

Il CERN di Ginevra Organizzazione Europea per la Ricerca Nucleare

Stefano Covino
INAF / Osservatorio Astronomico di Brera



UTL Vimercate - 2011



Una nuova visione del futuro...

“... abbiamo rivolto la nostra attenzione alla creazione di questo **nuovo ente internazionale**, un laboratorio o un istituto dove sia possibile **effettuare ricerca scientifica al di là del quadro nazionale dei vari stati membri** [...] un ente dotato di risorse maggiori di quelle disponibili ai laboratori nazionali che possa quindi farsi carico di compiti le cui dimensioni e la cui natura siano tali che i singoli stati non possono svolgerli da soli ...”

(Louis de Broglie, Losanna, 1949)

Luis de Broglie!

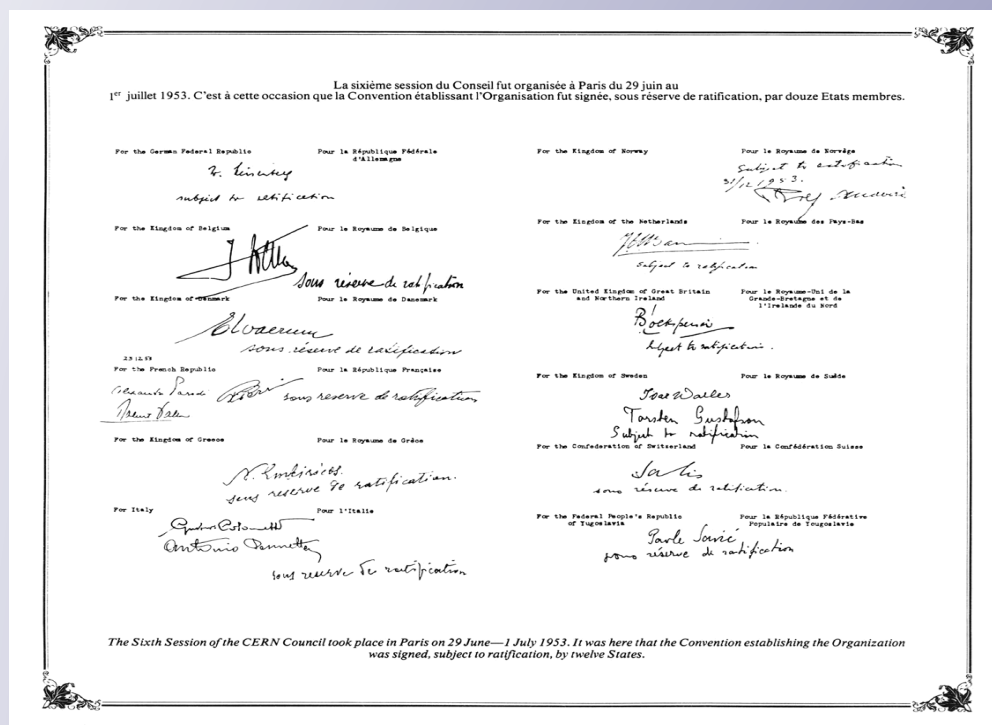
- Uno dei più grandi fisici del '900.
- Premio Nöbel nel 1929.
- Il "padre" dell'idea della dualità fra onda e corpuscolo.
- Morì nel 1987



CERN

Organizzazione Europea per la Ricerca Nucleare

- Fondata nel 1954 da 12 Paesi tra cui l'Italia
- Oggi: 20 stati membri
- Circa 2500 membri del personale
- Budget annuale di circa 1000 MCHF



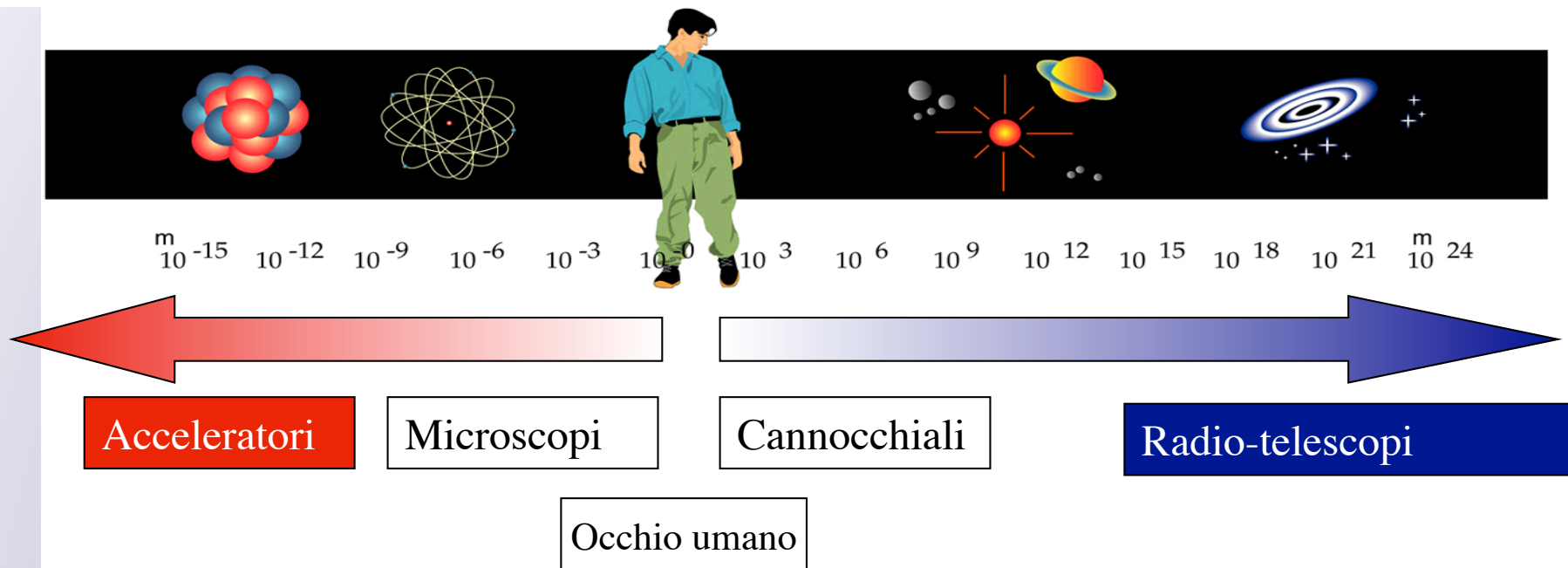
1954: La convenzione che ha dato nascita all'Organizzazione - firme originali



