

ACCELERATORI DI PARTICELLE E BUCHI NERI

Roberto Ferrari

Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

Bardi, 28 febbraio 2009

Sommario

1. - l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare
2. - il CERN
3. - le domande fondamentali
4. - l'universo e la forza di gravità
5. - lo studio delle particelle elementari
6. - LHC
7. - ATLAS

1. L'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

<http://www.infn.it/indexit.php>



I.N.F.N.

L'INFN promuove, coordina e realizza la ricerca fondamentale sui costituenti fondamentali della materia dell'Universo, ovvero la ricerca in fisica nucleare, subnucleare ed astroparticellare

A cosa serve la ricerca fondamentale?

[Bob Wilson, fondatore del Fermilab
alla commissione governativa sull'energia, 1969]

*It has only to do with the respect with which
we regard one another, the dignity of men,
our love of culture.*

It has to do with:

are we good painters, good sculptors, great poets?

*I mean all the things we really venerate
in our country and are patriotic about.*

*It has nothing to do directly with defending our country
except to make it worth defending.*

*("Non ha nulla a che fare direttamente
con la difesa militare del nostro paese,
se non che fa sì che valga la pena difenderlo")*

La Nascita



Origini dell'INFN

- 1951, 8 agosto: fondazione
 - Torino, Padova, Roma
- 1952: struttura in sezioni con l'aggiunta della sezione di Milano e laboratorio Testa Grigia (plateau Rosà 3480m)

Idea di Enrico Fermi degli anni '30. Il finanziamento delle singole Università non era sufficiente per le ricerche di Fisica atomica e nucleare. Occorreva un organismo nazionale interuniversitario.



Scopo: costruire un grande acceleratore che permettesse di fare ricerca competitiva



L'INFN Oggi



ENTE DISTRIBUITO SU TUTTO IL TERRITORIO

Presenza capillare ed equilibrata in tutto il territorio (16 regioni su 20): 19 sezioni, 11 gruppi, 4 laboratori nazionali, 1850 dipendenti.

Raggruppa 5000 ricercatori, la maggior parte universitari.

sezione
gruppo
laboratorio

FORTEMENTE INTEGRATO CON IL SISTEMA UNIVERSITARIO

L'Organizzazione

5 linee di ricerca coordinate dalle
"Commissioni Scientifiche Nazionali":

1: particelle (fisica delle alte energie ->
acceleratori)

2: astro-particelle (raggi cosmici)

3: fisica nucleare (sonde di "bassa energia")

4: fisica teorica

5: ricerca tecnologica

Attività "senza frontiere"

I gruppi di ricerca I.N.F.N. nella fisica delle "alte energie":

CDF al Tevatron -> FermiLab (USA)

Babar a PEP II -> SLAC (USA)

Hera-b, Zeus a HERA -> Desy (Germania)

MEG al PSI Proton Accelerator -> PSI (Svizzera)

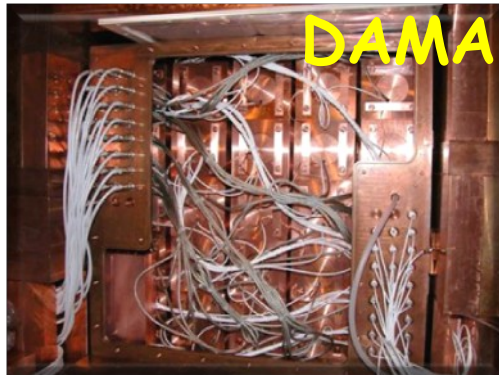
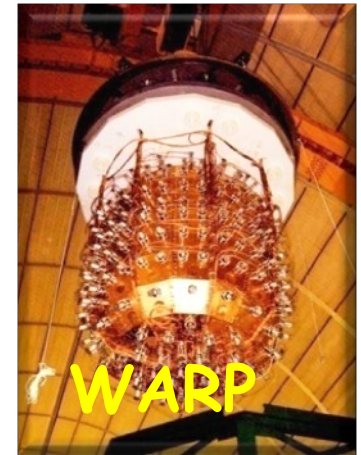
ATLAS, CMS, LHCb, ALICE, TOTEM, LHCf a LHC -> CERN

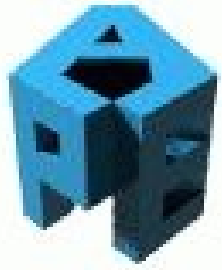
COMPASS, NA62 all' SPS -> CERN

KLOE a DAPHNE -> LNF (Frascati)

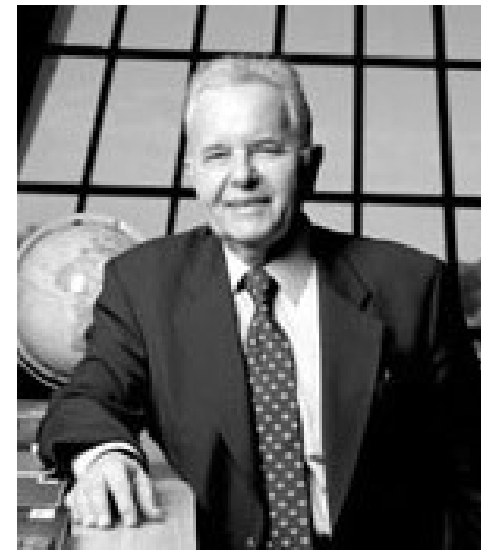
PANDA a FAIR -> GSI (Germania)

Astro - Particelle

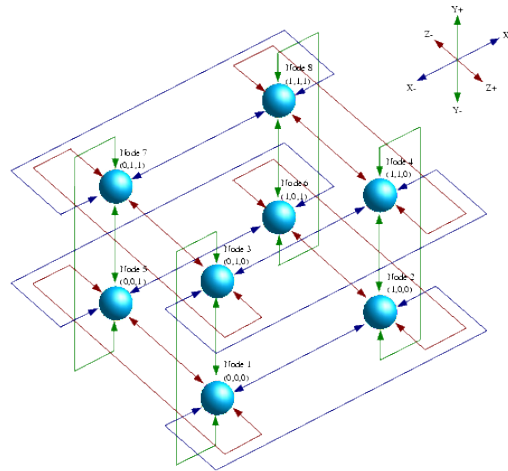




Dalla Fisica Teorica (!?) al Super-Computing ovvero il progetto APE



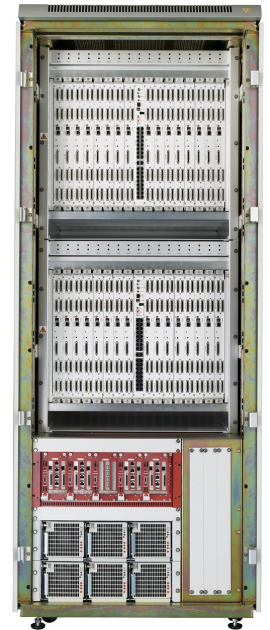
N. Cabibbo



Progetto INFN, in collaborazione con
DESY Zeuthen e Université Paris-Sud 11



“Italiano uno dei supercomputer
piu' potenti al mondo”
Newton, 24 gennaio 2005



"Ricadute Tecnologiche"

Ovvero l'INFN entra nella vita di tutti:

CNAO - Centro Nazionale di Adroterapia Oncologica

Centro per la cura di tumori con fasci di particelle (protoni e ioni), in costruzione a Pavia.

Tutta la parte di generazione e controllo dei fasci è sviluppata dall'INFN.

Centro simile in costruzione in Austria (sempre con il coinvolgimento dell'INFN)

