

Részecskefizika – kísérleti bevezető

Siklér Ferenc

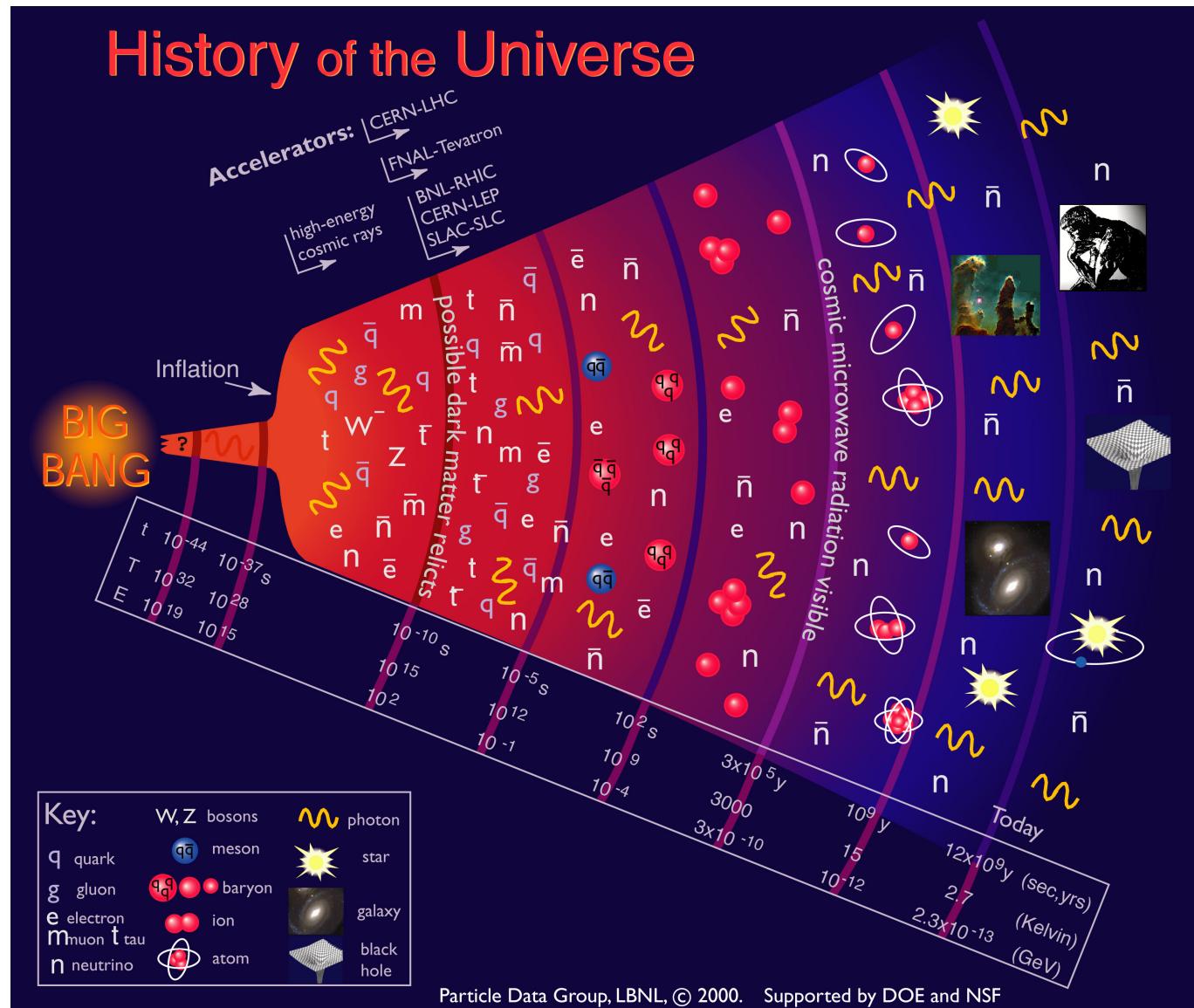
sikler@rmki.kfki.hu

*MTA KFKI Részecske- és Magfizikai Kutatóintézet
Budapest*



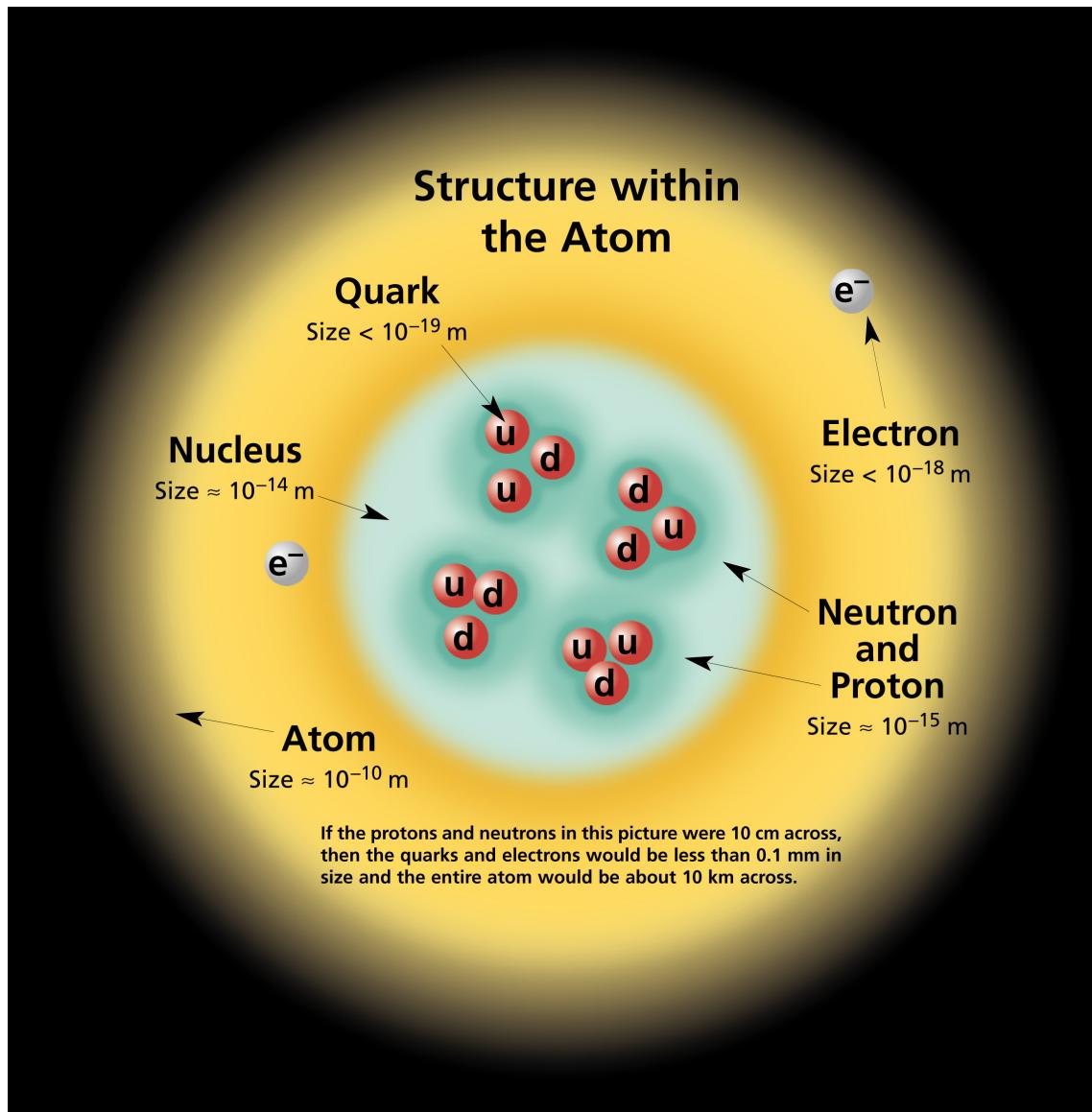
Mafihe Részecskefizikai Téli Iskola
Gyenesdiás, 2008. február 2-5.

Ősrobbanás – Nagy Bumm



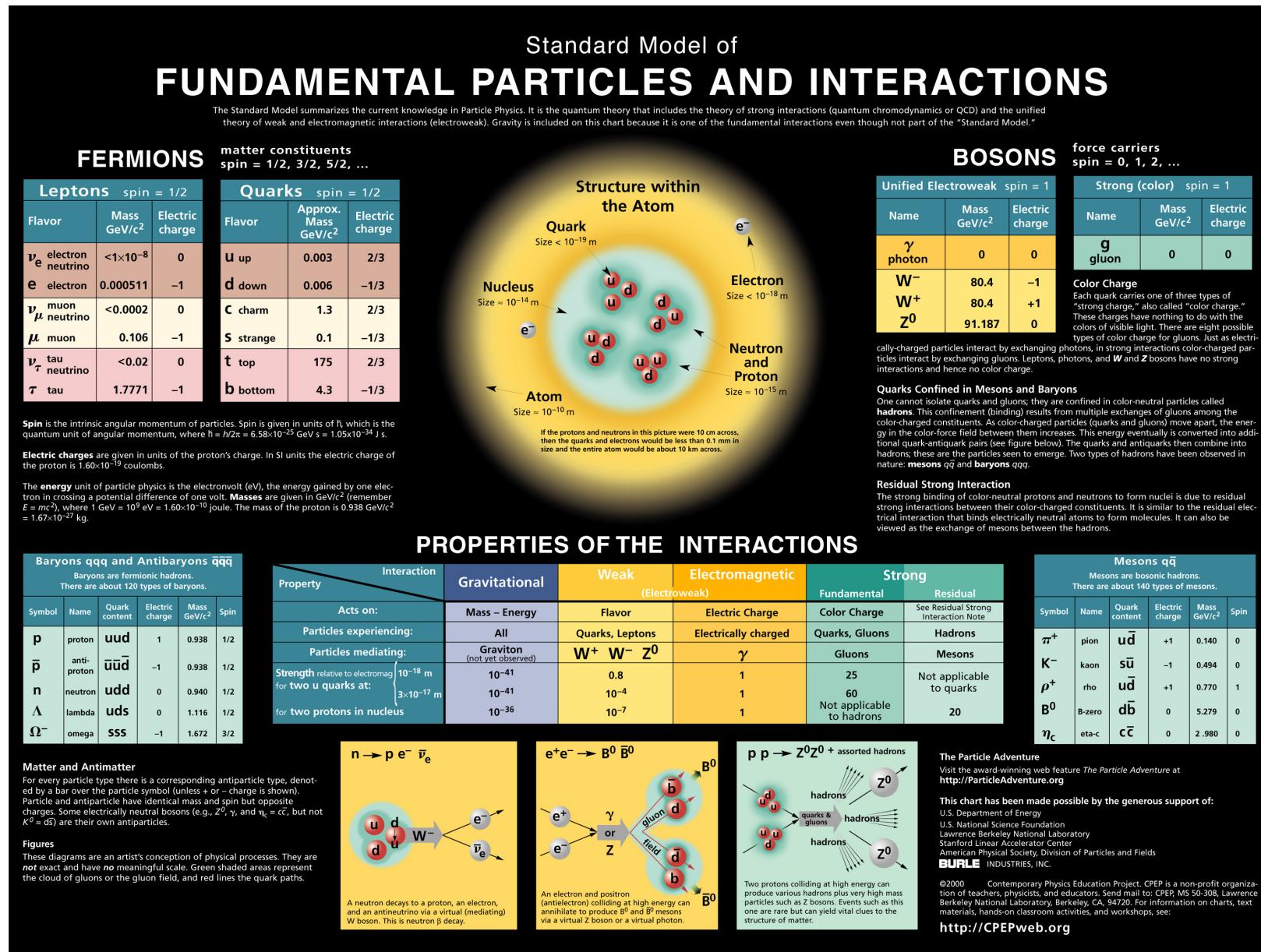
13 milliárd év – Miből áll a világ?

