BeamLine for Schools (BL4S)

Catanzaro,

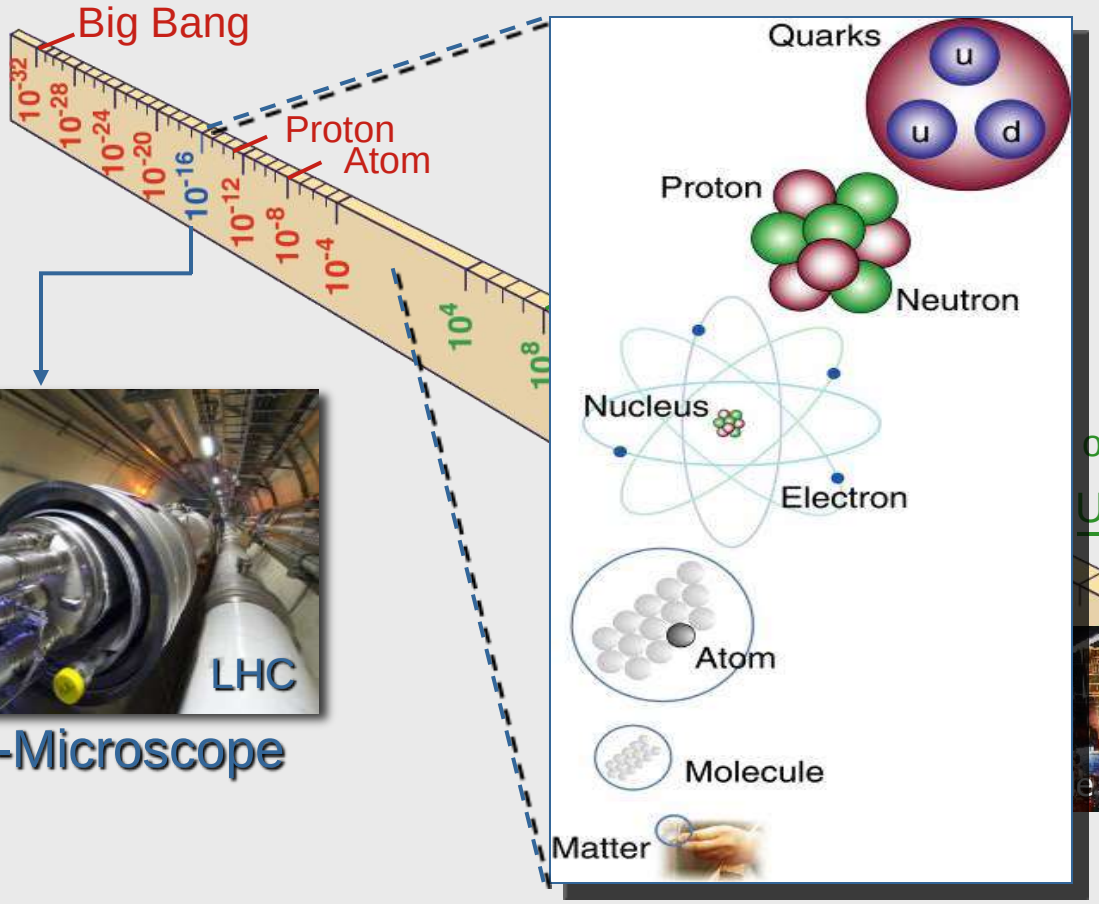
Liceo Scientifico
“L.Siciliani”
2.12.2016

Gianluca Lamanna (alunno ex 5E)
gianluca.lamanna@cern.ch

Introduzione

La fisica delle particelle

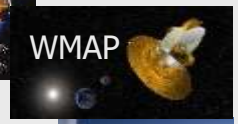
Studia la struttura dell'universo a livello più fondamentale:
esplora le leggi della natura che governano I mattoni fondamentali della materia e la struttuta dello spazio e del tempo



Super-Microscope

of Galaxies

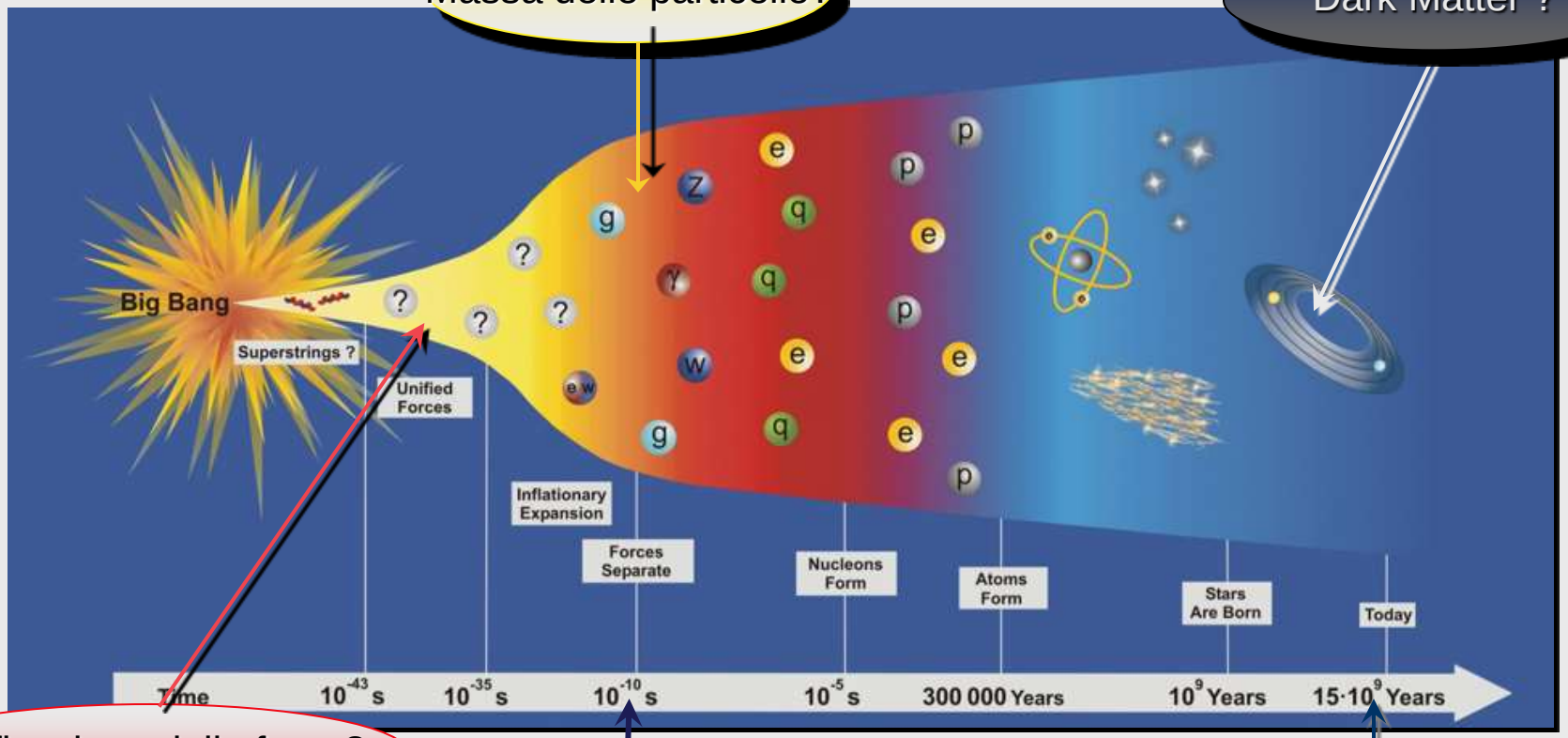
Universe



Domande fondamentali

Massa delle particelle?

Dark Matter ?

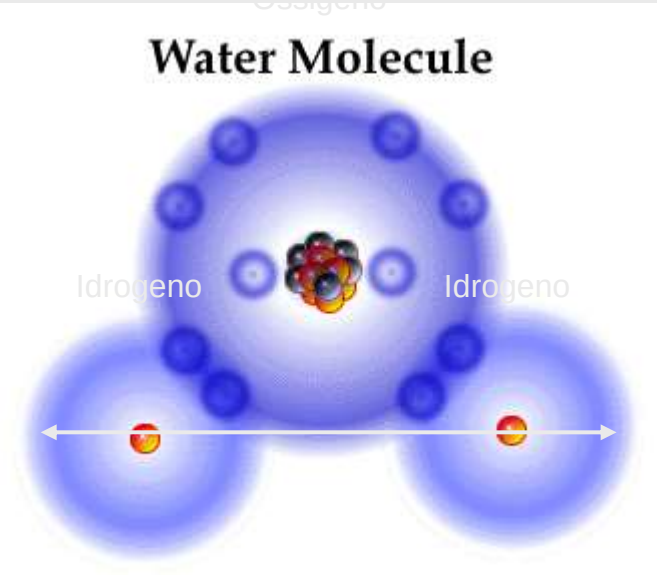


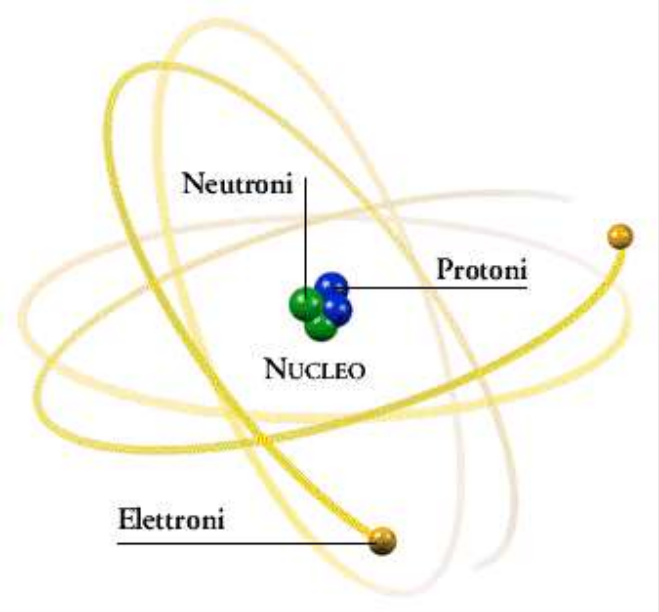
Unificazione delle forze?

Asimmetria Materia-Antimateria?