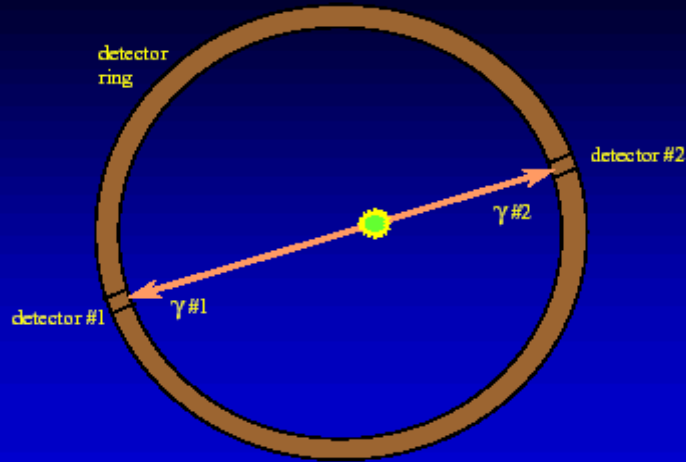
La PET: tomografia a positroni



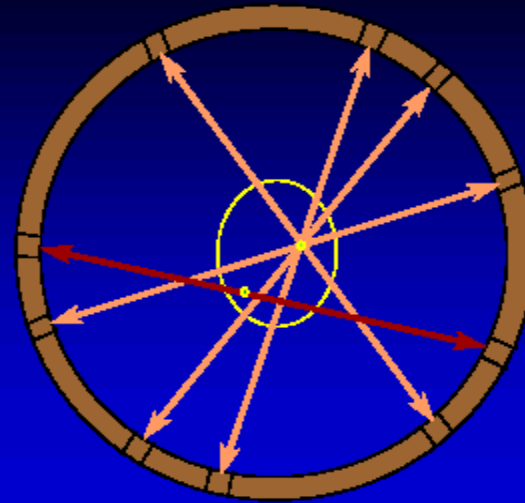
Bardi, 28 Febbraio 2009

Roberto Ferrari

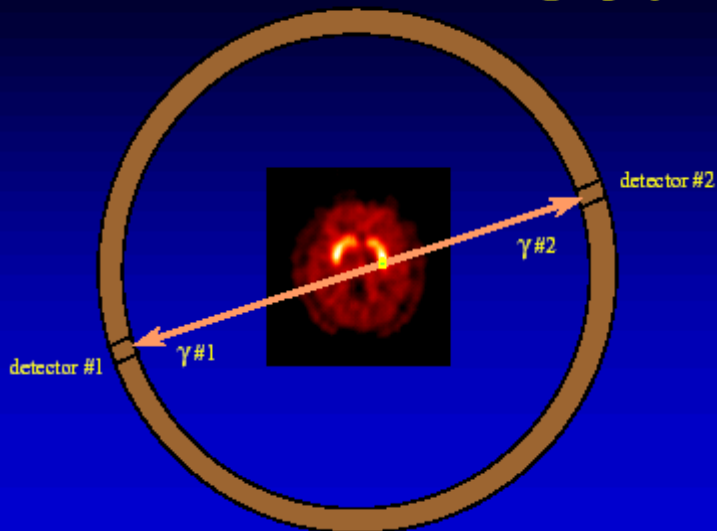
Positron Emission Tomography



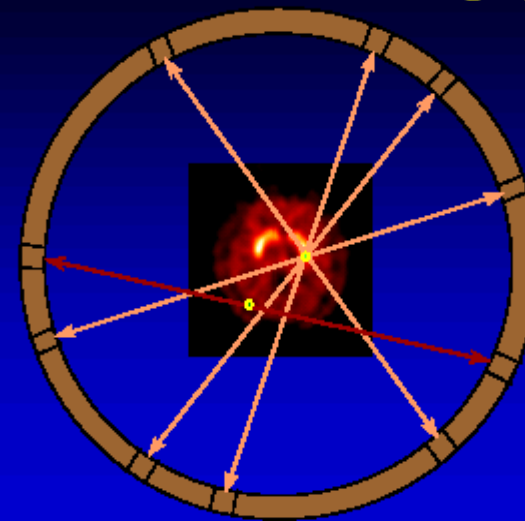
Positron Emission Tomography



Positron Emission Tomography

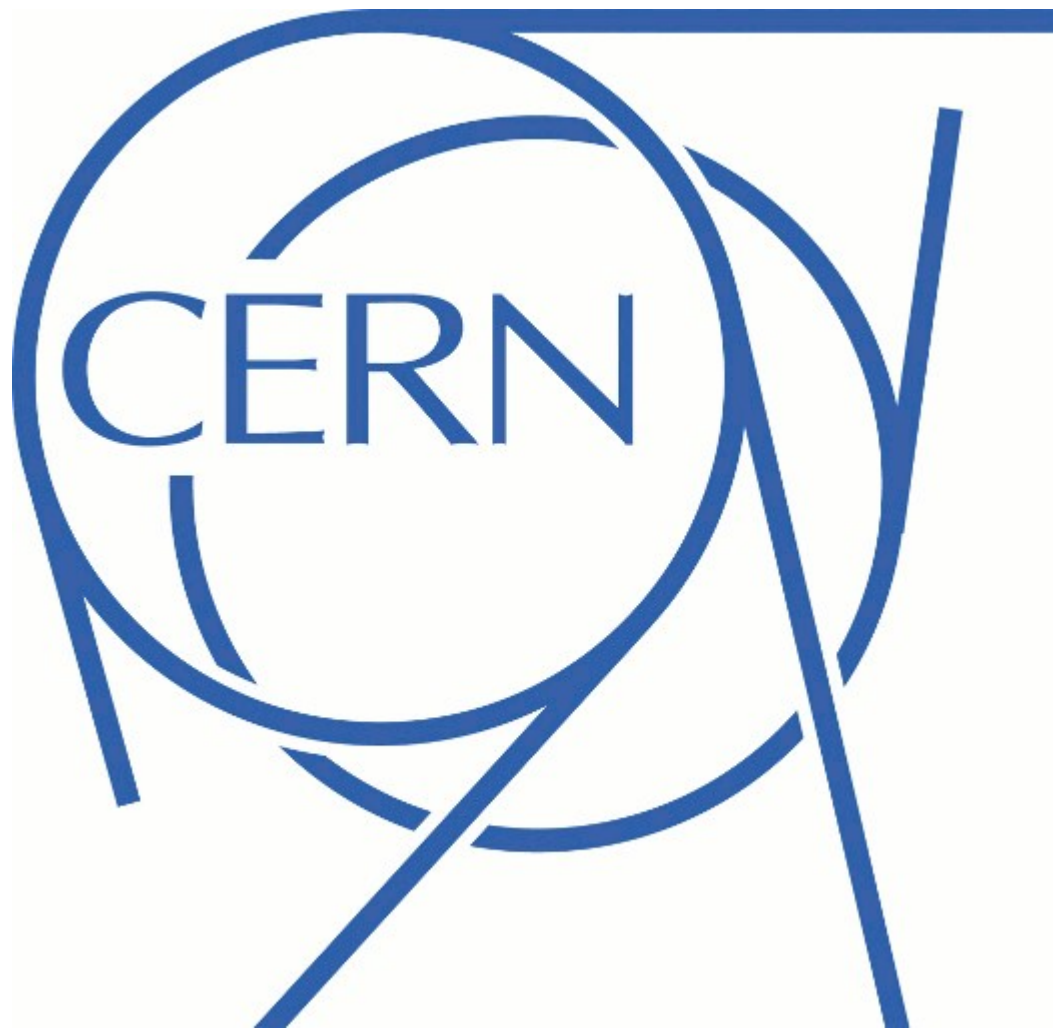


Positron Emission Tomography



2. II CERN

<http://www.cern.ch>



European Organization for Nuclear Research

CERN

Fondato nel 1954 da 12 stati membri (ora sono 20)

Laboratorio (ma non solo) di ricerca europeo per la fisica delle particelle →
piu' grande del mondo nel settore

Dati 2007:

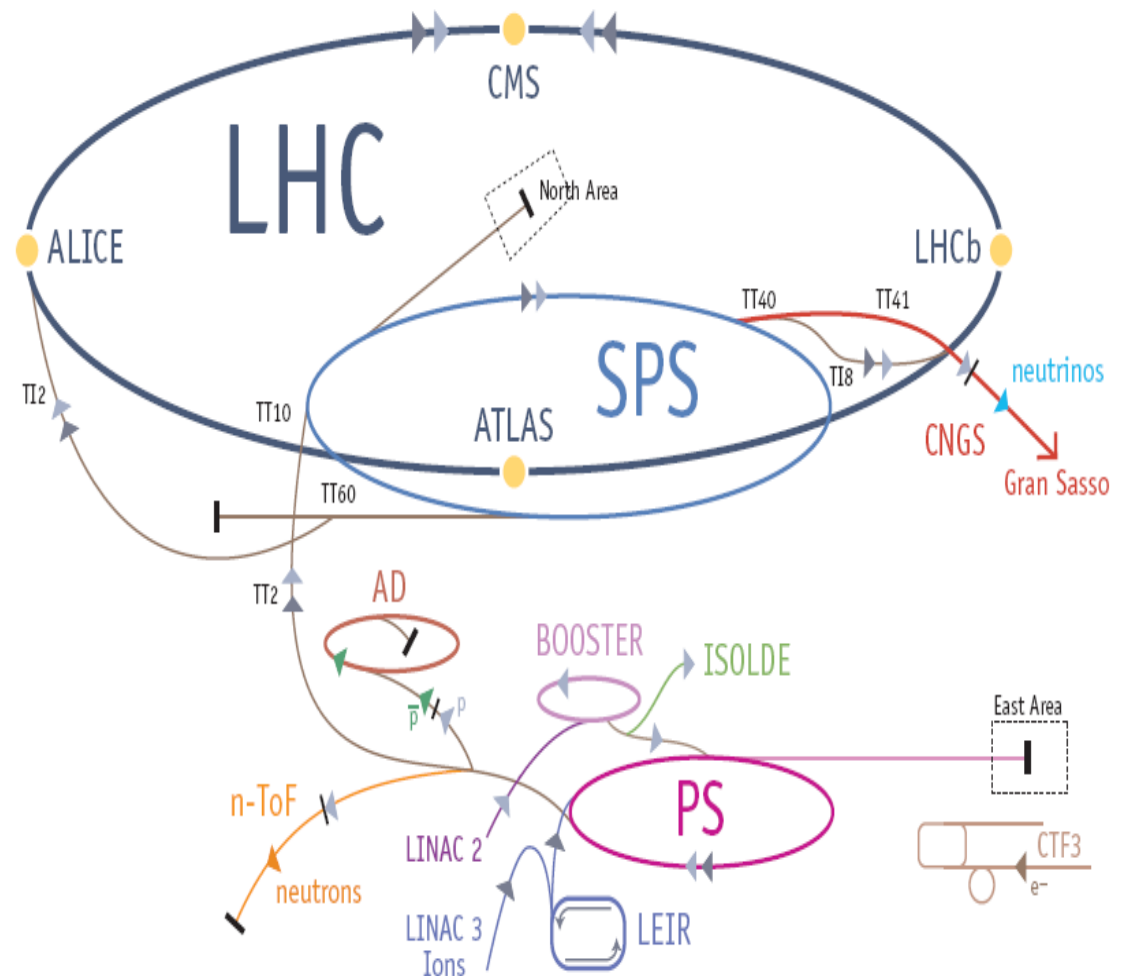
- 2600 dipendenti (staff), dei quali circa 1000 fisici e ingegneri
- coinvolge 9000 ricercatori da 560 istituti in 59 nazioni
- bilancio di ~ 1 miliardo di franchi svizzeri (~ 600 milioni di euro → per confronto: bilancio INFN ~ 270 milioni di Euro)

Stati membri contribuiscono proporzionalmente al proprio prodotto interno lordo (Italia ~ 13%)

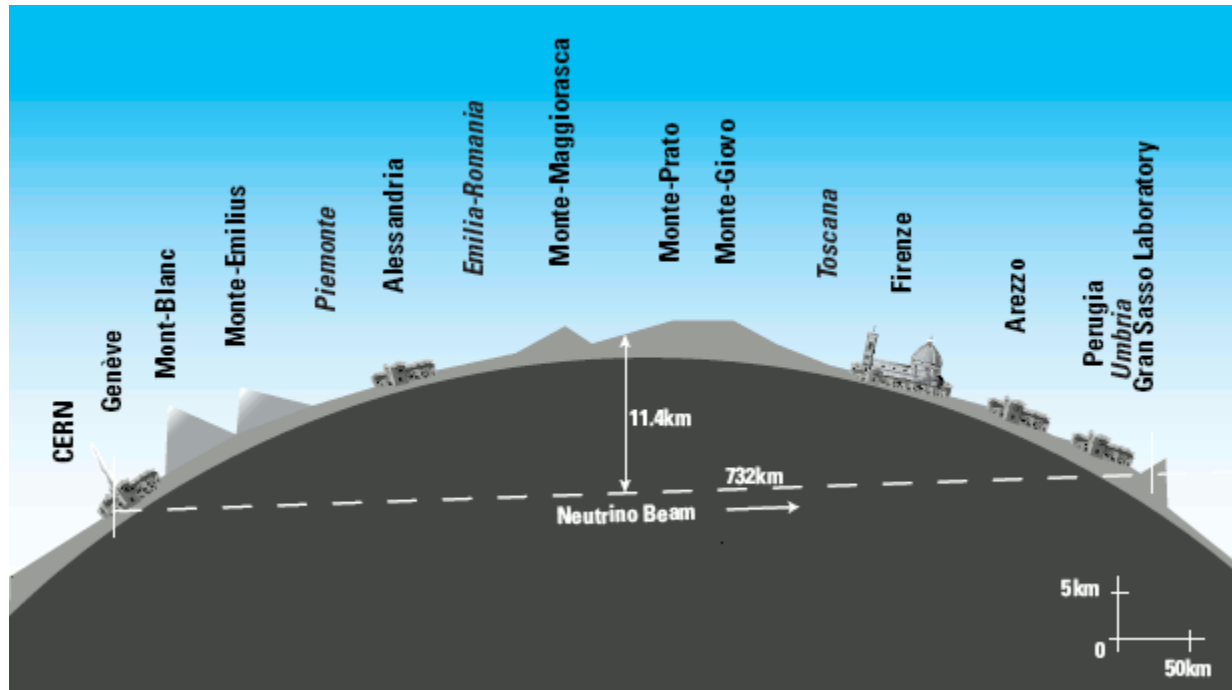
CERN (2)

Diverse possibilità sperimentali con fasci "primari" di protoni di diversa energia (PS, SPS, ..., LHC)

Programma di ricerca mirato (ma non esclusivo) alla fisica delle particelle.



Verso il Gran Sasso



Il fascio di neutrini per il Gran Sasso passa sotto il Monte Maggioreasca

CERN (3)

Acceleratori: responsabilita' (e costi) a carico del laboratorio
(ma per LHC → contributi per circa il 10% da stati non membri)

Esperimenti: collaborazioni internazionali con una loro struttura autonoma, ogni gruppo ha la propria agenzia di finanziamento (che non coincide necessariamente con l'ente di ricerca)

Gruppi italiani → INFN (in questo caso, sia ente di ricerca che agenzia di finanziamento)

Il Web

The screenshot shows a web browser window with the address bar containing the URL <http://public.web.cern.ch/public/en/About/Web-en.html>. The browser's menu bar includes File, Edit, View, History, Bookmarks, Tools, and Help. The address bar also shows a search engine dropdown set to Google. Below the address bar, there are navigation buttons for 'Più visitati', 'Popolare Network', and 'Rai Podcast Radio2'. The main content area features a navigation menu with links for 'About us', 'Science', 'Research', 'The LHC', and 'People'. A large image shows a man (Tim Berners-Lee) looking at a computer monitor displaying the CERN website. The page content includes a sidebar with a list of links: 'CERN's mission', 'CERN's structure', 'The name CERN', 'A global endeavour', 'History highlights', 'Nobel Prizes', 'Why fundamental science?', 'Basic science in a competitive world', 'The use of basic science', 'Where the web was born' (highlighted), 'How the web began', 'How the web works', and 'The first website: info.cern.ch'. The main text area is titled 'Where the web was born' and contains two paragraphs of text. The footer of the page reads 'Copyright CERN 2008 - Web Communications, DSU-CO'. The browser's status bar at the bottom shows 'Done'.

File Edit View History Bookmarks Tools Help

http://public.web.cern.ch/public/en/About/Web-en.html

Più visitati Popolare Network Rai Podcast Radio2

About us Science Research The LHC People

Where the web was born

Tim Berners-Lee, a scientist at CERN, invented the World Wide Web (WWW) in 1990. The Web, as it is affectionately called, was originally conceived and developed to meet the demand for automatic information sharing between scientists working in different universities and institutes all over the world.