Atom



Elektronok az atommag körül, protonok és neutronok

Elemi részecskék és kölcsönhatások



Elemi részecskék és kölcsönhatások

FERMIIONS			matter constituents spin = 1/2, 3/2, 5/2, ...			BOSONS			force carriers spin = 0, 1, 2, ...		
Leptons spin = 1/2			Quarks spin = 1/2			Unified Electroweak spin = 1			Strong (color) spin = 1		
Flavor	Mass GeV/c ²	Electric charge	Flavor	Approx. Mass GeV/c ²	Electric charge	Name	Mass GeV/c ²	Electric charge	Name	Mass GeV/c ²	Electric charge
ν_e electron neutrino	$<1 \times 10^{-8}$	0	u up	0.003	2/3	γ photon	0	0	g gluon	0	0
e electron	0.000511	-1	d down	0.006	-1/3	W^-	80.4	-1			
ν_μ muon neutrino	<0.0002	0	c charm	1.3	2/3	W^+	80.4	+1			
μ muon	0.106	-1	s strange	0.1	-1/3	Z^0	91.187	0			
ν_τ tau neutrino	<0.02	0	t top	175	2/3						
τ tau	1.7771	-1	b bottom	4.3	-1/3						

PROPERTIES OF THE INTERACTIONS

Property	Interaction	Gravitational		Weak (Electroweak)	Electromagnetic	Strong	
		Fundamental	Residual				
Acts on:	Mass – Energy	Flavor	Electric Charge	Color Charge	See Residual Strong Interaction Note		
Particles experiencing:	All	Quarks, Leptons	Electrically charged	Quarks, Gluons	Hadrons		
Particles mediating:	Graviton (not yet observed)	W^+ W^- Z^0	γ	Gluons	Mesons		
Strength relative to electromag for two u quarks at: for two protons in nucleus	10^{-18} m $3 \times 10^{-17} \text{ m}$	10^{-41} 10^{-41} 10^{-36}	0.8 10^{-4} 10^{-7}	1 1 1	25 60 Not applicable to hadrons	Not applicable to quarks	20

Leptonok, neutrínók, kvarkok

Foton, W és Z bozonok

Anyagi részecskék

Mesons $q\bar{q}$

Mesons are bosonic hadrons.

There are about 140 types of mesons.

Symbol	Name	Quark content	Electric charge	Mass GeV/c ²	Spin
π^+	pion	$u\bar{d}$	+1	0.140	0
K^-	kaon	$s\bar{u}$	-1	0.494	0
ρ^+	rho	$u\bar{d}$	+1	0.770	1
B^0	B-zero	$d\bar{b}$	0	5.279	0
η_c	eta-c	$c\bar{c}$	0	2.980	0

Baryons qqq and Antibaryons $\bar{q}\bar{q}\bar{q}$

Baryons are fermionic hadrons.

There are about 120 types of baryons.

Symbol	Name	Quark content	Electric charge	Mass GeV/c ²	Spin
p	proton	uud	1	0.938	1/2
\bar{p}	anti-proton	$\bar{u}\bar{u}\bar{d}$	-1	0.938	1/2
n	neutron	udd	0	0.940	1/2
Λ	lambda	uds	0	1.116	1/2
Ω^-	omega	sss	-1	1.672	3/2

$$\text{Proton} = u \ u \ d, \text{neutron} = u \ d \ d$$

Csak a 3 kvarkból vagy egy kvark-antikvark párból álló részecskék kötöttek
Antianyag?

Hogyan vizsgáljuk őket? $E = mc^2$, azaz energiából tömeg lesz \Rightarrow gyorsítás

CERN: Európai Részecskefizikai Laboratórium

Sur le terrain du futur institut nucléaire



Sous la conduite de M. A. Picot, les membres du Conseil européen pour la recherche nucléaire se sont rendus hier à Meyrin pour reconnaître le terrain où s'élèvera le Centre nucléaire (voir en Dernière heure)

(Photo Freddy Bertrand, Genève)

La Suisse du 30 octobre 1953



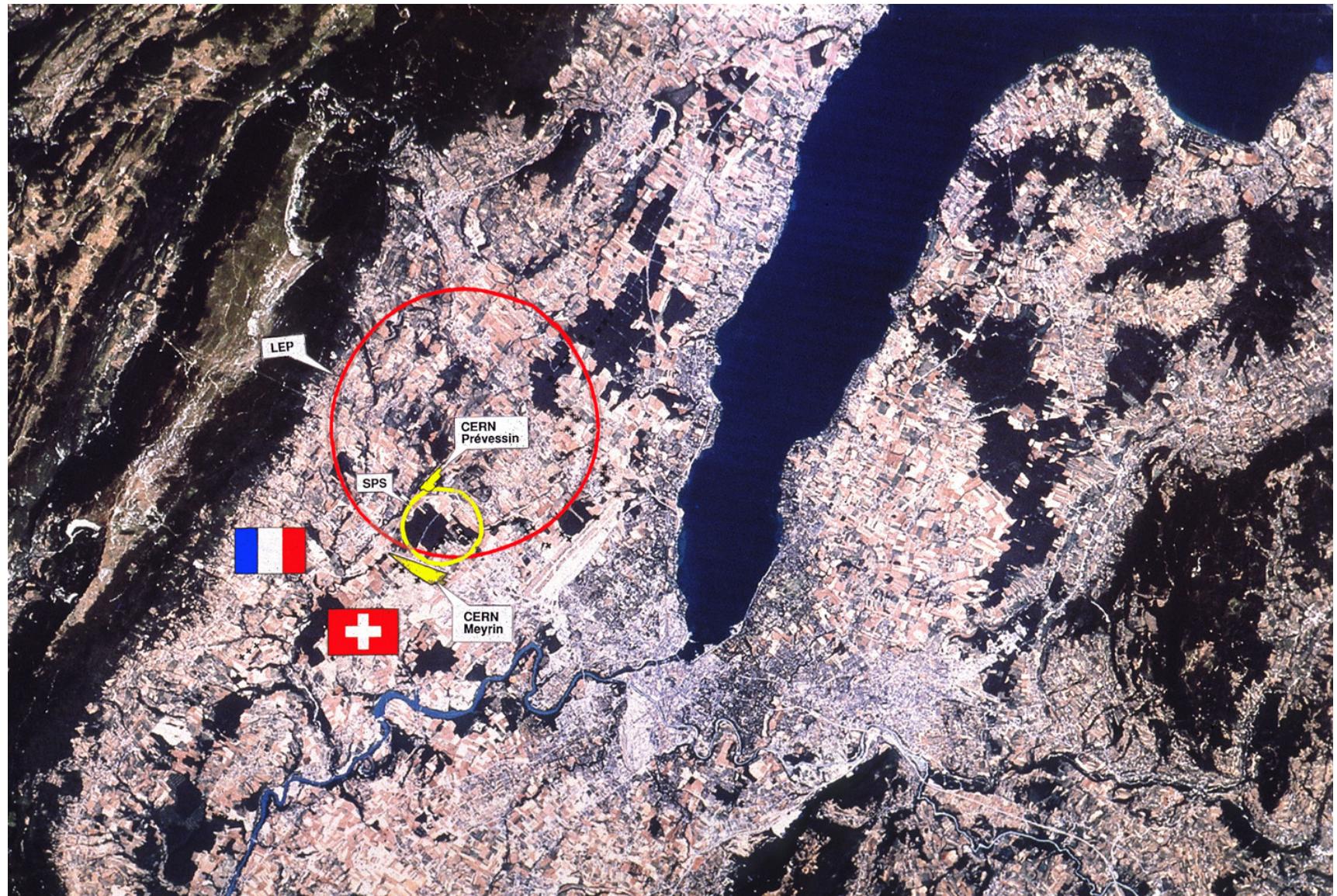
Centre Europeenne pour la Recherche Nucleaire