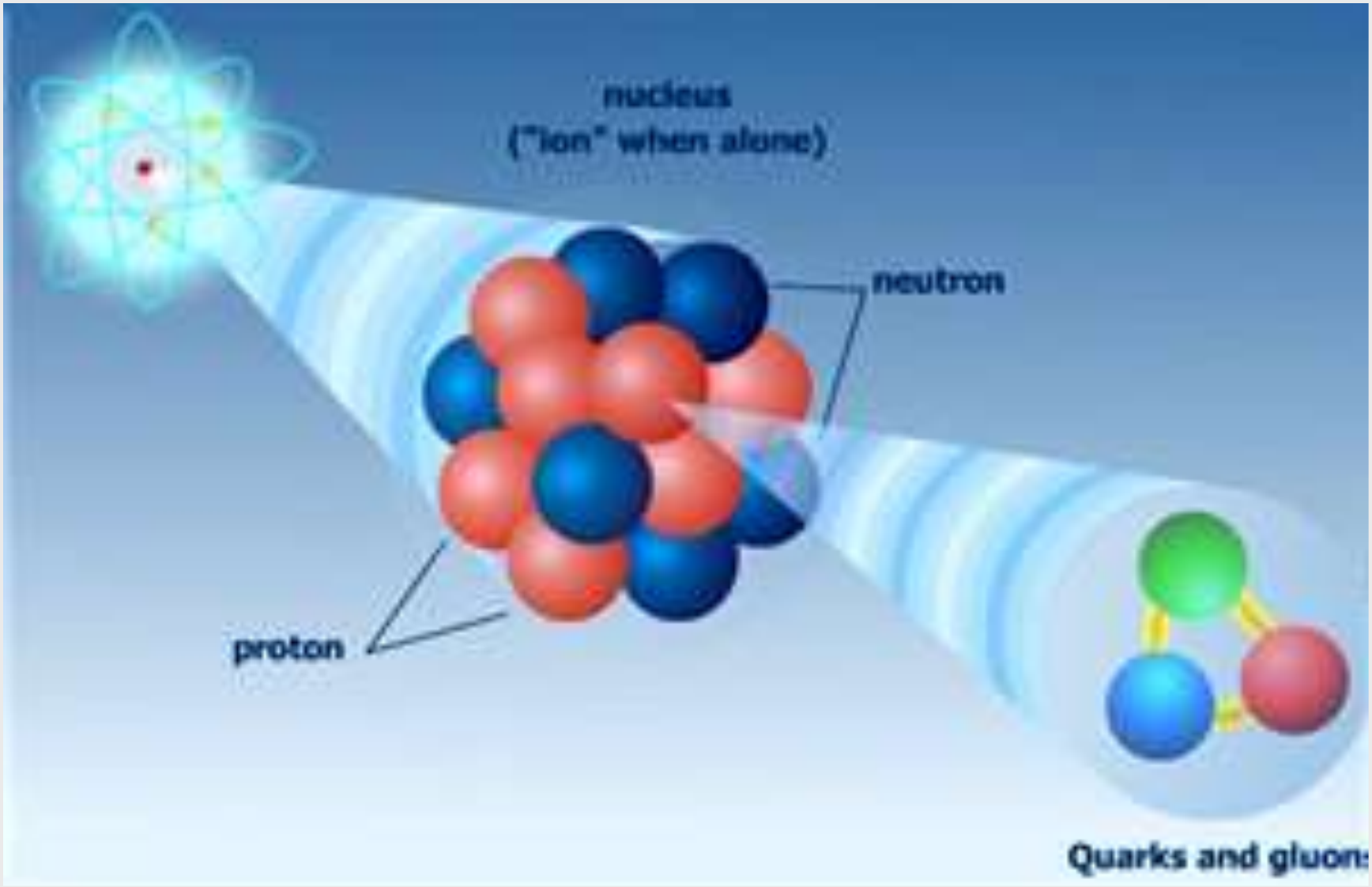
…una storia antica

Piccolo piccolo…



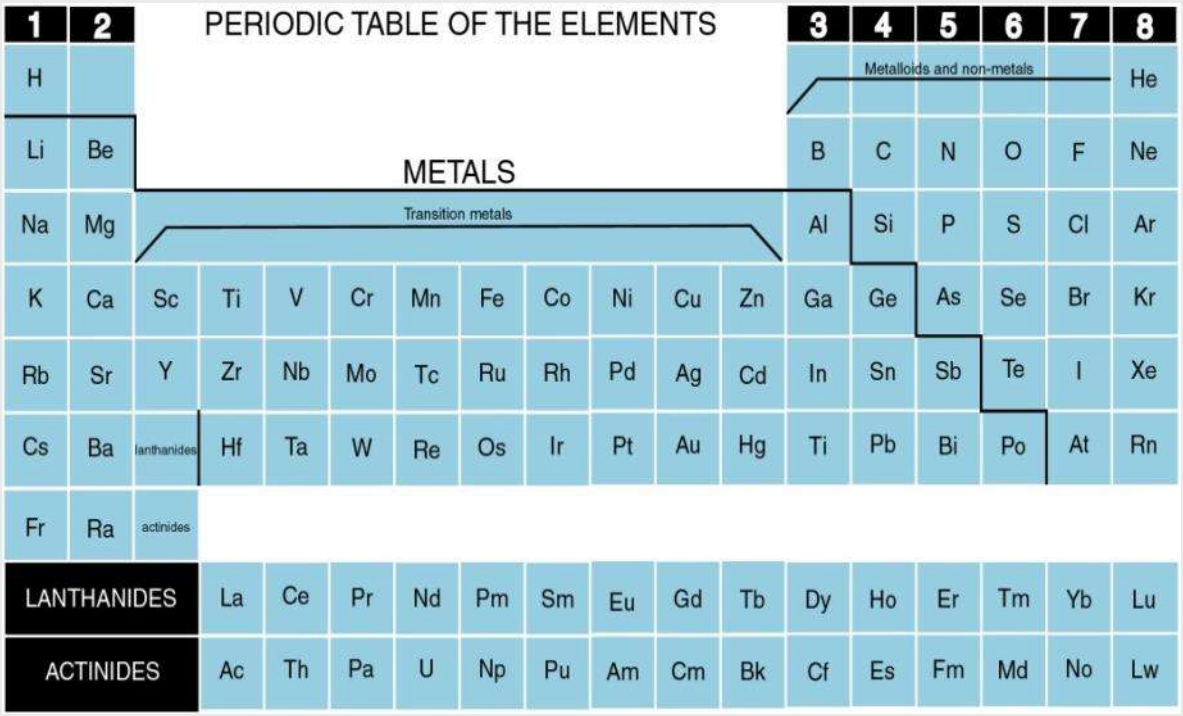


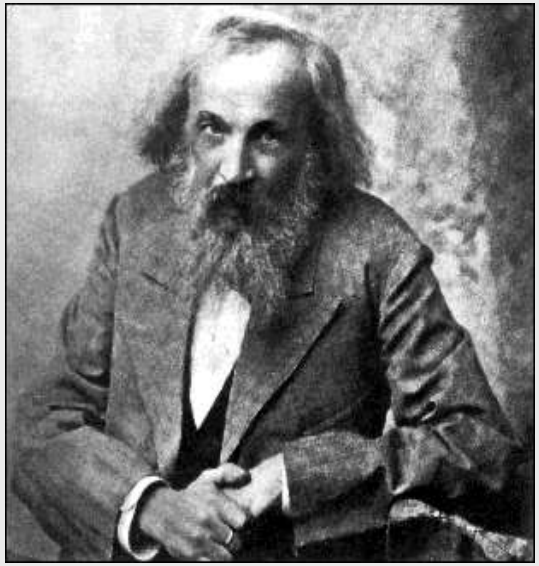
… sempre più piccolo



Classificazione degli elementi

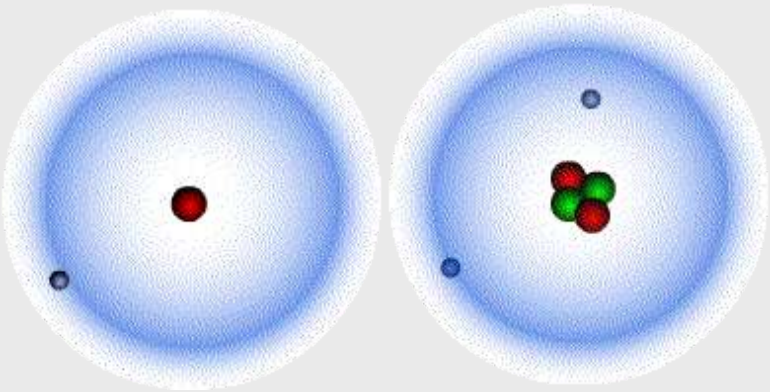
Periodic table (Mendeleev) ~1870



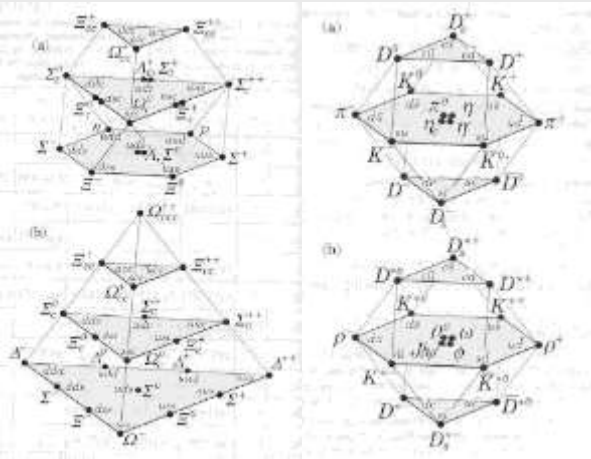


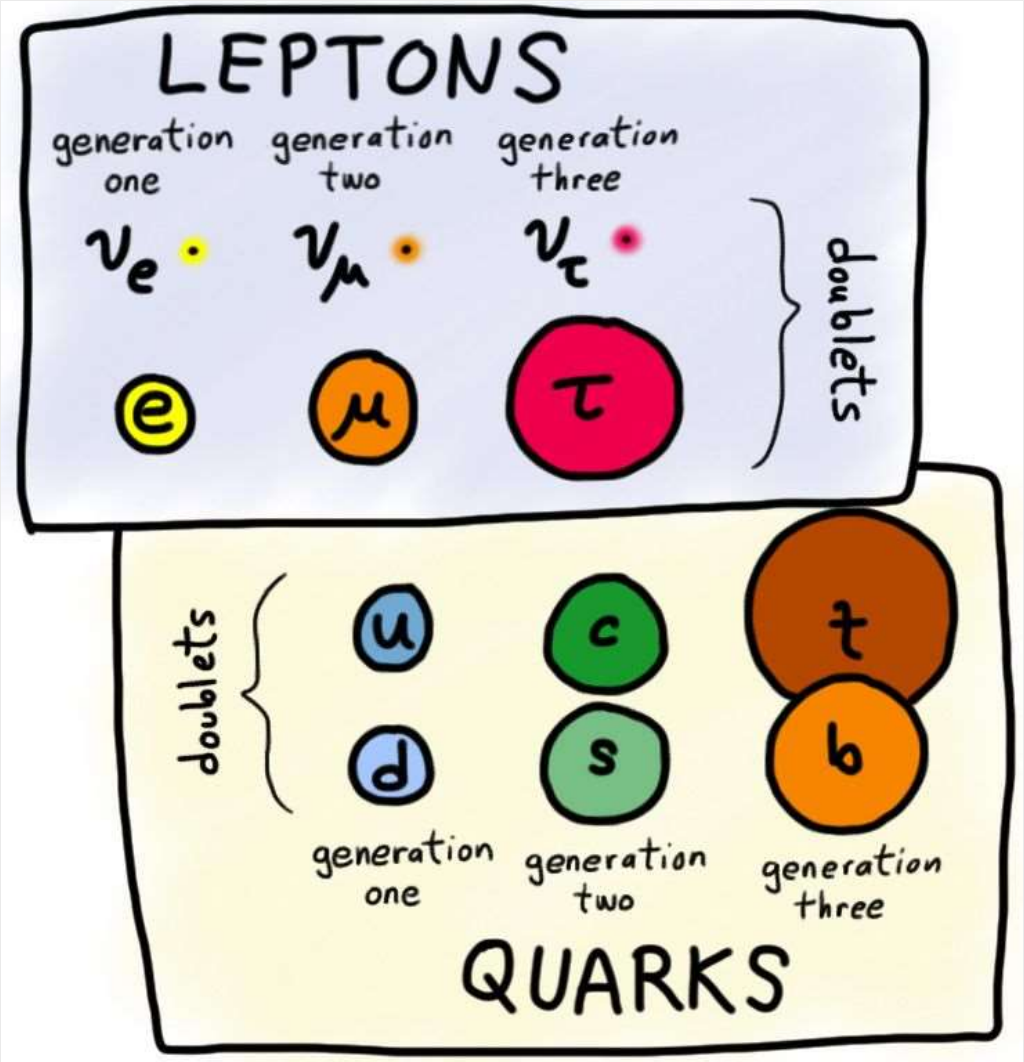
Una tavola periodica economica