2004: 1 20 stati membri

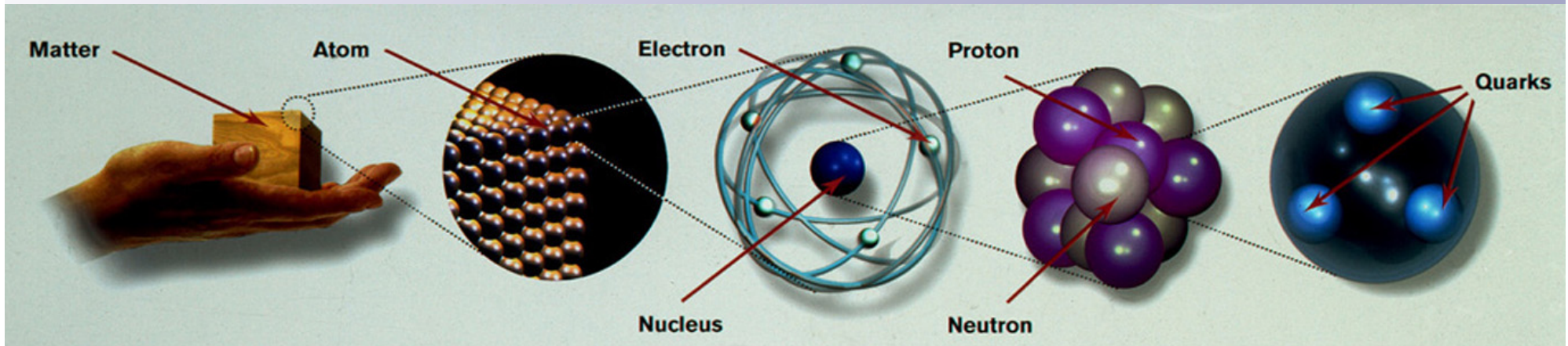
La missione del CERN: studiare la fisica delle particelle

I fisici delle particelle studiano la materia per capirne i costituenti principali e le forze in gioco


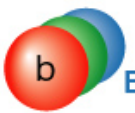


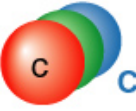









>>> Condividere l'informazione

I costituenti della materia



Il sistema periodico secondo le teorie attuali

| | <i>Quarks</i> | | <i>Leptons</i> | |
|---------------------|--|---|---|--|
| <i>Generation 3</i> |  t Top |  b Bottom |  τ Tau |  ν_τ Tau-neutrino |
| <i>Generation 2</i> |  c Charm |  s Strange |  μ Muon |  ν_μ Muon-neutrino |
| <i>Generation 1</i> |  u Up |  d Down |  e Electron |  ν_e Electron-neutrino |

Il Modello Standard

I costituenti elementari

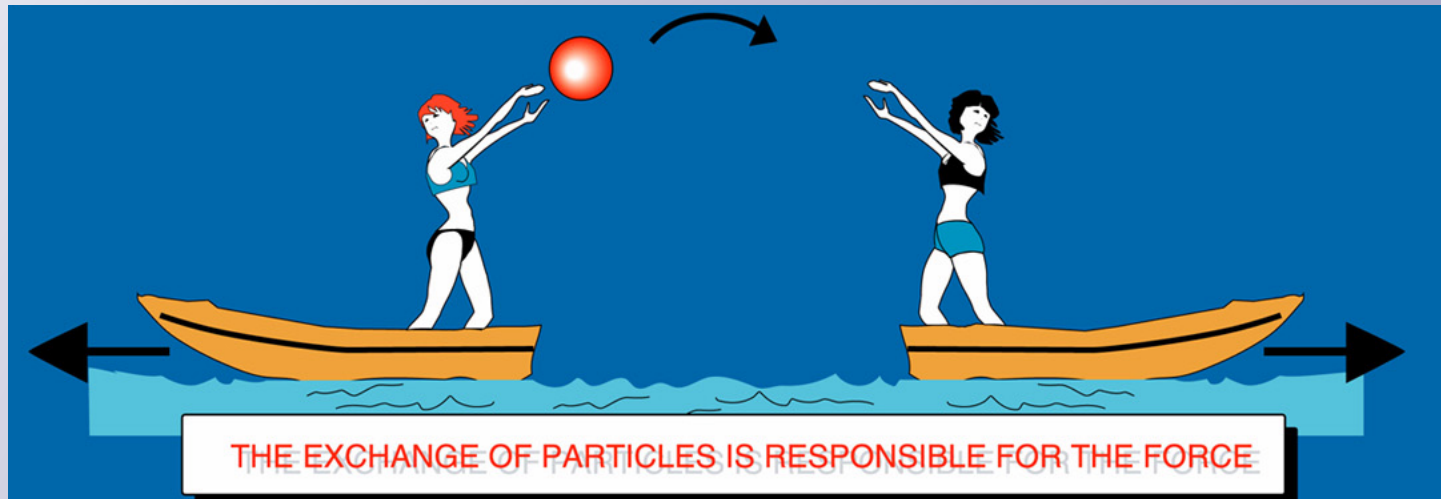
Le ricerche in fisica delle particelle elementari degli ultimi decenni hanno permesso di avere un quadro molto semplice e soddisfacente dei costituenti elementari: **il Modello Standard**.

Secondo il Modello Standard i costituenti elementari di tutto l'Universo sono 12 raggruppati in 3 famiglie ciascuna delle quali contiene 2 Quark e 2 Leptoni.



- Con i membri della prima famiglia (la più leggera) è possibile costruire **tutta la materia stabile esistente nell'Universo**.
- I membri delle altre famiglie hanno svolto un ruolo importante nella fase di **formazione dell'Universo** e vengono oggi prodotte con gli acceleratori.

Quattro forze per tenere insieme la materia



| Type | RELATIVE INTENSITY OF FORCES | Particle exchanged (field quantum) | Occurs in: |
|------------------------|------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Strong force | ~ 1 | Gluons (no mass) | Atomic nucleus |
| Electro-magnetic force | $\sim 10^{-3}$ | Photons (no mass) | Electricity Atomic shell |
| Weak force | $\sim 10^{-5}$ | Bosons Z^0, W^+, W^- (heavy) | Sun - Radioactive β decay |
| Gravitation | $\sim 10^{-38}$ | Gravitons? | Keeping our feet on the ground |

