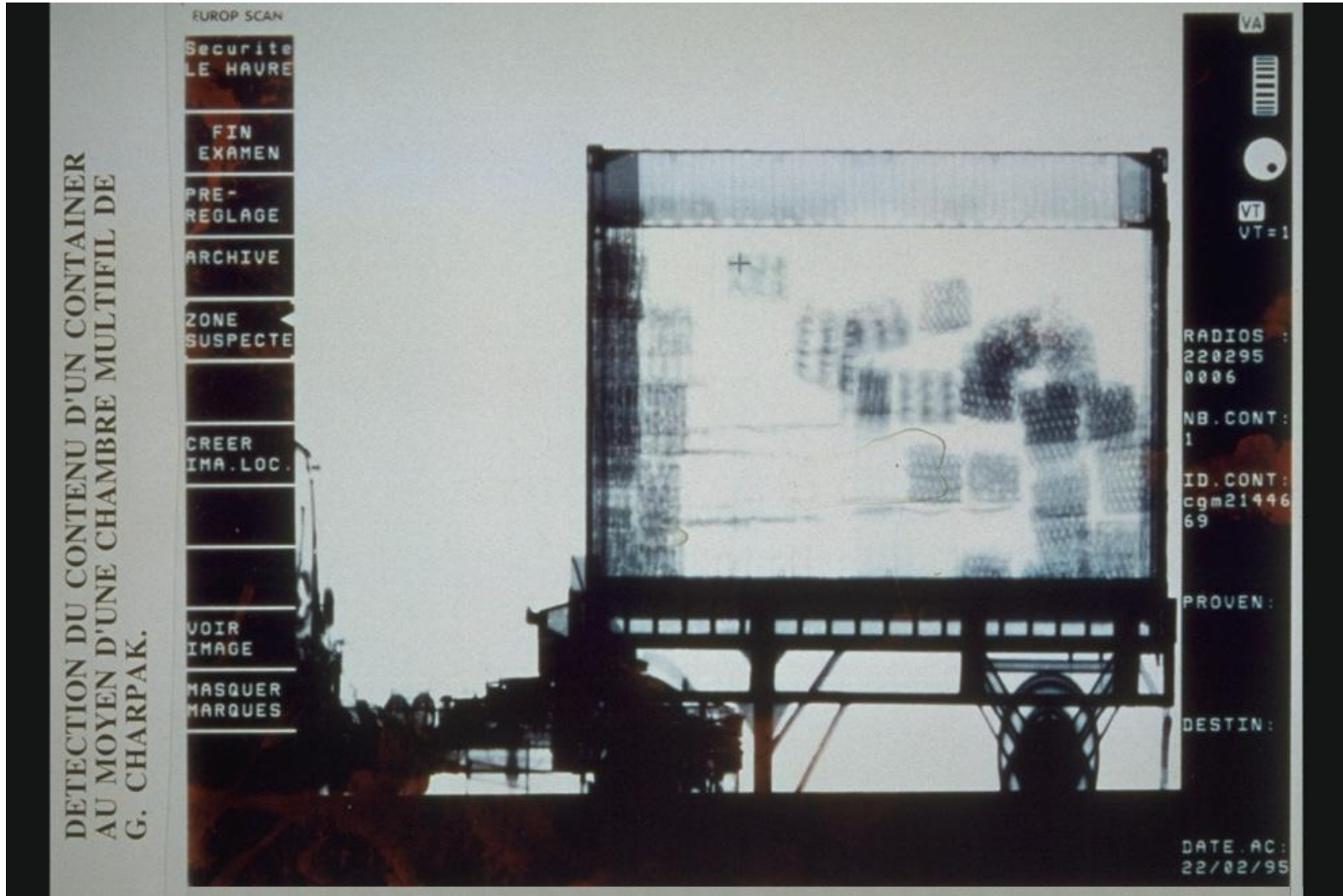
Technológiai alkalmazások



2015.08.14

HTP2015, Fodor Zoltán: Bemutatkozik a CERN

27



Mindenhol



twitter

You Tube

facebook®

Hogyan szerveződik egy kísérlet?

- Valaki(k)nek van egy ötlete, hogy egy érdekes fizikai kérdésre milyen mérésösszeállítás lenne ideális
- Lehet-e már meglévő berendezéssel, vagy annak módosításával megoldani
- Kezdetben kisebb csoport kidolgozza a terveket majd el kezdi toborozni a résztvevő intézeteket
- Ha összeállt egy ütőképesnek tűnő csoport, akkor elkészítenek egy mérési javaslatot, amit a CERN megfelelő tudományos bizottsága megvitat
 - Elbírálják a javasolt fizikai kérdés aktualitását,
 - az igényelt gyorsító idő szükségességét és az igényelt részecske nyaláb megvalósíthatóságát
 - A csoport által beígért anyagi fedezet realitását és annak rendelkezésre állását
- Elfogadás esetén szerződést kötnek a CERN-nel a résztvevő intézetek vezetői elfogadva az addigra már kidolgozott együttműködési szabályzatot, megnevezve a vezető kutatókat akik résztvesznek a kísérletben
- A kollaboráció tagjai megválasztják a kollaboráció vezetőit és bizottságainak tagjait

A kollaborációk felépítése



- Függ a kísérlet nagyságától, de azért általában hasonló
- A kísérletet a spokeperson képviseli, akit a kollaboráció választ meg a kollaborációs szerződésben meghatározott időre
- A fő döntéshozó testület a collaboration board, ahová a résztvevő intézetek delegálják az intézetet képviselő tagot.
- A Collaboration board létrehoz albizottságokat
 - Technikai, publikációs, szoftvare,
- M megbizsa az albizottságok vezetőit és a főbb tisztségviselőket
 - Detektor és run koordinátor, összekötő a CERN felé, biztonsági felelős,
- A kísérlet kiadásait /detektorok üzemeltetéséhez szükséges anyagok, elvégzett munkák, .../ az intézetek adják össze un. közös költség címén, amit a különböző együttműködések különféleképpen határoznak meg. A gyorsító használatért nem kell fizetni.
- A mérésekkor szükséges ügyeket általában az intézetek kísérletben lévők létszáma alapján osztják szét, amelynek költségét az intézetek fedezik.