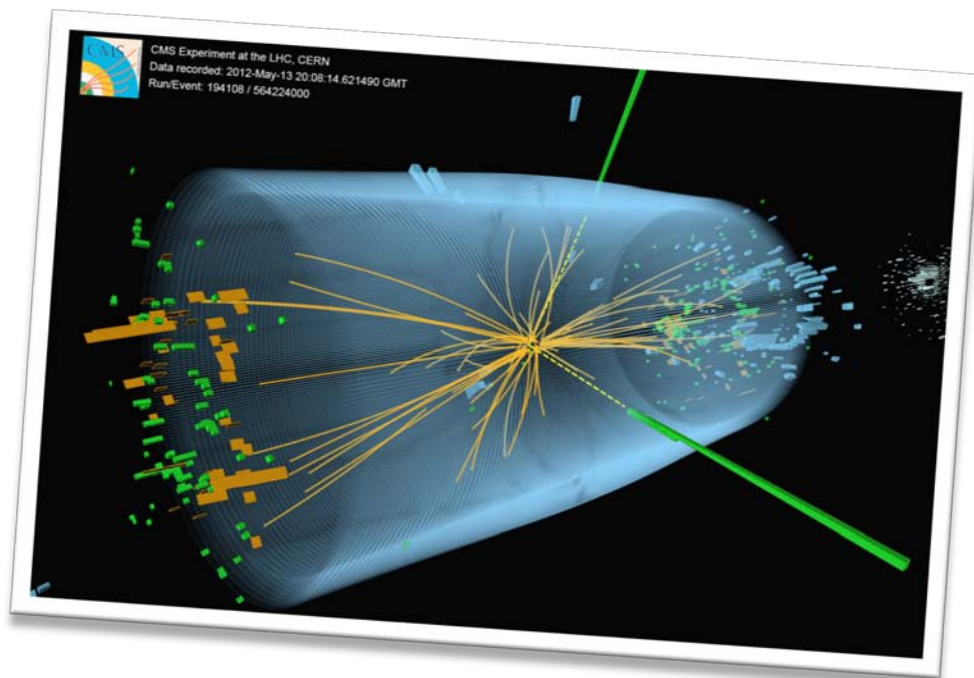


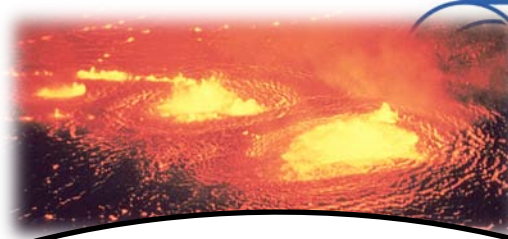


L'affascinante mondo delle particelle elementari: alle frontiere di una nuova fisica

Marcello Abbrescia
Università/INFN Bari (Italia)

Seminario
Orientamento consapevole
15 febbraio 2022





**DI COSA
SIAMO FATTI...?**



cc Wikimedia Commons

MR. WILLIAM
SHAKESPEARES
COMEDIES,
HISTORIES, &
TRAGEDIES.

Published according to the True Originall Copies.



LONDON
Printed by Isaac Iaggard, and Ed. Blount. 1623.

Noi siamo fatti
della stessa
materia dei sogni

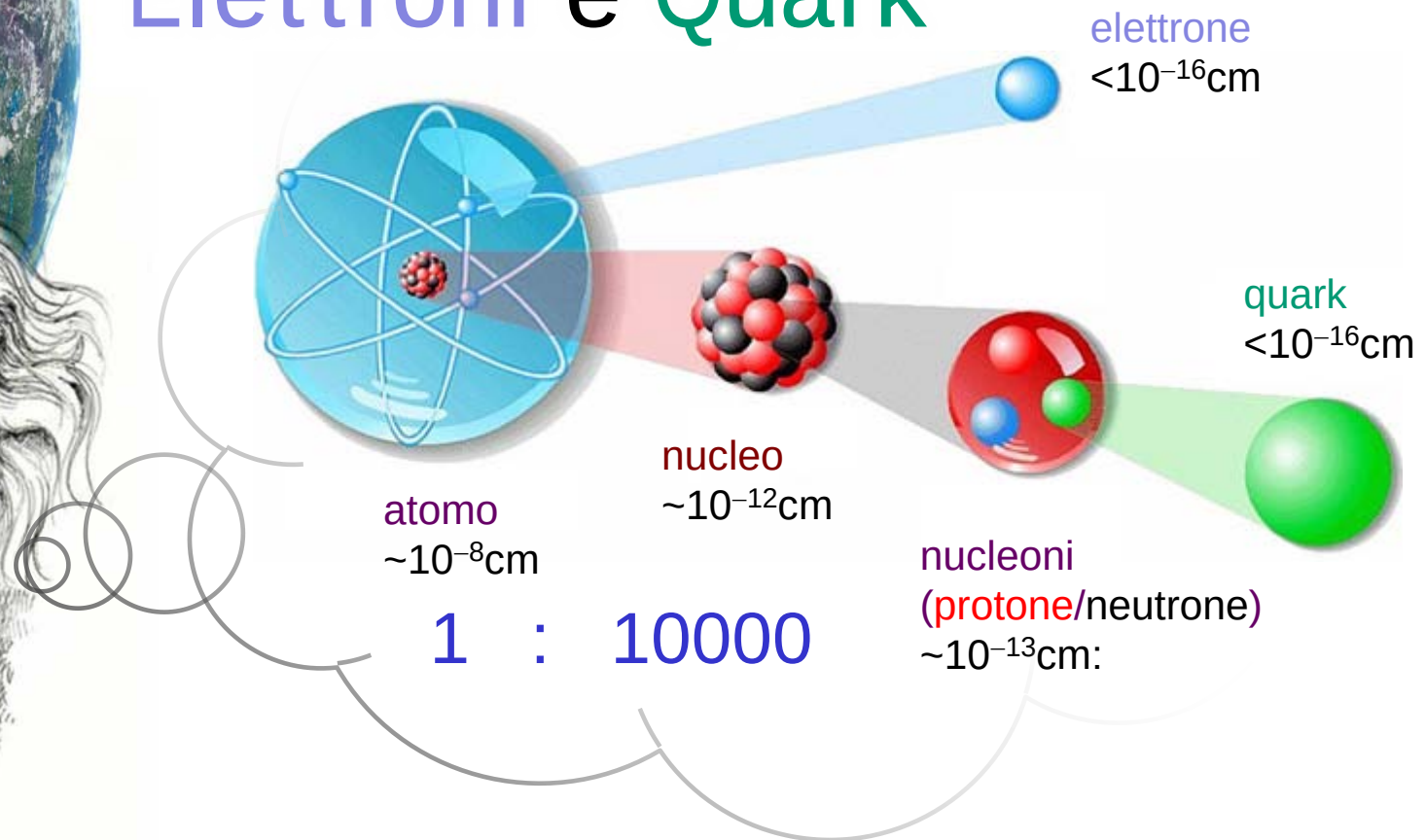




Forse siamo
fatti di atomi?

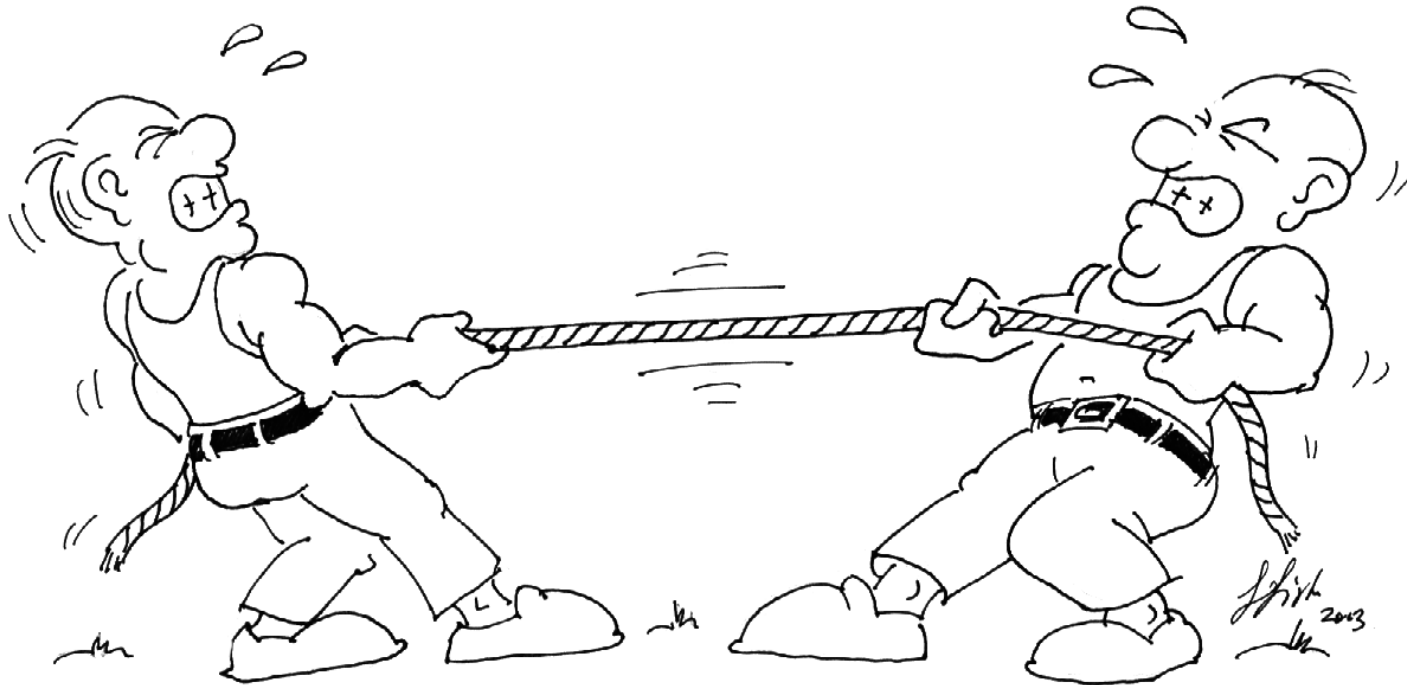
- Lo spazio occupato dalla materia è **soprattutto vuoto**
- Tutta la materia ordinaria che conosciamo è fatta da due tipi di **particelle elementari**:

Elettroni e Quark



Forze e interazioni

- La materia, così come le particelle, interagisce attraverso le **forze**.
- Applicando una forza a un oggetto (o anche una persona...!) cambia il modo in cui si sta muovendo.



Forze e campi

- Le interazioni possono agire a distanza grazie a **campi** di forza.
 - Il **campo gravitazionale** generato dal **Sole** determina il moto dei **pianeti**.



- Il **campo elettromagnetico** permette comunicazioni a grandi distanze con la trasmissione di **onde**.