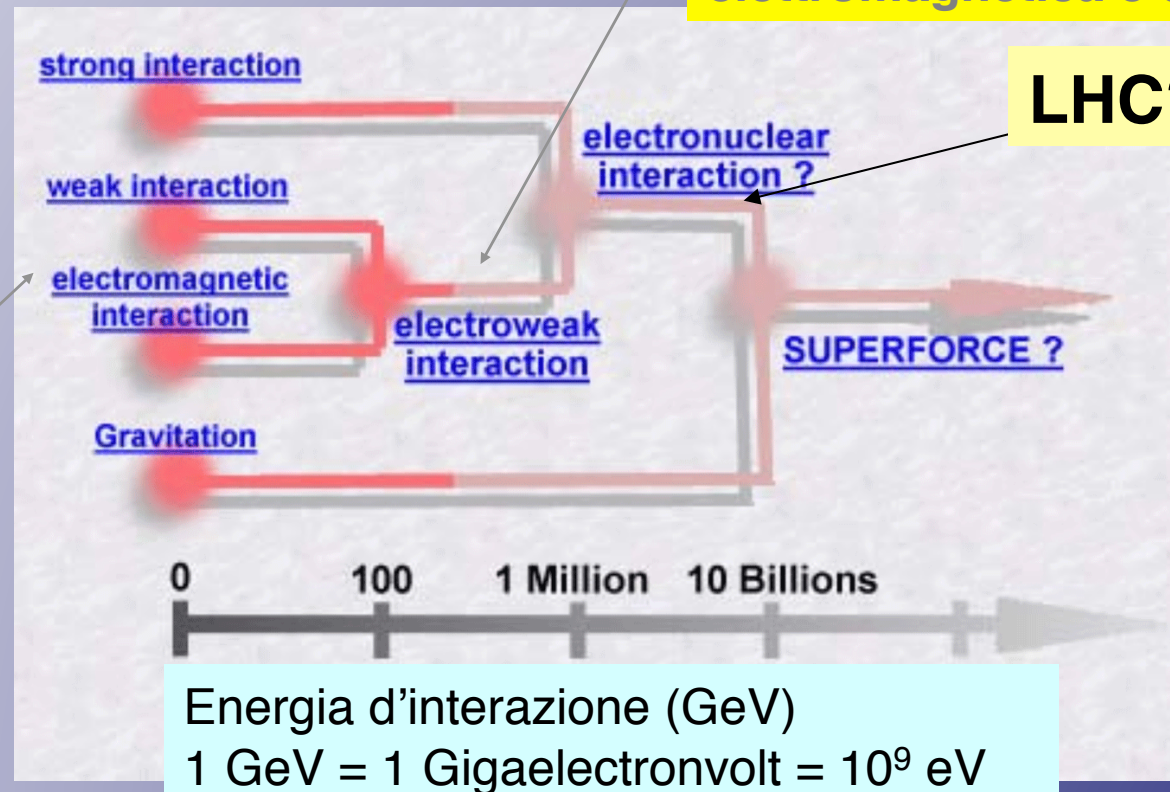
Un'unica forza per tenere insieme la materia?

Importanti scoperte al CERN:

- Correnti neutre (1973)
- Bosoni W&Z (C. Rubbia, S. Van der Meer 1983)
- Conferma dell'esistenza di 3 famiglie di neutrini (1989)

S. Weinberg, A. Salam, S. Glashow :
Unificazione della forza elettromagnetica e debole

J. C. Maxwell :
Unificazione della forza elettrica e magnetica



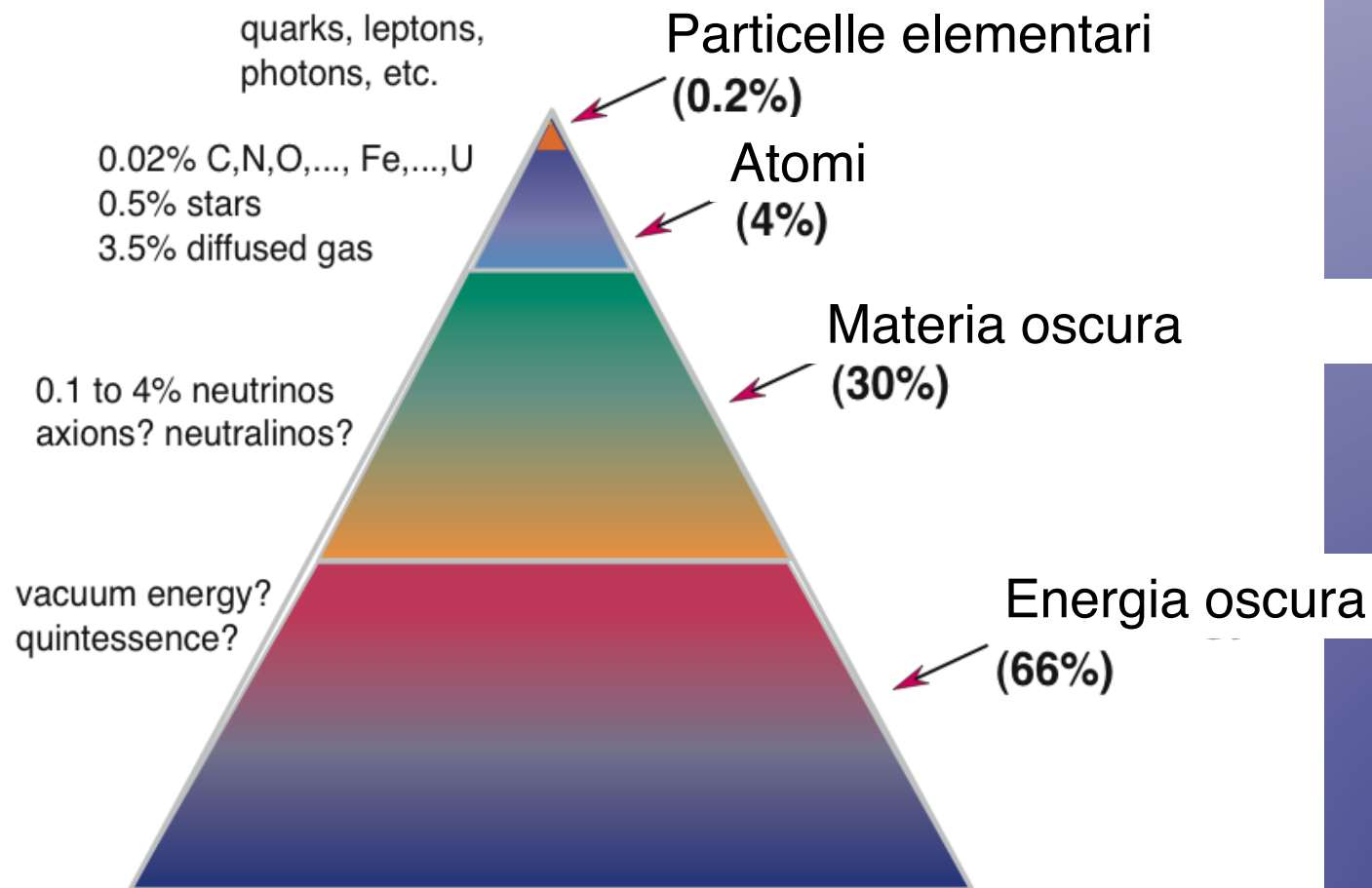
LHC?

Non conosciamo tutto (e di gran lunga!)

Mystery



Di che cosa è fatto l'Universo?
96% del "contenuto" è sconosciuto!



L'LHC aiuterà a risolvere alcuni di questi misteri

Particelle elementari



Origine della massa?
Particella di Higgs?

**L'Universo a 11
microsecondi**



Collisioni nucleari

Materia oscura nell'Universo



Supersimmetria?