Electron, proton, neutron 1897-1932

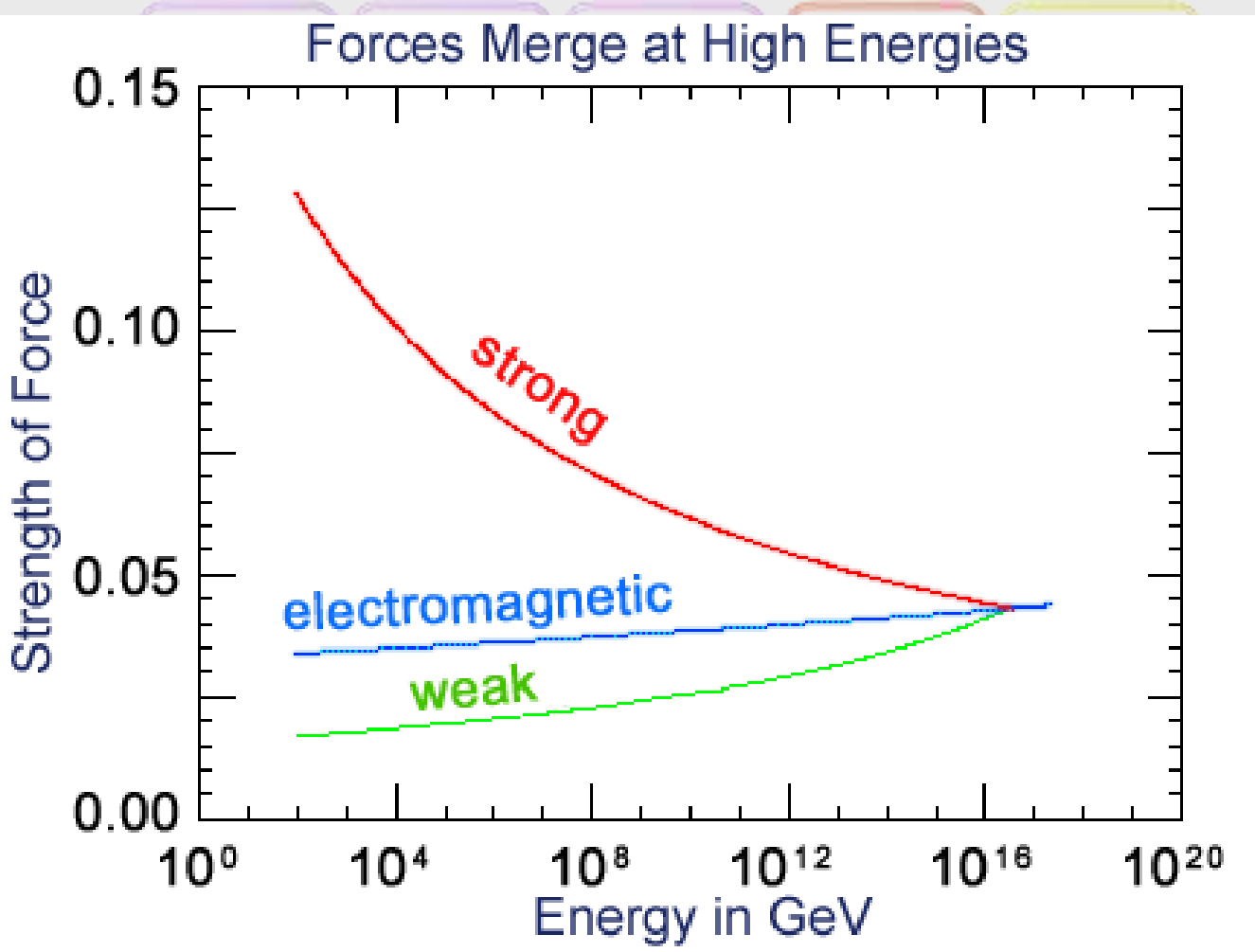


Eightfold Way (Gell-Mann) ~1960

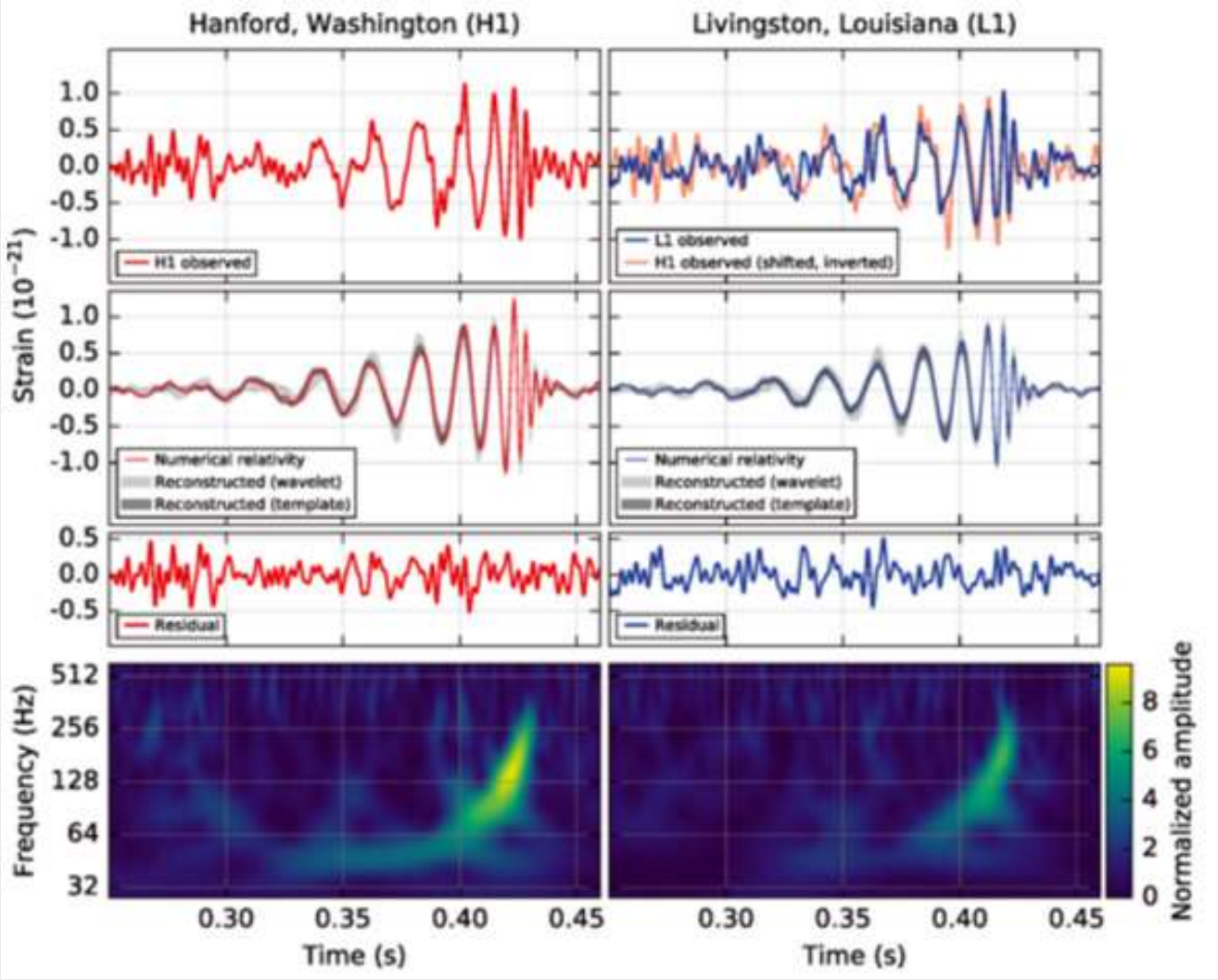




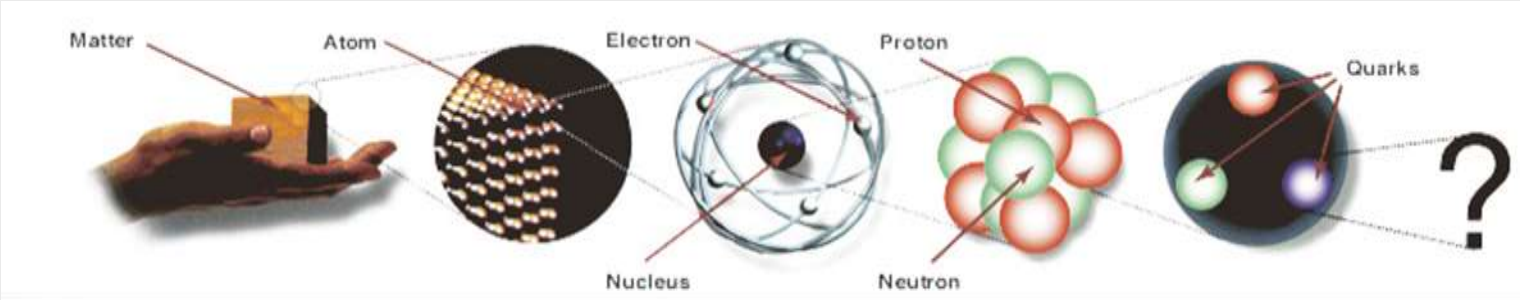
Interazioni fondamentali



Forza Gravitazionale



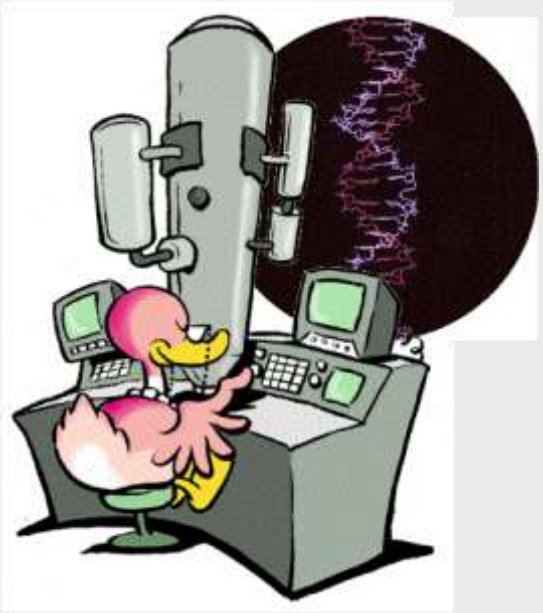
Guardare l'infinitamente piccolo



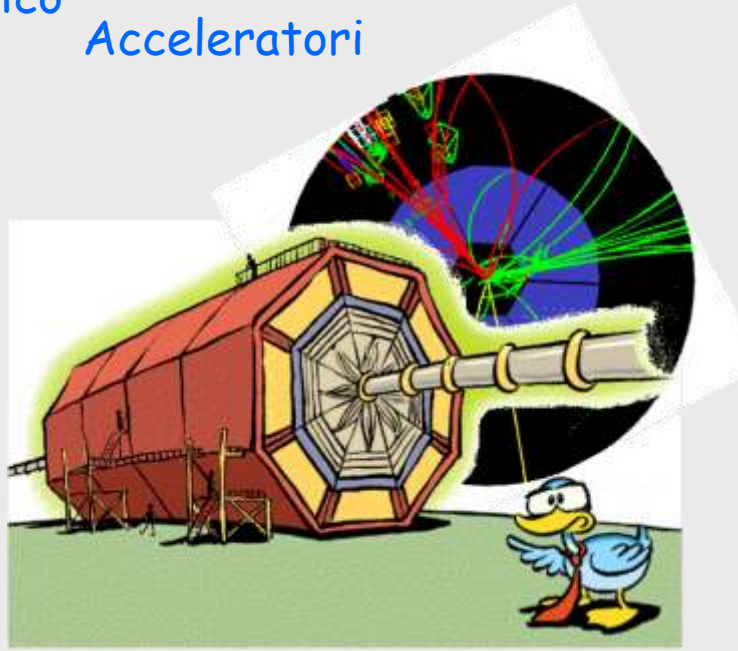
10^{-1}m 10^{-6}m 10^{-9}m 10^{-12}m 10^{-15}m 10^{-18}m