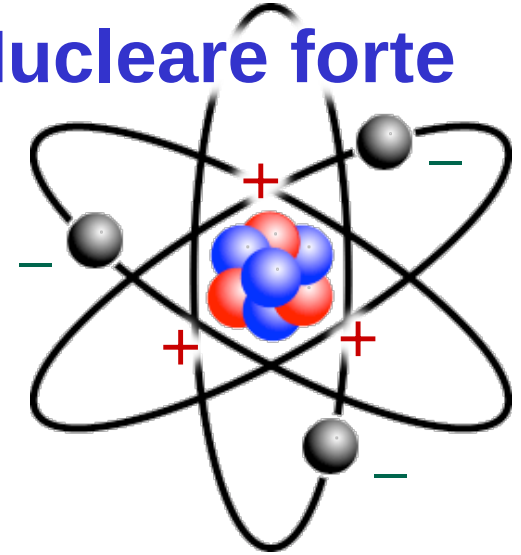


Quattro tipi di forze

Gravitazionale



Nucleare forte



Elettromagnetica

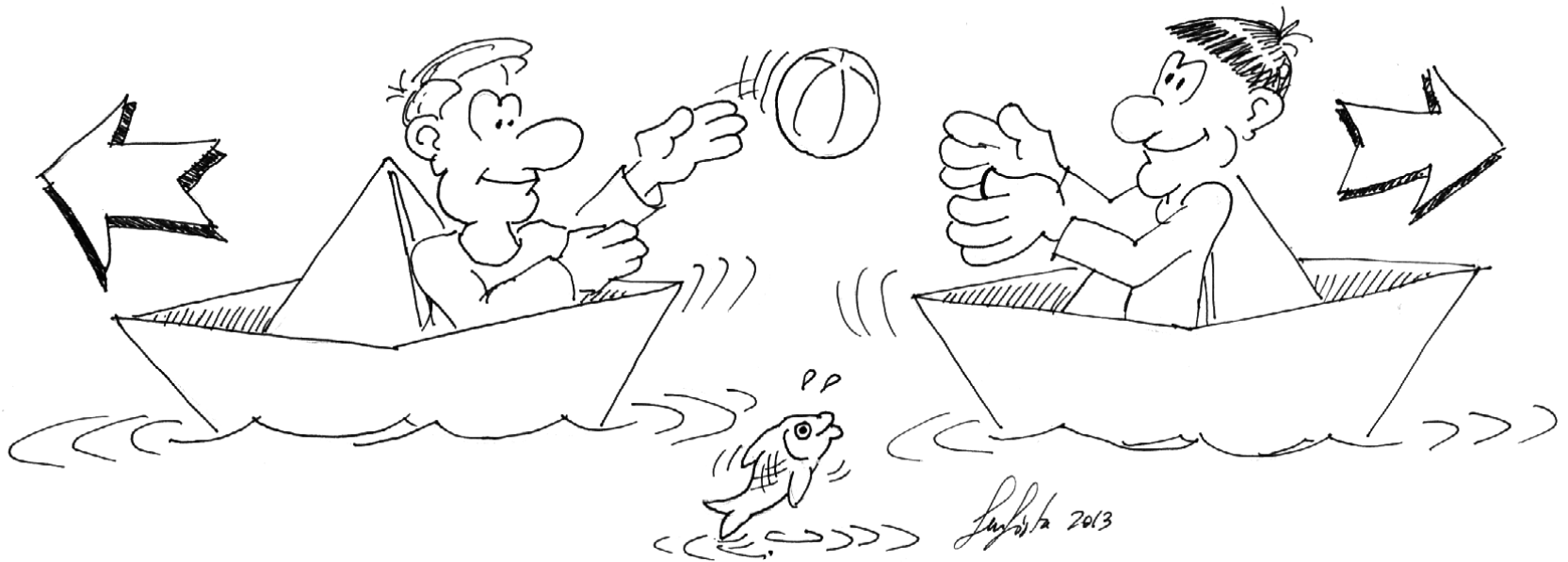


Nucleare debole



Forze come scambio di particelle

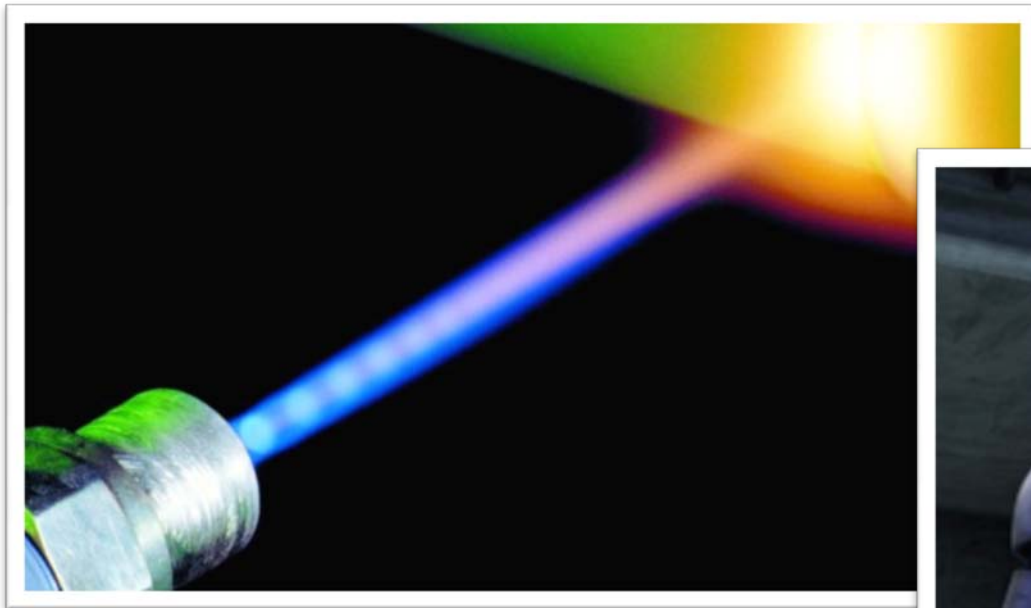
- Le forze si possono spiegare su dimensioni microscopiche come lo scambio tra due particelle di un'altra particella che fa da mediatore.



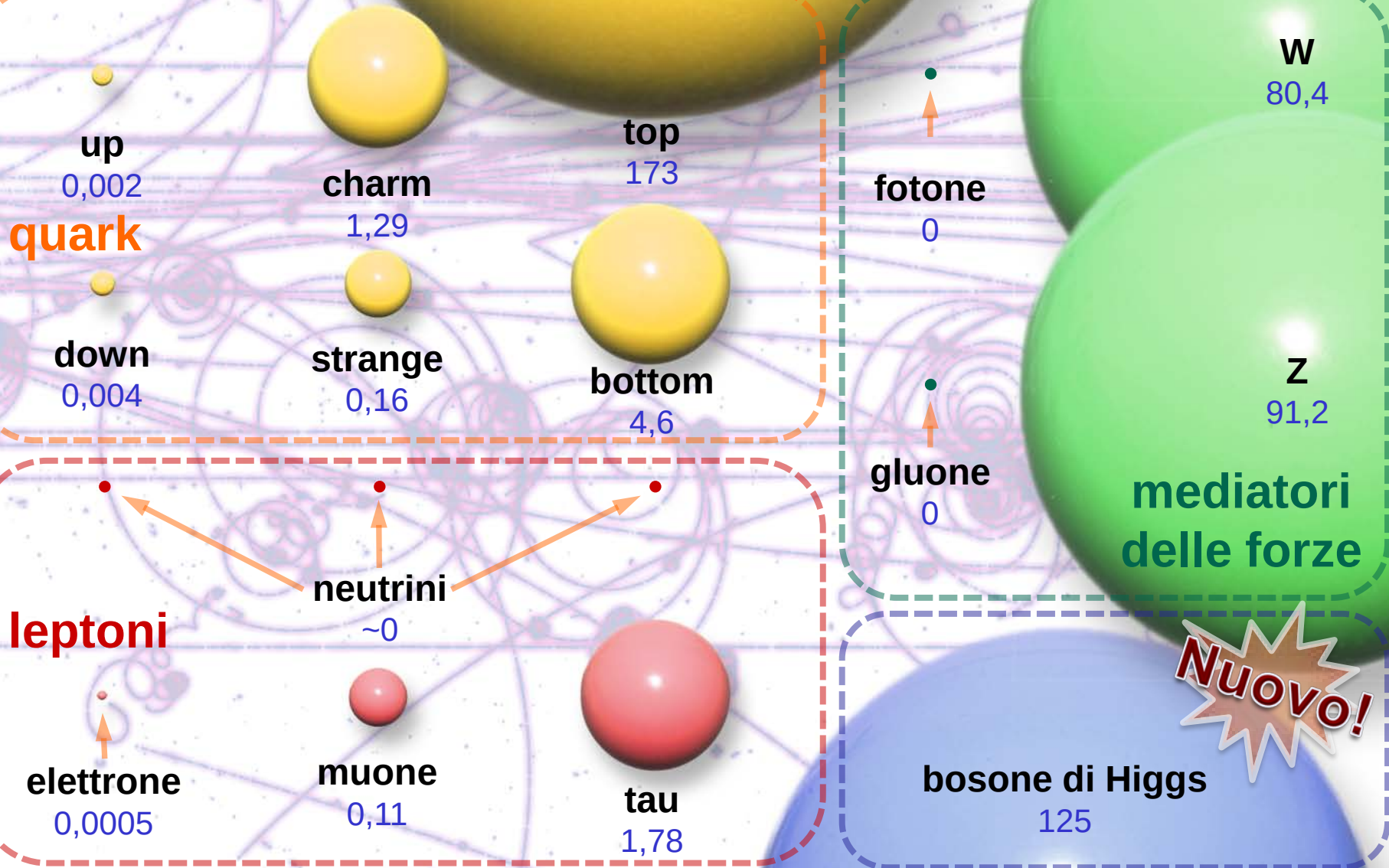
- Il fotone è il mediatore della forza (interazione) elettromagnetica.

Campi e particelle

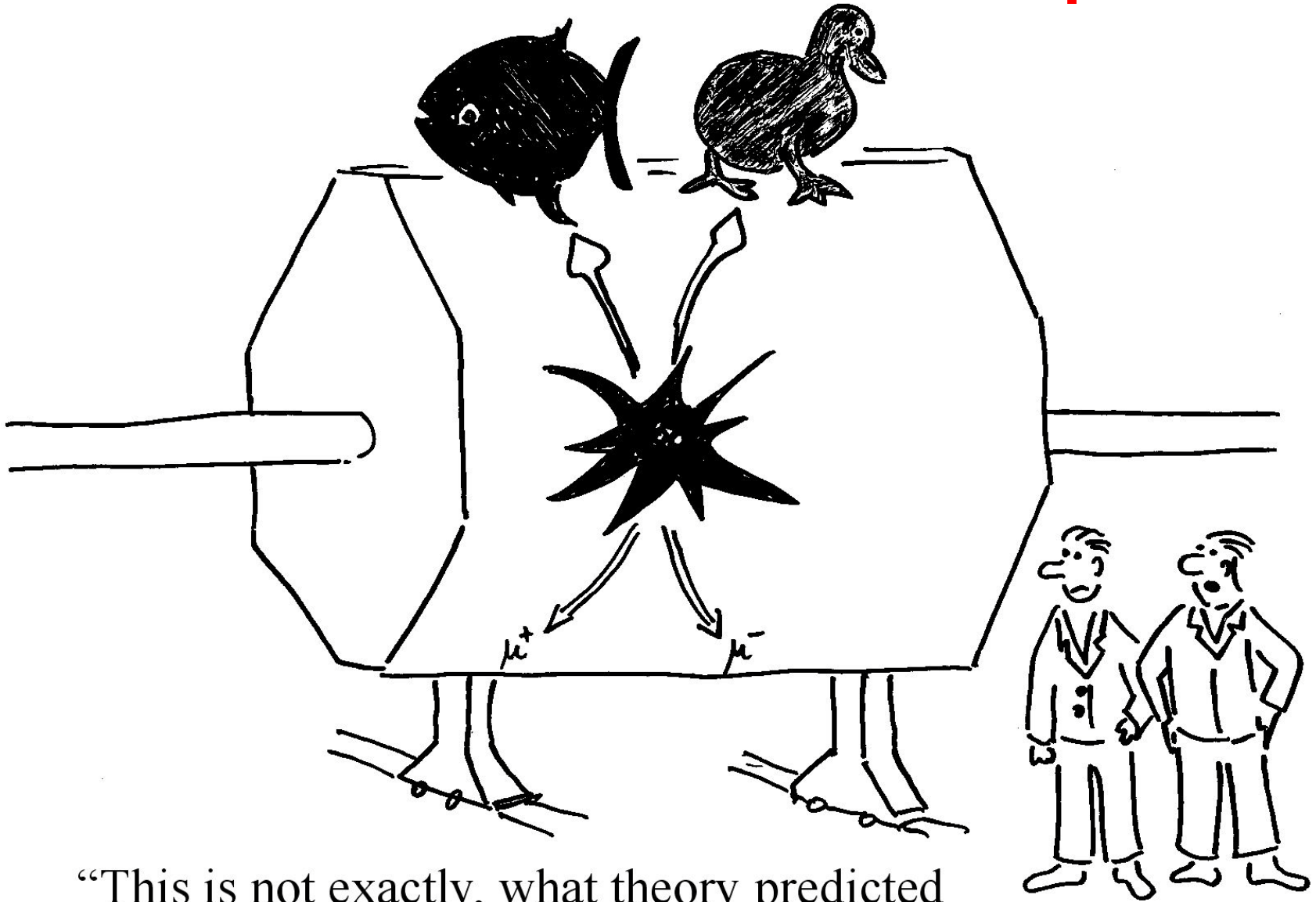
- A ogni campo corrisponde una **particella** che ne spiega il funzionamento su dimensioni microscopiche.
 - Esempio: **campo elettromagnetico** $\leftrightarrow$ **fotone**.
 - Un'applicazione della fisica dei fotoni è il **laser**.



- **Tutto chiaro? No!** Negli anni si è scoperta l'esistenza di altre **-tre generazioni-** di particelle elementari, con massa molto diversa fra loro.



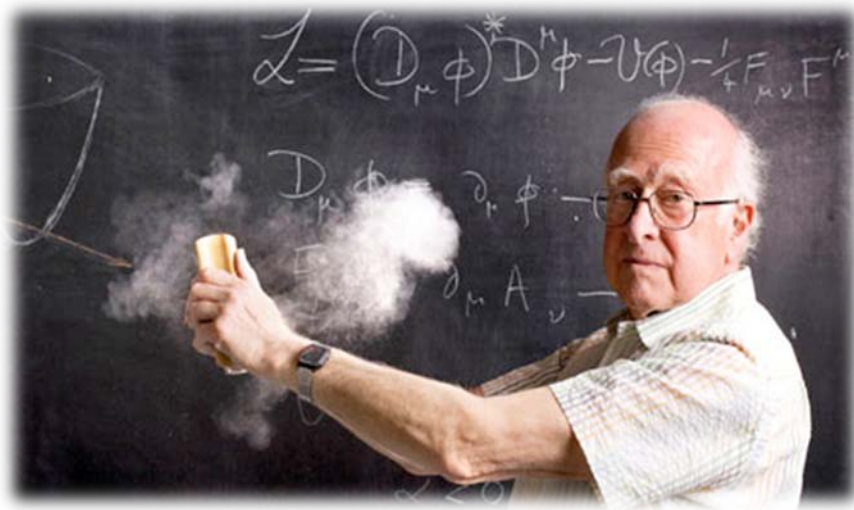
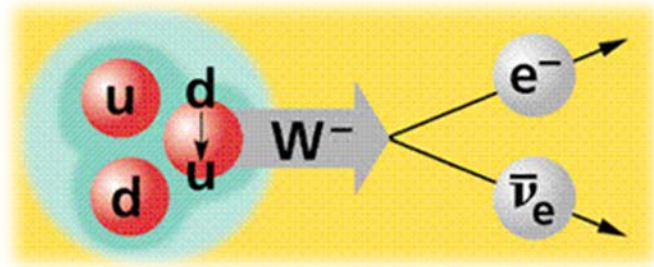
Alla ricerca di fenomeni inaspettati



“This is not exactly, what theory predicted for the Higgs decay!”