Origine della materia



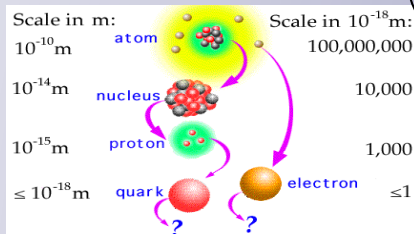
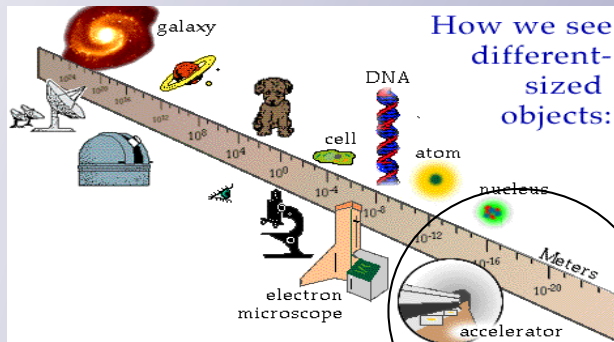
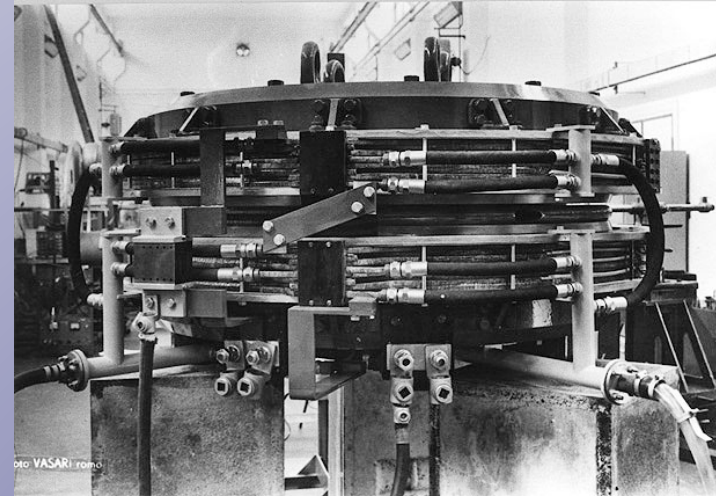
Asimmetria
materia-antimateria?

LHC esplorerà nuovi territori in fisica ...

Il Large Hadron Collider (LHC)

Che cosa è ?

Il Large Hadron Collider rappresenta l'ultima tappa di una storia iniziata in Italia (a Frascati) quando, nel 1961, entrò in funzione il primo anello di accumulazione per elettroni AdA.



- La ricerca dei costituenti ultimi della materia ha richiesto, nei decenni successivi, lo sviluppo di acceleratori sempre più grandi e potenti.

Luce $\lambda \approx 10^{-6}$ m

Particelle $\lambda \approx h/p$

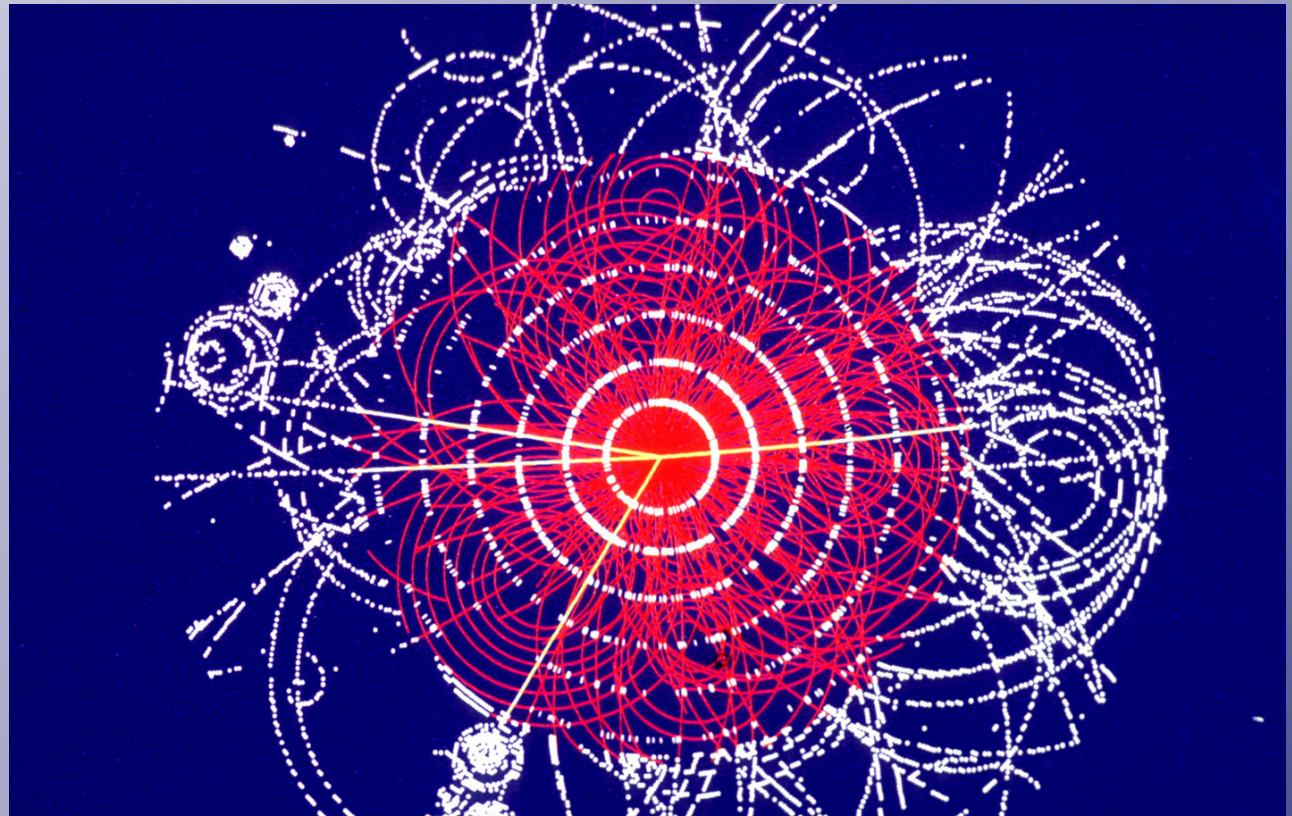
- Per avere λ piccolo è necessario aumentare p (la quantità di moto) e quindi l'energia delle particelle.

Identificazione dell'Higgs all'LHC

I due fasci di protoni da 7 TeV* all'LHC collideranno
800 milioni di volte al secondo