CERN is not an isolated laboratory, but rather a focus for an extensive community that now includes about 60 countries and about 8000 scientists. Although these scientists typically spend some time on the CERN site, they usually work at universities and national laboratories in their home countries. Good contact is clearly essential.

The basic idea of the WWW was to merge the technologies of personal computers, computer networking and hypertext into a powerful and easy to use global information system.

Copyright CERN 2008 - [Web Communications](#), DSU-CO

Done

Edoardo Amaldi

Carpaneto Piacentino (5/9/1908) - Roma (5/12/1989)

Fisico ma soprattutto grande politico della scienza ...

Membro del "Gruppo di via Panisperna"

Fondamentale per la rinascita della fisica nucleare in Italia e in Europa nel dopoguerra

E' fra i motori della nascita di:

I.N.F.N. (1951) -> presidente (1960-1965)

CERN (1954) → primo direttore generale (1952-54)

European Space Agency (1975)

3. Le Domande Fondamentali

(e qualche elemento utile alla comprensione)

<http://scienzapertutti.Inf.infn.it>

Domande fondamentali

Di cosa siamo fatti ?

Come è nato l'universo ?

Come sta assieme ?

Come diventera' ?

Perché è scomparsa l'antimateria ?

... relativamente alle particelle

Cosa da' loro la massa (bosone di Higgs) ?

Come si manifesta la gravita' ?

Perché neutroni e neutrini (e di conseguenza, gli atomi) sono (per l'appunto) rigorosamente neutri ?

Quante e quali sono quelle davvero "fondamentali" ?

MASSA, CARICA ELETTRICA, NUMERO, ...

ad oggi non abbiamo alcuna spiegazione

Di cosa è composta la materia oscura ?

IL PROBLEMA

Universo (interazioni gravitazionali)

--> Relativita' Generale

Particelle (interazioni elettrodeboli e forti)

--> Meccanica Quantistica Relativistica

1. Entrambe le teorie funzionano

egregiamente nei rispettivi campi

2. *** Sono INCONCILIABILI ***

Come siamo fatti ...

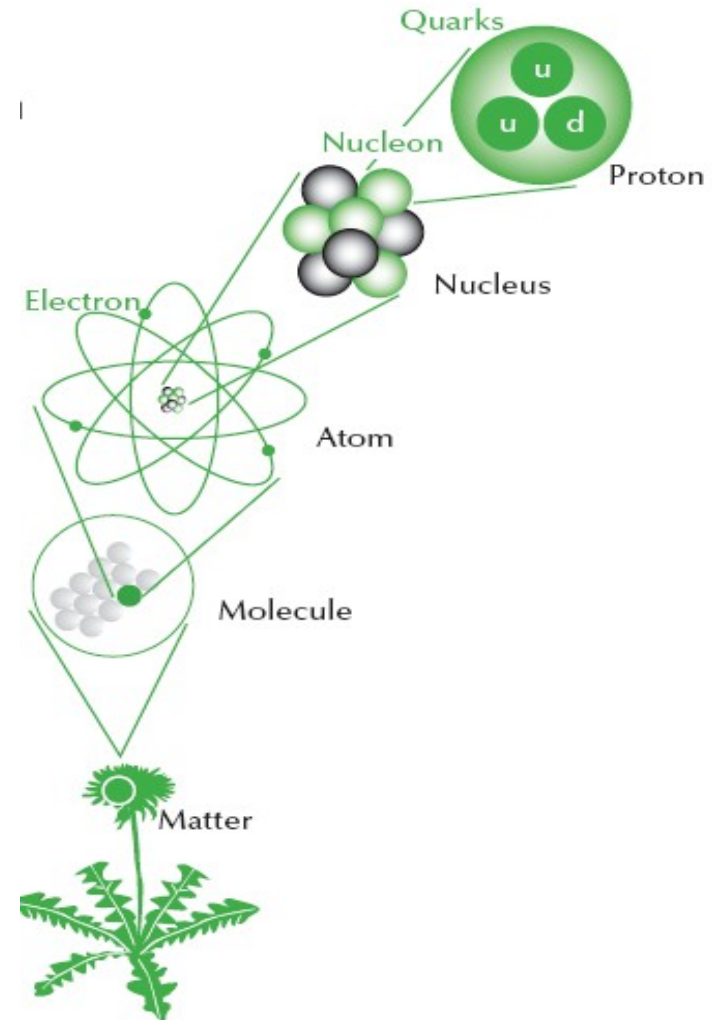
Cellula: qualche millesimo di mm
(10^{-6} m)

Molecola: qualche milionesimo di
mm (10^{-9} m)

Atomo: ~100 miliardesimi di mm
(10^{-10} m)

Nucleo: ~ 0.001 miliardesimi di mm
(10^{-15} m)

Quark: < 0.1 milionesimi di
miliardesimi di mm (10^{-19} m)



Dimensioni dell'universo

Atomo : Nucleo \approx Nucleo : Quark ($\sim 10^5$)

Uomo : Atomo \approx Atomo : Quark ($\sim 10^{10}$)

Eta' universo = 13.7 miliardi di anni

(1 anno luce = $9.5 * 10^{15}$ m)

→ dimensioni universo $\sim 10^{26}$ m

(circa 45 "ordini di grandezza" rispetto ai quark)

Potenze di 10

| | | |
|---|---------|---------------------------------------|
| $10^{-15} \text{ m} = 1 \text{ fm}$ | (femto) | -> protone |
| $10^{-12} \text{ m} = 1 \text{ pm}$ | (pico) | -> raggio X con $E = 200 \text{ keV}$ |
| $10^{-9} \text{ m} = 1 \text{ nm}$ | (nano) | -> atomi |
| $10^{-6} \text{ m} = 1 \text{ }\mu\text{m}$ | (micro) | -> cellule |
| $10^{-3} \text{ m} = 1 \text{ mm}$ | (milli) | -> 10 fogli di carta |
| 1 m | | -> braccio |
| $10^3 \text{ m} = 1 \text{ km}$ | (kilo) | -> 10 campi di calcio |
| $10^6 \text{ m} = 1 \text{ Mm}$ | (Mega) | -> distanza Londra |
| $10^9 \text{ m} = 1 \text{ Gm}$ | (Giga) | -> 2.5 * distanza luna |
| $10^{12} \text{ m} = 1 \text{ Tm}$ | (Tera) | -> 7 * distanza sole |
| $10^{15} \text{ m} = 1 \text{ Pm}$ | (Peta) | -> 1/40 * proxima centauri |

Unita' di misura

Distanze → metri (m)

Tempi → secondi (s)

Energie e Masse → elettron-Volt (eV)

1 eV = l'energia che acquista un elettrone se viene accelerato con una pila di 1 Volt

I portafogli conoscono altre unita': chilowattora (kWh), calorie (Cal), Joule (J) --- **Rapporti:**

$$1 \text{ eV} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 3.8 \cdot 10^{-23} \text{ Cal} = 4.5 \cdot 10^{-26} \text{ kWh}$$

$$[1 \text{ litro di benzina} \sim 2 \cdot 10^{+26} \text{ eV}]$$

4. L'Universo e la Forza di Gravità

<http://scienzapertutti.Inf.infn.it>

specifici sui buchi neri:

<http://library.thinkquest.org/C0118900/galassie/buchineri.htm>

http://www.pd.astro.it/planet/L23_045.html

<http://design.lbl.gov/education/blackholes/index.html>

http://antwrp.gsfc.nasa.gov/htmltest/gifcity/bh_pub_faq.html

Abbiamo tutti diritto ad un po' di gravitazione
(e di relativita') ...

1600-1700: ... Galileo ... Newton: $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$

Permette di calcolare (correttamente):

forza di attrazione fra corpi (es.: peso)

caduta dei corpi (traiettorie proiettili)

moto di pianeti e stelle ...

MA ...

Relativita' Generale

... ad es. per l'orbita di mercurio (perielio) i conti non tornano (?) ...

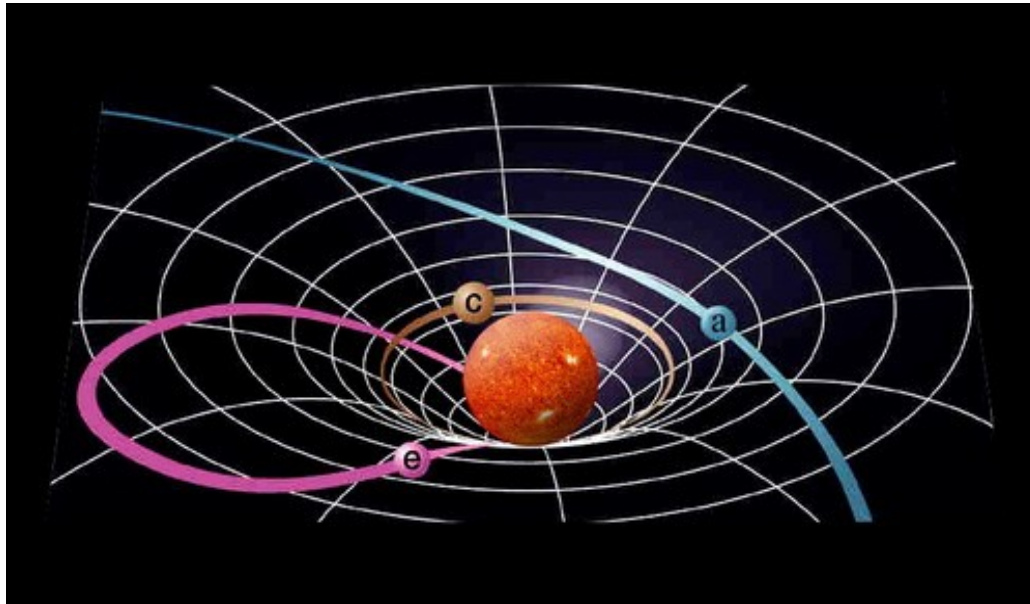
Einstein (interpretazione geometrica della forza di gravita'):

spazio-tempo deformato localmente dai corpi (dall'energia) ... come un sasso deforma un lenzuolo teso

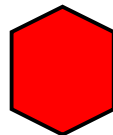
$$G_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu}$$

spazio-tempo materia-energia

Spazio Tempo e Materia



La materia dice allo spazio-tempo come curvarsi

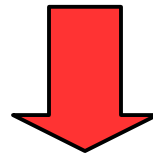


La curvatura dello spazio-tempo dice alla materia come muoversi

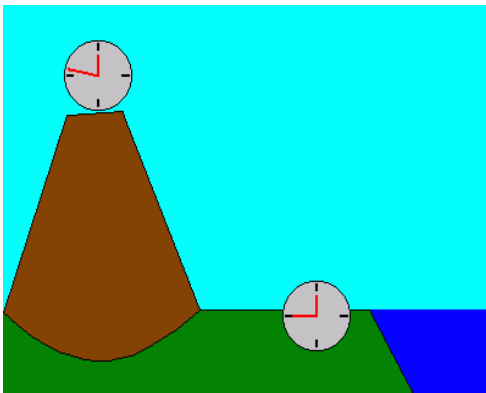
Alcune conseguenze

Il campo gravitazionale non è costante

Esempio: sulla terra diminuisce all'aumentare dell'altitudine

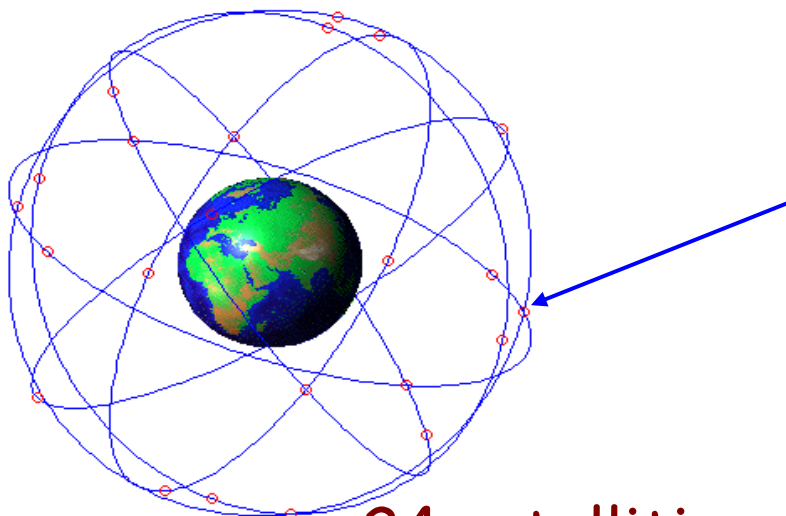


Dove la gravita' è piu' forte, il tempo scorre piu' lento



Orologi piu' veloci in montagna

GPS: global positioning system



24 satelliti

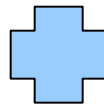
Altitudine: 20000 km

Periodo di rotazione: 12 ore

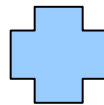
Precisione: ~5 metri

Funzionamento GPS

Almeno 4 satelliti sempre visibili da ogni punto della Terra ad ogni istante



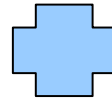
Ogni satellite ha un orologio atomico



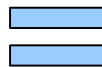
Il ricevitore GPS compara i segnali degli orologi di diversi satelliti per usare poi il metodo del posizionamento sferico

Senza Einstein ...