1954: 25-30 GeV proton synchrotron építése

7000 kutató, 500 egyetem/intézet, 80 nemzet

Ma a világ részecskefizikájának központja

CERN – az ūrből



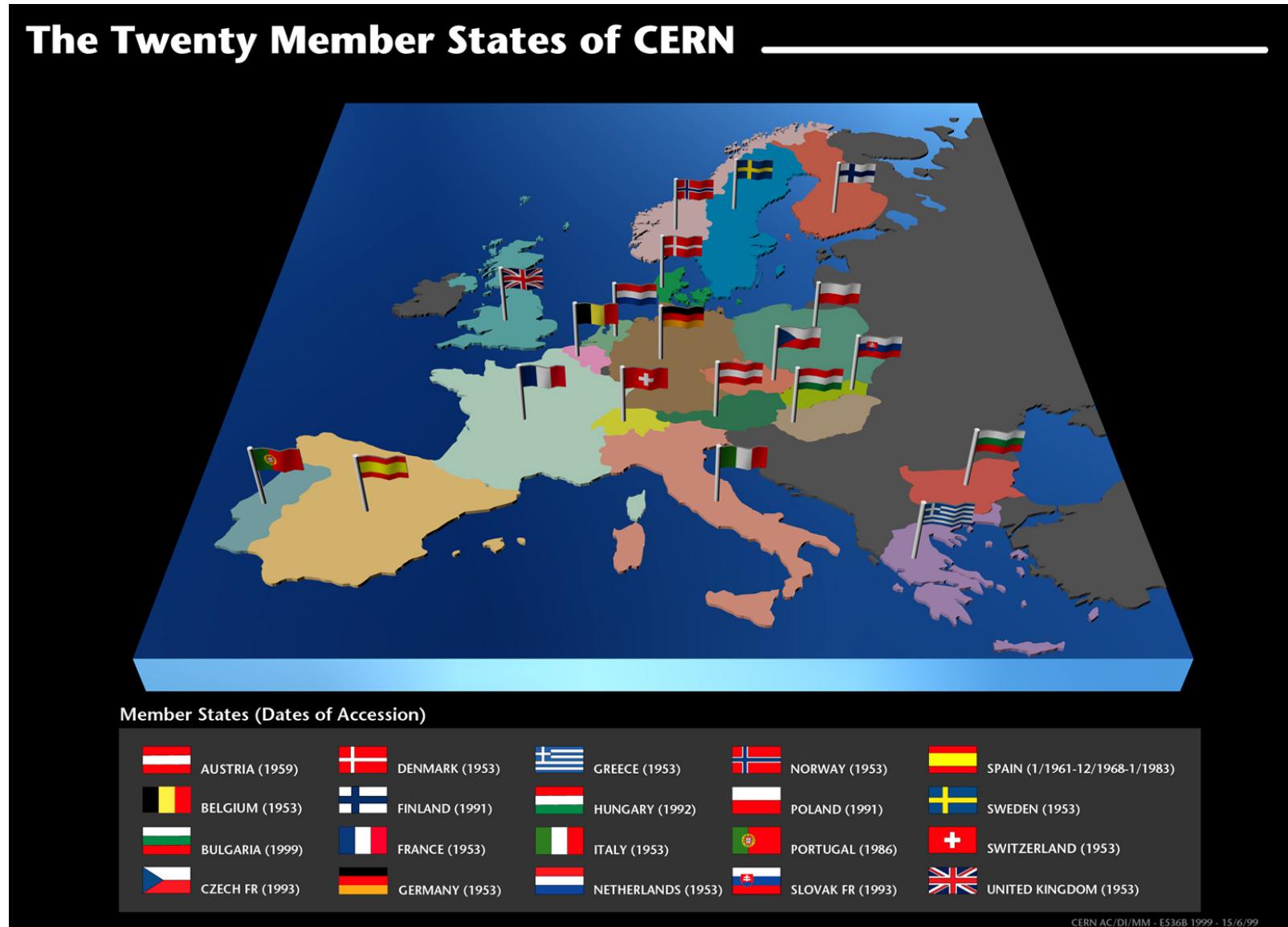
Genf mellett, a svájci-francia határon

CERN – Meyrin



A laboratórium épületei madártávlatból

A CERN 20 tagállama



Magyarország 1992 óta tag

CERN Nobel-díjasok



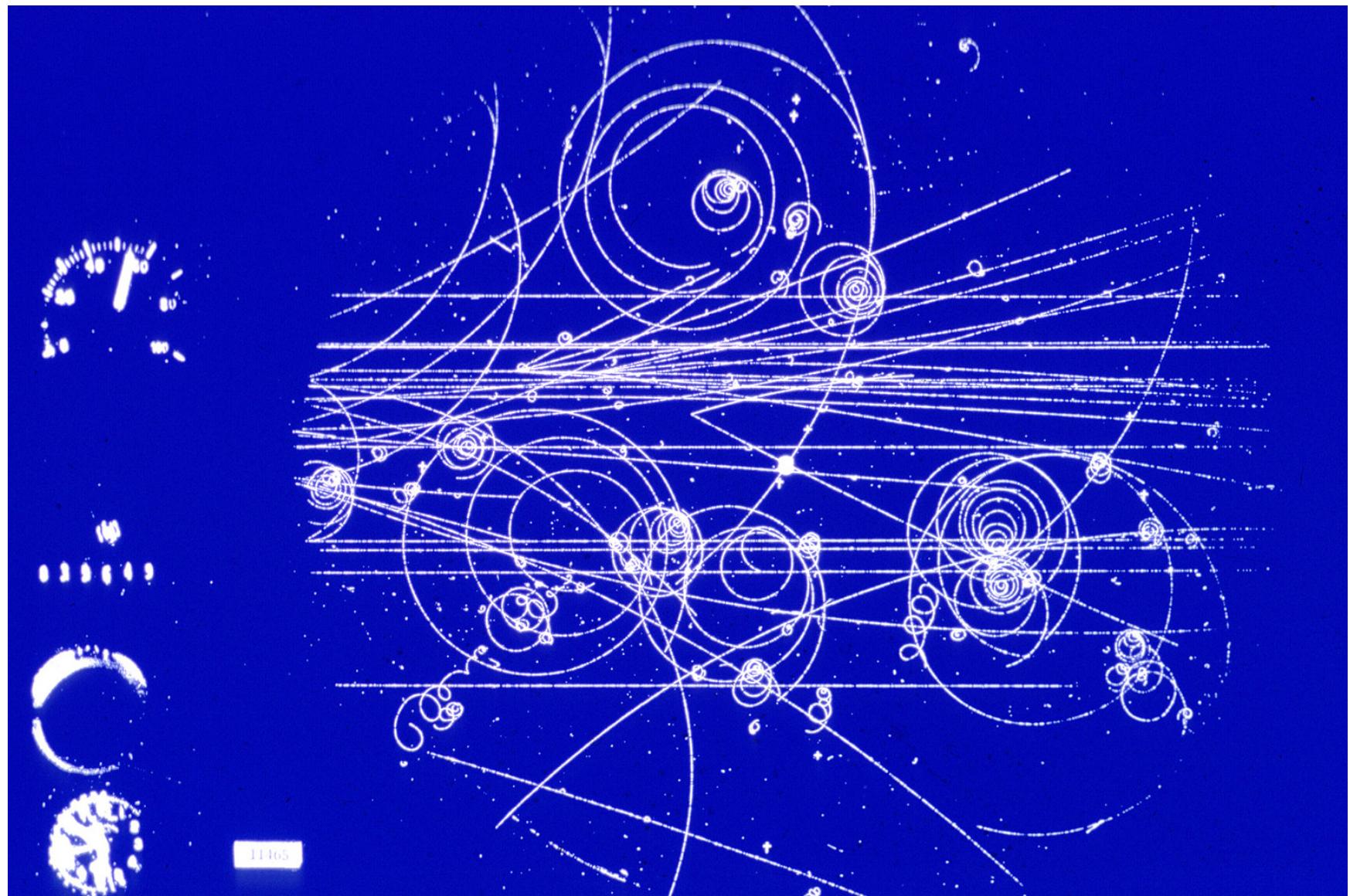
Carlo Rubbia és Simon van der Meer

a W és Z részecskék felfedezése, 1984

Georges Charpak

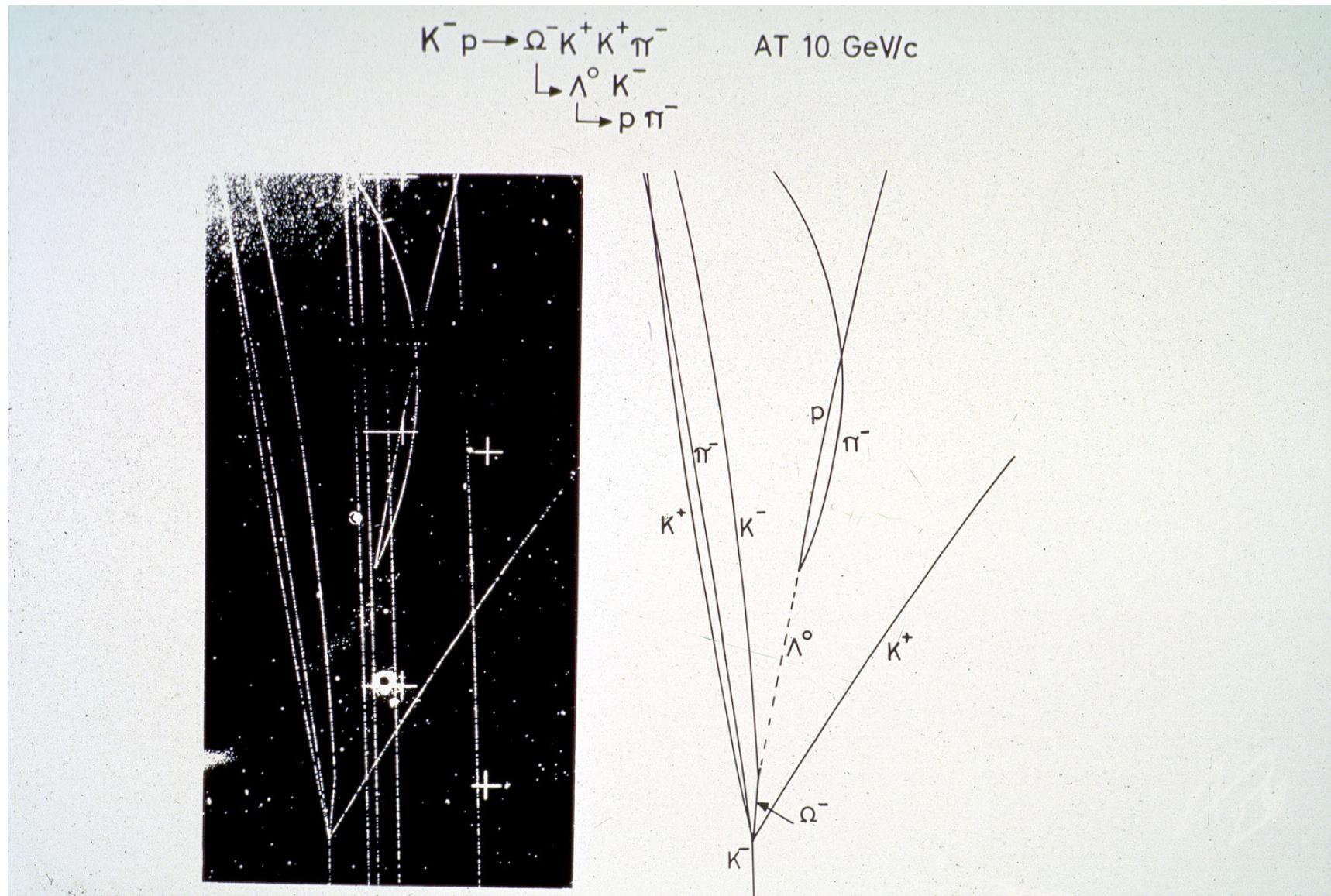
a sokszálas proporcionális kamra kifejlesztése, 1992