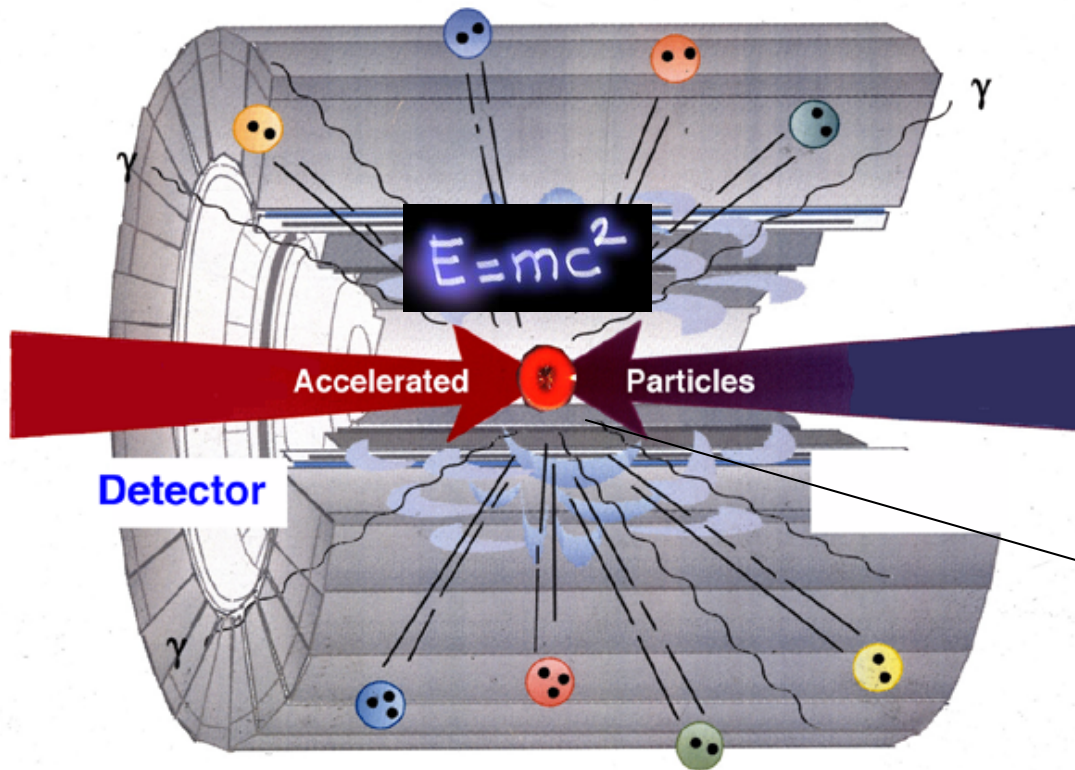
*100 milioni di volte
l'energia degli
elettroni nel tubo
catodico della TV.

* L'energia
immagazzinata in
uno dei due fasci è
equivalente
all'energia cinetica
di un Jumbo Jet al
decollo lanciato ad
una velocità di ~154
km/h



**Ci aspettiamo solo 1 Higgs ogni
1,000,000,000,000 eventi**

Come si studia la fisica delle particelle?



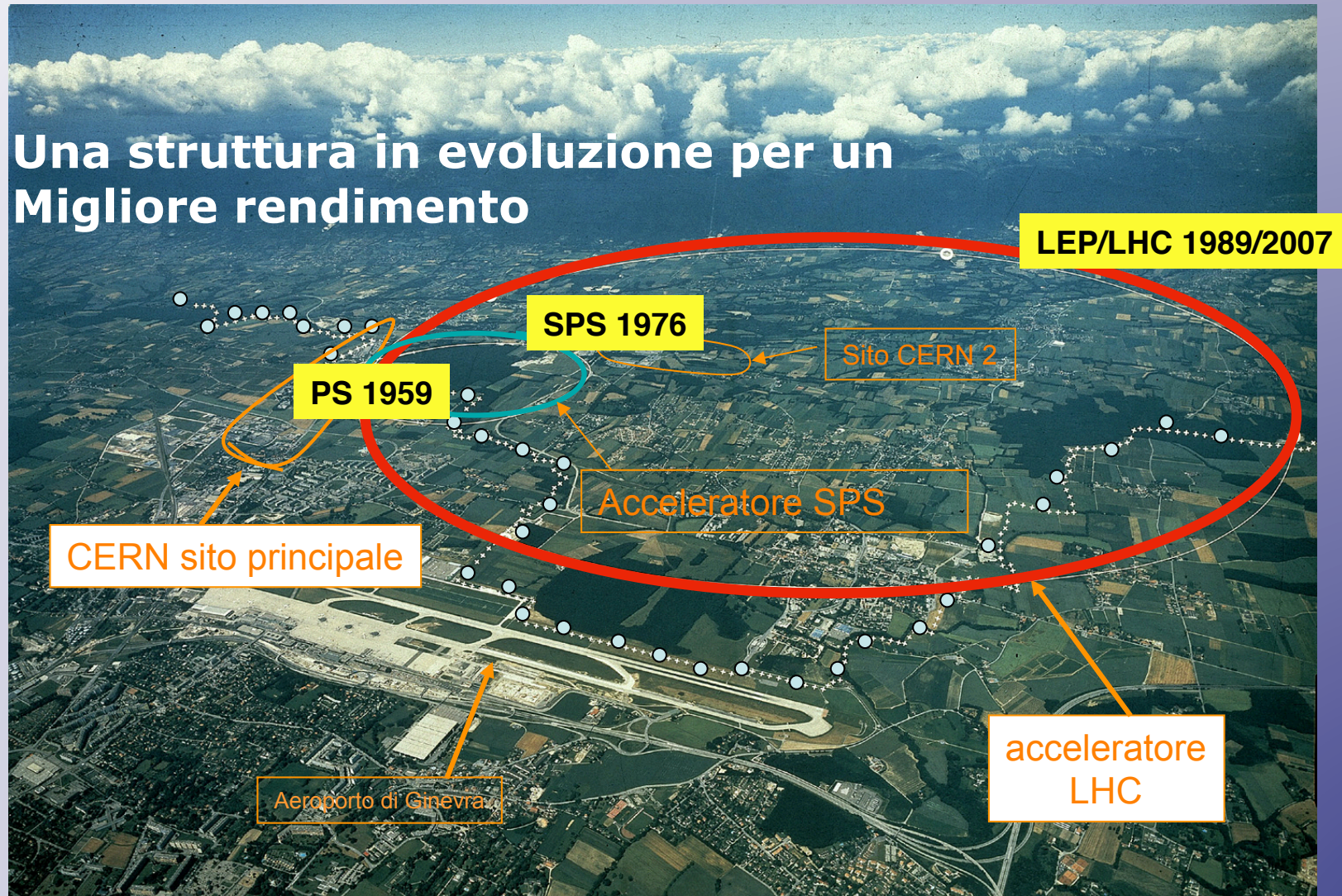
1) Concentrare l'energia sulle particelle (**acceleratori**)

2) **Far collidere le particelle** (ricreare le condizioni esistenti subito dopo il Big Bang)

3) Identificare le particelle così create (**Rivelatore**)

4) **Raccogliere ed analizzare i dati**

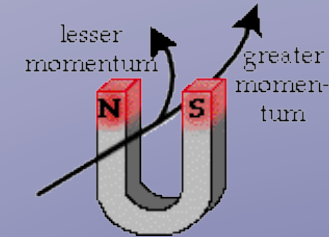
Una struttura in evoluzione per un Migliore rendimento



Il Large Hadron Collider (LHC)

I magneti superconduttori

Per curvare i protoni durante il processo di accelerazione è necessario utilizzare campi magnetici. Fissato il raggio dell'acceleratore, maggiore è l'energia del protone, più intenso deve essere il campo magnetico.