Microscopio ottico

Microscopio elettronico



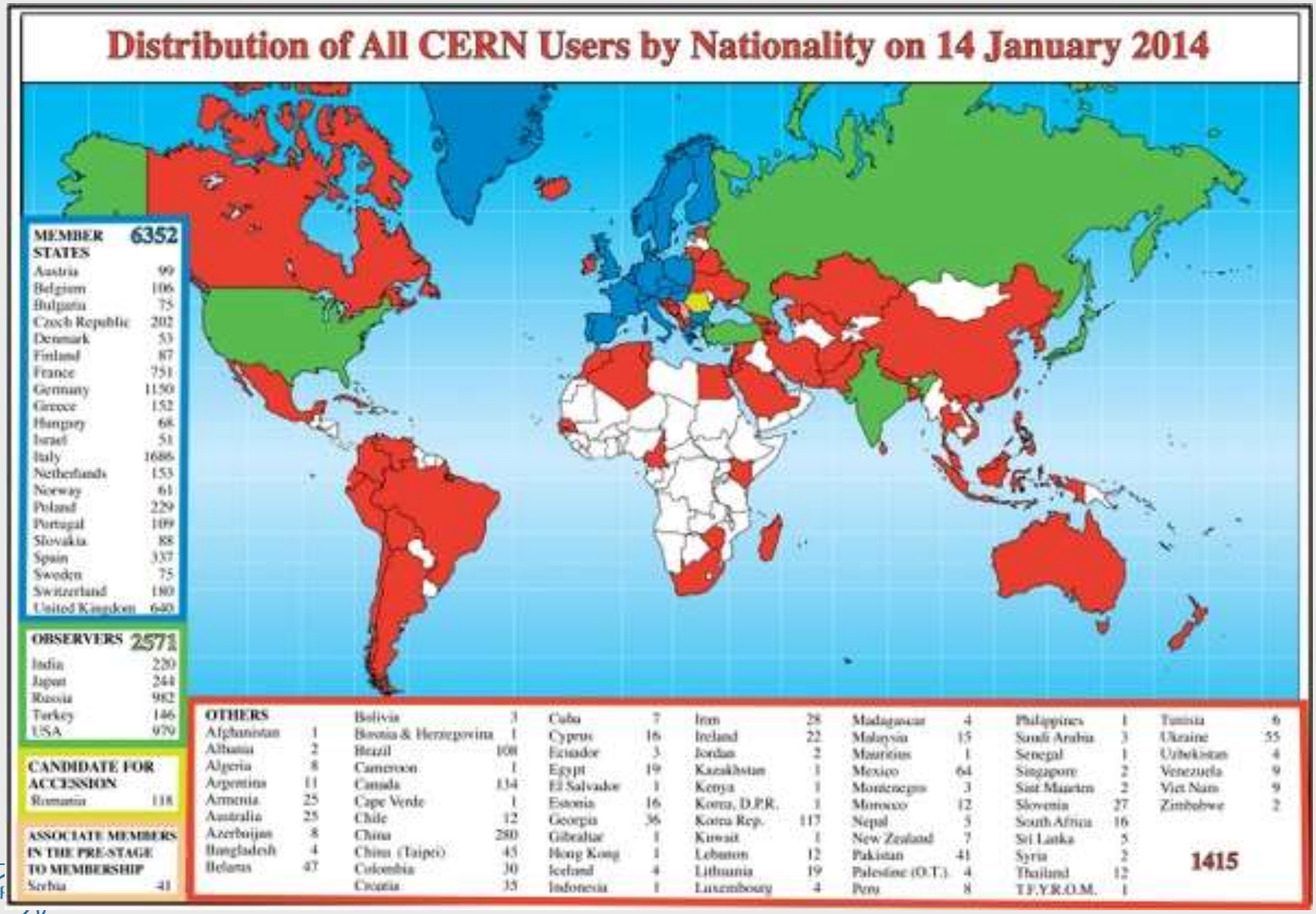
Acceleratori



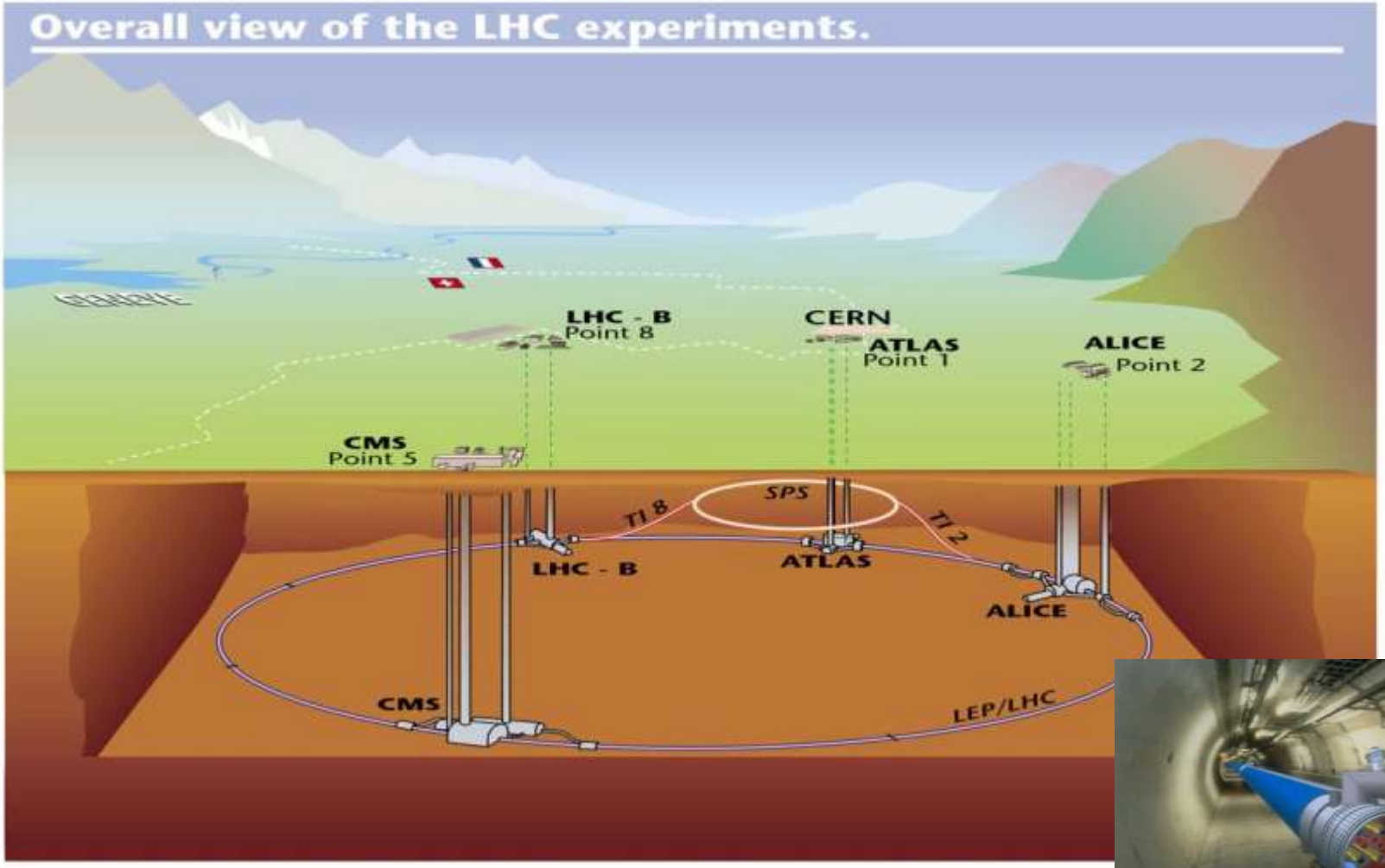
Il CERN e gli acceleratori

Il CERN

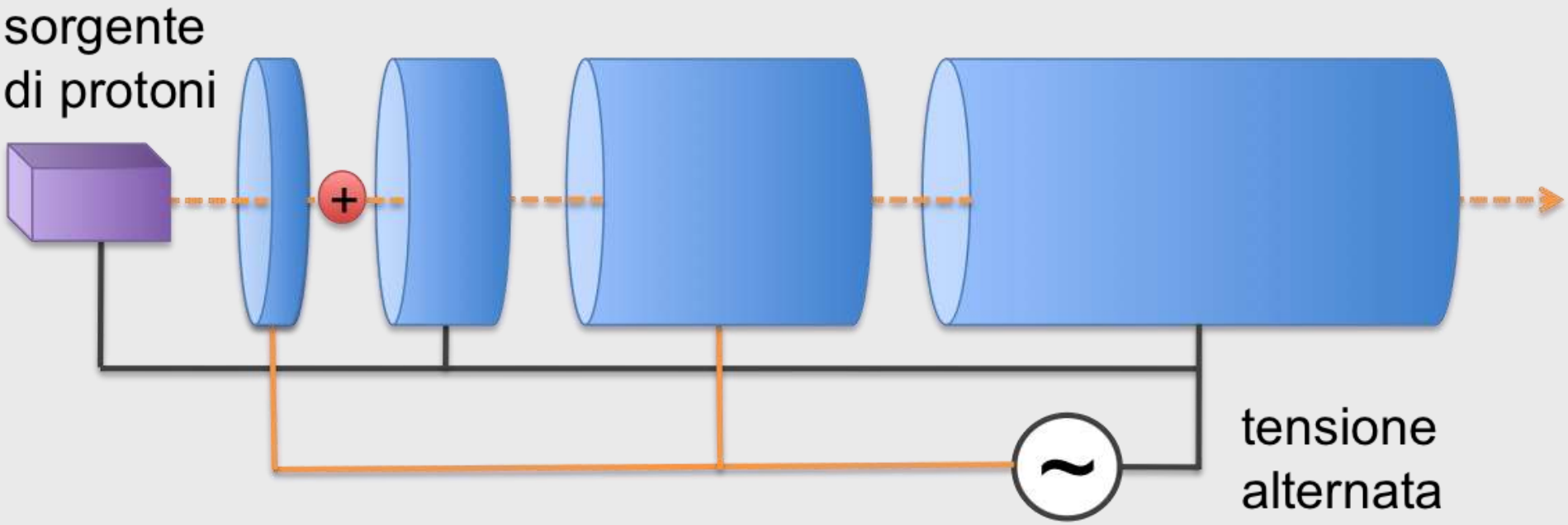
Laboratorio Internazionale



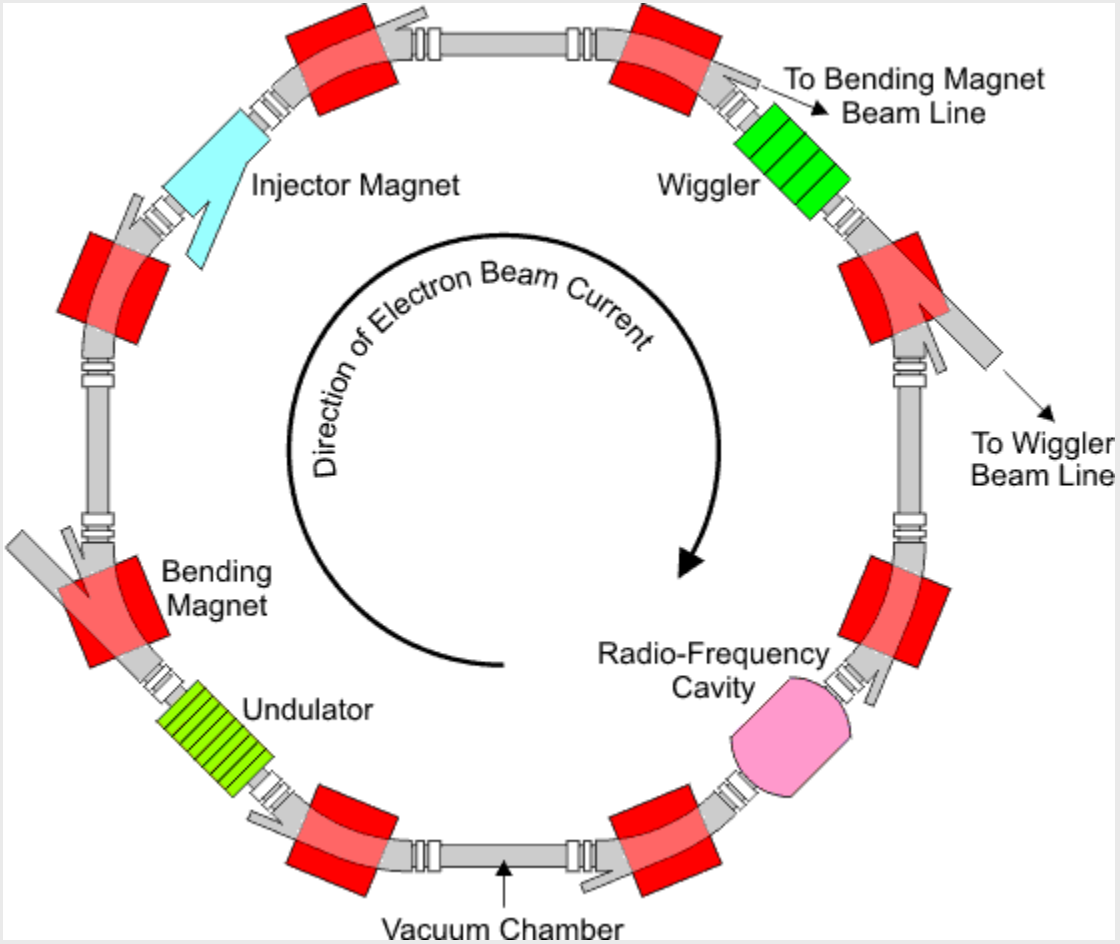
LHC


Overall view of the LHC experiments.
LHC - B
Point 8
CERN
ATLAS
Point 1
ALICE
Point 2
CMS
Point 5
SPS
TI 8
TI 2
LHC - B
ATLAS
ALICE
CMS
LEP/LHC