Il meccanismo di Higgs

- Nel Modello Standard non c'è modo di spiegare perché le particelle hanno la **massa**, e, come il fotone dovrebbero sempre **viaggiare alla velocità della luce**.

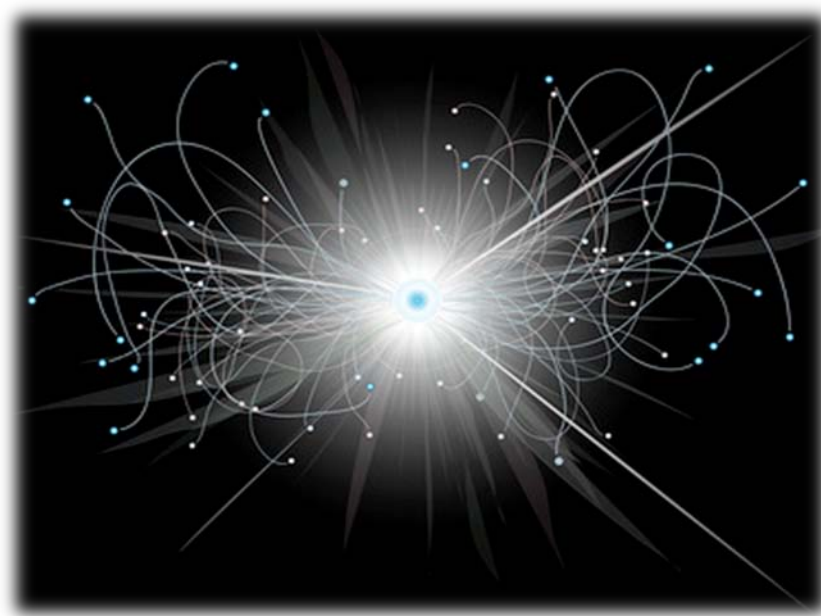


- **Peter Higgs** e altri trovarono quasi 50 anni fa un meccanismo che permette di spiegare **perché le particelle elementari hanno massa**.
- La massa delle particelle viene generata da un nuovo **campo** che è presente e si manifesta in tutto lo spazio.

Il bosone di Higgs

- Come per ogni campo, anche al campo di Higgs corrisponde una particella:

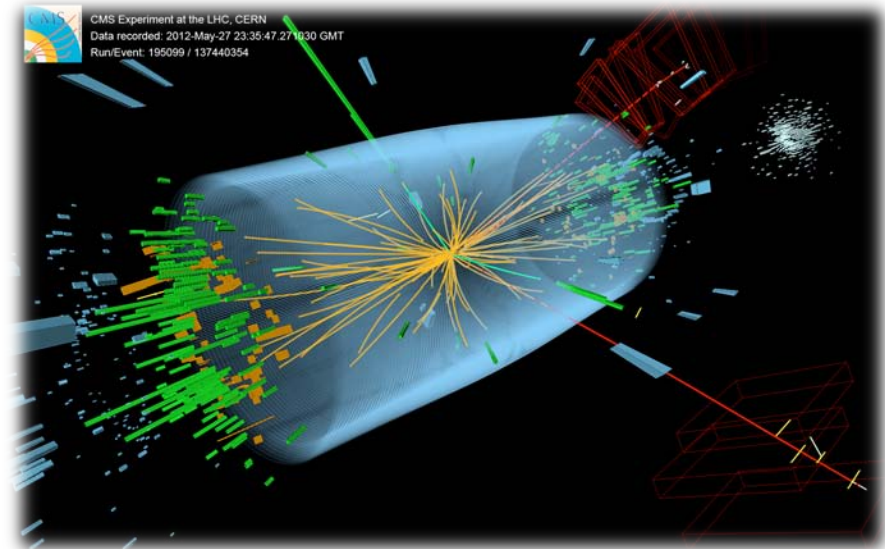
Il bosone di Higgs



- Anche questa particella “sente”, come le altre, lo stesso campo di Higgs, e quindi ha una massa

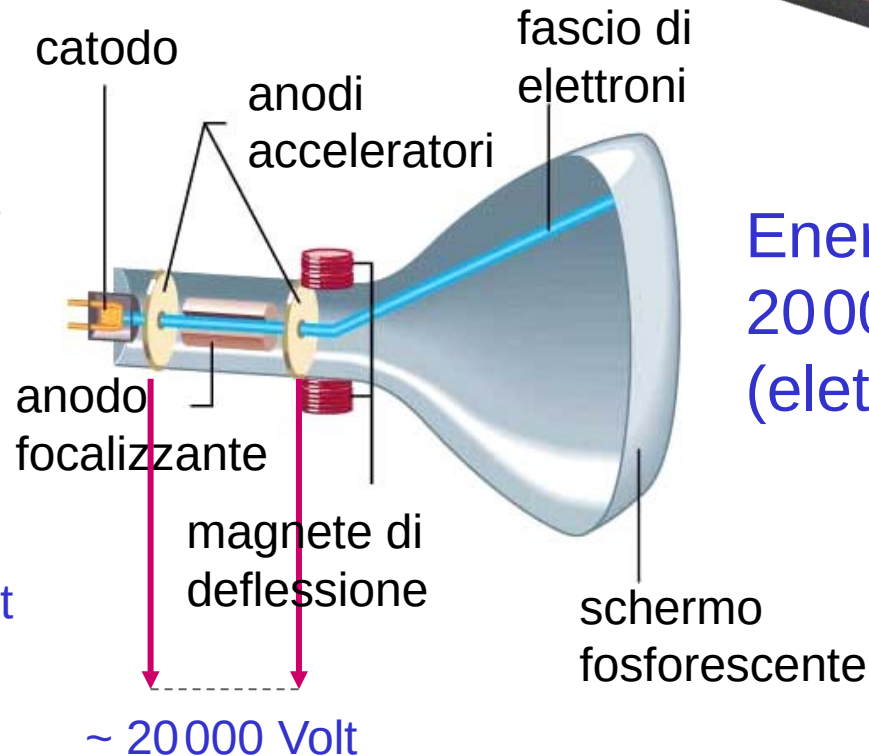
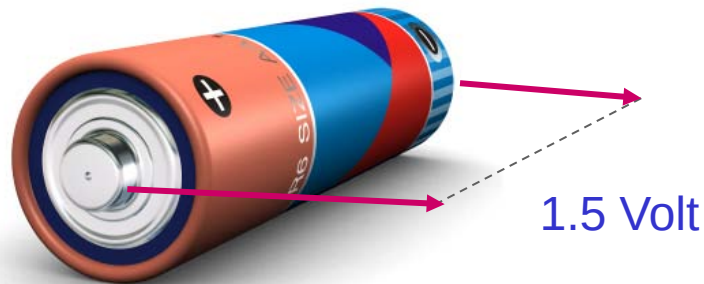
La ricerca di nuove particelle elementari

- ... ma tutto questo resta una **congettura** fino a che non è **provato sperimentalmente**!
- La fisica è una **scienza sperimentale**: tutto quello che viene ipotizzato teoricamente deve poi essere **verificato sperimentalmente**



Gli acceleratori

- Anche un vecchio televisore col tubo catodico è un acceleratore di elettroni!



Energia $\approx$
20000 eV
(elettron $\times$ Volt)

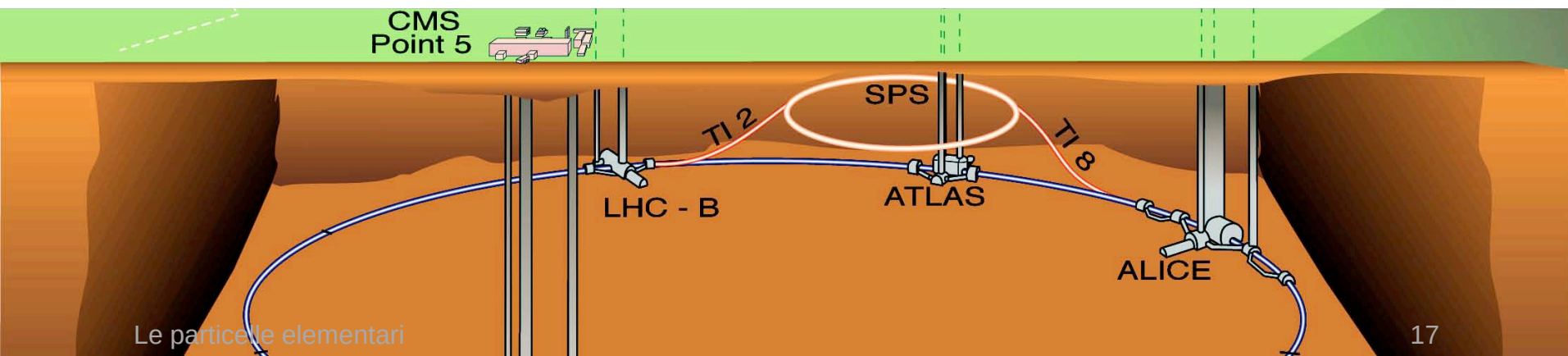
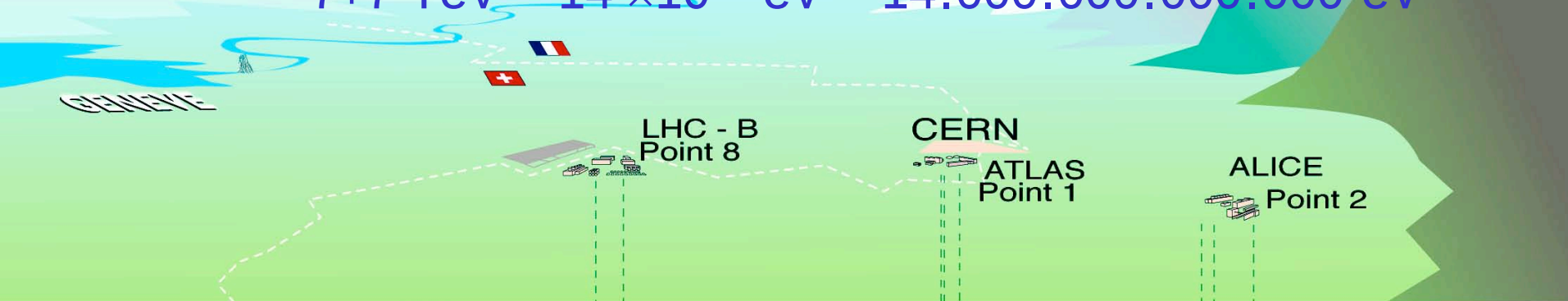
220 Volt

~ 20000 Volt

Il Large Hadron Collider

- LHC è un **acceleratore di protoni** costruito in una galleria sotterranea lunga **27km** tra la Francia e la Svizzera.
- I protoni sono accelerati con un'energia di:

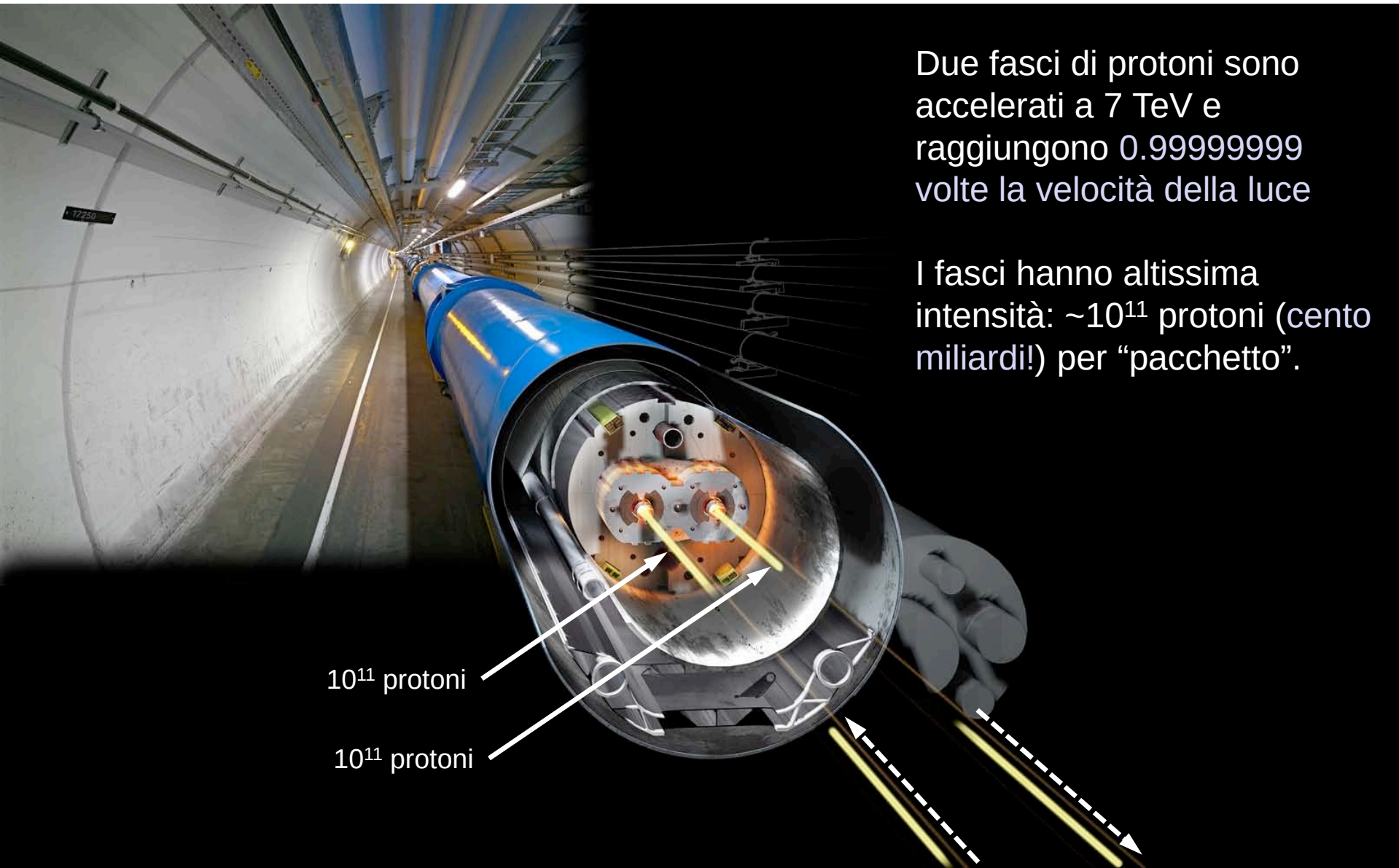
$$7+7 \text{ TeV} = 14 \times 10^{12} \text{ eV} = 14.000.000.000.000 \text{ eV}$$