Relatività ristretta - dilatazione dei tempi
rispetto a chi sta sulla Terra, gli orologi sui satelliti
sono piu' lenti
(effetto dovuto alla velocita' del satellite)



Relatività generale - curvatura dello spazio-tempo
rispetto a chi sta sulla Terra, gli orologi sui satelliti
sono piu' veloci
(effetto dovuto alla "gravità" del satellite)



Errore di 10 km al giorno

Buchi Neri

Soluzioni non previste della eq. di Einstein (Schwarzschild)

Regioni dello spazio che inghiottono materia e radiazione e non la lasciano piu' uscire (osservati sperimentalmente)

Velocità di fuga > velocità della luce → condizione:

Raggio ("orizzonte degli eventi")

$$r < \sim (3 \text{ km} * \text{massa}) / (\text{massa del sole})$$

Sole: $\sim 3 \text{ km}$

Terra: $\sim 9 \text{ mm}$

Uomo: $\sim 10^{-22} \text{ mm}$ ($1 \text{ mm} / 10000$ miliardi di miliardi)

(1 protone $\sim 2 * 10^{-51} \text{ mm}$)

5. Lo Studio delle Particelle "Elementari"

<http://www.particleadventure.org>

<http://www.infn.it/multimedia/particle>

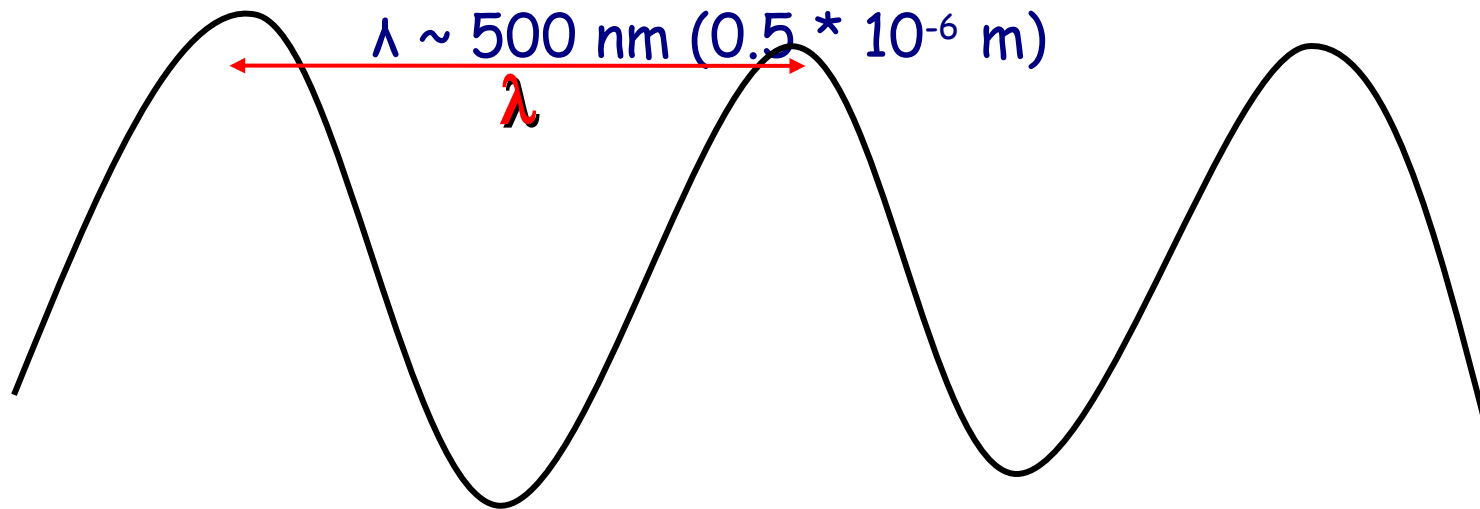
<http://microcosm.web.cern.ch>

Strumenti di indagine ...

Microscopio 1000x: $\sim 10^{-6}$ m (= 1 millesimo di millimetro) !

Microscopio⁻³ $\sim 10^{-12}$ m ???

Luce visibile : onda con dimensione (lunghezza d'onda)

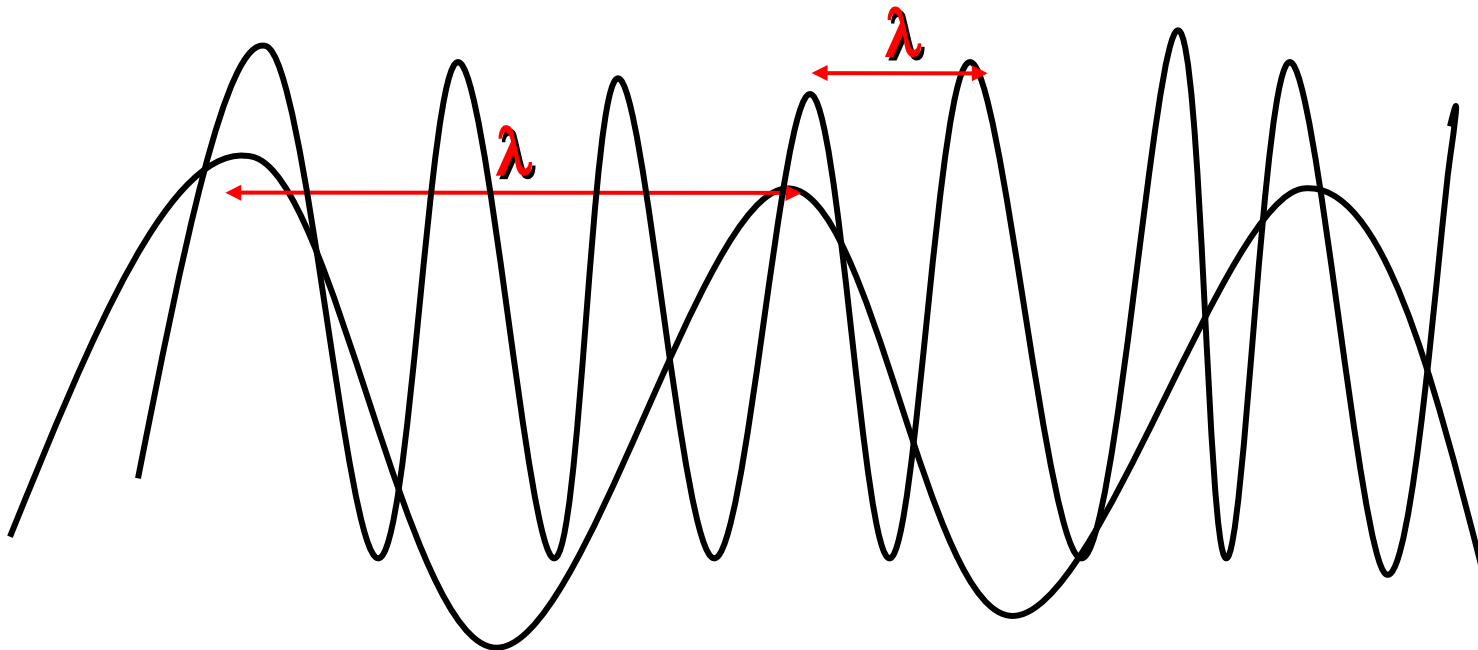


~ 5000 atomi entro una sola lunghezza d'onda
impossibile "risolvere" ("vedere") un singolo atomo !
(e la sua struttura)

Energia e lunghezza

lunghezza d'onda * frequenza = velocita' della luce

frequenza * costante di Planck = energia



$$E * \lambda = 200 \text{ eV} * 10^{-9} \text{ m}$$

$$(1 \text{ nm} \rightarrow 200 \text{ eV})$$

$$1 \text{ eV} = 1 \text{ elettron-Volt}$$

Osservare le Particelle

raggio protone $\sim 10^{-15}$ m

per investigarne la struttura

$$\lambda < 10^{-16} \text{ m} \quad \implies \quad E > 2000 \text{ MeV}$$

massa protone $\sim 1000 \text{ MeV}$ ($E = mc^2$)

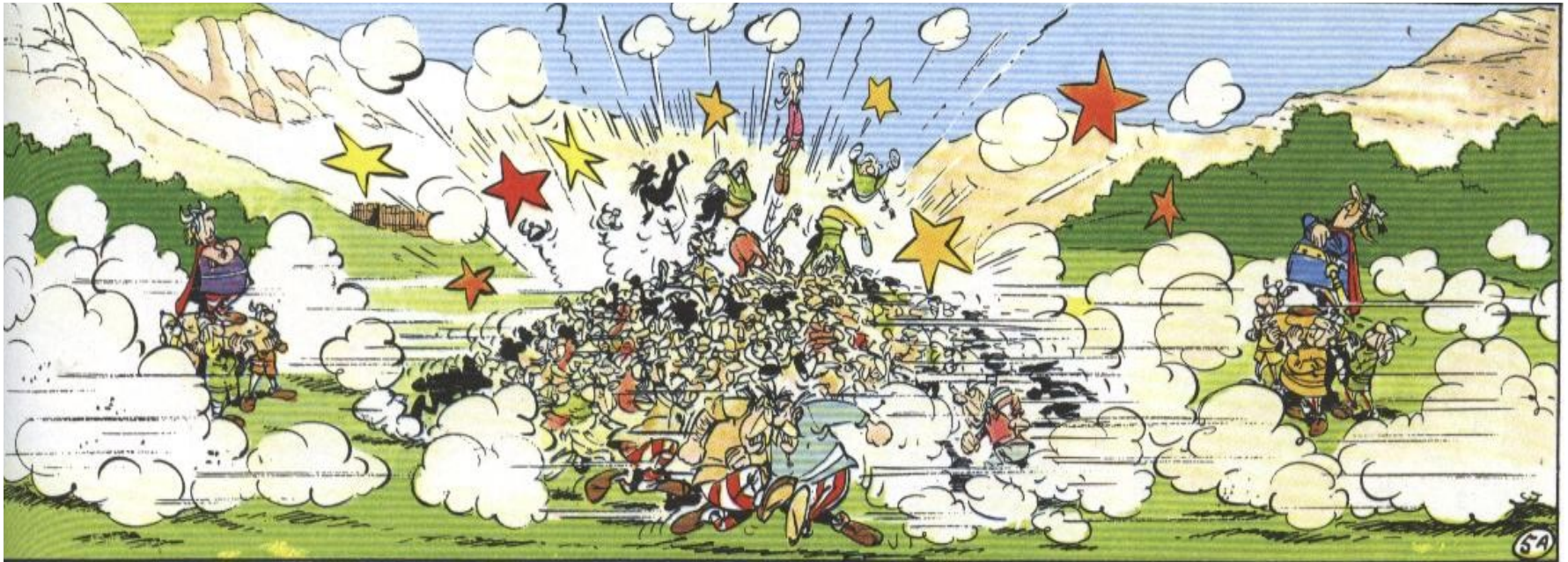
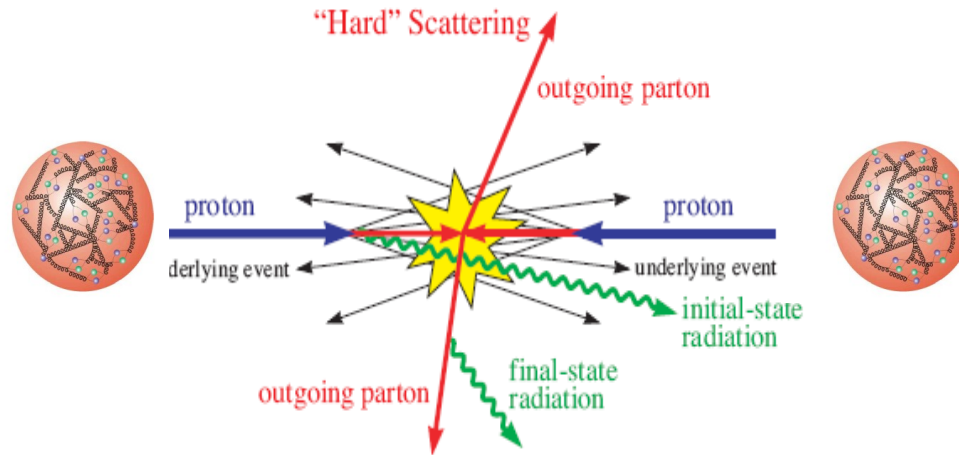
ovvero

servono delle sonde con energia superiore a quella del
"bersaglio"

*** Per capire come è fatto il giocattolo, è
necessario romperlo

(i bambini lo sanno benissimo)

Urti Profondamente Inelastici



Microscopi per Particelle

Maggiore è l'energia degli urti

→ migliore la capacità di risoluzione del "microscopio":

A LHC, Energia = 7 + 7 TeV = 14 TeV

→ $\lambda \sim 10^{-20}$ m

LHC = Microscopio più potente mai costruito !