Acceleratore Lineare

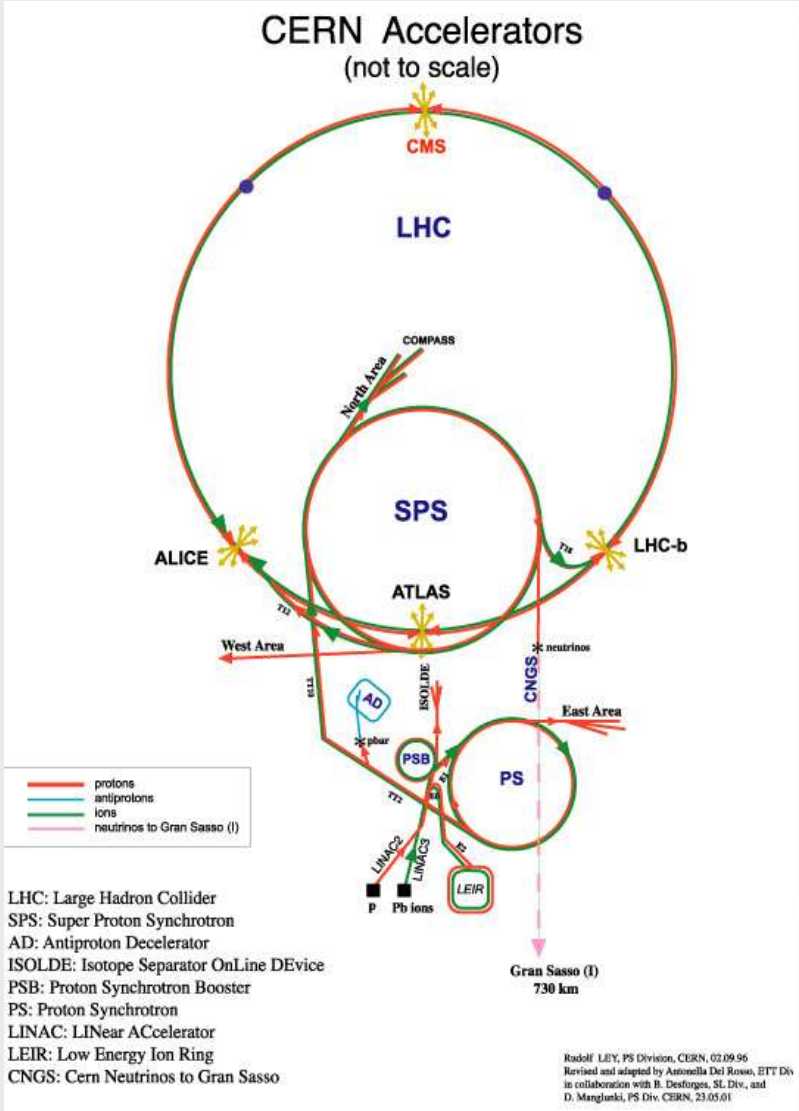


Il sincrotrone

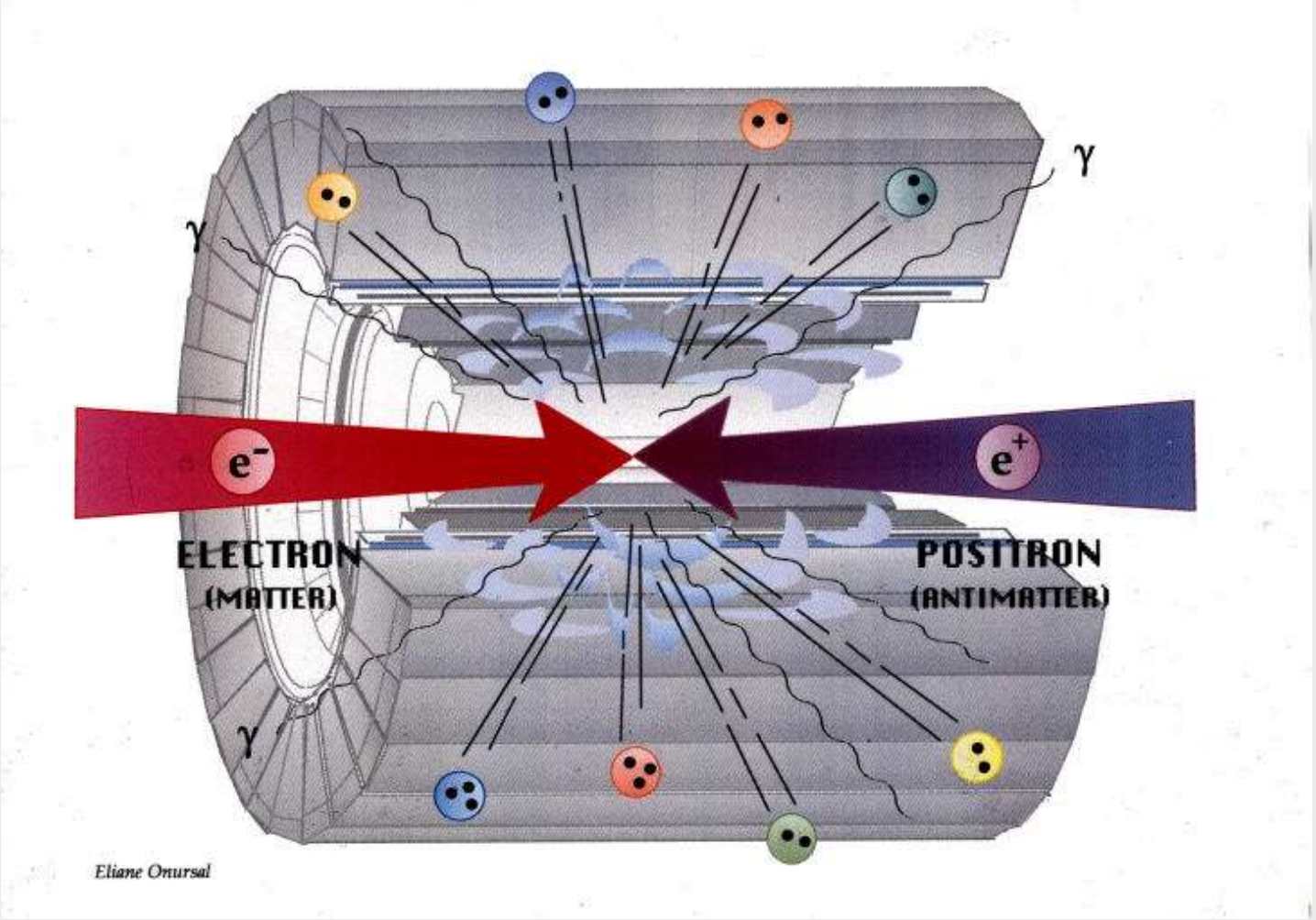


Il complesso degli acceleratori

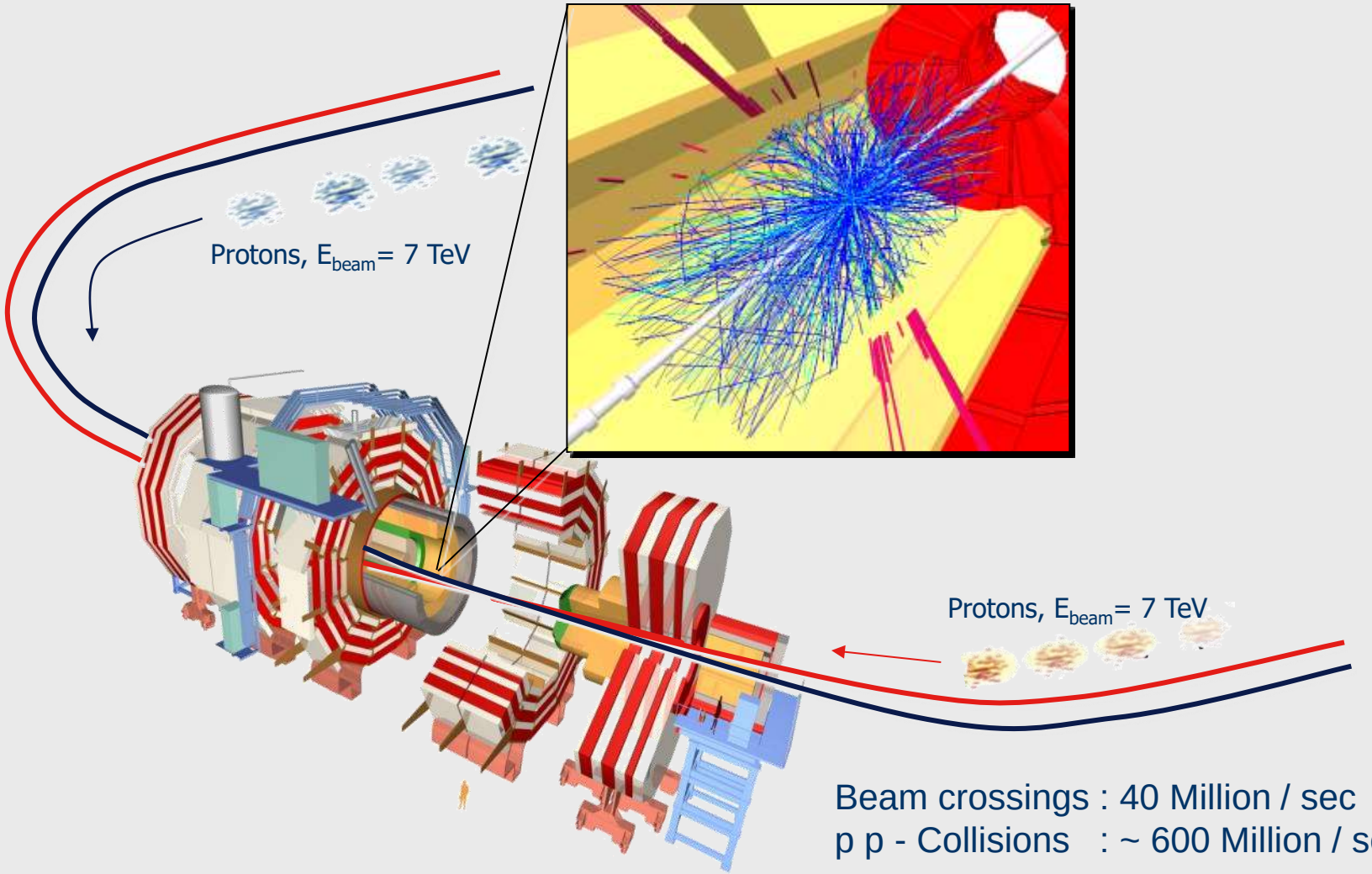
- La sorgente dei protoni è una bottiglia di H_2
- **Linac2**: 0→50 MeV
  - Acceleratore lineare
- **PSB:** 50 MeV→1.4 GeV
  - 4 Sincrotroni sovrapposti
- **PS:** 1.4 GeV → 25 GeV
  - Circonferenza: 628 m
- **SPS:** 25 GeV→450 GeV
  - Circonferenza: 7 Km
- **LHC**: 450 GeV→7 TeV
  - Circonferenza: 27 Km