Il Large Hadron Collider



Il Large Hadron Collider



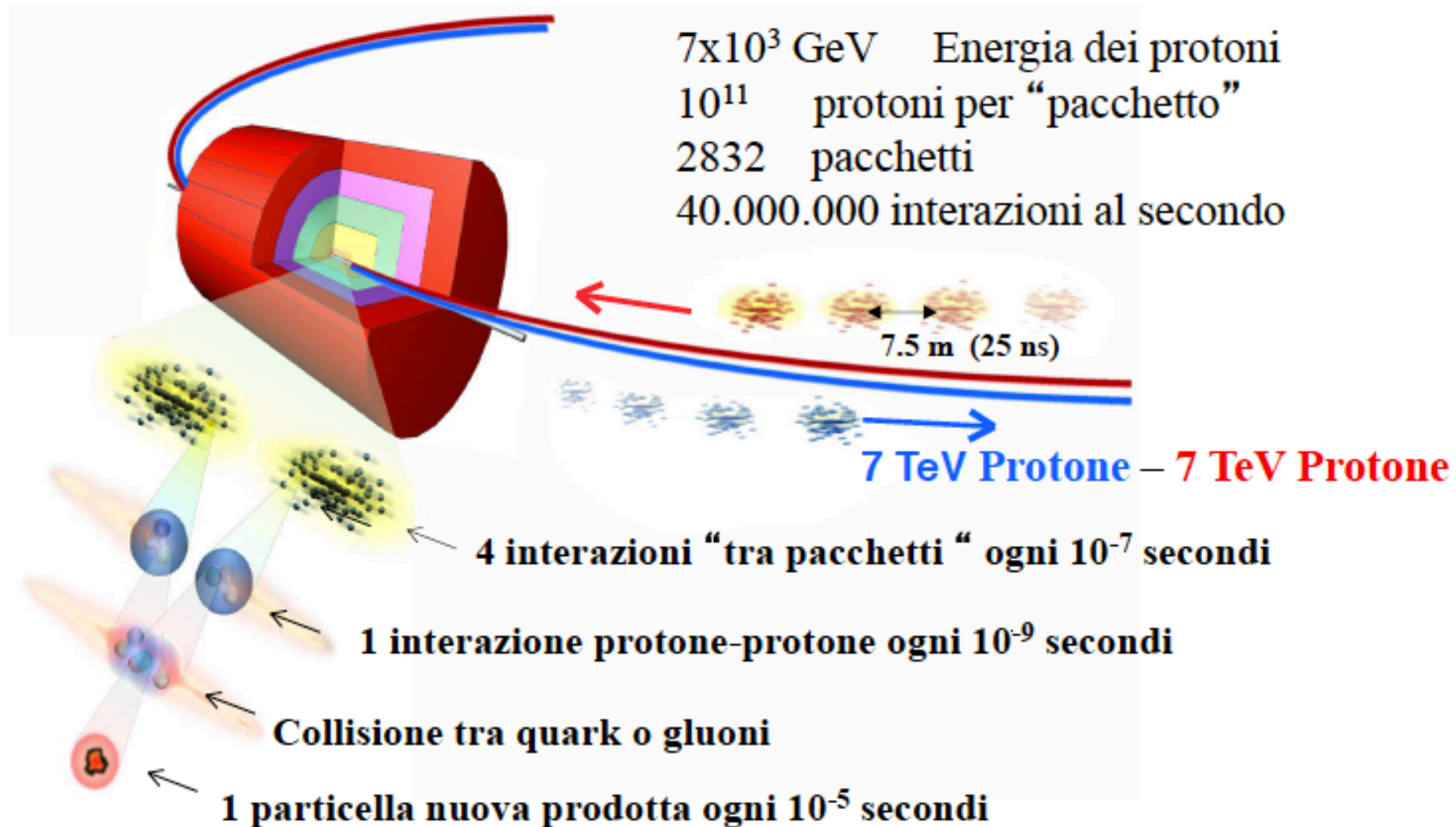
I freddi magneti di LHC

- Per far restare i protoni nell'orbita di LHC servono campi magnetici intensi **80000 volte il campo magnetico terrestre (8 Tesla)**.
- **1600 magneti superconduttori** sono raffreddati con **elio liquido** ad -271.25°C .
- LHC è il luogo **più freddo dell'universo!**
- Una sfida tecnologica:
 - 7000 km di cavo superconduttore: l'intera produzione mondiale di due anni!
 - Sistema di raffreddamento ad elio liquido più grande del mondo

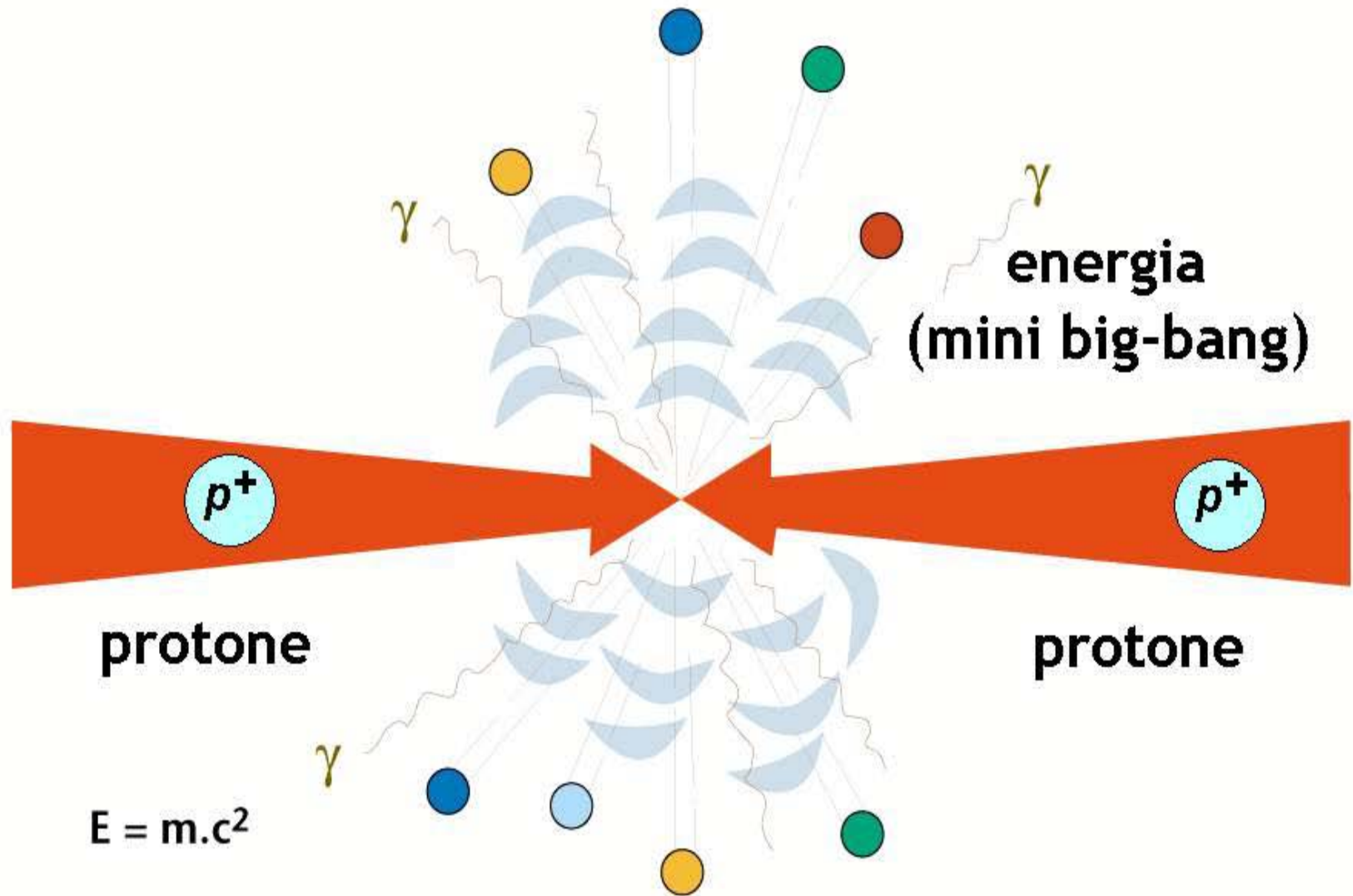


LHC

Costruito nel tunnel di LEP / urti protoni - protoni



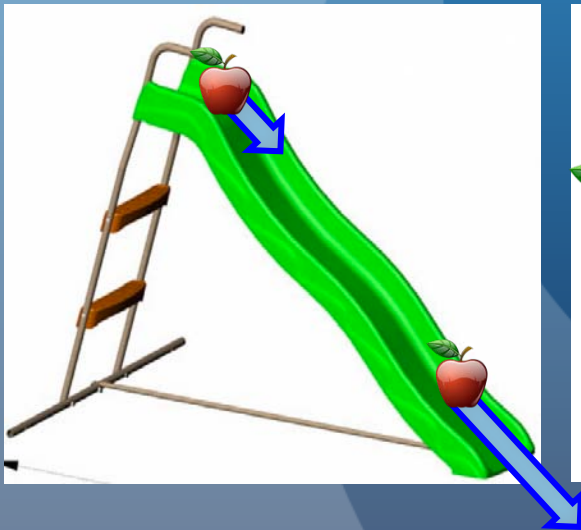
Un mini Big Bang



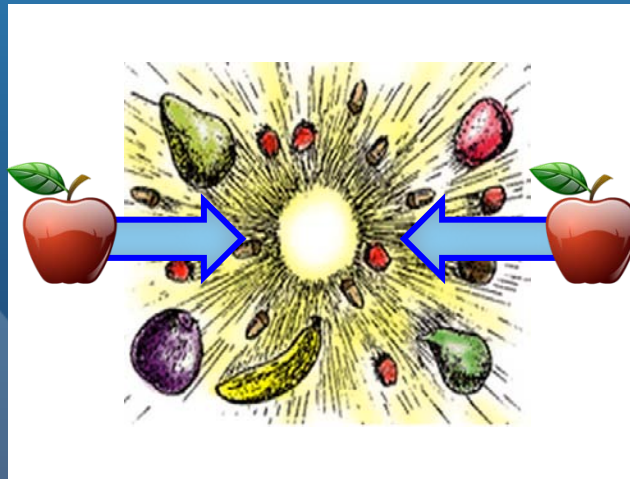
How does CERN studies particles?

Elementary Particles						
Fermions			Bosons			
Quarks	u up	c charm	t top	γ photon		
	d down	s strange	b bottom	Z Z boson		
Leptons	ν_e electron neutrino	ν_μ muon neutrino	ν_τ tau neutrino	W W boson		
	e electron	μ muon	τ tau	g gluon		
3 families of Matter				Higgs boson		

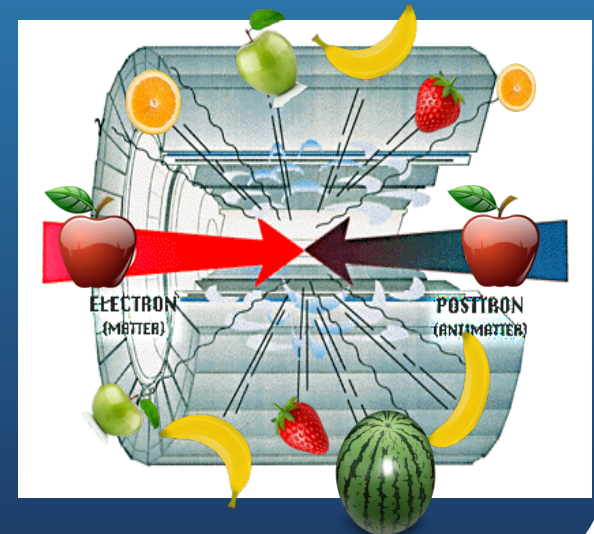
1.Acceleration !