Record attuale: Tevatron a Fermilab (USA) E = 2 TeV

1 TeV = energia di una zanzara in volo... concentrata in uno spazio
un milione di milioni di volte più piccolo ...

Nuove Particelle

Altra legge fondamentale della natura:

$$E = mc^2$$

Aumentando l'energia si possono produrre particelle sempre piu' pesanti (ma sempre piu' "rare"):

es. bosone di Higgs (se esiste)

altre nuove particelle ?

(ci sono teorie che prevedono di tutto e di piu')

Macchine del Tempo

A LHC, densità di energia e temperature negli urti protone-protone (ma soprattutto piombo-piombo) simili a quelle presenti pochi istanti (10^{-25} sec) dopo il Big Bang:

materia ordinaria completamente "fusa"

→ nuovo stato della materia

→ plasma di quark e gluoni (?)

L'Inizio (~1910)

- Gran parte degli elementi chimici identificata
- Classificazione incomprensibile
- Nessuna ipotesi solida sulla struttura interna degli atomi

Esperimento di Rutherford: bombardamento di una lamina d'oro con particelle alfa

Sorpresa: anche se molte particelle attraversano la lamina quasi indisturbate, non poche rimbalzano a grandi angoli

Atomo: nucleo quasi puntiforme circondato (a grandi distanze) da una nube di elettroni:
un campo di calcio con qualche granello di sabbia al centro

I Quark (1969)

- Nel dopo guerra una grande varietà di particelle parenti di protoni e neutroni era stata identificata
(E. Fermi: "Giovanotto, se riuscissi a ricordare i nomi di tutte queste particelle sarei stato un botanico")
- Classificazione abbastanza sorprendente e ostica
- Necessarie un sacco di regole "empiriche" per descriverne proprietà e relazioni

J. Friedman, H. Kendall, R. Taylor a SLAC
(Stanford): un fascio di elettroni contro
un bersaglio di protoni

Non pochi elettroni rimbalzano a grandi angoli
→ dentro ai protoni ci sono dei mattoncini più
"fondamentali"

Nuove Particelle

1974 B. Richter (e^+e^- , SLAC), S. Ting (p-Be, Brookhaven)
→ quark Charm

*** Frascati (quando la sfiga ci vede benissimo) ***

1975 M. Perl (e^+e^- , SLAC) → leptone Tau

1977 L. Lederman (p-Be, Fermilab) → quark Bottom

1983 C. Rubbia, S. van der Meer (p-pbar, CERN) → bosoni W e Z

1995 CDF, D0 (p-pbar, Fermilab) → quark Top

La nostra "tavola periodica"

Particelle "materia" e particelle
"forza" (+ relative antiparticelle)

Tre famiglie (?), il nostro mondo fatto
della prima (e un po' di seconda)

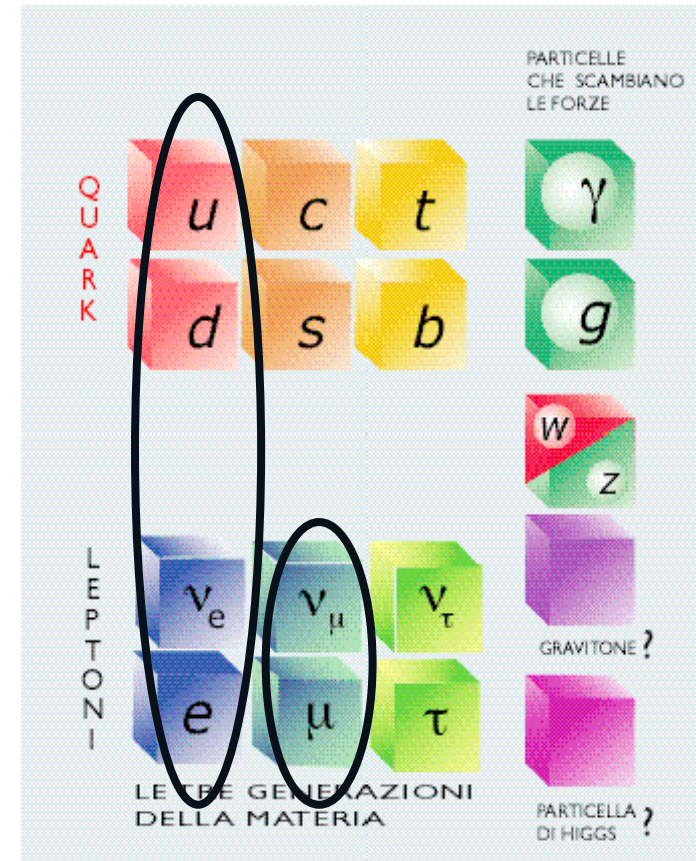
4 forze (intensita' relativa):

Gravita' (10^{-36})

Forza elettromagnetica (10^{-2})

Forza nucleare debole (10^{-5})

Forza nucleare forte (1)

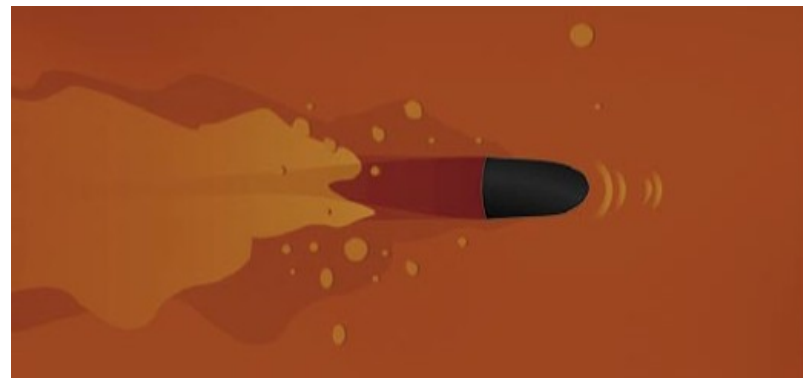
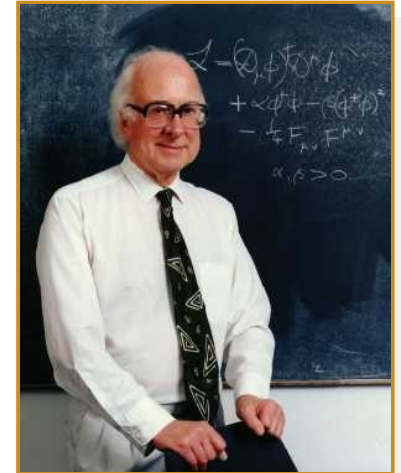


Bosone di Higgs

- 40 anni fa Peter Higgs ha ipotizzato un campo di forza che permea tutto (anche il vuoto) e frena le particelle, come la gelatina frena un proiettile
- questo campo è generato da una particella non ancora osservata:

il bosone di Higgs

- rallentare una particella equivale a farle acquisire una massa
- particelle indifferenti a questo campo di forza restano di massa zero



6. LHC

Large Hadron Collider

(Grande Collisore Adronico)

<http://lhc.web.cern.ch/lhc>

<http://lhc-machine-outreach.web.cern.ch>

<http://microcosm.web.cern.ch/microcosm/LHCGame/LHCGame.html>

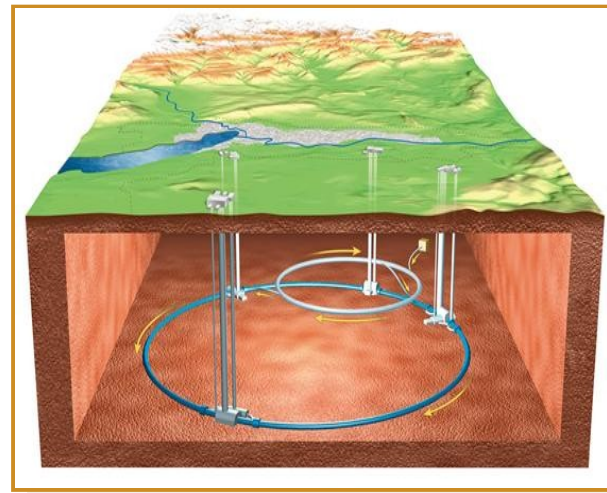
The Large Hadron rap (Katie McAlpine):

<http://www.youtube.com/watch?v=f6aU-wFSqt0>

LHC

- 27 km di circonferenza
- protoni contro protoni / piombo contro piombo ogni 25 ns
- collisioni a 14 TeV (inizialmente ≤ 10 TeV) / 1150 TeV (!)
- consumo ~ 120 MW (meta' del totale CERN)
- costo ~ 4 miliardi di Euro (in ~ 10 anni)

4 giganteschi apparati sperimentali a ~ 100 m di profondita'



Accelerazione

Tutto parte da una bombola di idrogeno ...

Gli atomi vengono ionizzati ("spogliati" dell'unico elettrone)

Un campo elettrico spinge i protoni "nudi" nel primo acceleratore

Campi magnetici li catturano e li tengono sulla "giostra"

Campi elettrici e elettromagnetici (radiofrequenze) li accelerano

All'energia giusta vengono passati nell'acceleratore successivo

Protoni in pacchetti (in LHC 2808 con 10^{11} protoni ciascuno)

Qualche numero di LHC ...