Detektorok - 1970



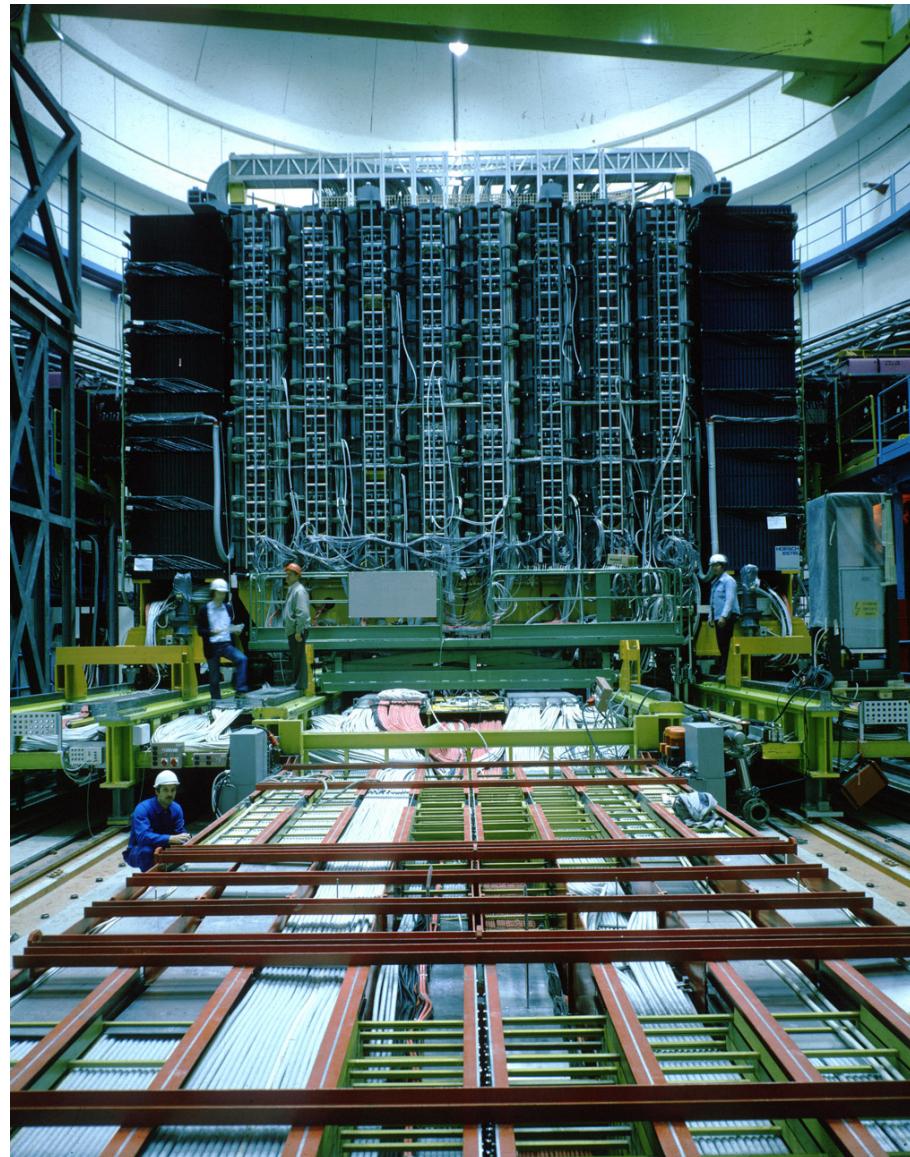
16 GeV π^- nyaláb, folyékony hidrogén buborékkamra

Detektorok - 1973



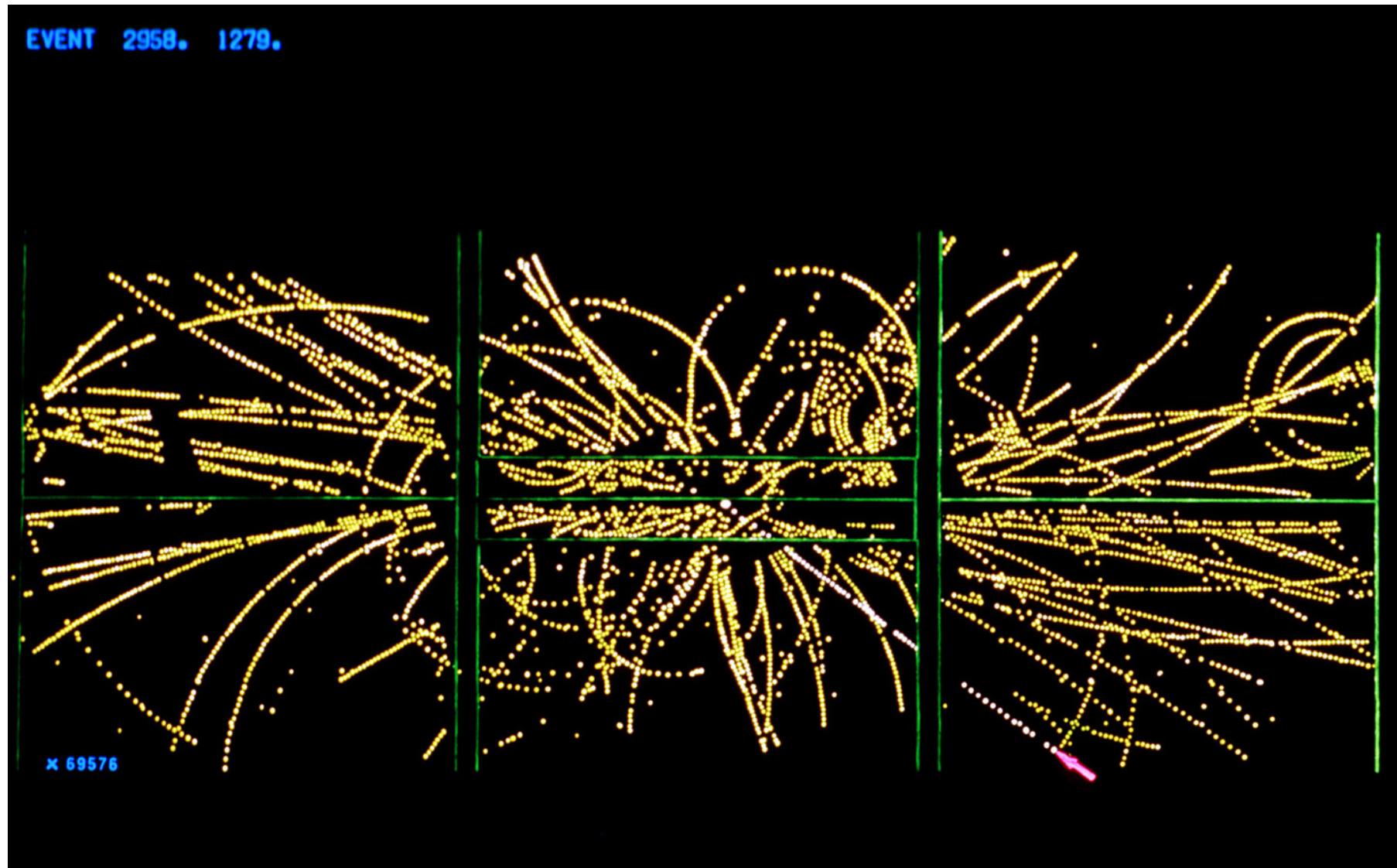
Az Ω^- részecske keltése és bomlása, buborékkamra