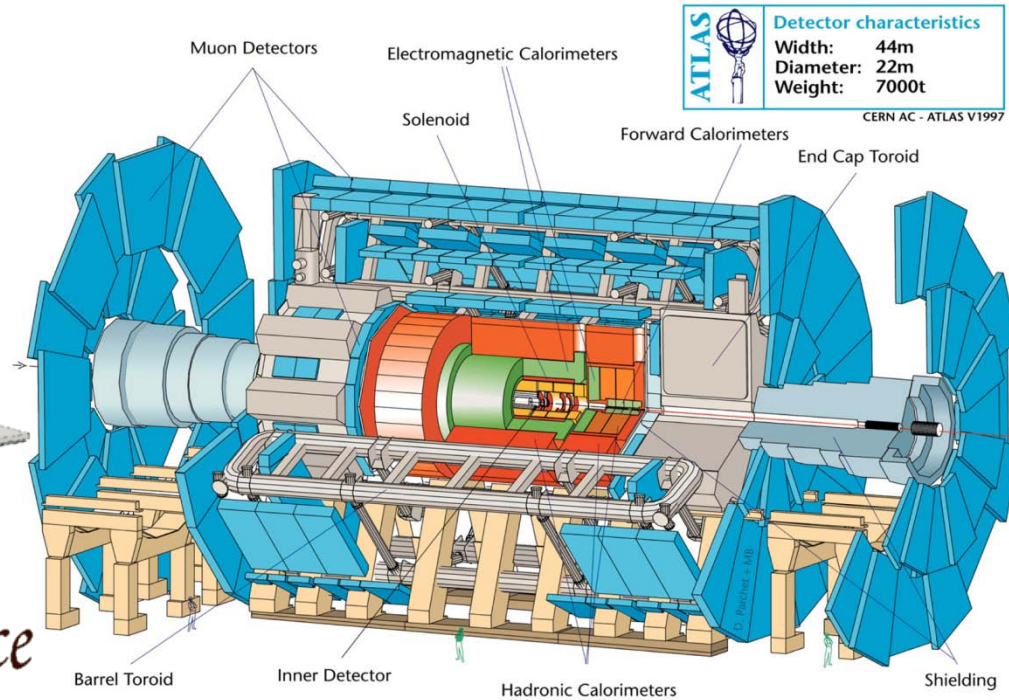
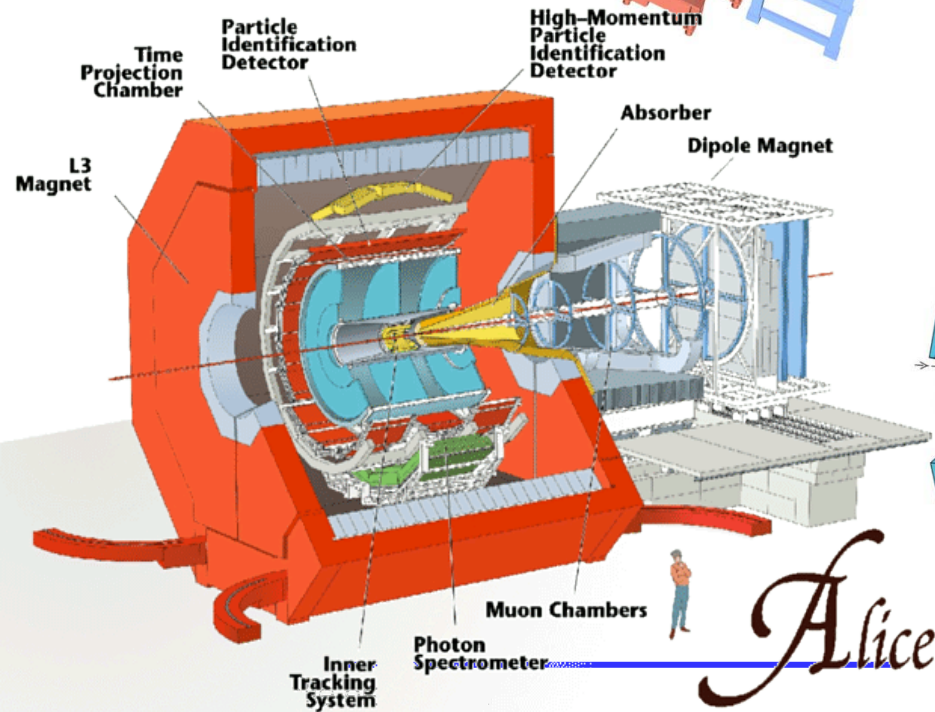
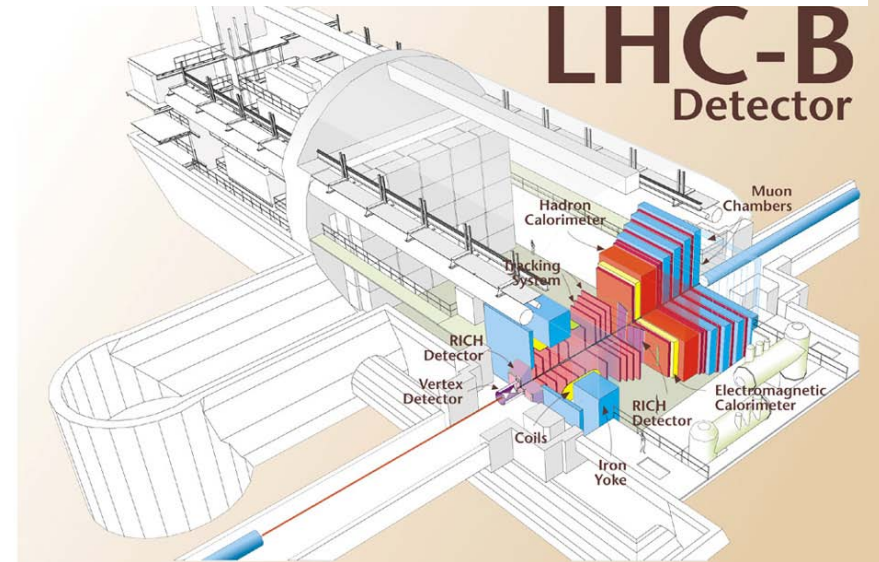
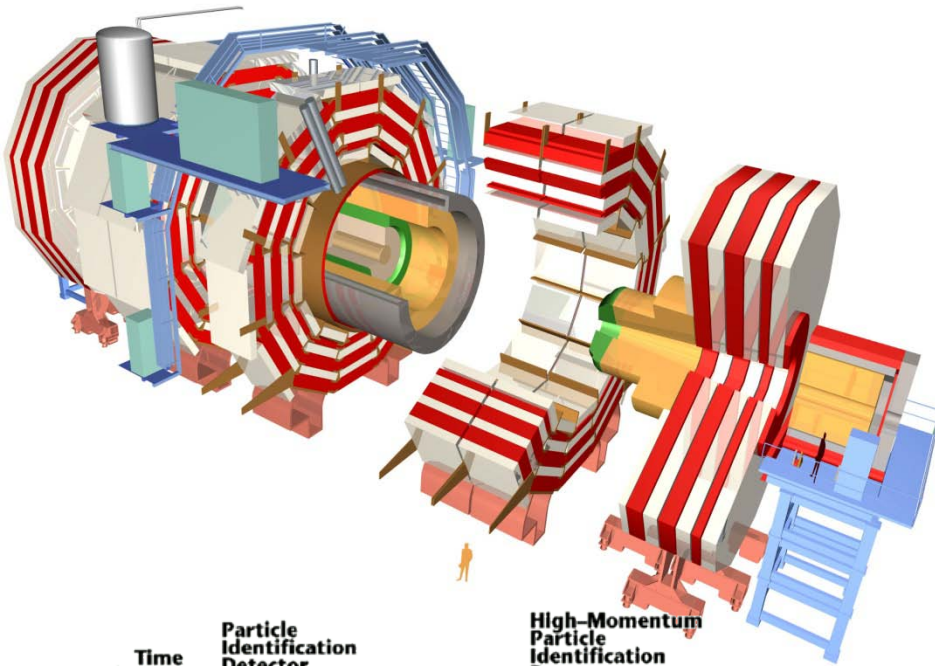
2.Collision !



3.Detection !

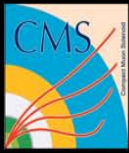


Come si “vedono” le particelle?



Detector characteristics	
Width:	44m
Diameter:	22m
Weight:	7000t

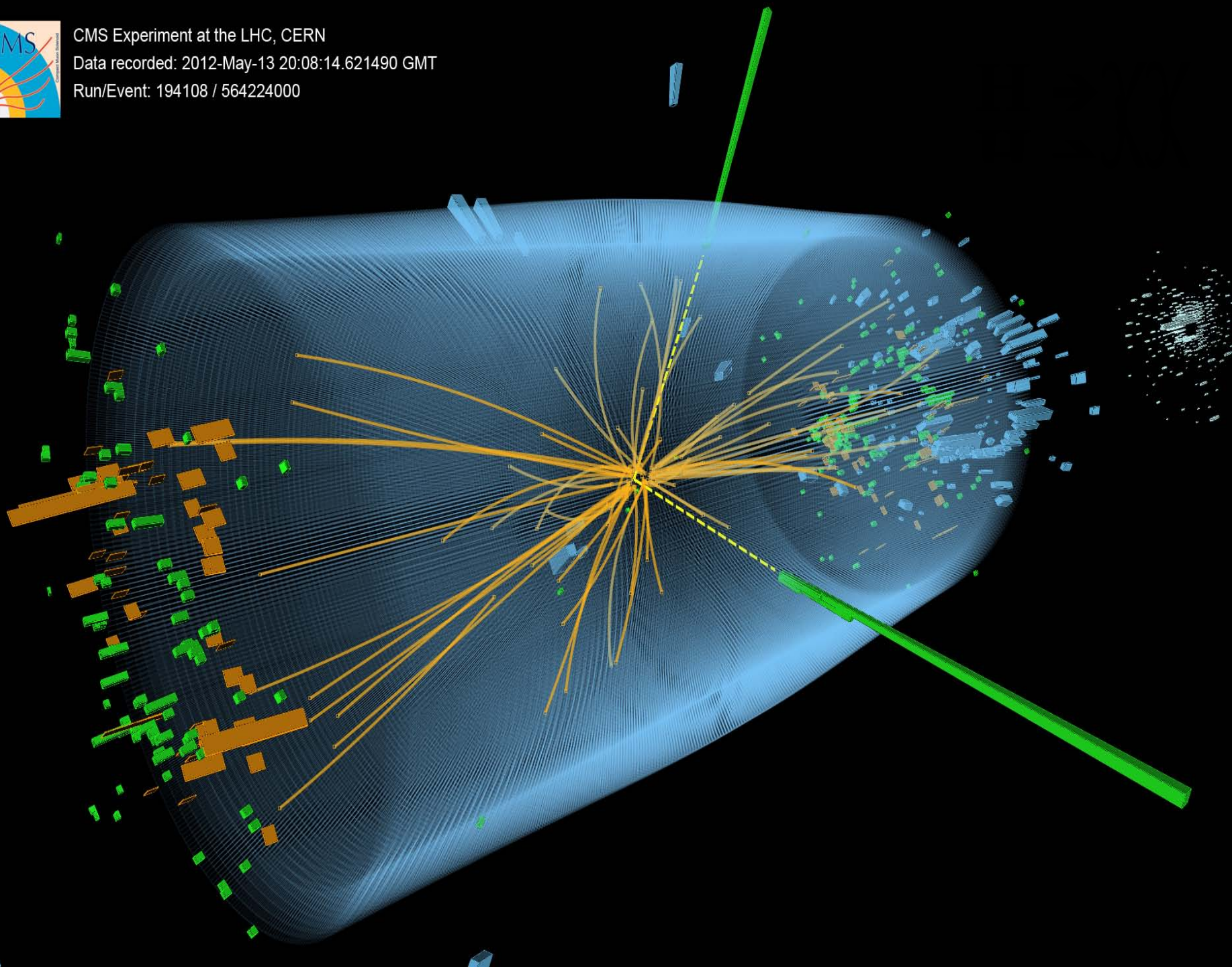
CERN AC - ATLAS V1997



CMS Experiment at the LHC, CERN

Data recorded: 2012-May-13 20:08:14.621490 GMT

Run/Event: 194108 / 564224000



CMS Experiment at LHC, CERN
Data recorded: Thu Oct 13 03:39:46 2011 CEST
Run/Event: 178421 / 87514902
Lumi section: 86

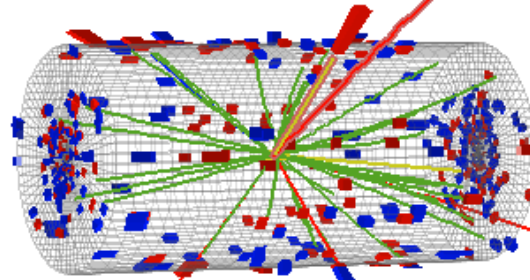


$(Z_1) E_T : 8 \text{ GeV}$

$\mu^-(Z_1) p_T : 28 \text{ GeV}$

7 TeV DATA

$4\mu+\gamma$ Mass : 126.1 GeV



$\mu^+(Z_2) p_T : 6 \text{ GeV}$

$\mu^-(Z_2) p_T : 14 \text{ GeV}$

$\mu^+(Z_1) p_T : 67 \text{ GeV}$



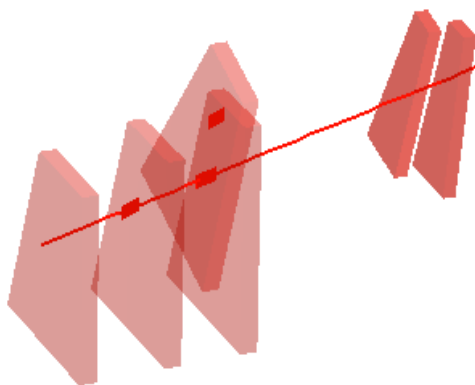


$\mu^+(Z_1) p_T : 43 \text{ GeV}$

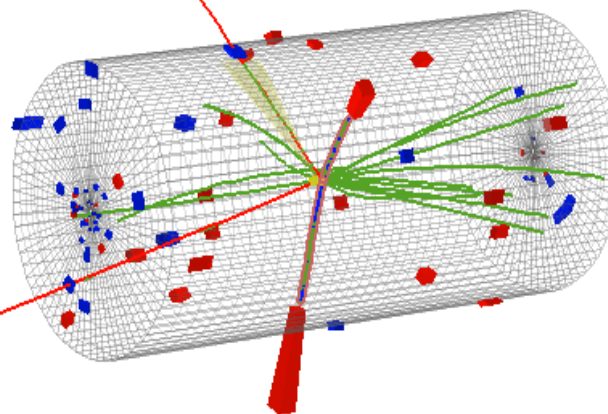
8 TeV DATA

4-lepton Mass : 126.9 GeV

$\mu^-(Z_1) p_T : 24 \text{ GeV}$



$e^-(Z_2) p_T : 10 \text{ GeV}$



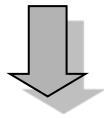
$e^+(Z_2) p_T : 21 \text{ GeV}$

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

Trovare “nuova” fisica

Durante 10 anni LHC produce
 $\sim 10^{17}$ collisioni pp

Un'osservazione di 10 eventi “esotici”
potrebbe portare a Nuova Fisica



Trovare 10 eventi tra 10^{17} ?