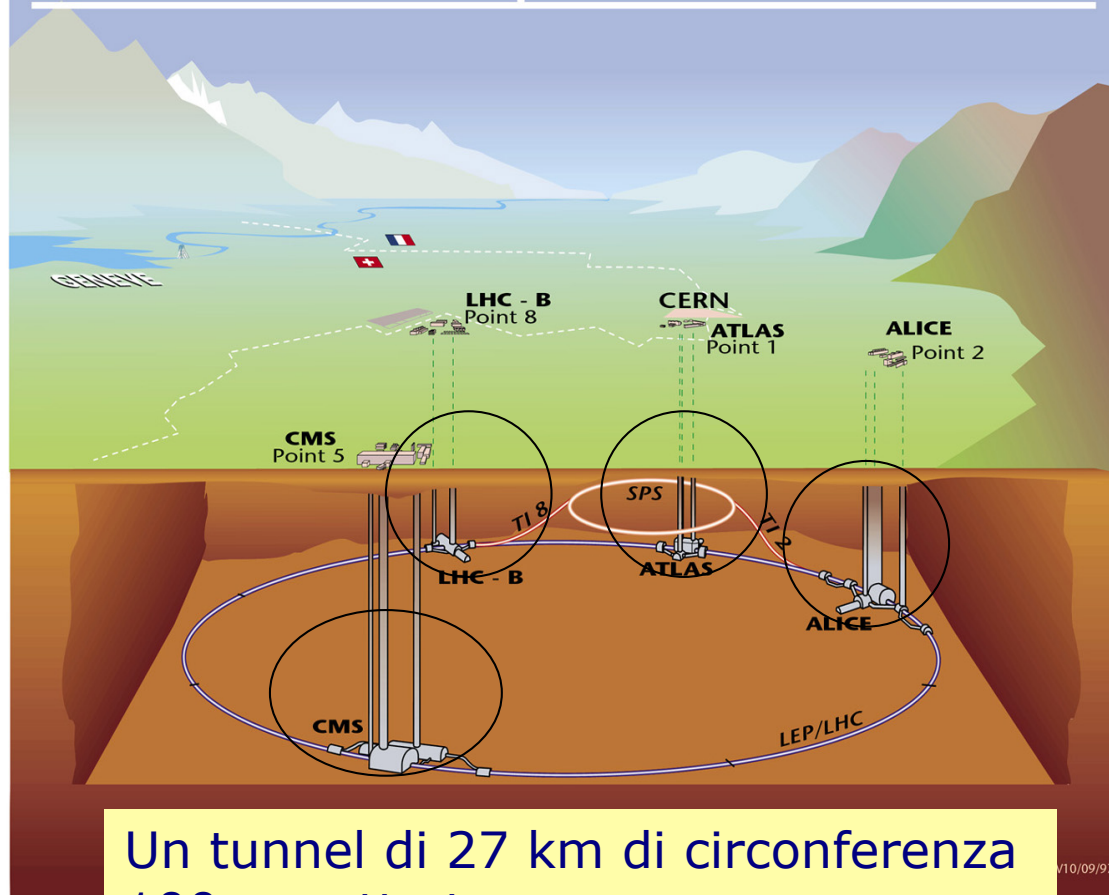


- Al LHC i campi magnetici sono ottenuti utilizzando elettromagneti in cui viene fatta circolare corrente e, per ottenere i campi magnetici necessari, si è dovuto ricorrere all'uso di **magneti superconduttori**.
- Ciò implica che per tutta la lunghezza della circonferenza dell'acceleratore (27 km) il sistema dei magneti dovrà essere mantenuto ad una temperatura di **1,9° Kelvin** (300° al disotto della temperatura ambiente e più bassa di quella esistente nello spazio cosmico).
- La produzione dei 7000 km di cavo superconduttore (Nb-Ti-Cu) per la costruzione dei magneti di LHC ha assorbito tutta la produzione mondiale per due anni.
- LHC è il più grande impianto criogenico mai costruito.

Costruire l'LHC

Il Large Hadron Collider (LHC) è lo strumento più potente mai costruito per studiare le proprietà delle particelle elementari.

Overall view of the LHC experiments.



- Quattro **caverne sotterranee giganti** per ospitare i rivelatori
- La **più alta energia**
- La **più alta frequenza di collisione** dei fasci di particelle
- Funzionerà ad una temperatura (-271.35°C) **più bassa di quella dello spazio interstellare** (-270.425°C)

L'LHC: come è?

L'LHC ha cominciato a funzionare da un paio d'anni.
Una sfida enorme in molti campi