Detektorok - 1982



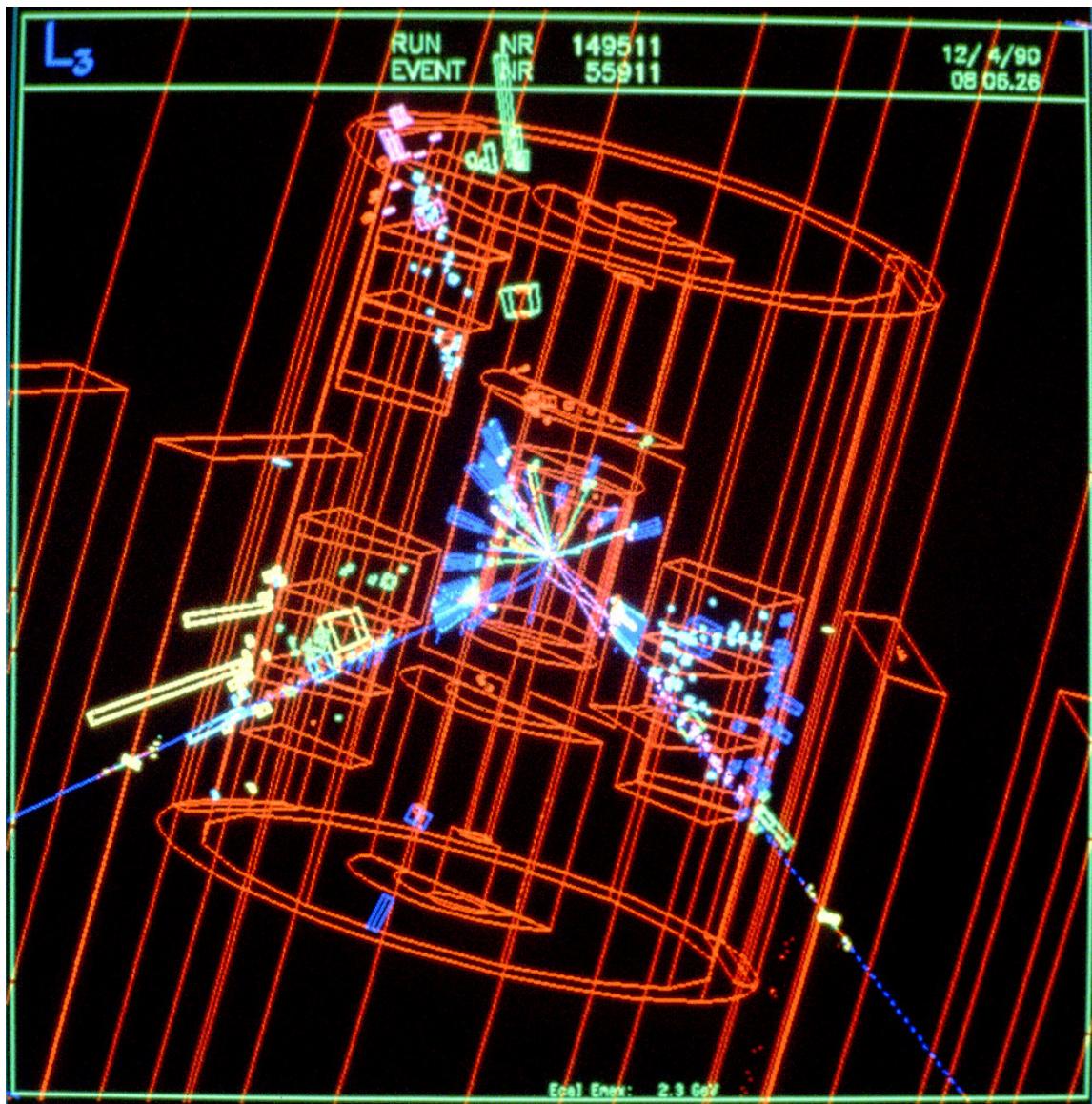
Az UA1 kísérlet összeszerelés közben

Detektorok - 1982



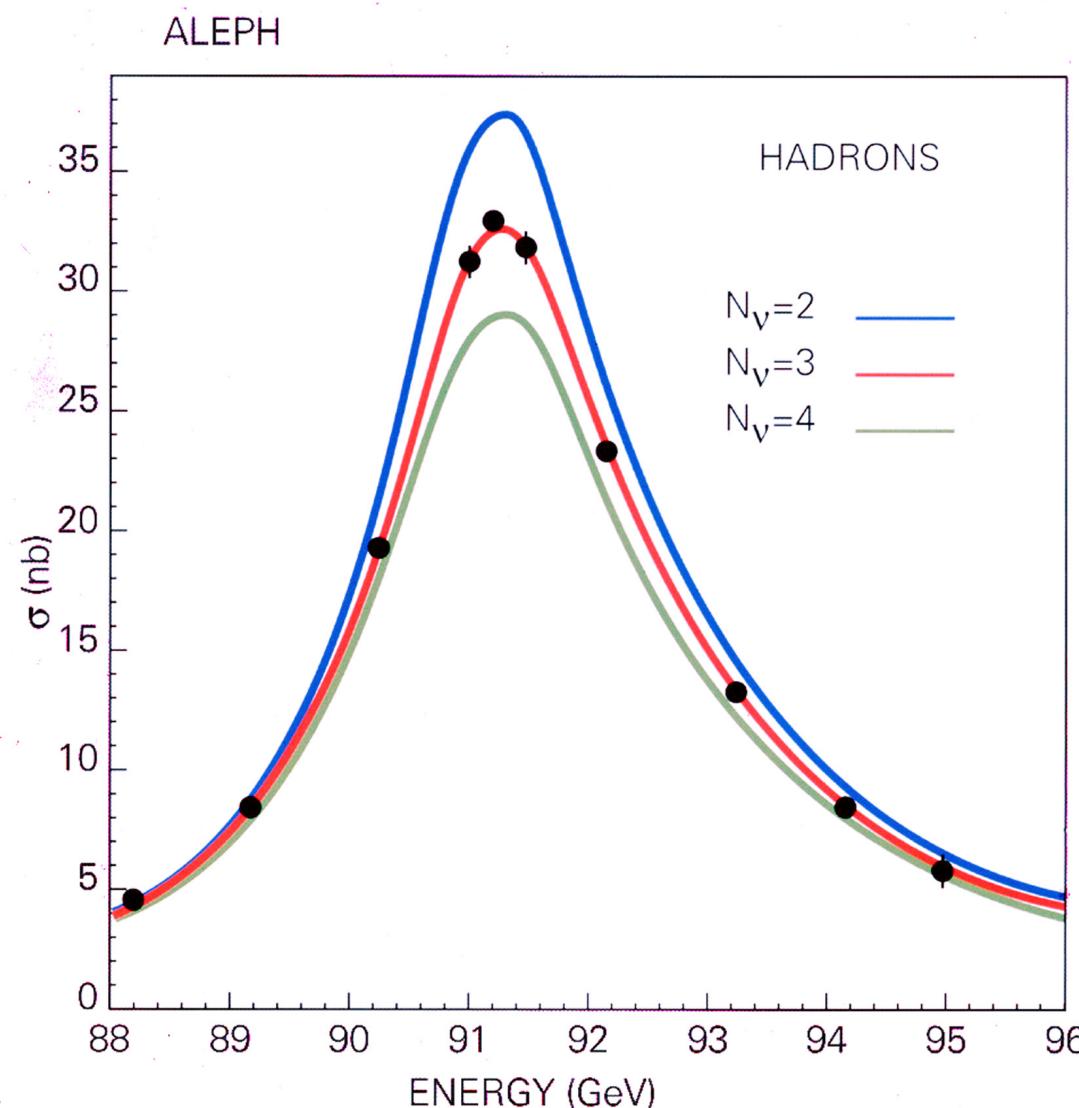
Nagyenergiájú elektron, a másik oldalon egy neutrínó: $W \rightarrow e^- \bar{\nu}$
A W részecske felfedezése az UA1 detektorban, $p + \bar{p}$ ütközésben

Detektorok - 1990



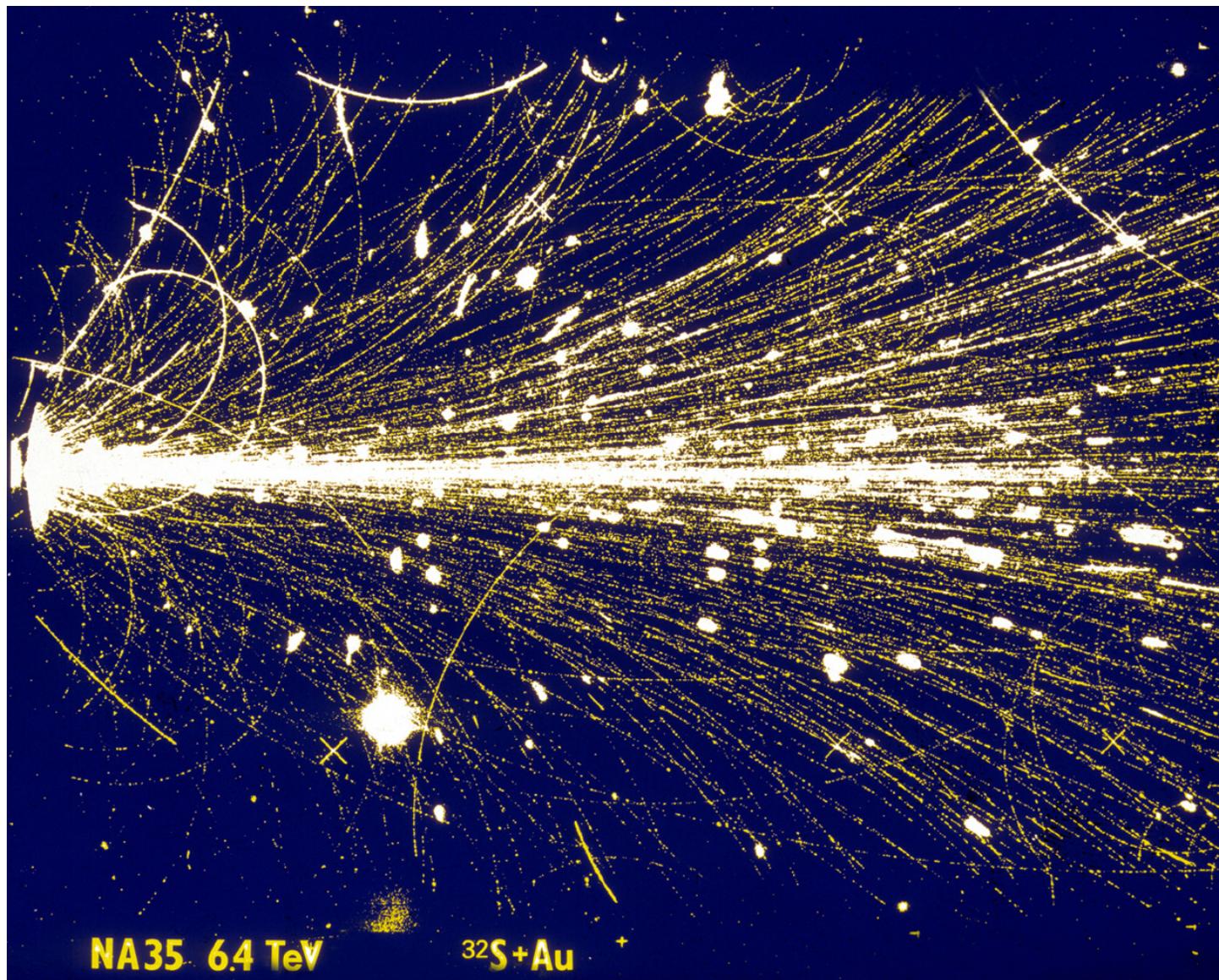
Z^0 részecske bomlása az L3 detektorban, $e^+ + e^-$ ütközésben, 3 jet