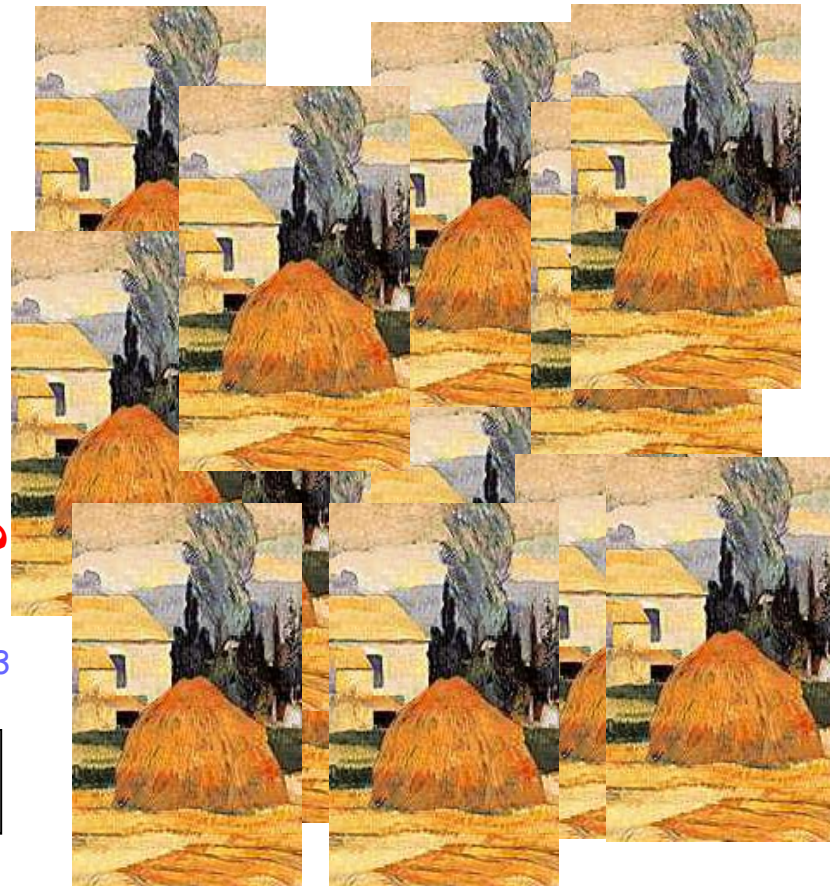


Un ago in un pagliaio?

Tipico ago: 5 mm^3
Tipico pagliaio: 50 m^3

$$\text{ago/pagliaio} = 1/10^{10}$$

Cercare nuova fisica ad LHC e'
come cercare un ago in
 $1.000.000$ di pagliai!



Festeggiamenti al CERN: 4 Luglio 2012



8 Ottobre 2013: Premio Nobel

Nobel Prizes and Laureates

Physics Prizes

< 2013 >

▼ About the Nobel Prize in Physics 2013

[Summary](#)

[Prize Announcement](#)

[Press Release](#)

[Advanced Information](#)

[Popular Information](#)

[Greetings](#)

► [François Englert](#)

► [Peter Higgs](#)

[All Nobel Prizes in Physics](#)

[All Nobel Prizes in 2013](#)



The Nobel Prize in Physics 2013

François Englert, Peter Higgs

The Nobel Prize in Physics 2013

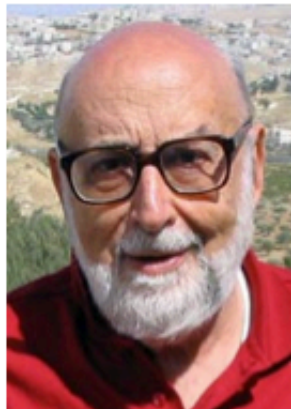


Photo: Pnicolet via
Wikimedia Commons

François Englert



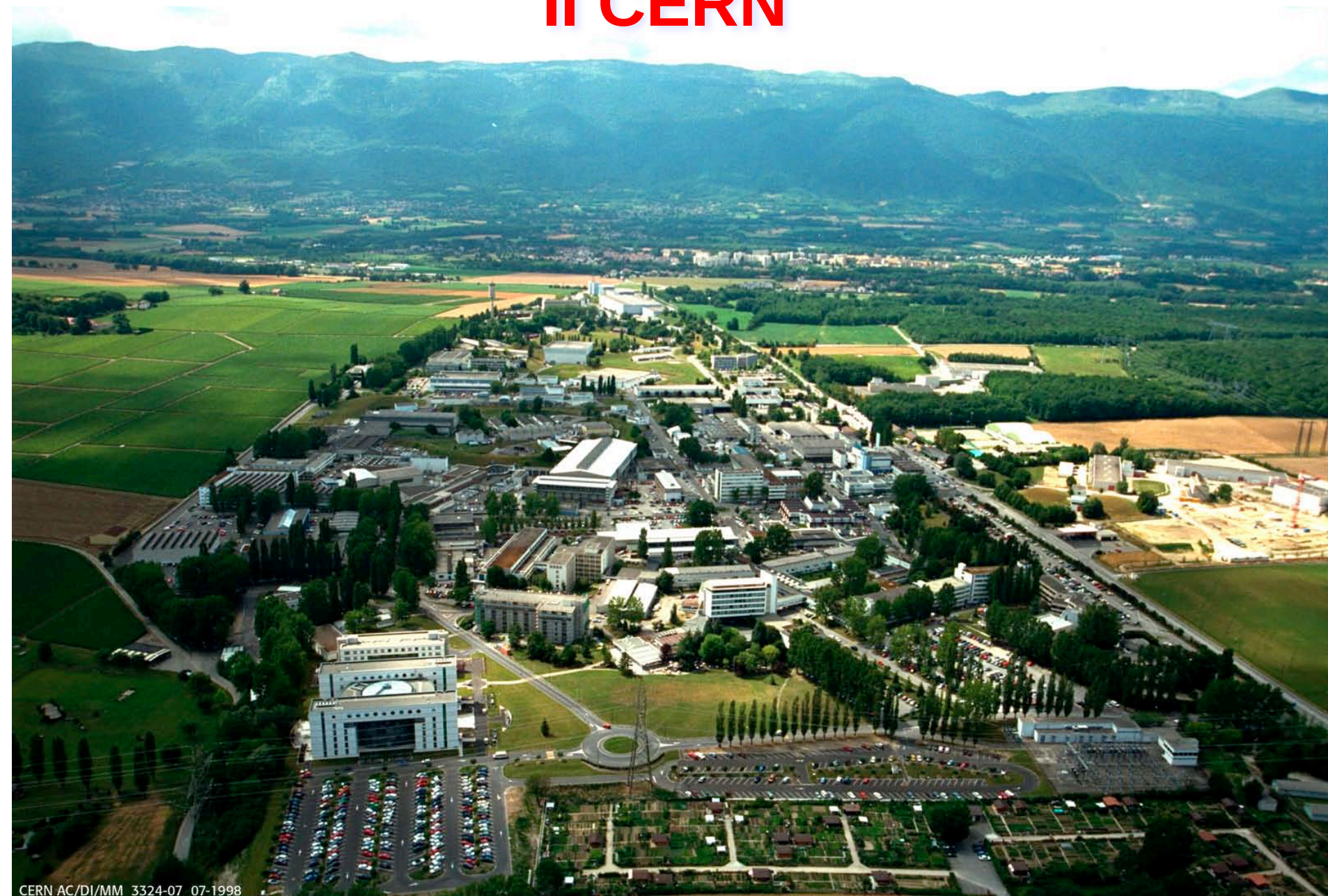
Photo: G-M Greuel via
Wikimedia Commons

Peter W. Higgs

The Nobel Prize in Physics 2013 was awarded jointly to François Englert and Peter W. Higgs *"for the theoretical discovery of a mechanism that contributes to our understanding of the origin of mass of subatomic particles, and which recently was confirmed through the discovery of the predicted fundamental particle, by the ATLAS and CMS experiments at CERN's Large Hadron Collider"*