E=mc² at work

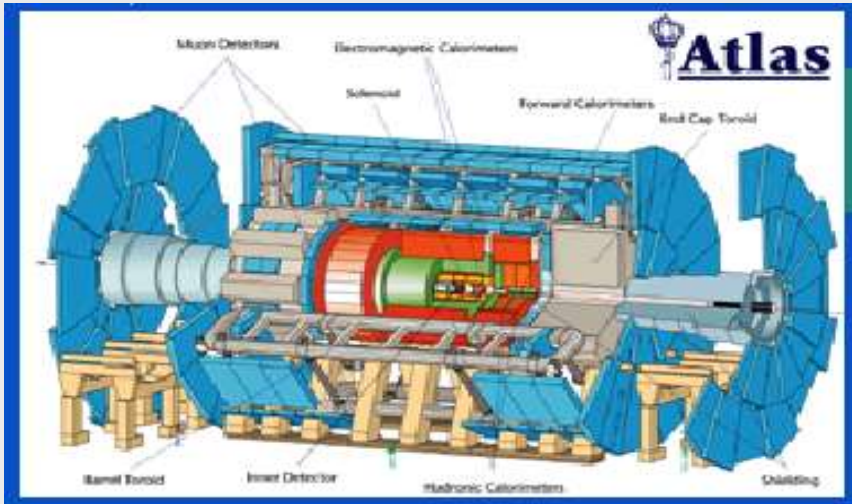

γ
γ
γ
e⁻
e⁺
ELECTRON
(MATTER)
POSITRON
(ANTIMATTER)
Eliane Onursal

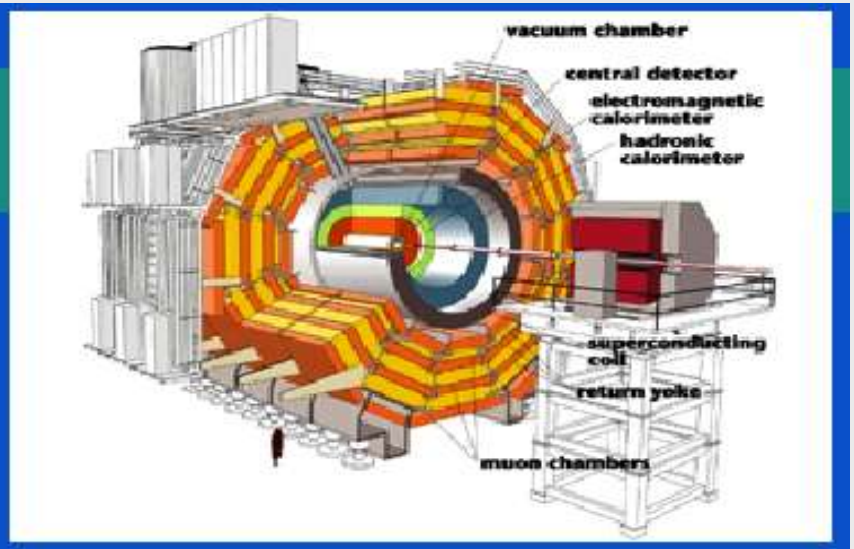
Collisioni

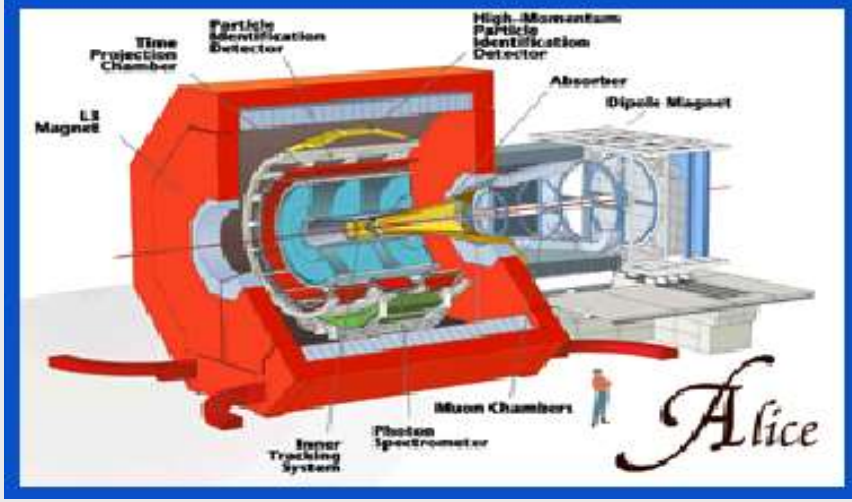


Beam crossings : 40 Million / sec
p p - Collisions : ~ 600 Million / sec

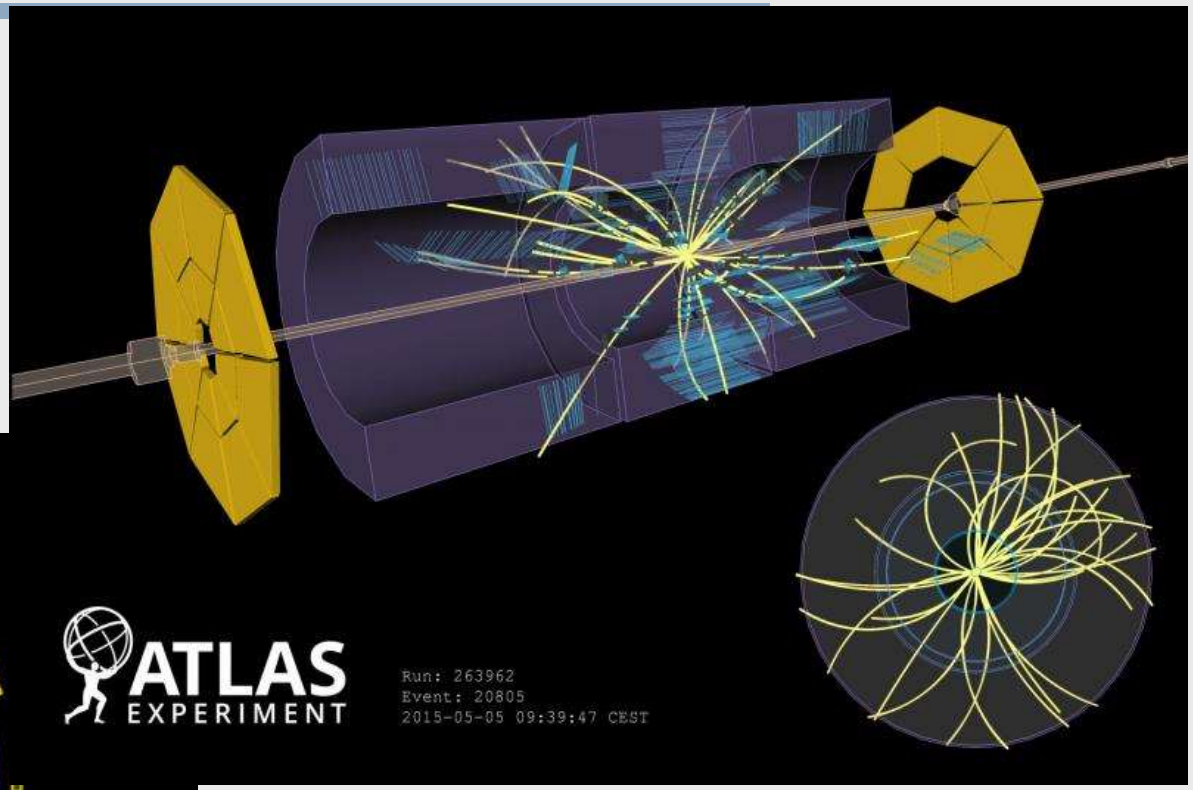
Esperimenti sul collider

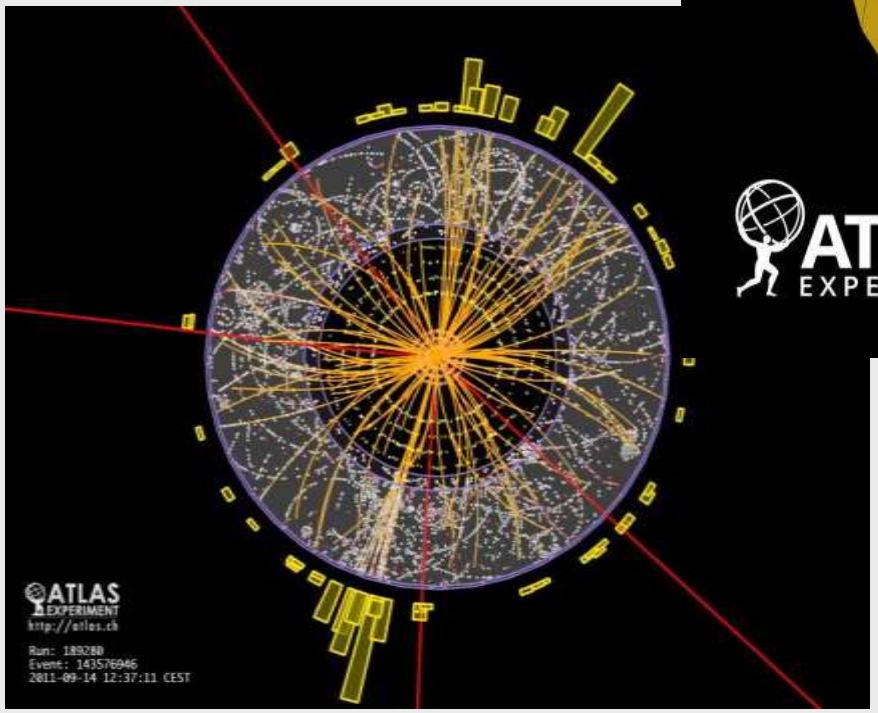




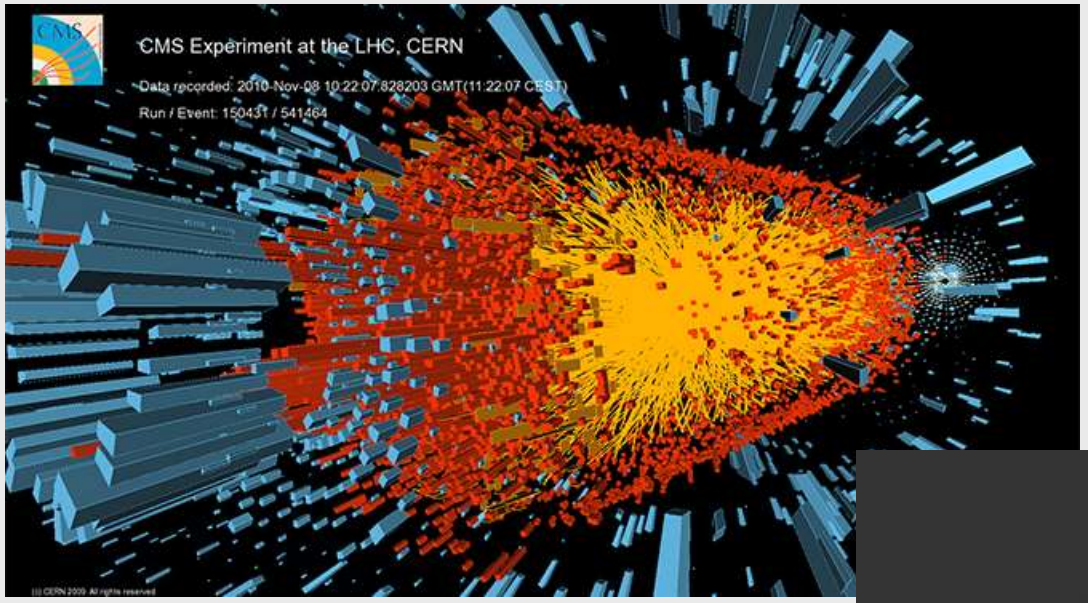


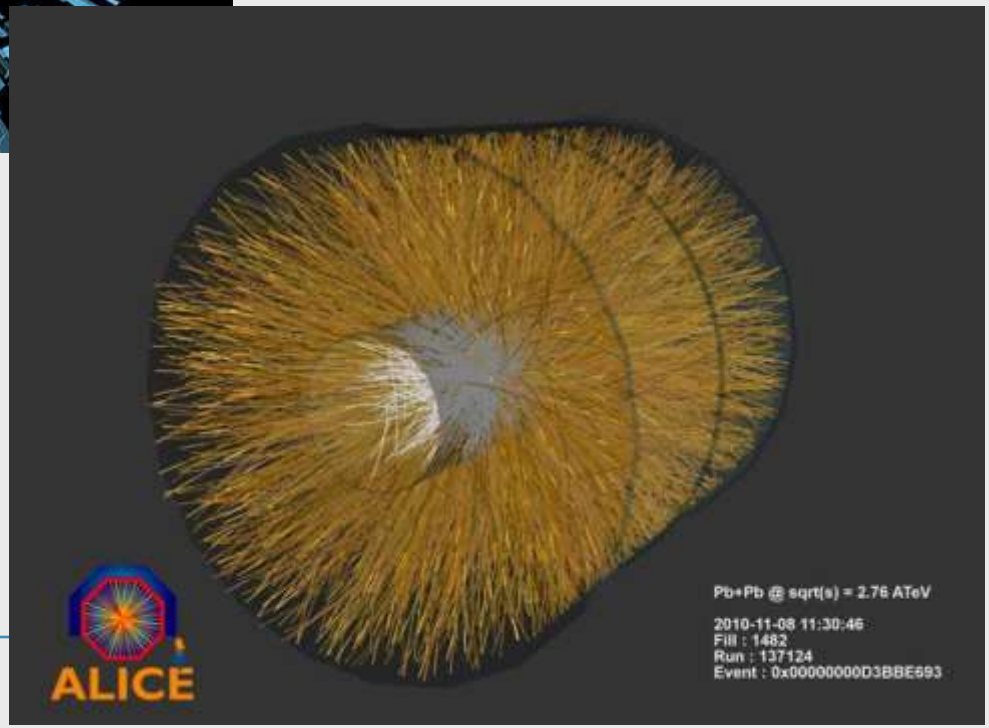
Events Display



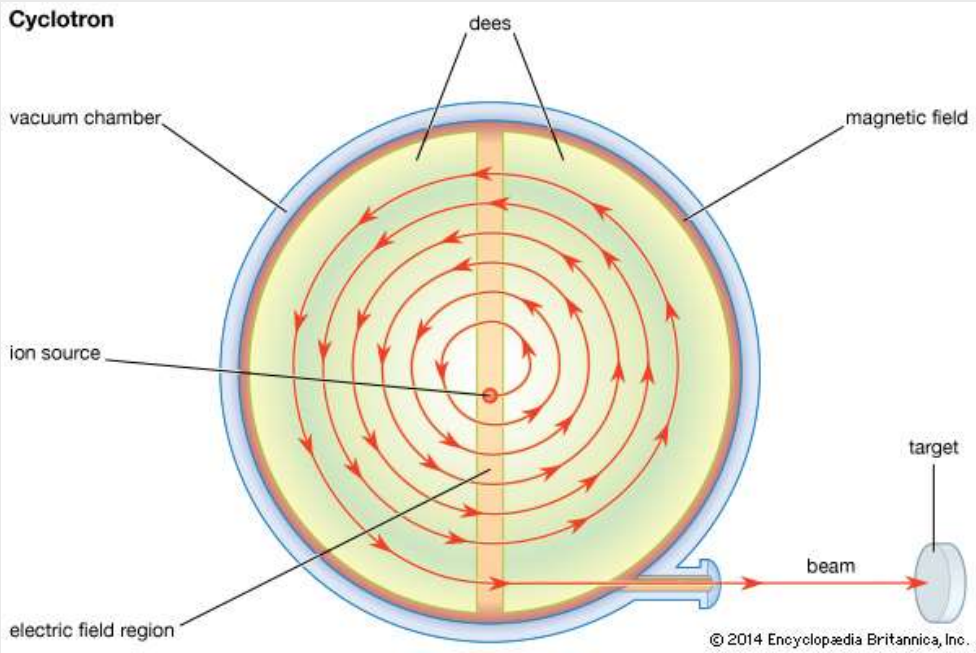


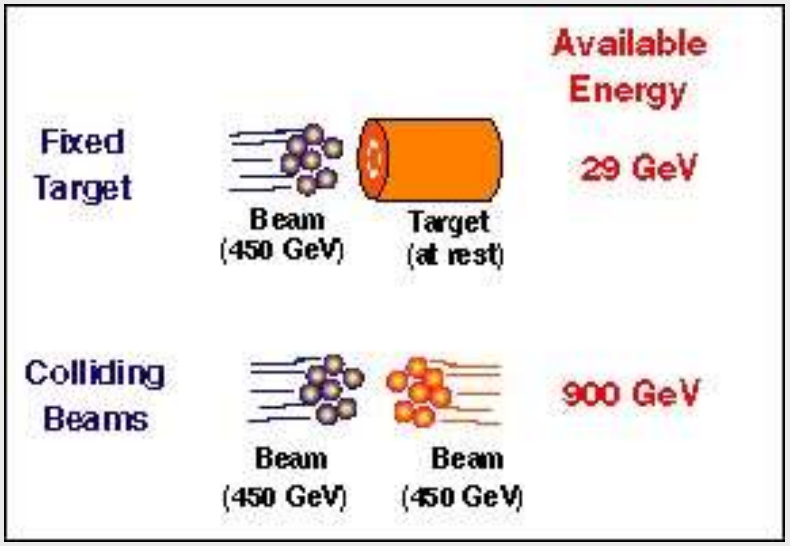
Events Display



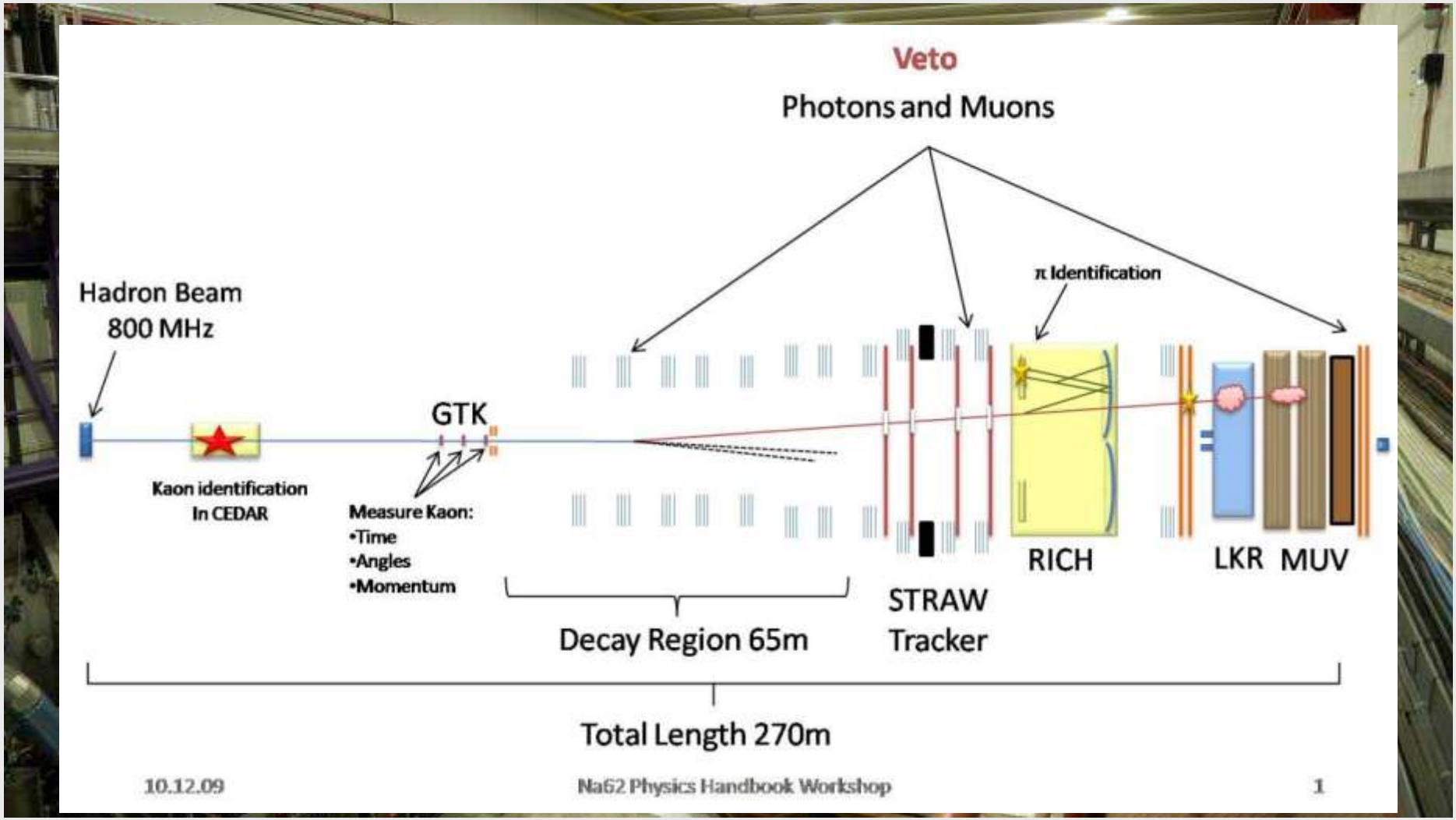


Fixed Target



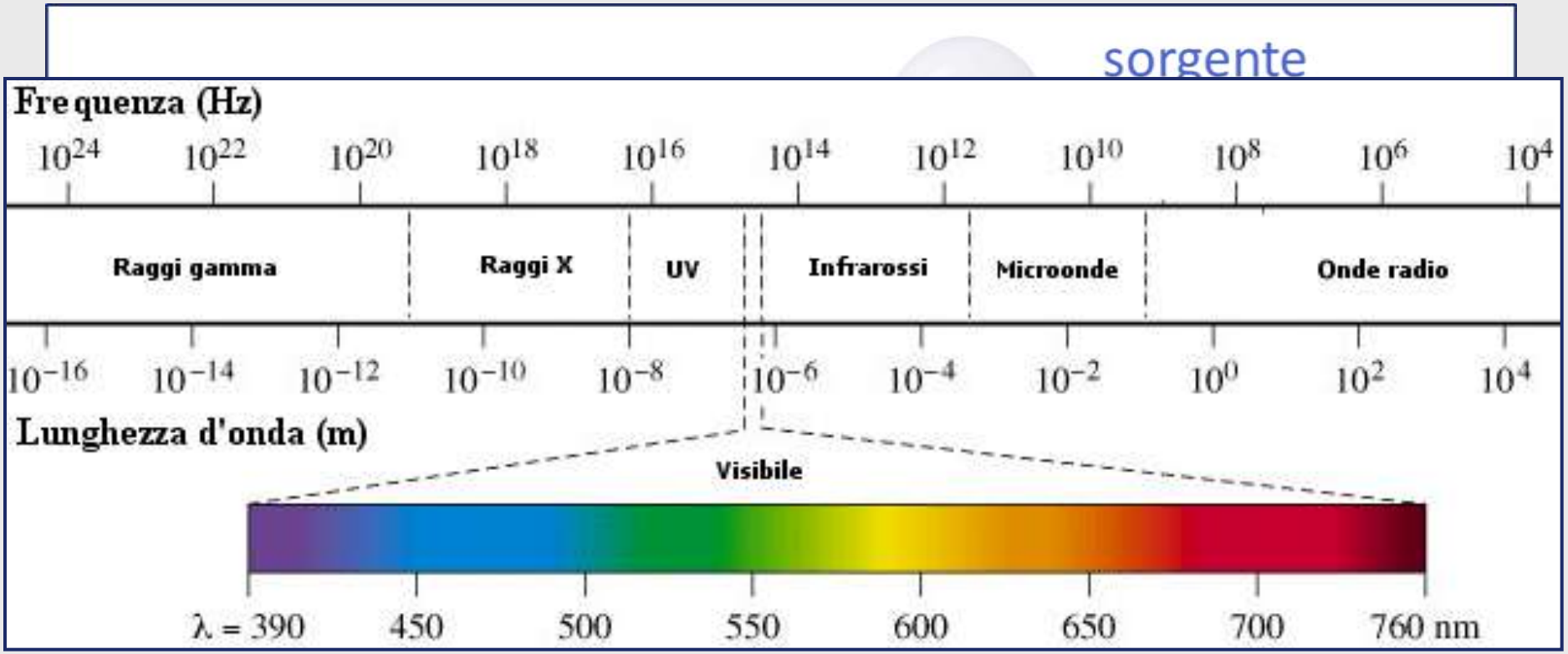


NA62

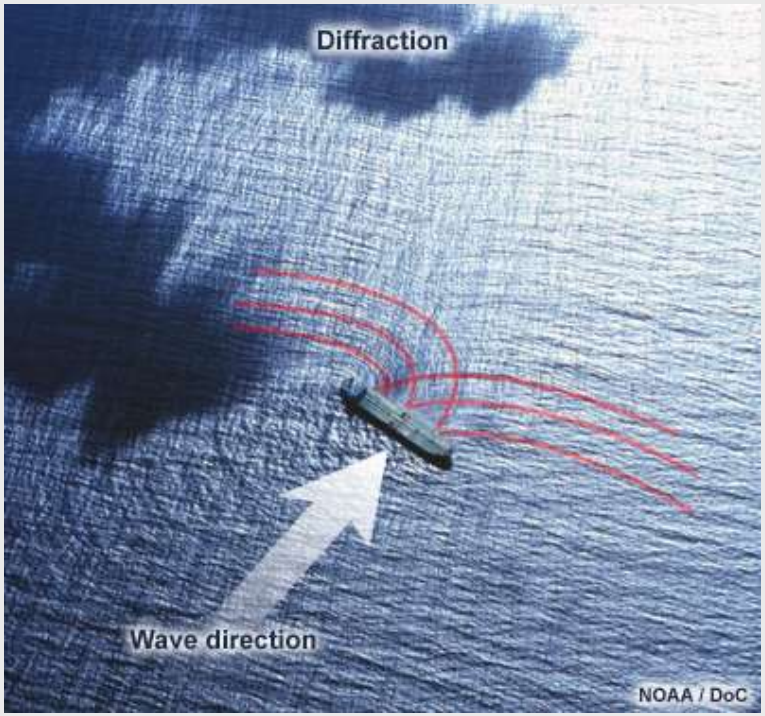

Veto
Photons and Muons
Hadron Beam
800 MHz
π Identification
GTK
Kaon identification
In CEDAR
Measure Kaon:
•Time
•Angles
•Momentum
RICH
LKR
MUV
STRAW
Tracker
Decay Region 65m
Total Length 270m
10.12.09
Na62 Physics Handbook Workshop
1

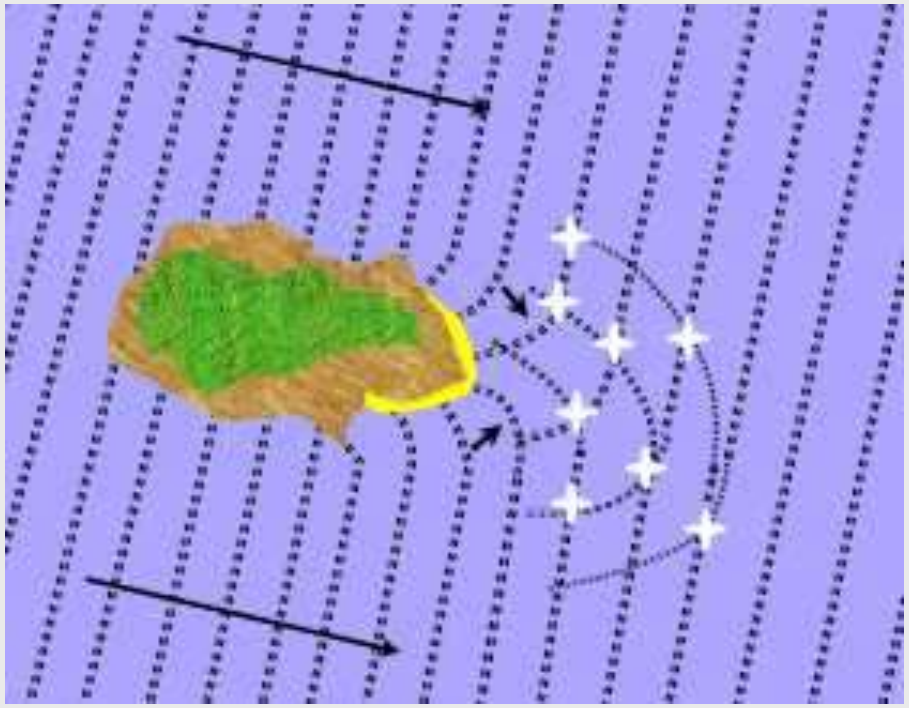
Detectors

Un detector di fotoni