Detektorok - LEP



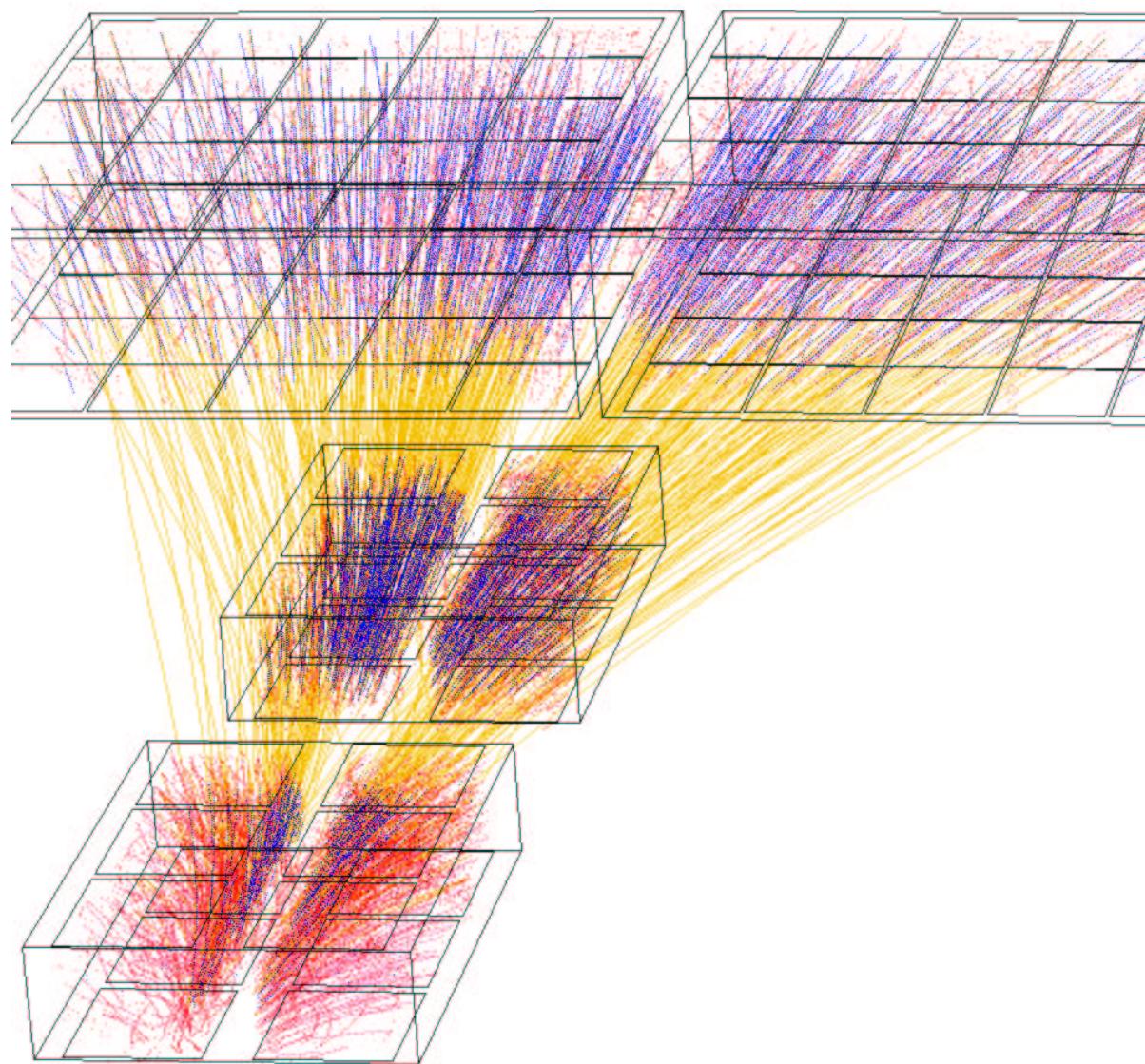
$Z^0 \rightarrow \nu\bar{\nu}$, 3 részecskecsalád bizonyítéka

Detektorok - 1991



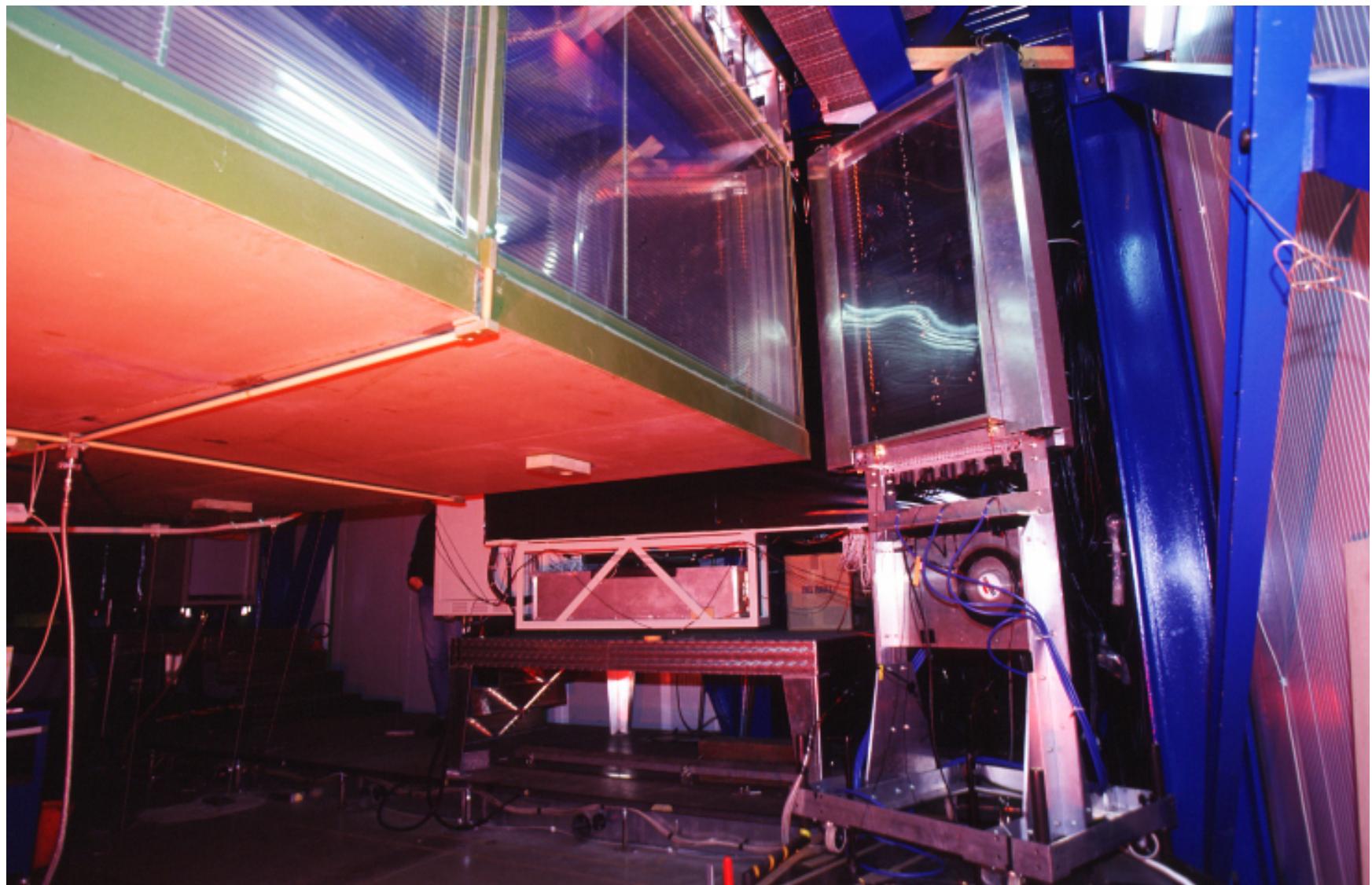
6400 GeV energiájú kénmagok arany céltárgyon, szikrakamra

Detektorok - 1995



Ólommagok ütközése az NA49 kísérletben, gáztöltésű kamra (TPC)