II CERN

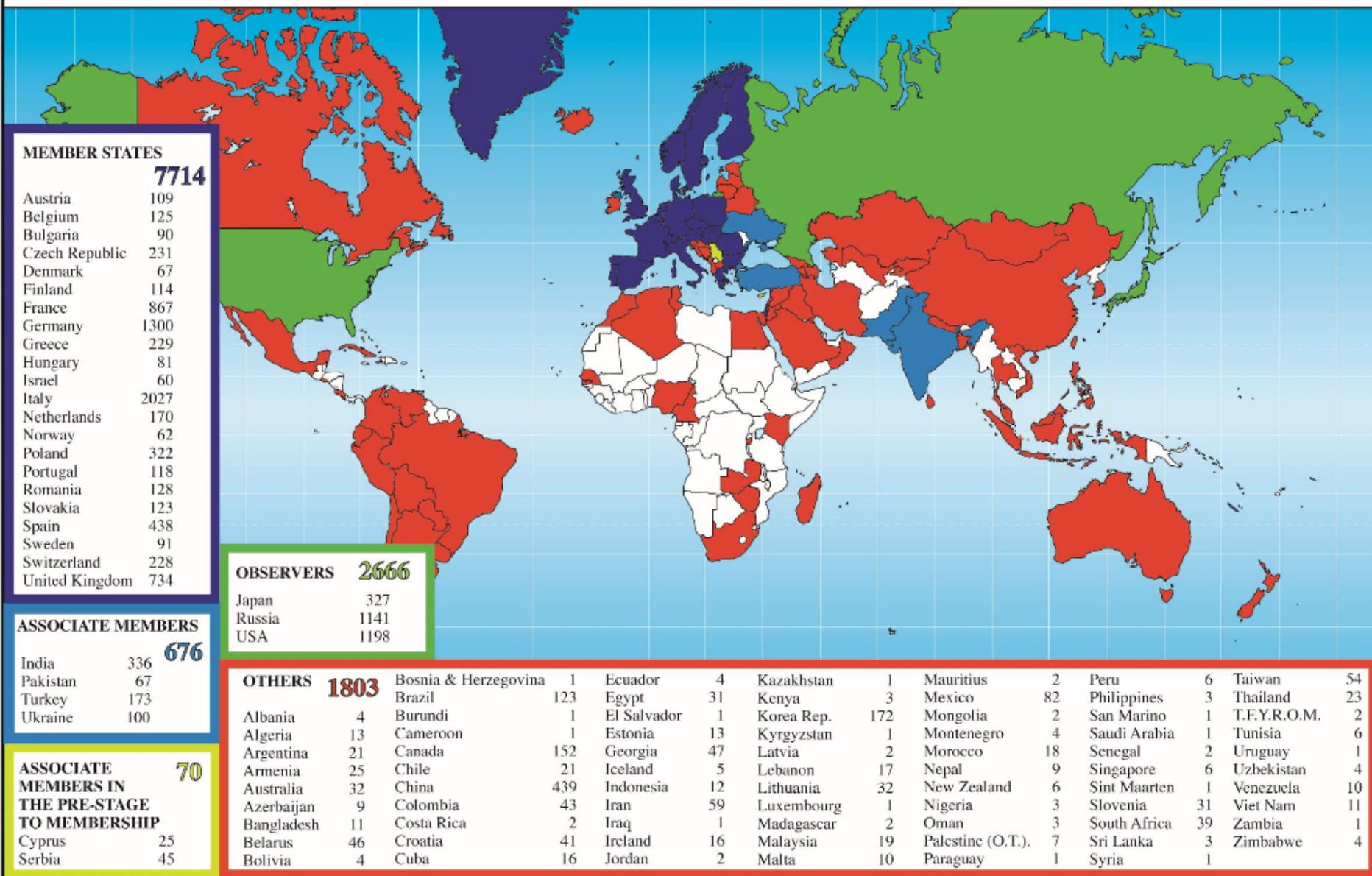


CERN AC/DI/MM 3324-07 07-1998

Un ambiente internazionale



Distribution of All CERN Users by Nationality on 20 January 2017



Un laboratorio green



Un laboratorio molto green

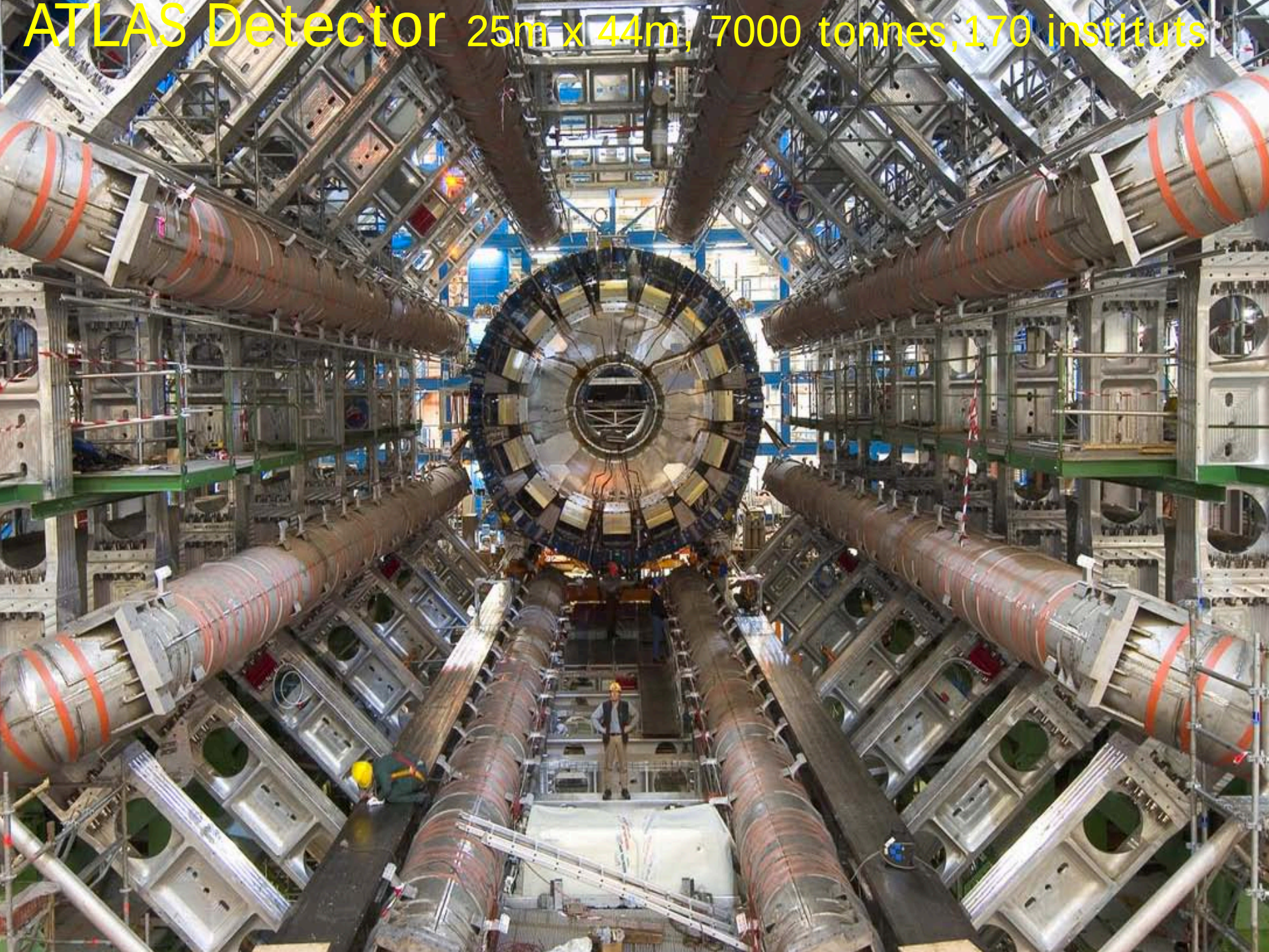


... dove avviene di tutto

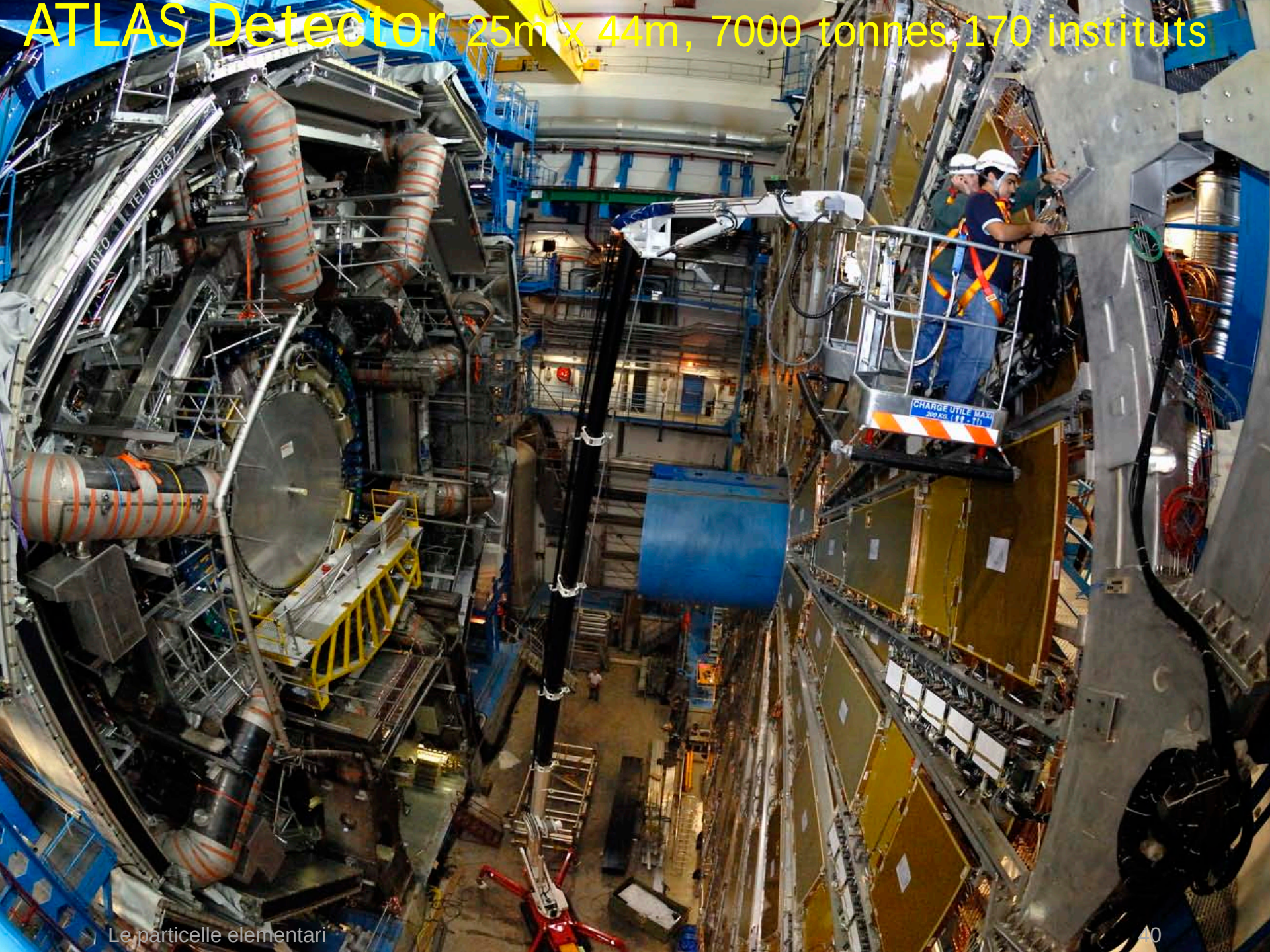


...veramente di tutto

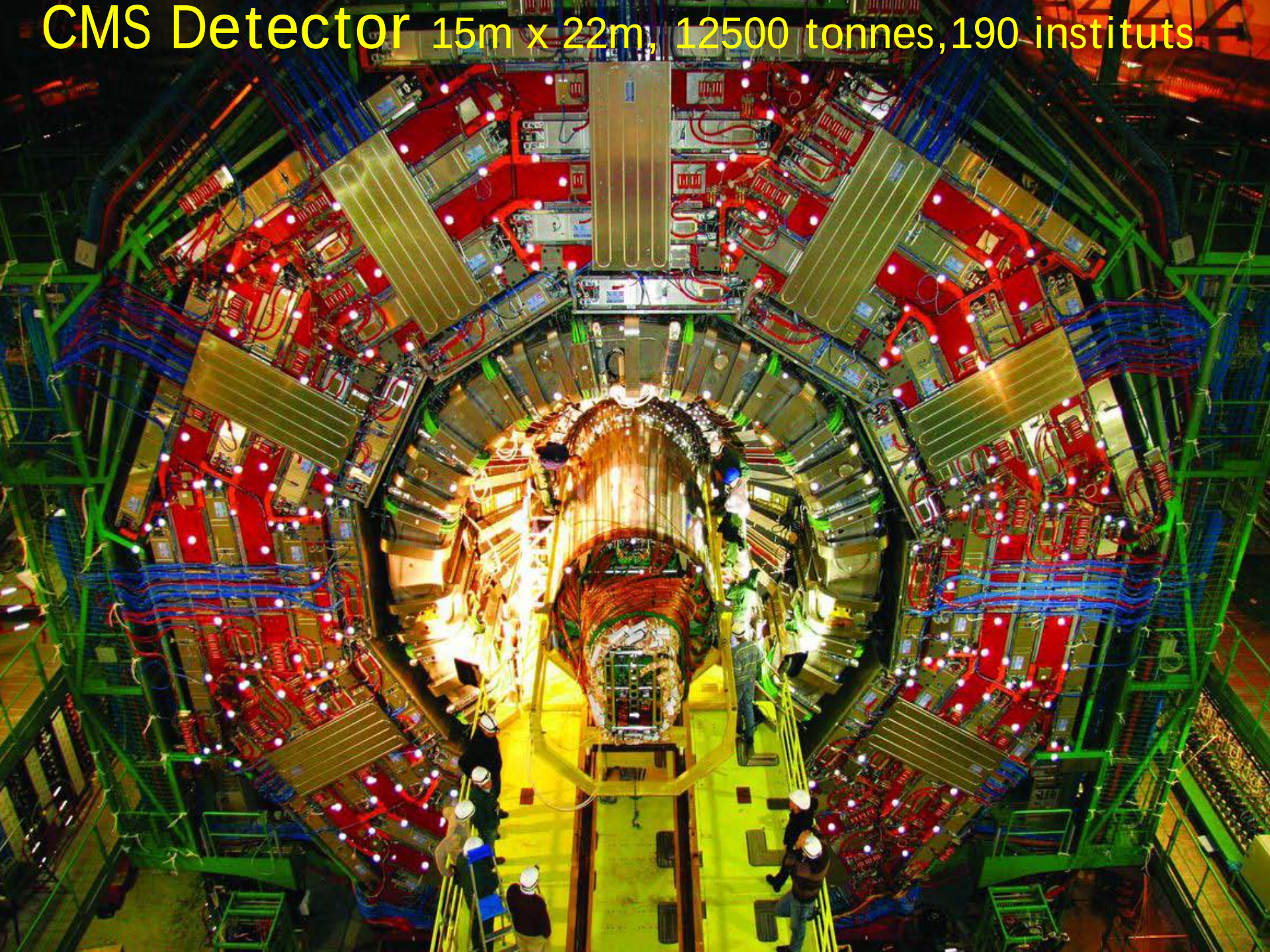




ATLAS Detector 25m x 44m, 7000 tonnes, 170 instituts



CMS Detector 15m x 22m, 12500 tonnes, 190 instituts

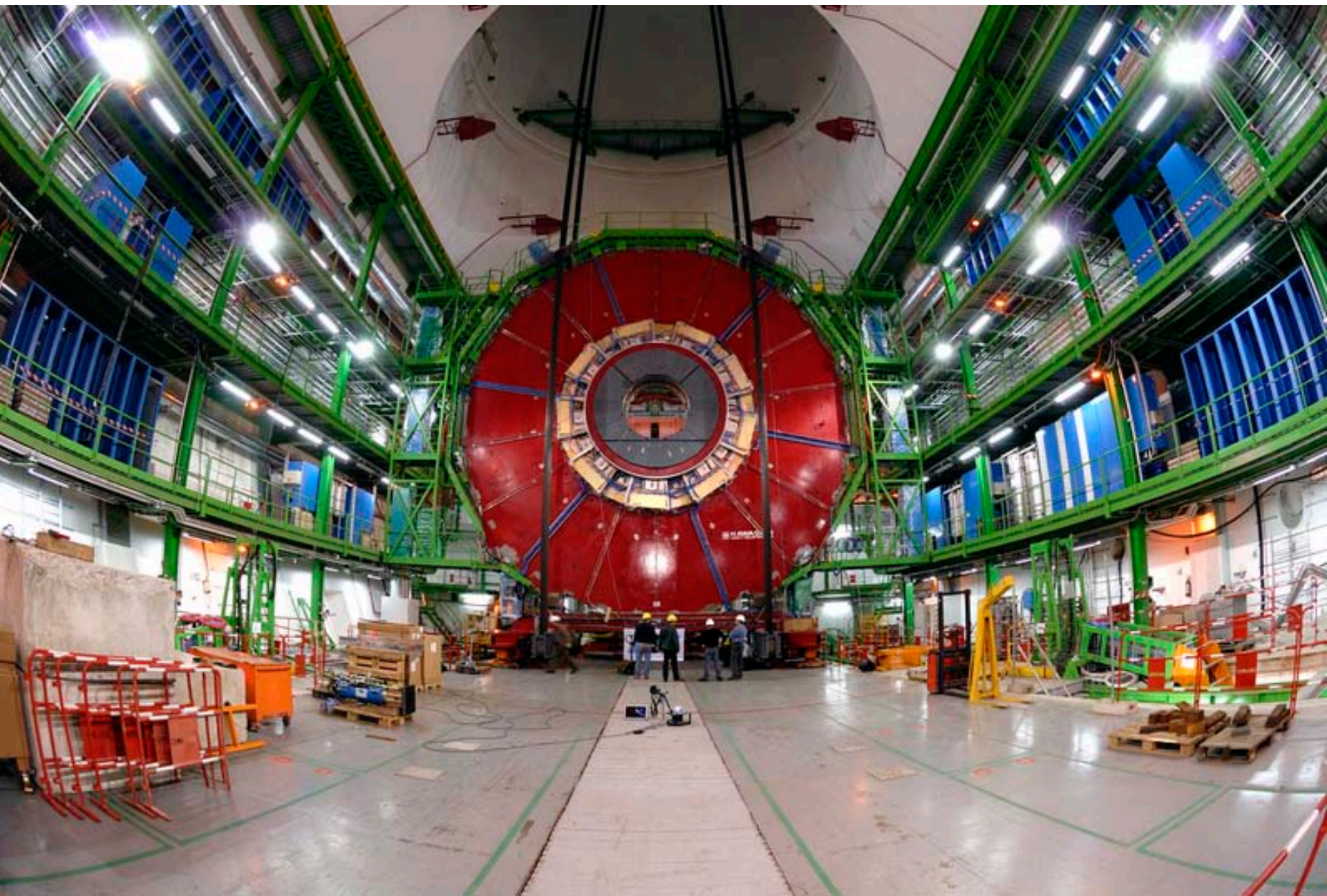


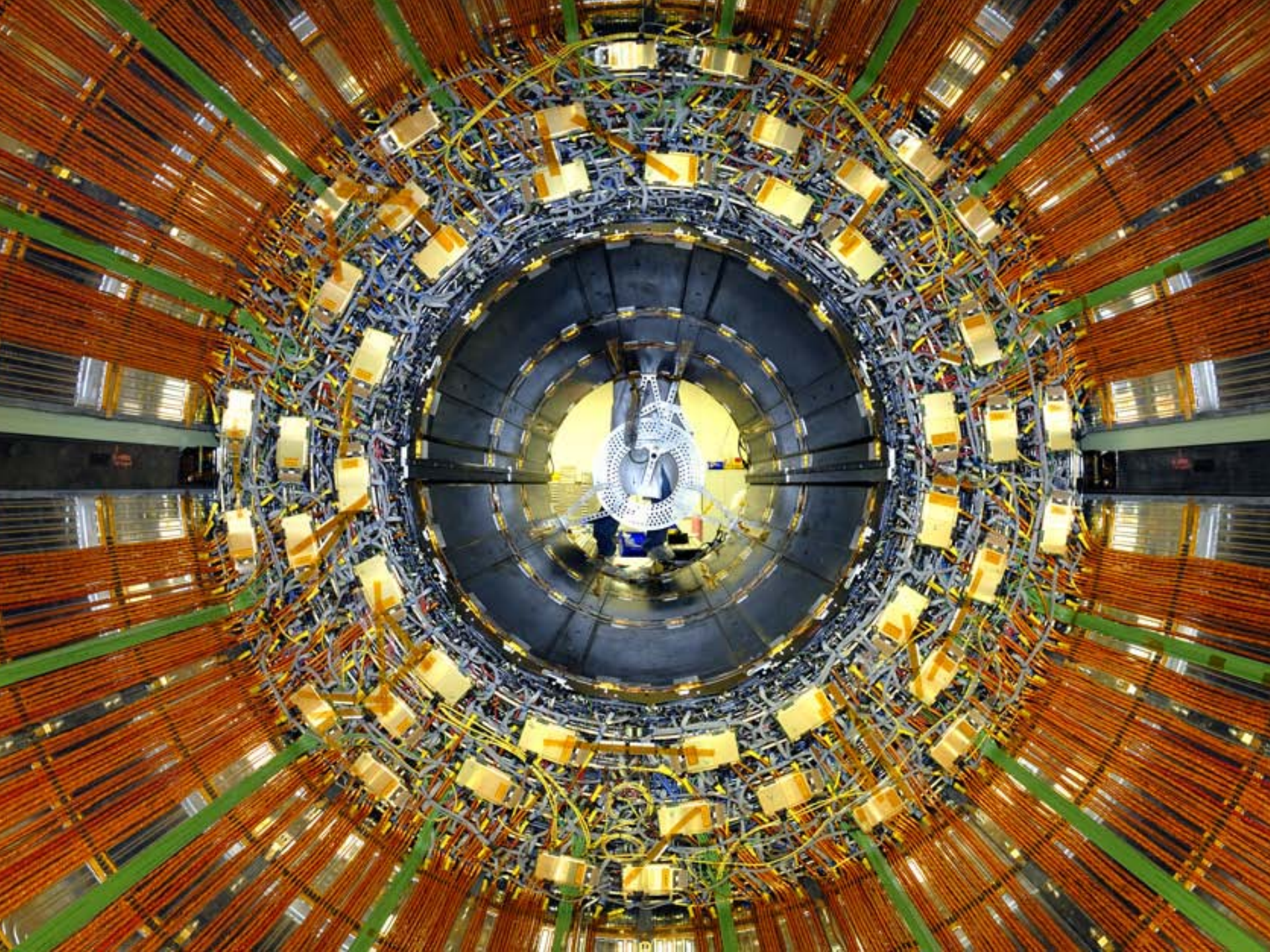
building 40 (CERN)



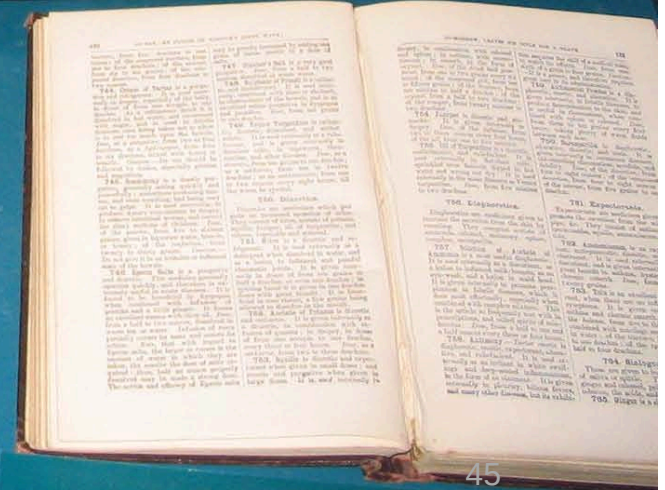
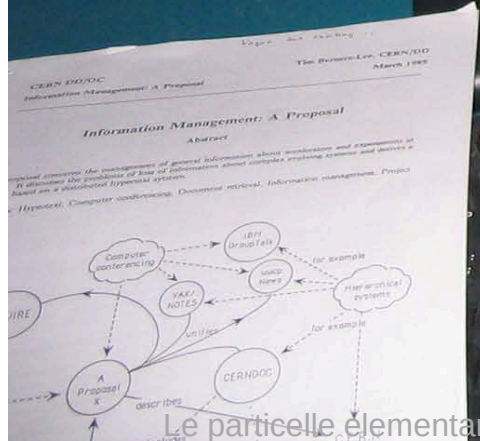
5 piani!

12500 t di massa





Un oggetto che ha cambiato il mondo



Altre ricerche ad LHC



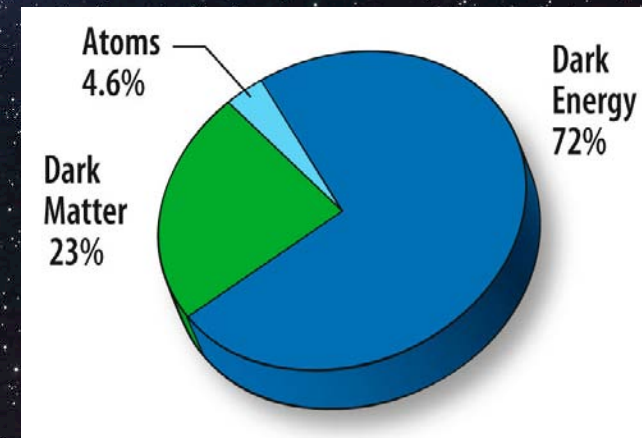
Abbiamo scoperto
l'ultima particella
elementare o c'è
ancora molto
da scoprire?



- Il programma di LHC non si limita alla ricerca del bosone di Higgs.
- Si ricercano **nuovi fenomeni oltre il Modello Standard**.
- Alcune teorie prevedono che siano possibili segnali mai visti e che potrebbero spiegare fenomeni noti in altri campi, come l'astrofisica, che al momento non hanno spiegazione.

La materia oscura

- Stelle e pianeti sono solo il 5% circa del contenuto dell'universo.
- Gran parte della massa nel cosmo non è visibile direttamente ma solo attraverso l'effetto della sua gravità.



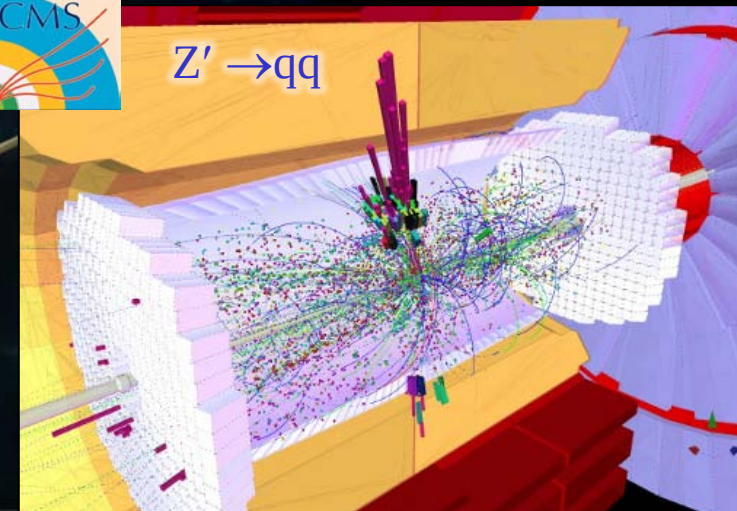
Extra dimensioni



- Alcune teorie prevedono l'esistenza di nuove dimensioni spaziali.
- Le nuove dimensioni non sono accessibili nella nostra esperienza perché “compattificate” con raggi di curvatura molto piccoli.
- Extra dimensioni si possono manifestare con uno spettro di nuove particelle (es: Z') rivelabili ad LHC.



$Z' \rightarrow qq$



“Verso un nuovo mondo”

Abbiamo costruito apparati sofisticati ed enormi,
“le cattedrali della scienza”, per cercare una particella
puntiforme che spiega il perché le particelle