Campi magnetici (quasi 10000 magneti superconduttori, correnti elettriche di 11700 ampere):

immaginate le catene del calcincolo

Campi elettromagnetici (16 cavità a radiofrequenza):

immaginate un braccio che dà una spinta ogni volta che un seggiolino gli passa davanti

Nei fasci di LHC: 350 MJ di energia (~ quella di un TGV a 150 km/h)

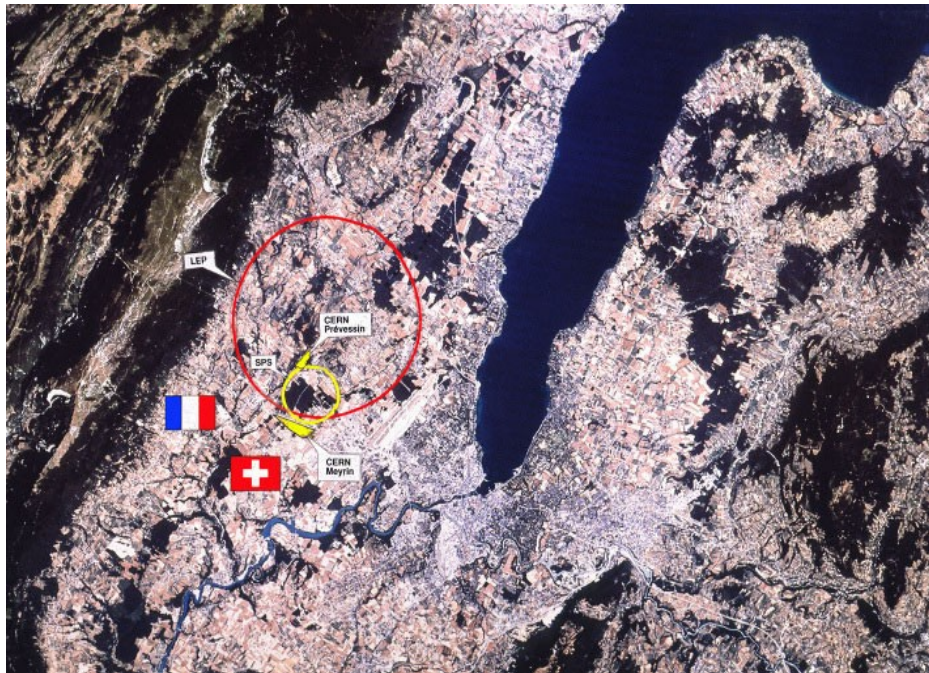
→ sufficiente a fondere 500 kg di rame

Nei magneti di LHC: ~ 30 volte tanto (11 GJ)

LHC: il circuito piu' veloce del pianeta

Milioni di miliardi di protoni percorreranno i 27 km dell'anello, viaggiando al 99.99999991 % della velocita' della luce

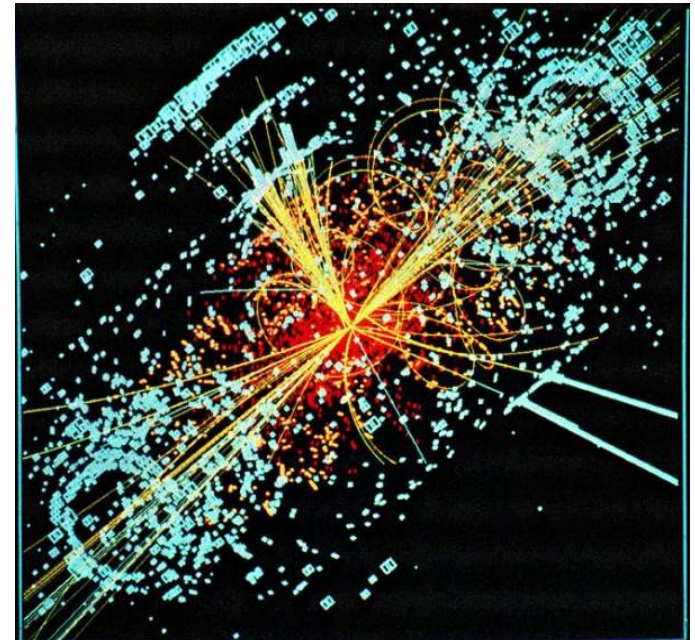
I pacchetti di protoni si scontreranno ogni 25 ns
40 milioni di volte al secondo



LHC: lo spazio piu' vuoto del sistema solare

Accelerare i protoni a quelle velocità richiede un vuoto pari a quello dello spazio interplanetario

Sulla Luna, l'atmosfera è 10 volte piu' densa di quella all'interno del tubo di trasporto dei protoni in LHC



LHC: il posto piu' caldo della galassia

Quando due fasci di protoni collidono, generano temperature 100mila volte superiori a quelle dell'interno del Sole, ma in uno spazio infinitesimo

LHC: il posto piu' freddo nell'Universo

I magneti superconduttori di LHC operano ad una temperatura di $-271.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($= 1.9\text{ K}$), inferiore a quella dello spazio interplanetario ($-270.5\text{ }^{\circ}\text{C} = 2.7\text{ K}$)

La Griglia (GRID)

Dati LHC (15 milioni di GB)
equivalenti a ~20 milioni di
CD (una pila alta 20 km)
ogni anno

Per l'analisi necessari
~100mila dei più veloci
processori odierni



WWW accesso a
informazione archiviata in
diverse località
geografiche

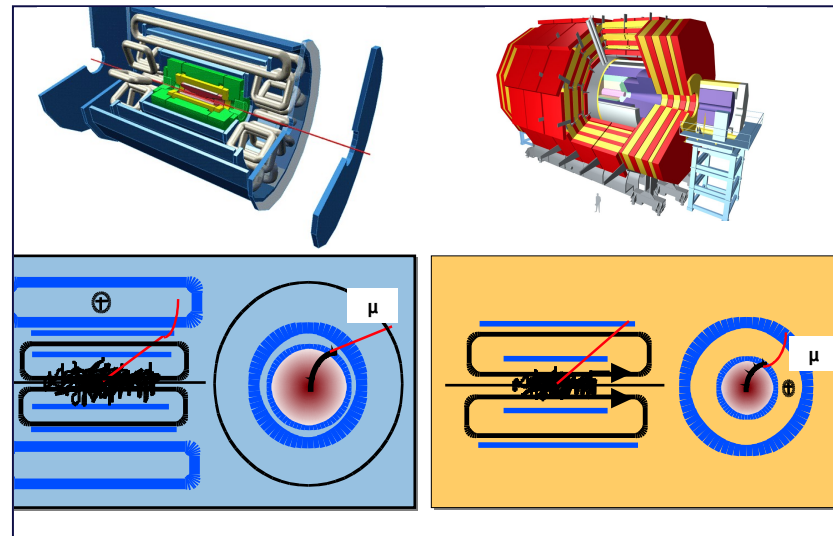
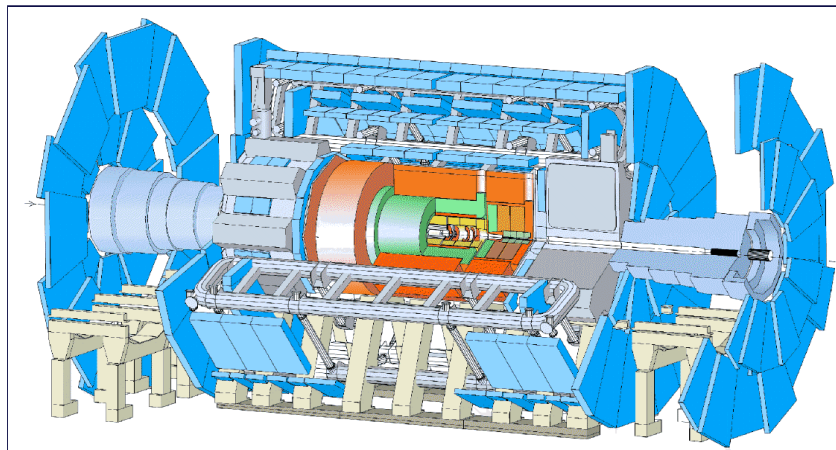
GRID infrastruttura che
fornirà accesso a potenza
di calcolo e capacità di
archiviazione dati
distribuite in tutto il globo



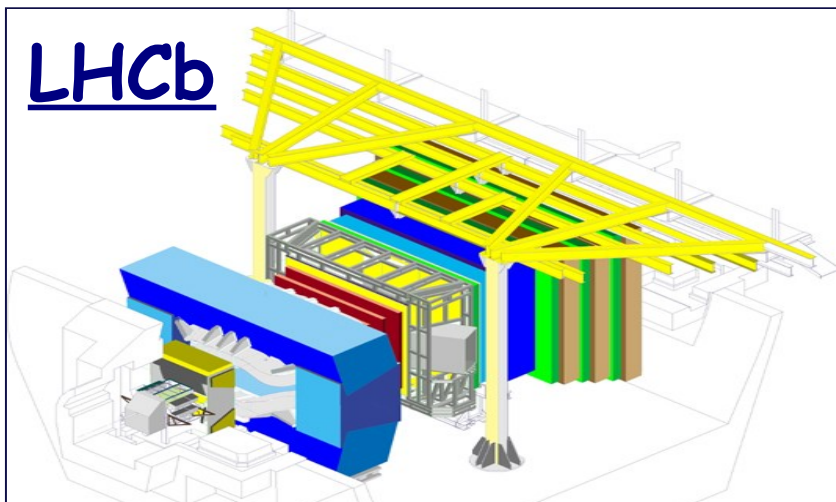
I Quattro Moschettieri

ATLAS

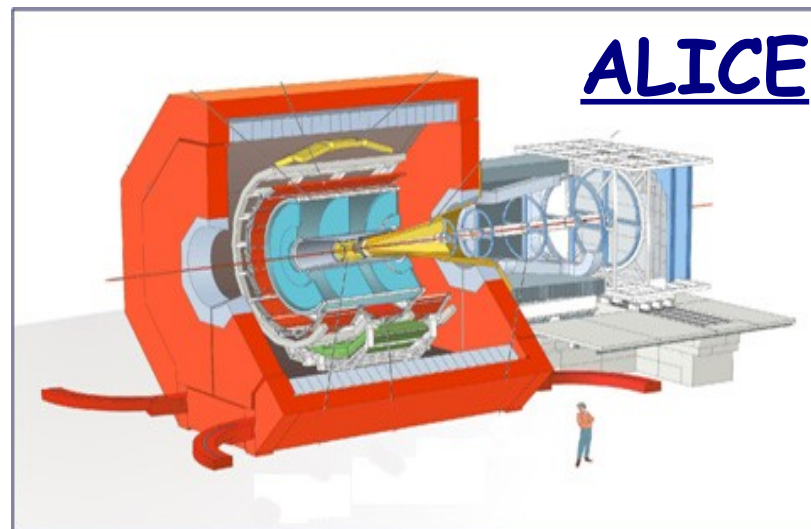
CMS



LHCb



ALICE



7. ATLAS

A Toroidal Lhc Apparatus

(Un Apparato Toroidale a LHC)

<http://atlas.ch>

<http://atlas.ch/students.html>

<http://www.youtube.com/TheATLASExperiment>

Visita virtuale:

http://virtualvisit.web.cern.ch/VirtualVisit/ATLAS_dev/HTML/VThi.html

La Ricerca del Bosone di Higgs

da misure di precisione e ricerche dirette:

$$114.4 < m_H < \sim 200 \text{ GeV} \quad \text{vita media} \sim 10^{-22} \text{ s}$$

A LHC ~ 1 miliardo di interazioni p-p al secondo

→ non più di 1 utile e/o interessante

→ 1 interazione ~ 1.5 MByte → impossibile registrarle tutte

Elettronica e computer dedicati:

diverse migliaia di processori in parallelo

decine di migliaia di processi software da controllare

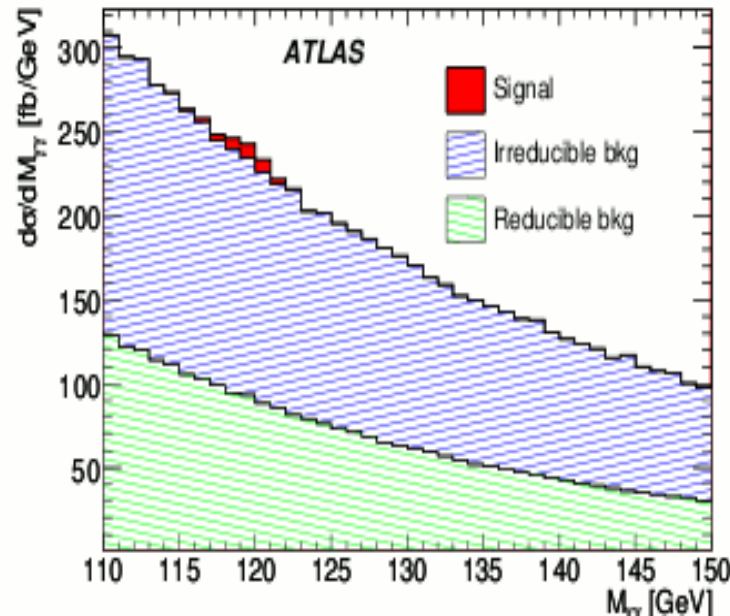
Ricostruzione e selezione eventi "on-line"

Il Bosone di Higgs (2)

Rapporto segnale/rumore pessimo:

- immaginate di cercare di riconoscere una nota musicale nella confusione di una fiera
- precisione di misura fondamentale (energia, direzione, tipo di particelle)

Necessari piu' anni di presa dati (statistica):



Ricerca di Nuove Particelle

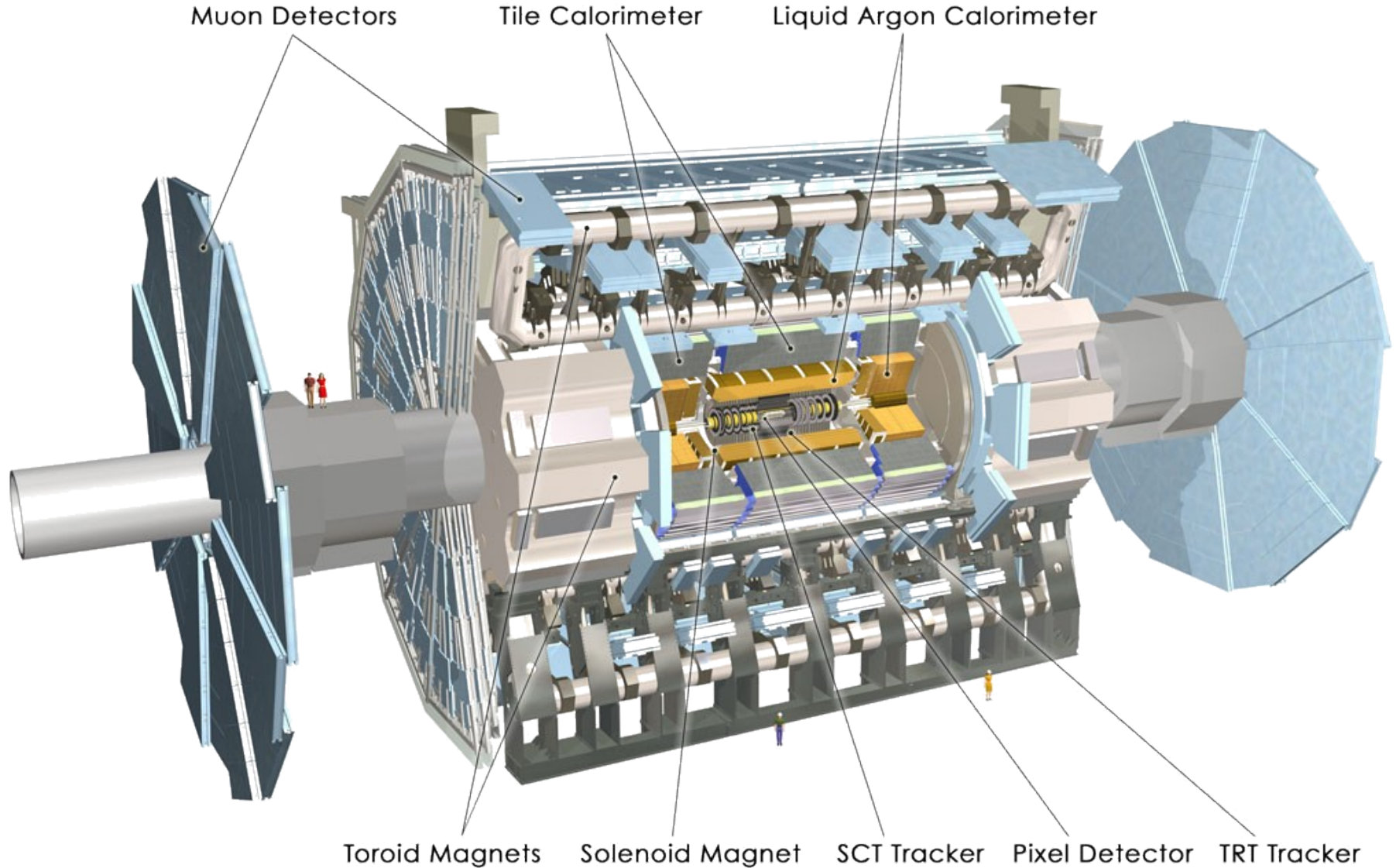
Esempio: materia oscura (neutralini ?)

particelle che interagiscono così poco con la materia ordinaria da scappare senza lasciare tracce visibili

→ devono essere le sole a poter sfuggire alla identificazione

Rivelatore "ermetico"

Un Microscopio alto 25 m e lungo 45 m

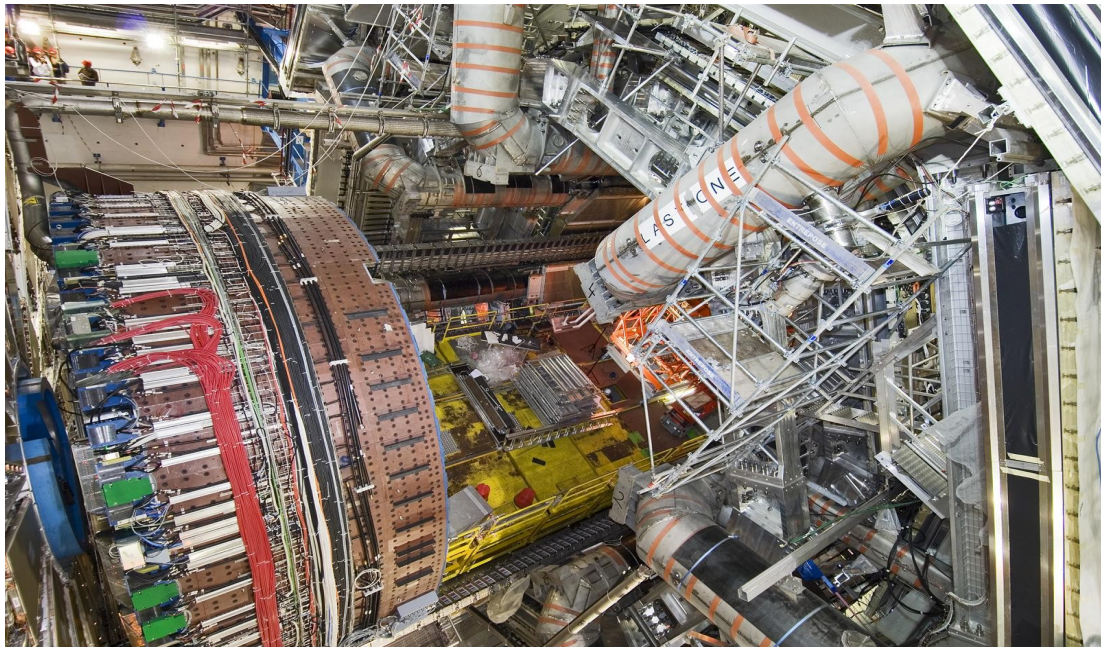


ATLAS

2500 ricercatori, 170 Istituzioni, 35 Nazioni
15% circa, italiani

“L' esperimento su cui non tramonta mai il sole”

Ha un suo ordinamento (costituzione) e sue strutture interne
Portavoce: finora Peter Jenni (Svizzera), ora Fabiola Gianotti (Italia)



ATLAS (2)

Il piu' grande esperimento mai costruito:

~ 7000 tonnellate

~ 500 milioni di Euro

3 sottosistemi principali + sistema magnetico:

Sistema magnetico:

Solenoidi centrale e Toroidi barrel e endcap

Tracciatore Interno (100 milioni di canali di lettura):

Pixel, Silicon Tracker (SCT) e Transition Radiation Tracker (TRT)

Calorimetri:

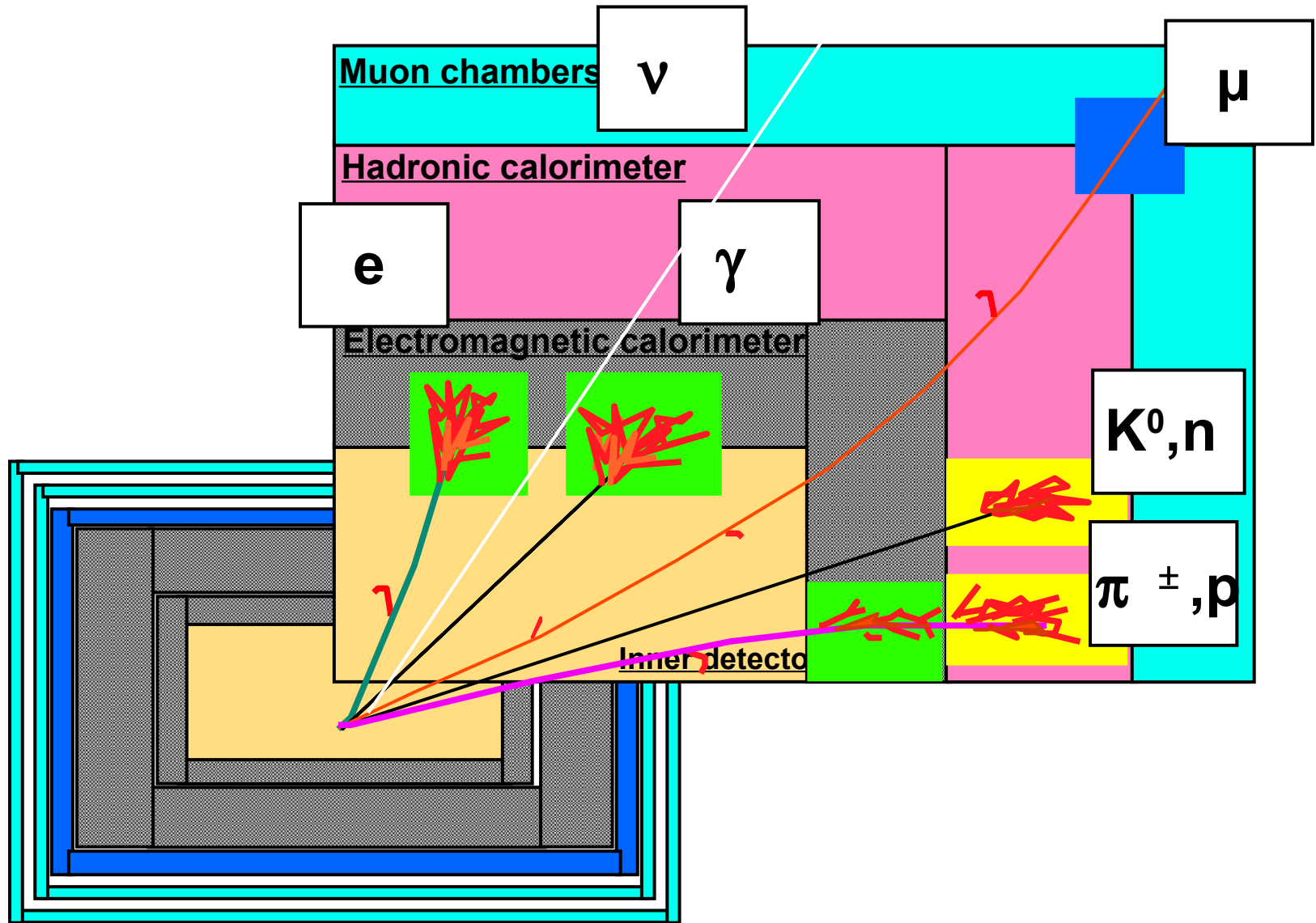
Calorimetro Elettromagnetico (Lar) e Calorimetro Adronico (Tile)

Spettrometro per Muoni (1 milione di canali di lettura):