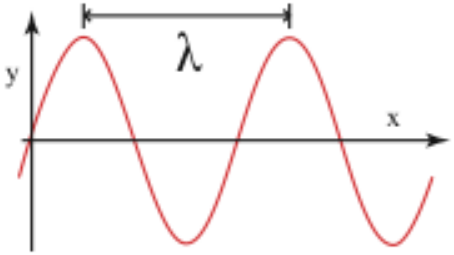


Energia alta = vedere cose piccole

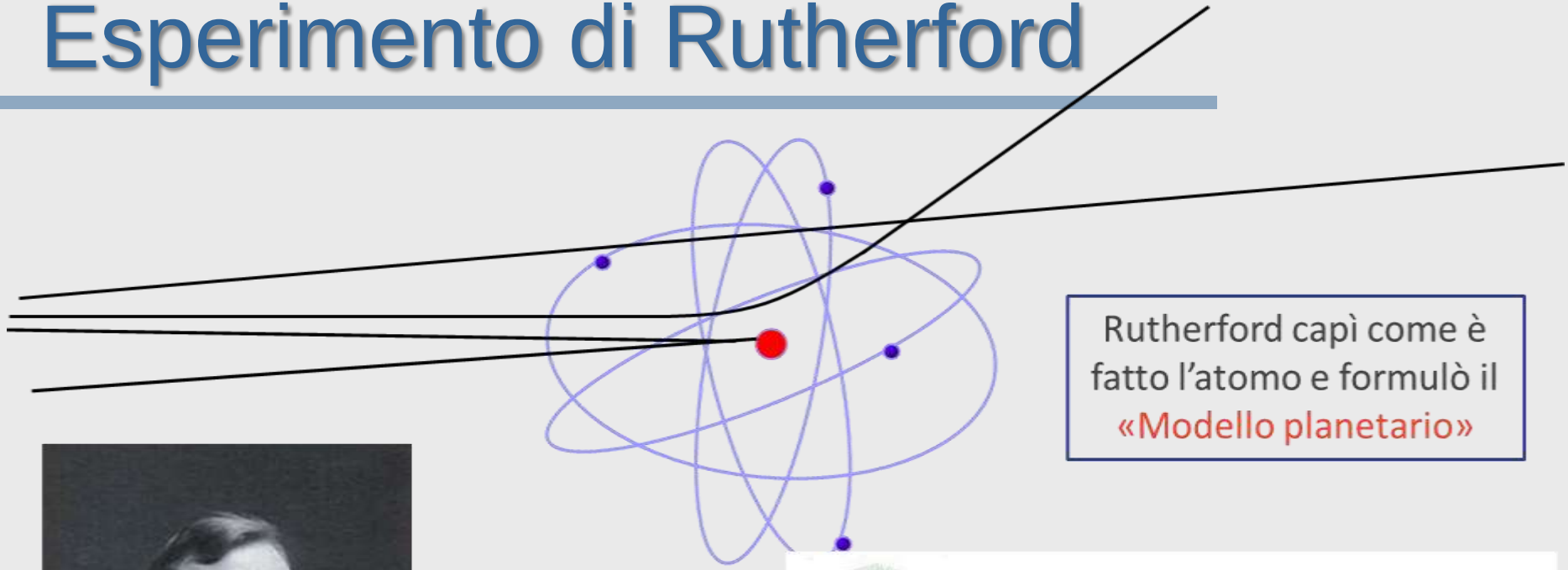




$$\lambda = \frac{h}{mv} \qquad f = \frac{E}{h}$$

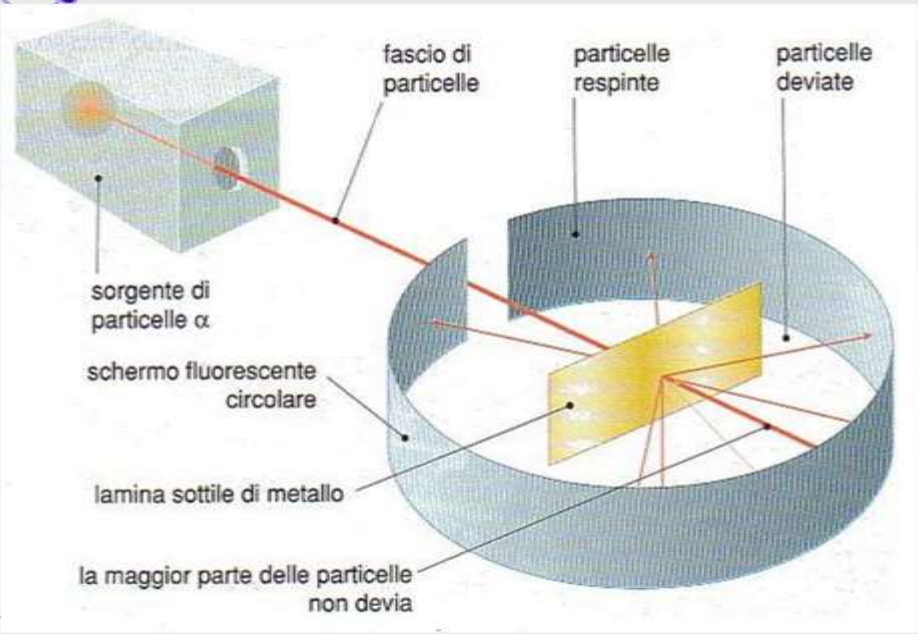


Esperimento di Rutherford



Rutherford capì come è fatto l'atomo e formulò il «Modello planetario»

Ernest Rutherford
Nobel 1908



Caratteristiche di un rivelatore

- **Sensibilità**: capacità di produrre un *segnale utile* per un certo tipo di *radiazione e di energia*.

- **Risposta**: tipo di segnale prodotto. Spesso è un *impulso di corrente* la cui ampiezza è proporzionale all'energia rilasciata dalla particella.

- **Risoluzione**: capacità di distinzione tra due misure vicine di una grandezza fisica misurata. Si esprime in termini di *deviazione standard* della distribuzione della grandezza misurata.

- **Efficienza**: frazione di particelle rivelate rispetto a quelle incidenti.

- **Tempo morto**: tempo necessario al rivelatore per essere di nuovo attivo dopo la rivelazione di una particella e la formazione del segnale.