elementari hanno massa.

La scoperta del bosone di Higgs è una scoperta di
enorme importanza, forse addirittura più sconvolgente
della scoperta dell'elettrone.

È un grande successo di una comunità di migliaia di
fisici: è un lavoro di gruppo, ma dove ognuno ha dato
il suo personale contributo.

Anche voi cambierete il mondo?

WHERE THE WEB WAS BORN

In the offices of this corridor, all the fundamental technologies of the World Wide Web were developed.

Started in 1990 from a proposal made by Tim Berners-Lee in 1989, the effort was first divided between an office in building 31 of the Computing and Networking Division (CN) and one in building 2 of the Electronics and Computing for Physics Division (ECP).

In 1991 the team came together in these offices, then belonging to ECP. It was composed of two CERN staff members, Tim Berners-Lee (GB) and Robert Cailliau (BE), aided by a number of Fellows, Technical Students, a Coopérant and Summer Students.

At the end of 1994 Tim Berners-Lee left CERN to direct the WWW Consortium (W3C), a world-wide organization devoted to leading the Web to its full potential. The W3C was founded with the help of CERN, the European Commission, the Massachusetts Institute of Technology (MIT), the Institut National pour la Recherche en Informatique et en Automatique (INRIA), and the Advanced Research Projects Agency (ARPA).

In 1995 Tim Berners-Lee and Robert Cailliau received the ACM Software System Award for the World Wide Web. In 2004, Tim Berners-Lee was awarded the first Millennium Technology Prize by the Finnish Technology Award Foundation.

*The CERN Library
June 2004*

The background is a dark, textured grey surface. It is covered with numerous white, hand-drawn or etched lines and circles. Some are concentric circles, while others are single loops or intersecting paths. The lines vary in thickness and brightness, creating a complex, abstract pattern that resembles a technical drawing or a map of celestial paths.

Grazie