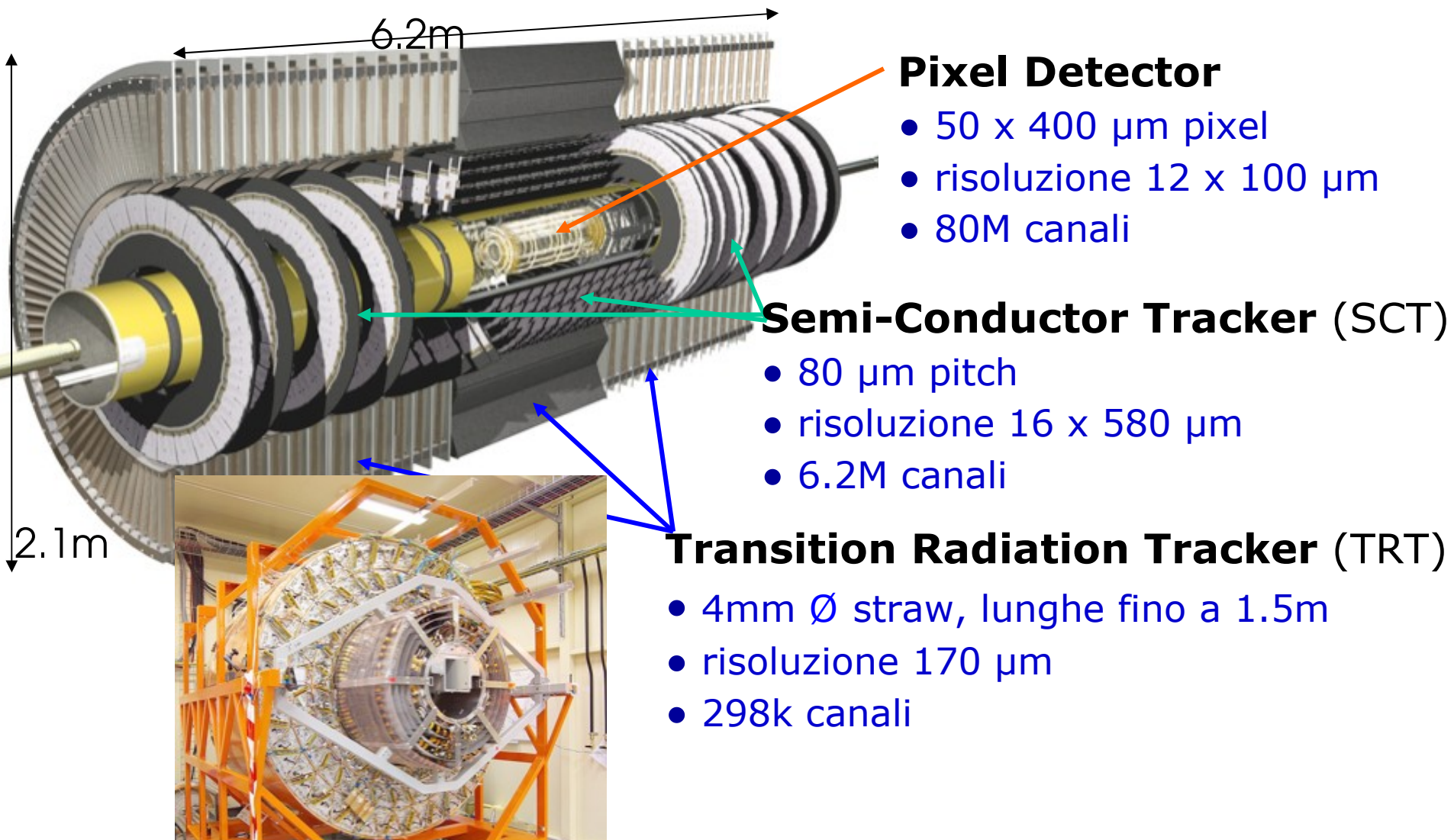
Tracciamento (MDT, CSC), Trigger (RPC, TGC)

Ogni "elemento" è sviluppato da una collaborazione internazionale !

ATLAS (3)

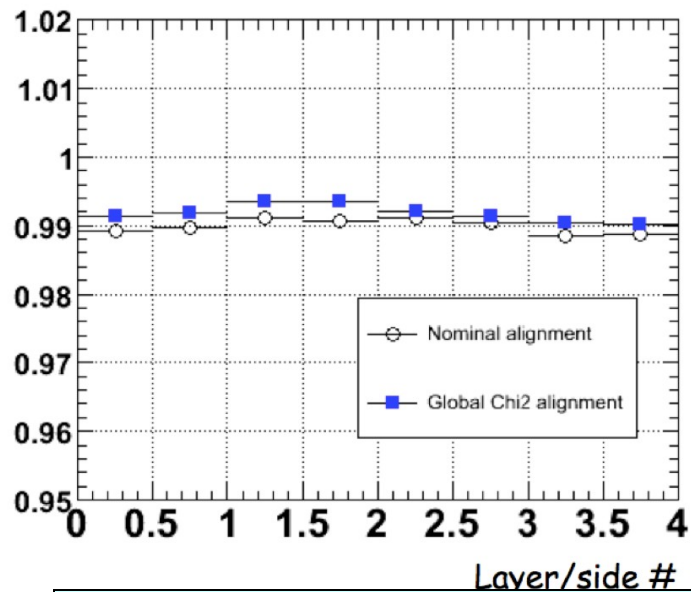


Esempio: Tracciatore Interno

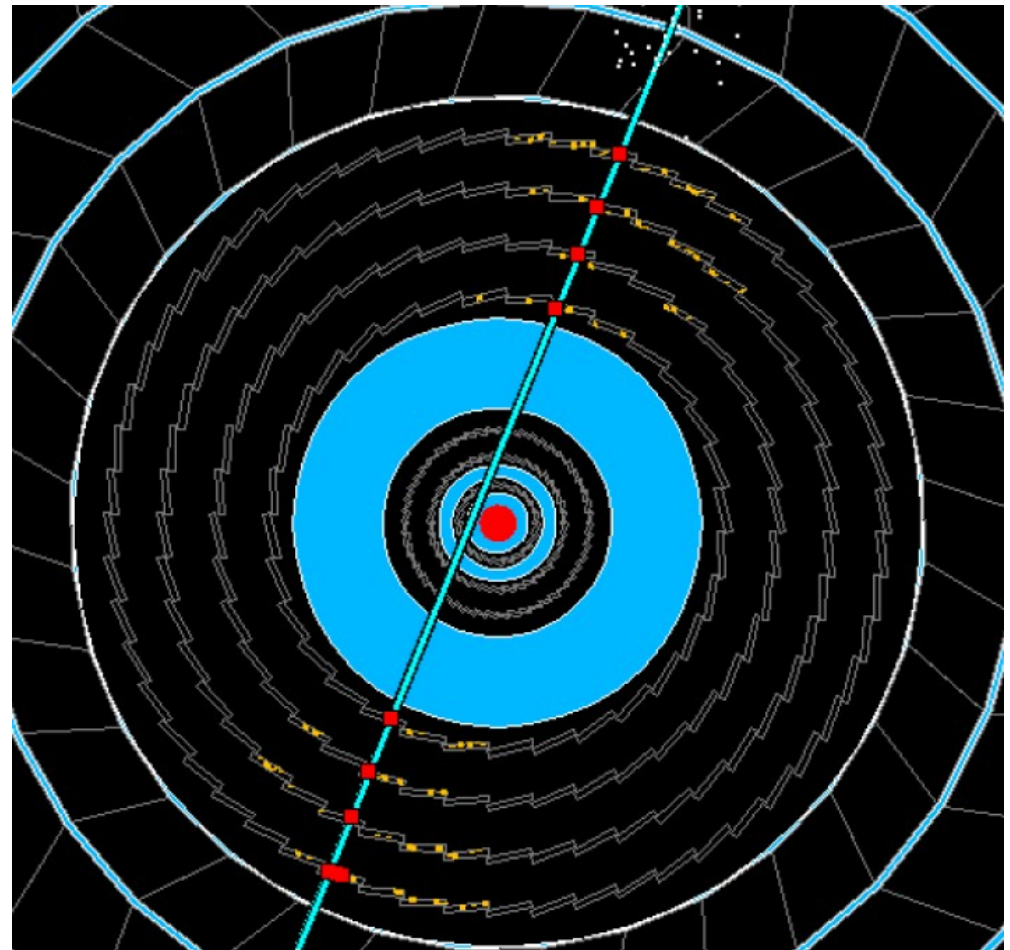


Tracce SCT con Cosmici

10 milioni di eventi (500 mila di raggi cosmici)



Efficienzia >99%



I Buchi Neri

LHC(E=14 TeV) Raggio di Schwarzschild: $\sim 3 \cdot 10^{-47}$ mm

→ miliardi di miliardi di anni per produrne uno !

:-)

Identificarne uno o piu' sarebbe un segnale
formidabile di nuova fisica

Fornirebbe un ponte fra fisica delle particelle e
teoria della gravitazione !!!

... ma potrebbero essere pericolosi ?

La Natura fa gia' di meglio ...

Raggi cosmici di energie spaventose bombardano la terra, luna, pianeti, stelle da miliardi di anni senza produrre danni visibili !

Energie anche superiori a 10^{+20} eV

Se si formano buchi neri, evaporano prima di avere alcuna possibilita' di stabilizzarsi (radiazione di Hawking)

Concludendo

E' uno sporco lavoro ma qualcuno lo deve pur fare ...



... cittadini del mondo ...

Inferno e Paradiso

Il Paradiso è dove: i cuochi sono francesi, i poliziotti inglesi, i meccanici tedeschi, gli amanti italiani e tutto è organizzato dagli svizzeri

L'Inferno è dove: i cuochi sono inglesi, i poliziotti tedeschi, i meccanici francesi, gli amanti svizzeri e tutto è organizzato dagli italiani

→ **Certi risultati sono possibili solo con il contributo di tutti e solo se ognuno ci mette quanto di meglio possiede**

p.s. Per chi fosse interessato ad approfondire, metterò informazioni bibliografiche (e queste slide) all'indirizzo:

<http://www.pv.infn.it/~ferrari/bardi28022009.html>

Bibliografia

Particelle e Cosmo (divulgativi)

F. Foresta Martin, "Dall'atomo al cosmo", Editore Editoriale Scienza
(collana Quattro passi nella scienza)

L. Lederman D. Schramm, "Dai quark al cosmo", Zanichelli Editore

S. Hawking, "Dal big bang ai buchi neri. Breve storia del tempo", BUR (Rizzoli)

S. Weinberg, "I primi tre minuti", Saggi Mondadori

E. Segrè, "Personaggi e scoperte nella fisica classica e contemporanea",
Edizioni Scientifiche e Tecniche Mondadori

AA.VV., "Astrofisica e particelle elementari", CUEN

AA.VV. (Istituto Nazionale di Fisica Nucleare), "Quark 2000. La fisica
fondamentale italiana e le sfide del nuovo millennio", Le Scienze Editore

Bibliografia (2)

Meccanica Quantistica, Relatività

(per approfondire)

AA.VV., "Meccanica Quantistica", CUEN

L. Landau, G.B. Rumer, "Che cos'è la relatività?", Mir

L. Lanz, "Il Mondo dei Quanti", Le Scienze Editore

A. Einstein, "Teoria dei quanti di luce", Tascabili Economici Newton

R. P. Feynman, "Q.E.D.", Adelphi Editore

C. Bernardini, "Che cos'è una legge fisica", Editori Riuniti

L. Maiani, "Campi forze e particelle", Le Scienze Editore

Risorse Web

INFN:

<http://www.infn.it/indexit.php>

CERN:

<http://www.cern.ch>

Divulgazione scientifica:

<http://scienzapertutti.Inf.infn.it>

<http://www.particleadventure.org>

<http://www.infn.it/multimedia/particle>

<http://microcosm.web.cern.ch>

<http://microcosm.web.cern.ch/microcosm/P10/italian/welcome.html>

<http://microcosm.web.cern.ch/microcosm/microboy/it/mac/index.htm>

Risorse Web (2)

LHC:

<http://lhc.web.cern.ch/lhc>

<http://lhc-machine-outreach.web.cern.ch>

<http://microcosm.web.cern.ch/microcosm/LHCGame/LHCGame.html>

The Large Hadron rap (Katie McAlpine):

<http://www.youtube.com/watch?v=f6aU-wFSqt0>

ATLAS:

<http://atlas.ch>

<http://atlas.ch/students.html>

<http://www.youtube.com/TheATLASExperiment>

Visita virtuale di ATLAS:

http://virtualvisit.web.cern.ch/VirtualVisit/ATLAS_dev/HTML/VThi.html

Risorse Web (3)

Sui buchi neri:

<http://library.thinkquest.org/C0118900/galassie/buchineri.htm>

http://www.pd.astro.it/planet/L23_045.html

<http://design.lbl.gov/education/blackholes/index.html>

http://antwrp.gsfc.nasa.gov/htmltest/gifcity/bh_pub_faq.html