NA49 kísérlet – belül



CERN-EX-0003044

Main TPC és a jobb oldali repülésiidő-spektrométer

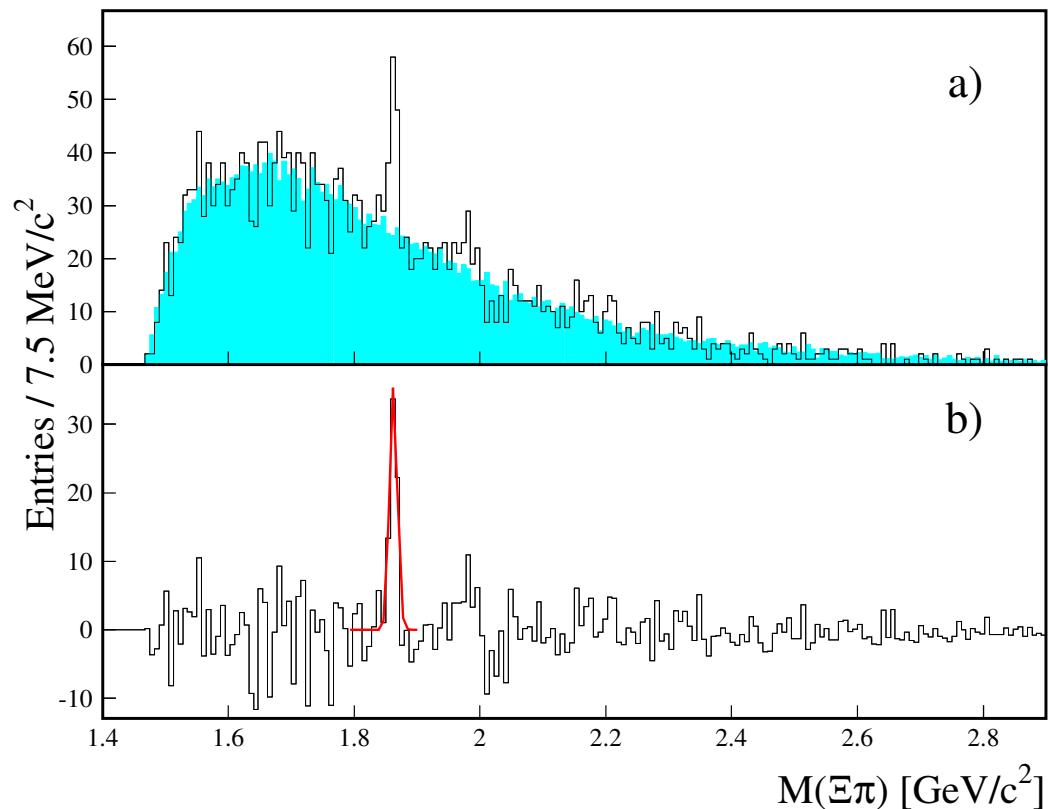
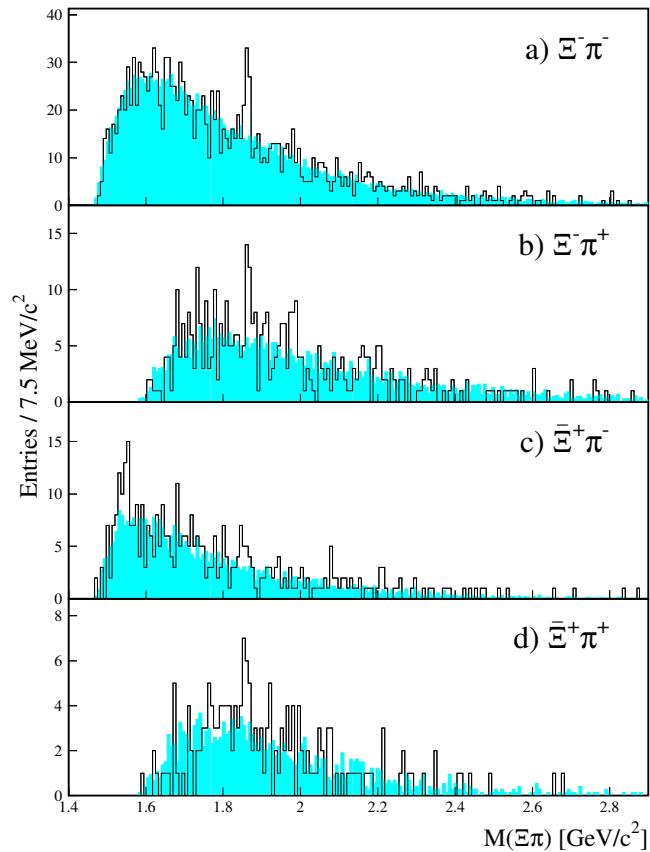
NA49 kísérlet – mérőszoba



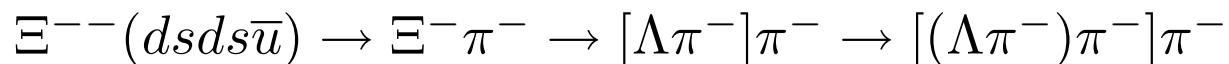
CERN-EX-0003043

Detektorépítés – mérőszoftver – kiértékelés

NA49 kísérlet – Pentakvarkok

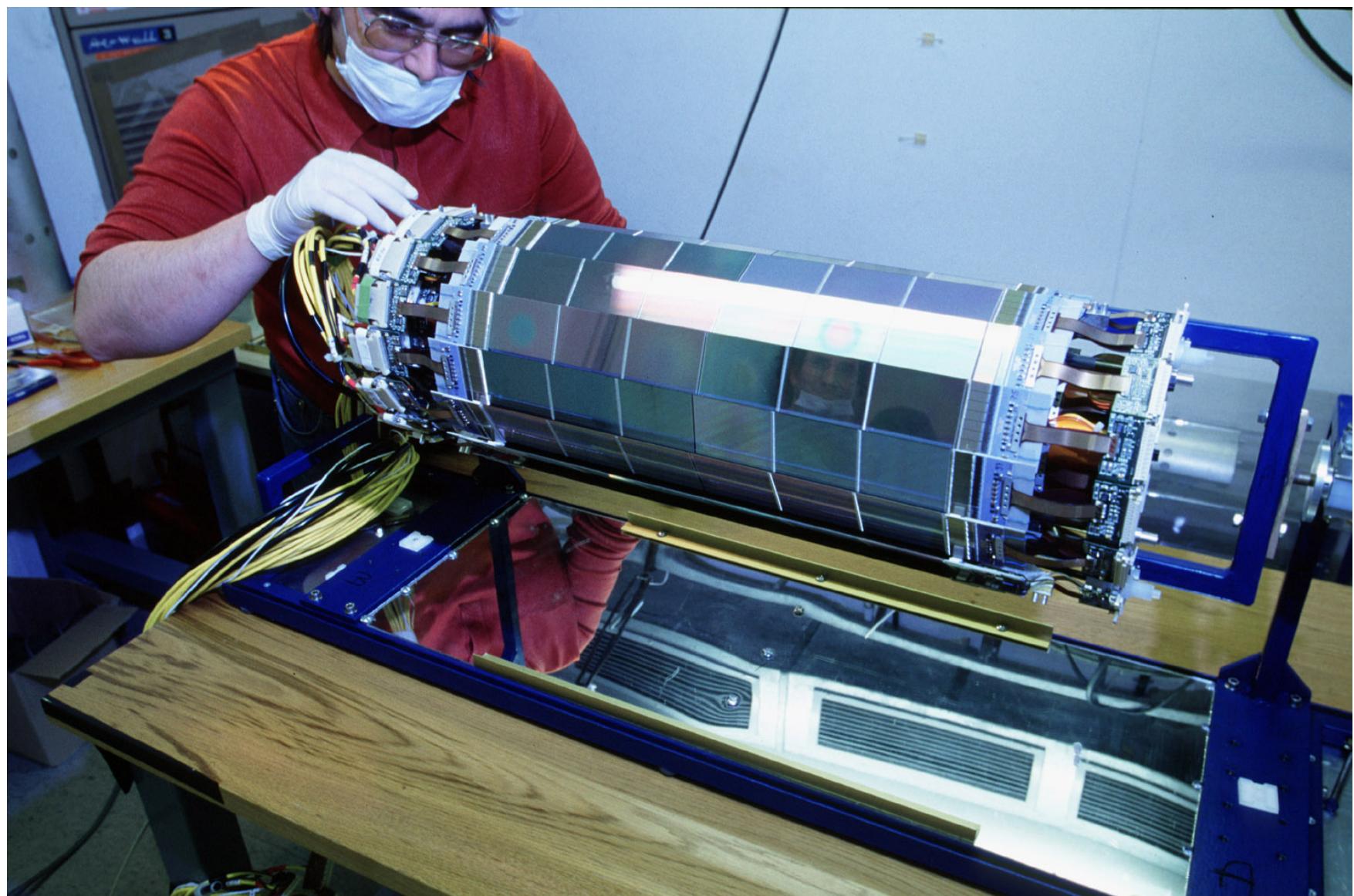


Éles csúcs 1862 MeV/c^2 -nél



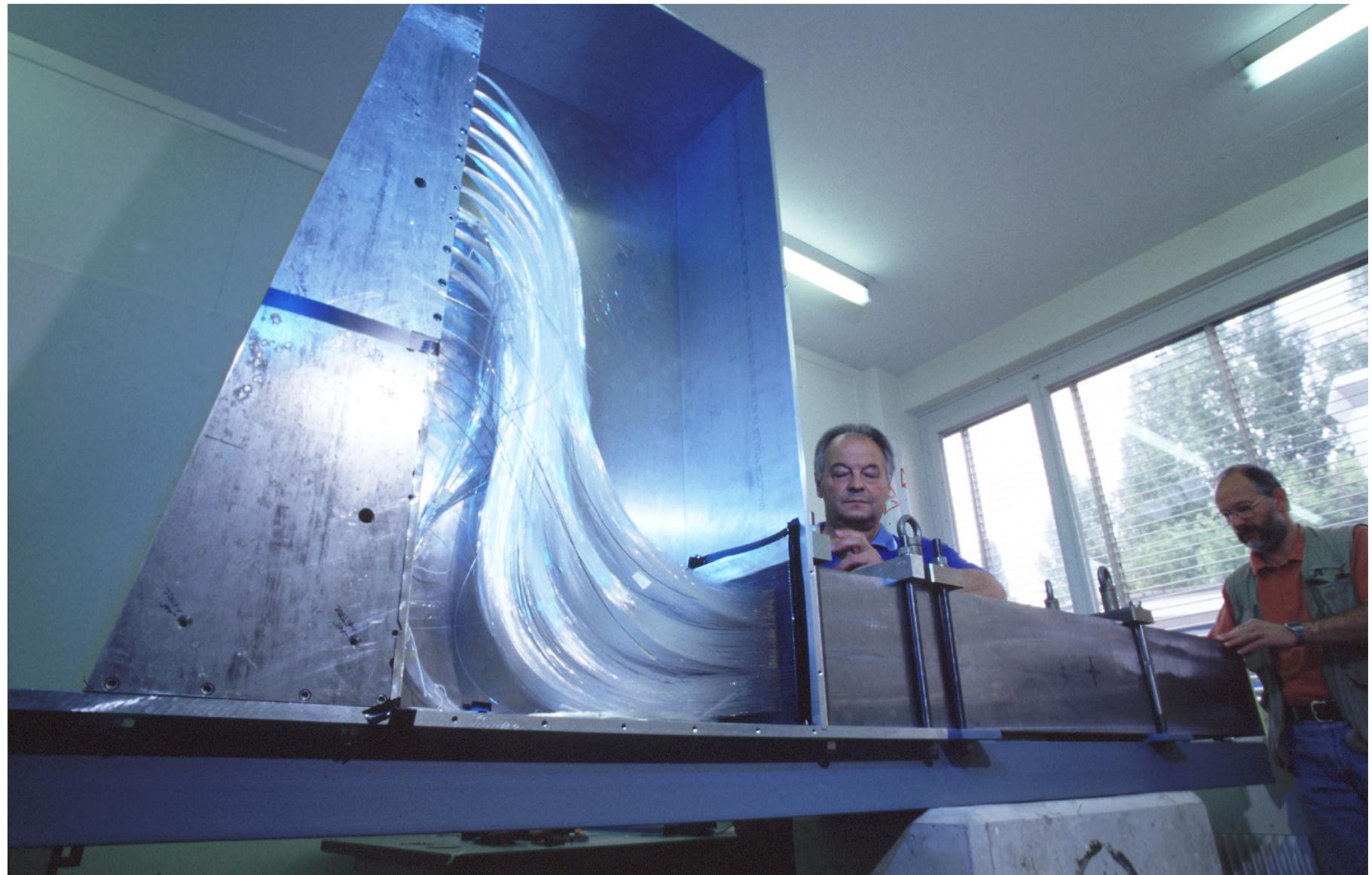
Öt kvark kötött állapota? Stabilnak tűnik