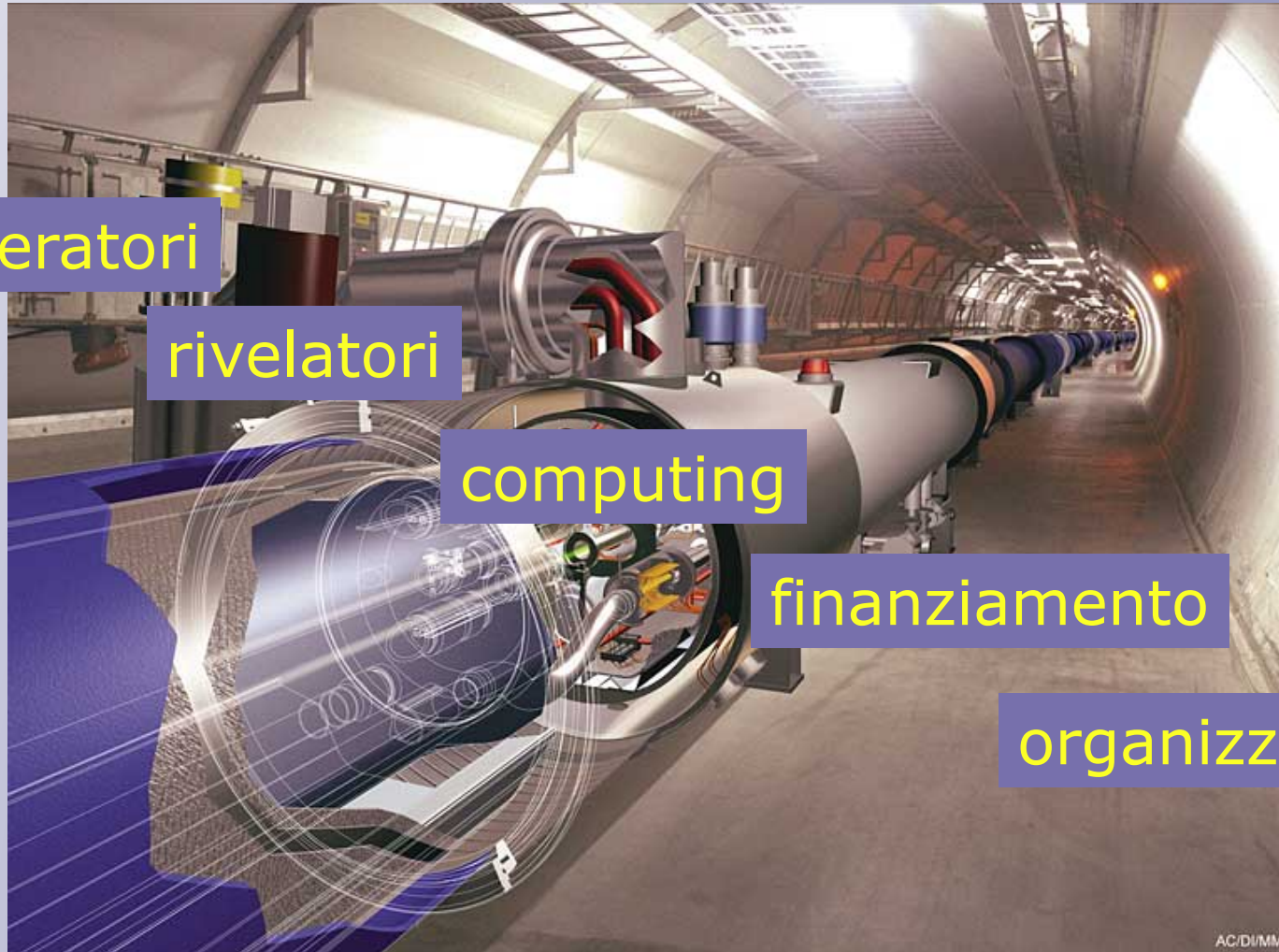
acceleratori

rivelatori

computing

finanziamento

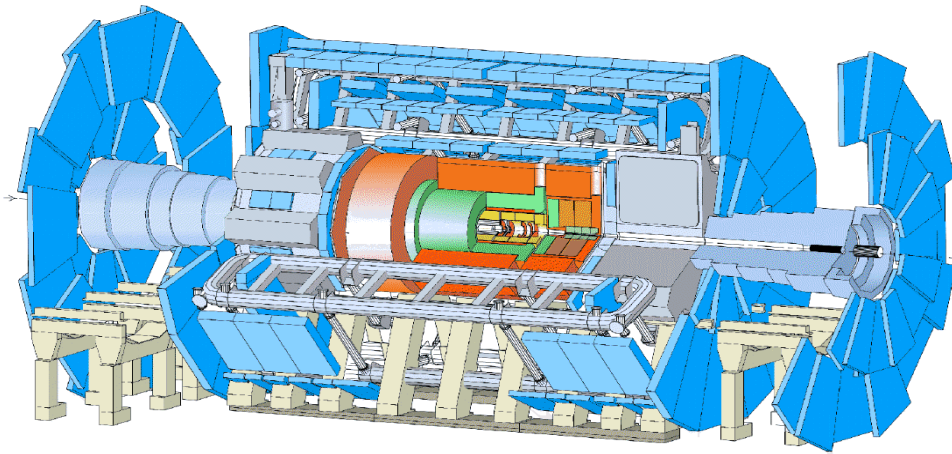
organizzazione



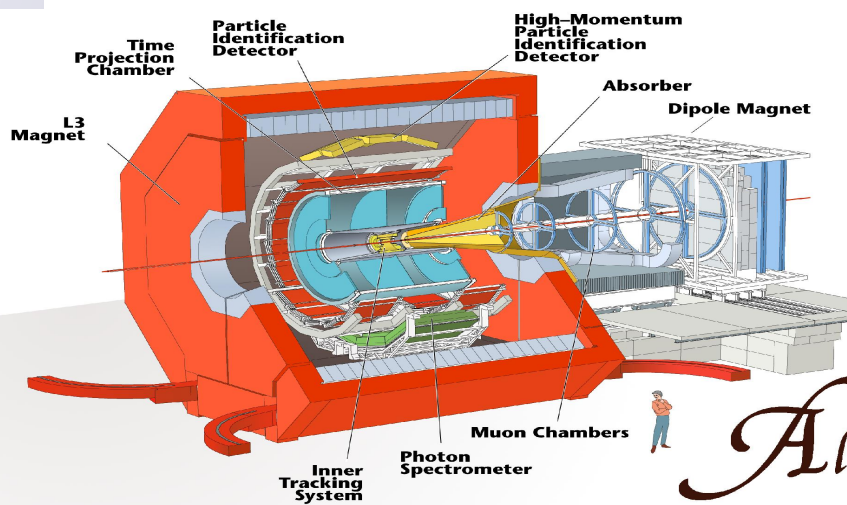
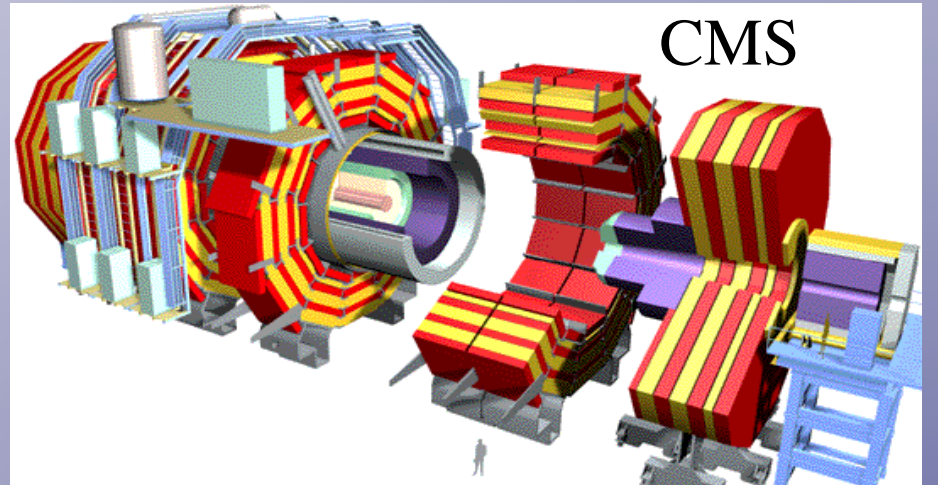
AC/D/1MM

Gli esperimenti all'LHC

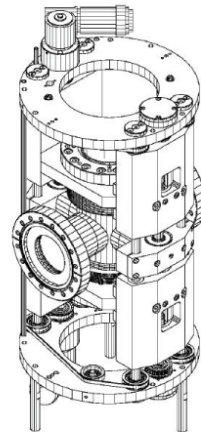
ATLAS



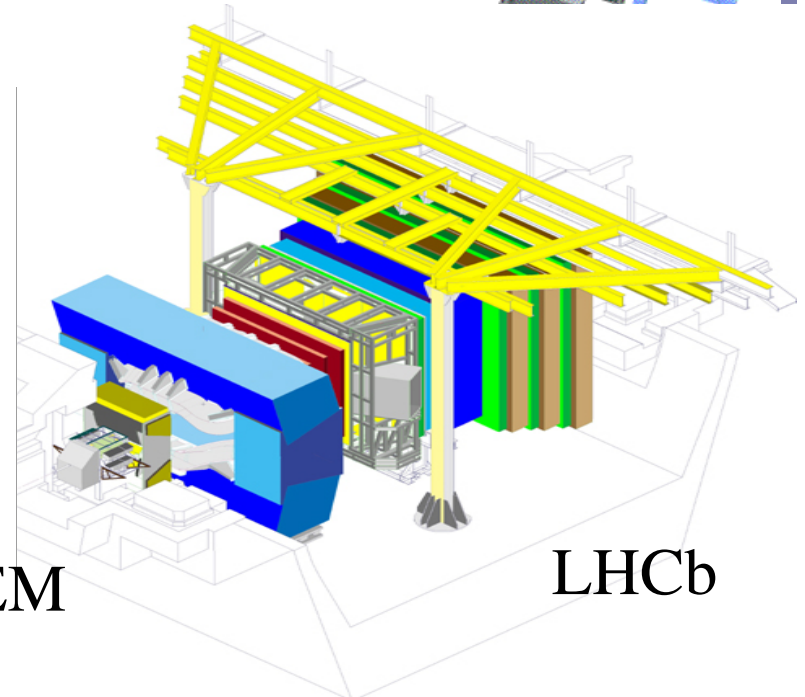
CMS



ALICE



TOTEM

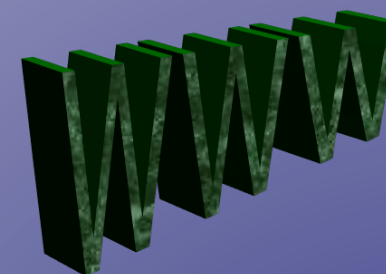


LHCb

La fase di costruzione



CERN, Internet e il WWW



>>> Condividere l'informazione

Una parentesi il WWW al CERN



CERN www.cern.ch

The world's largest particle physics laboratory

.. where the web was born!

Support to the victims of the Asian earthquakes and tsunamis

CERN'S Flagship Project: the LHC

World Year of PHYSICS 2005
Quantum Diaries

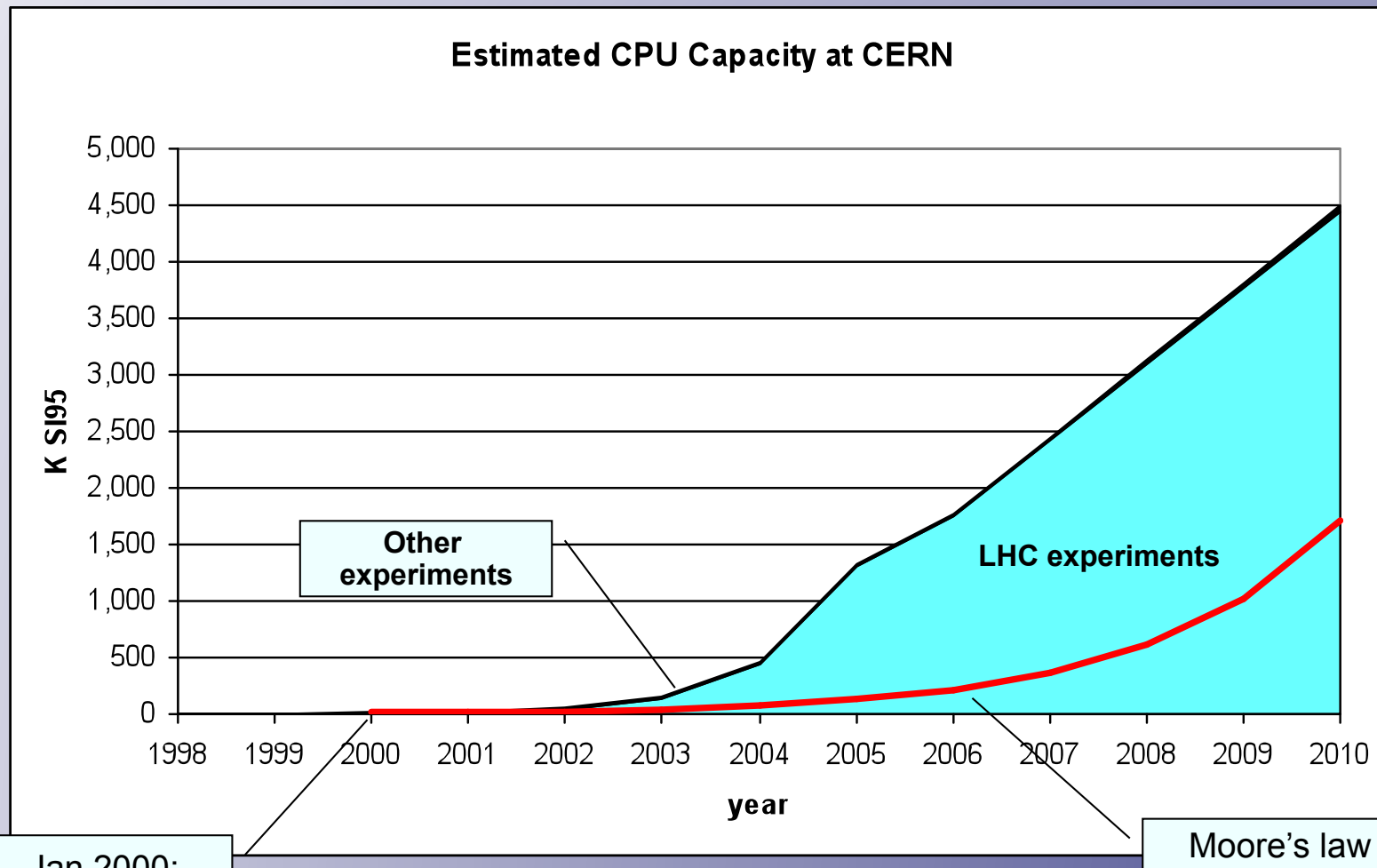
2004: CERN's 50th Anniversary

La necessità di lavorare in grandi collaborazioni tra i fisici delle alte energie ha dato un risultato molto importante verso la fine degli anni 80.

- Nel 1989, per facilitare lo scambio di informazioni scientifiche Tim Berners-Lee, un ricercatore del CERN ideò il **World Wide Web**, sicuramente una delle invenzioni con maggior impatto sociale negli ultimi decenni.
- Già nel 1991 le Università che collaboravano con il Cern avevano dei programmi per navigare sul Web. Poi è arrivato Bill Gates

Evoluzione dei bisogni del CERN in termini di potenza di calcolo

Alla fine del 1970 il CERN possedeva il computer più potente d'Europa: il Cray/XMP. Oggi, la PlayStation2 o l' Xbox è 2.5 volte più potente del Cray/XMP



Jan 2000:
3.5K SI95

Moore's law

Il Modello Standard

Questioni aperte – Il bosone di Higgs

Perché le particelle elementari (costituenti e portatori di forze) hanno masse così diverse tra di loro?

Da cosa ha origine la loro massa?

Il Modello Standard prevede che le particelle acquistino la loro massa attraverso il “meccanismo di Higgs”, a seguito della loro interazione con un nuovo campo “il campo di Higgs” che deve manifestarsi con il suo portatore “il bosone di Higgs”.

Il “problema” è che la dimostrazione sperimentale dell’esistenza del bosone di Higgs non è ancora stata ancora data.

La prova sperimentale dell’esistenza del bosone di Higgs è l’obiettivo principale della sperimentazione ad LHC. Il Modello Standard pone dei vincoli abbastanza precisi su quale dovrebbe essere la massa di questa particella, ma gli sperimentali sono pronti anche alle sorprese

Ringraziamenti

- Molto del materiale mostrato proviene direttamente dal sito del CERN (<http://public.web.cern.ch/public/>)
- Segnalo anche un'interessante conferenza semi-divulgativa di Sergio Patricelli dell'Università di Napoli "Federico II" (http://www.na.infn.it/fileadmin/infn/public/Divulgazione/Seminario_Patricelli.ppt)