Technológia – detektorok



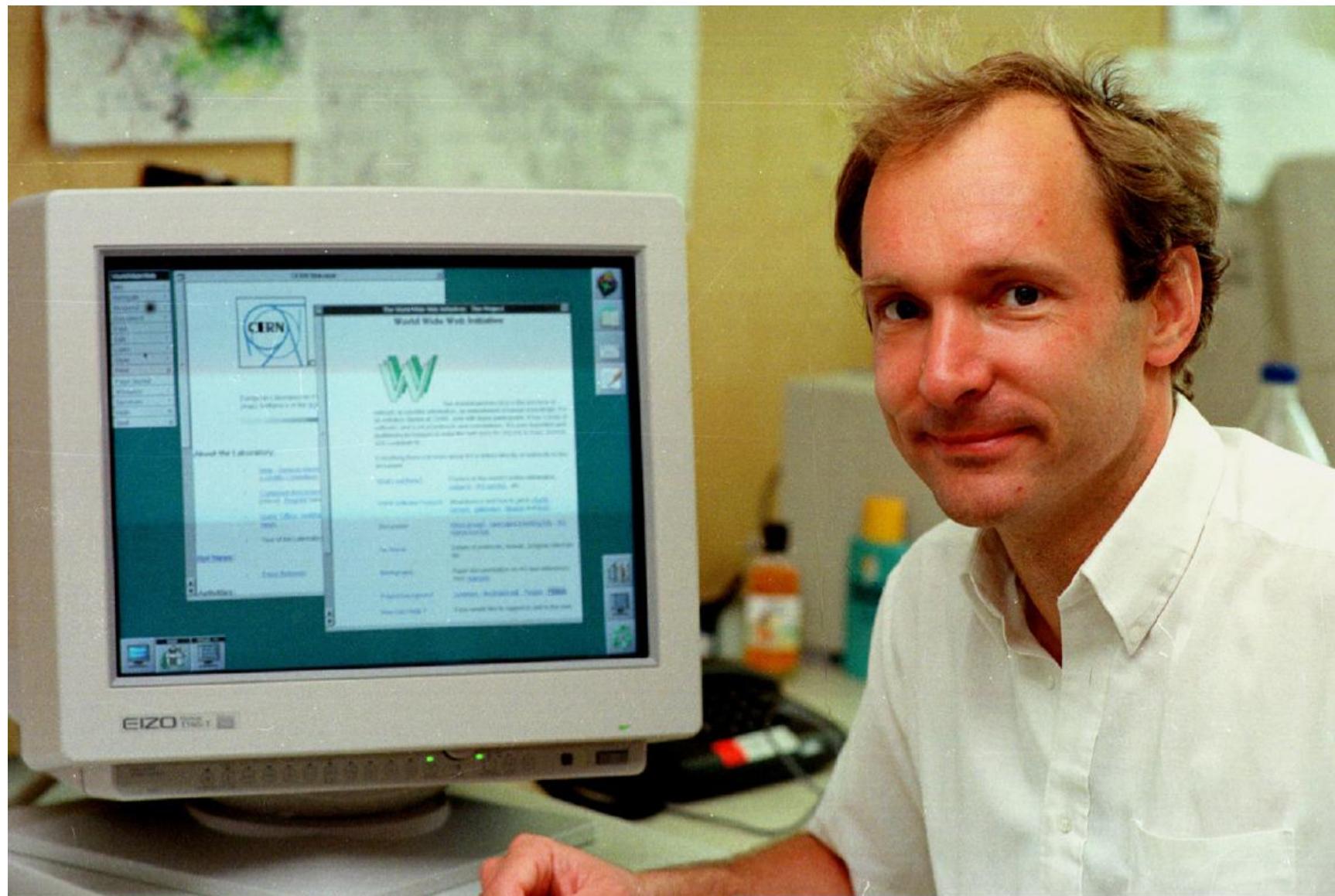
Az Aleph kísérlet "silicon microstrip" vertex detektora

Technológia – detektorok



A CMS kísérlet Forward Hadron kalorimétere, vas abszorber + kvarcszálak

Technológia – világháló



World-Wide Web – Tim Berners-Lee, 1989-1994 között

Számítástechnika



Petabyte = 10^{15}
Linux-os PC farm, több ezer gép \Rightarrow Grid

CERN – a közeljövő

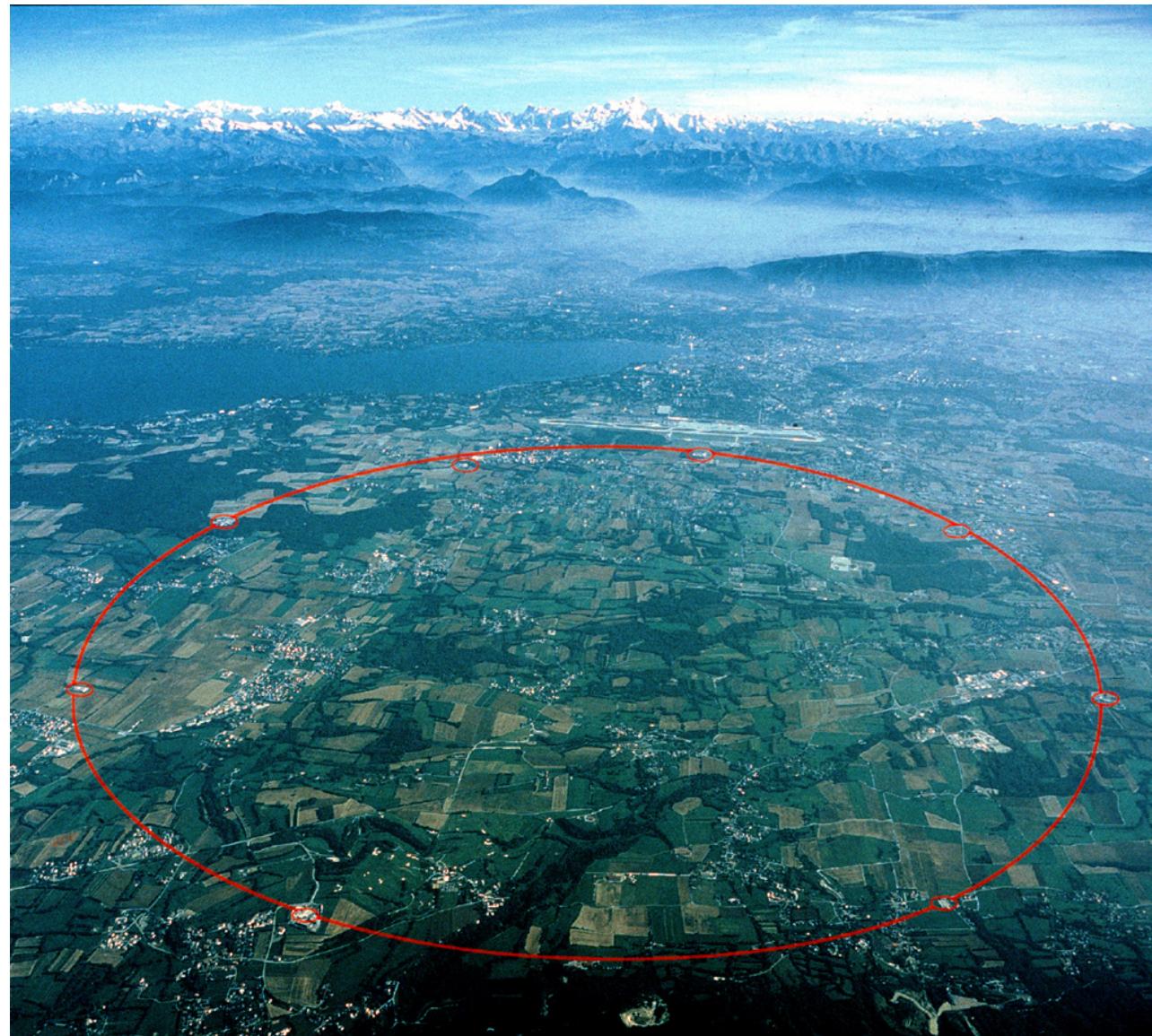
A hiányzó láncszem: Higgs-részecske

Újabb elemi részecskék: szuperszimmetria – sötét anyag?

A kvarkok kiszabadítása: kvark-gluon plazma?

Anyag - antianyag: mitől más?

A részecskefizika továbbra is nyitott tudomány
Az elméleteket csak a kísérleti eredmények igazolhatják



A LEP - LHC alagútja, Genfi-tó, Alpok, Mont Blanc