Cosa e come guardare

COSA

Solamente 7 particelle sono direttamente rivelabili

Particelle stabili: Protoni, Neutroni, Elettroni, Fotoni

Particelle con vita media > 10^{-10} s: Pioni, Kaoni, Muoni

Le altre particelle (con $\tau < 10^{-10}$ s) sono riconoscibili attraverso la rivelazione dei loro prodotti di decadimento

I Neutrini sono stabili ma non sono rivelabili

COME

Urti con gli elettroni atomici (forza elettromagnetica)

Adroni e leptoni carichi

Protoni, Pioni ($\pi^+ \pi^-$), Kaoni ($K^+ K^-$), muoni, elettroni

Urti con i nuclei atomici (forza nucleare forte)

Adroni carichi e neutri

Protoni, Pioni ($\pi^+ \pi^-$), Kaoni ($K^+ K^- K^0$), Neutroni

Irraggiamento e produzione di coppie $e^+ e^-$ (forza elettromagnetica)

Elettroni e fotoni

Tracciatori

Tracciatori

Sfruttano gli **urti con gli elettroni atomici**

Campionano le tracce delle **particelle cariche: protoni, pioni, kaoni, elettroni, muoni**

Misurano la quantità di moto della particella (se immersi in un campo magnetico)

La particella esce dal rivelatore non perturbata

Calorimetri

Calorimetri
Elettromagnetici e Adronici

Sfruttano l'**irraggiamento e produzione di coppie** (sciame elettromagnetico)
e gli **urti con i nuclei atomici** (sciame adronico)

Rivelano **elettroni**, **fotoni (EM)**,
protoni, neutroni, pioni, kaoni (ADR)

Misurano l'energia delle particelle

La particella viene completamente assorbita

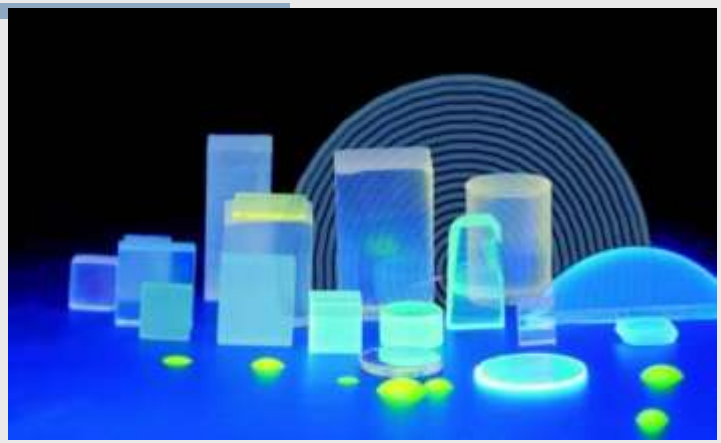
Scintillatori e Fotomoltiplicatori (PM)

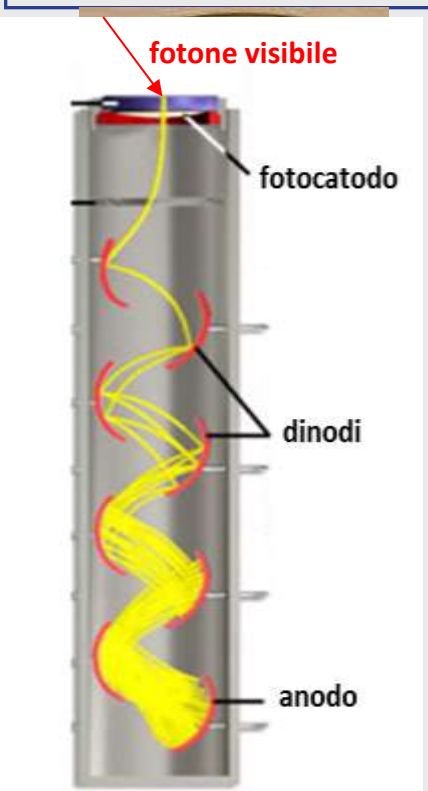
Alcuni materiali hanno la proprietà di **emettere luce visibile** se attraversati da particelle ionizzanti

NaI(Tl) - CsI(Tl) - BaF_2 - BGO

$PbWO_4$ - LYSO - YAP - Polistirene

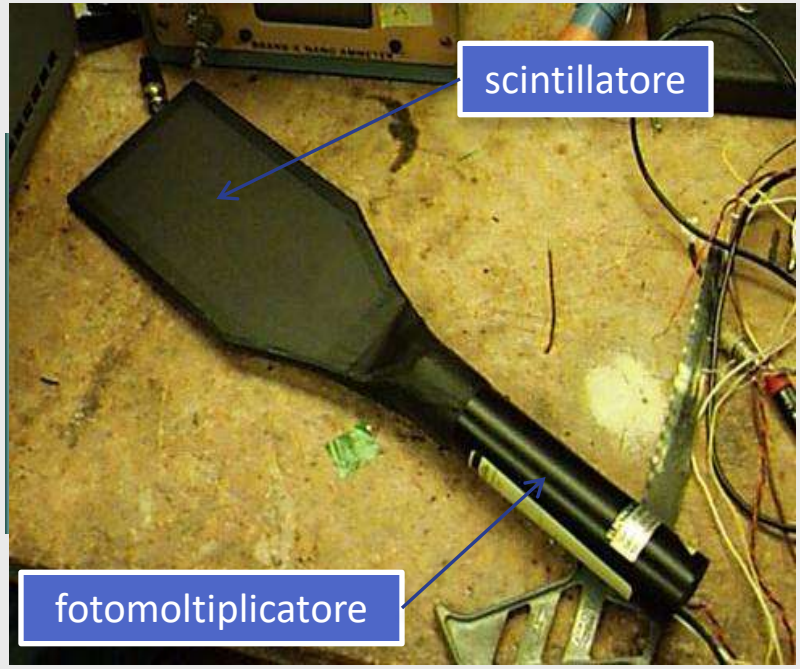
Gli scintillatori sono sempre accoppiati ai **Fotomoltiplicatori**





I fotomoltiplicatori sono rivelatori di *luce* basati sull'**Effetto Fotoelettrico** (Einstein Nobel 1921)

I fotoni colpiscono il *fotocatodo* che emette elettroni che moltiplicati dai *dinodi* e raccolti sull'*anodo* creando un *segnale di corrente*



Effetto Cerenkov

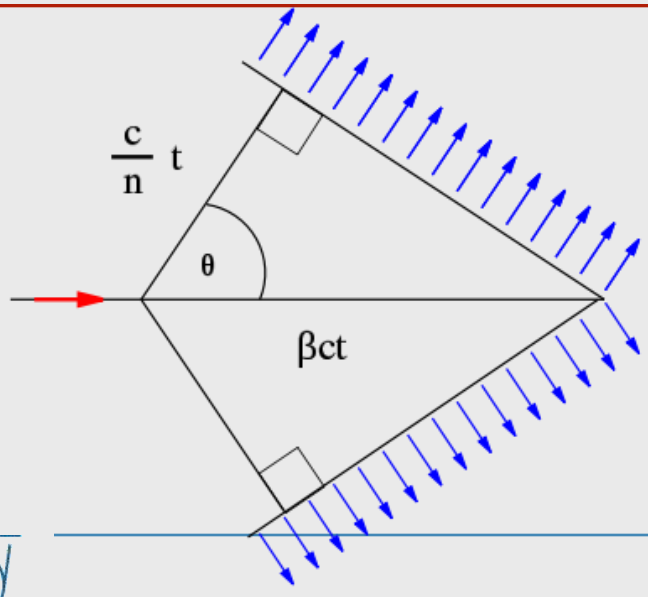
Effetto Cerenkov una particella carica che attraversa un mezzo trasparente ad una *velocità superiore alla velocità della luce* in quel mezzo emette un cono di *luce visibile*

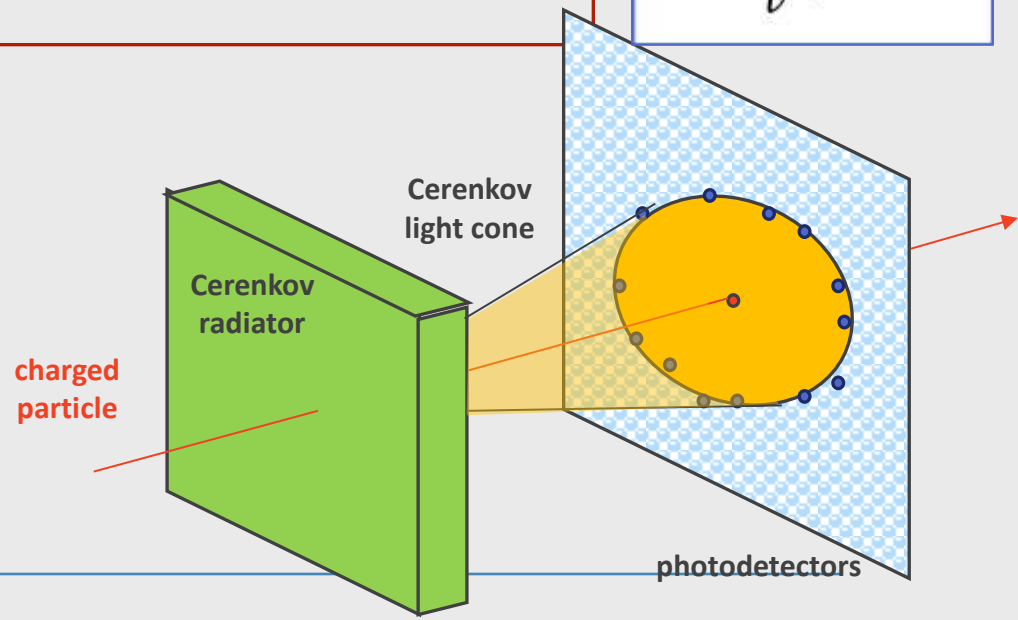
RICH (Ring Imaging Cerenkov) è composto da un **radiatore** (n nota) e un piano di fotomoltiplicatori
Misurando l'angolo del cono di luce (θ) si ricava la *velocità della particella incidente*
Misurandone anche l'impulso si può identificare la particella dalla sua massa

$$\beta = \frac{v}{c}$$

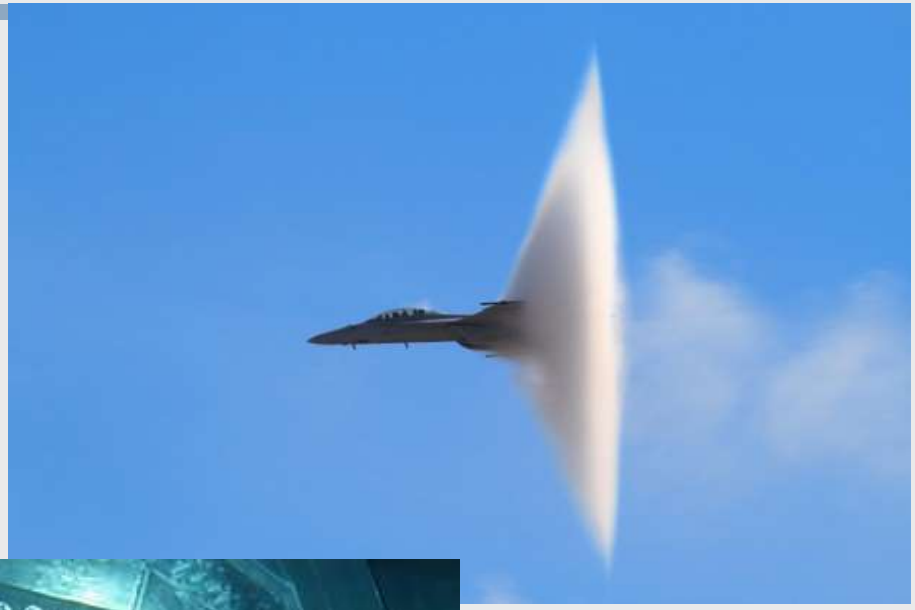
$$cos\theta = \frac{1}{\beta n}$$

$$m = \frac{p}{v}\sqrt{1-\beta^2}$$

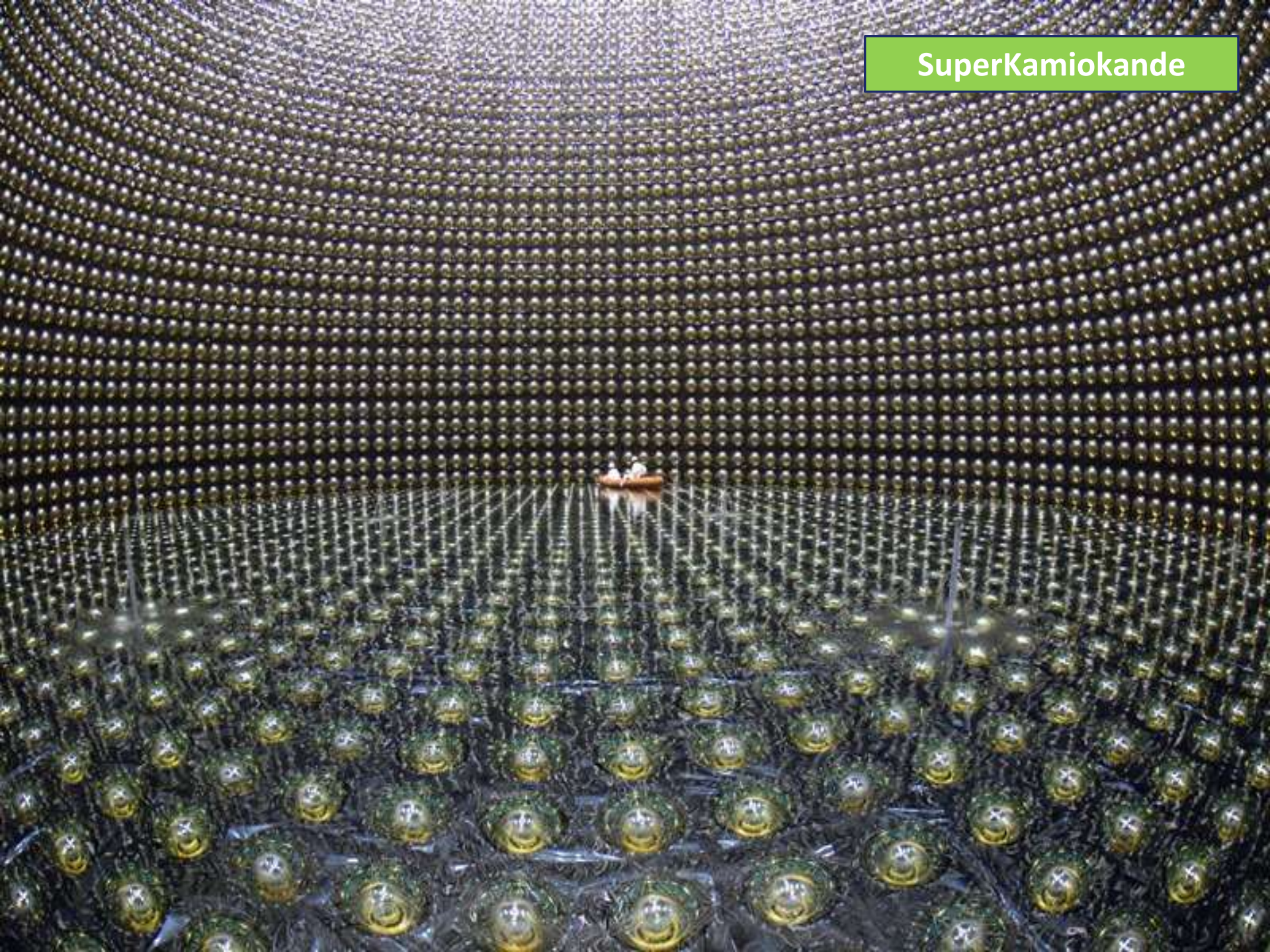




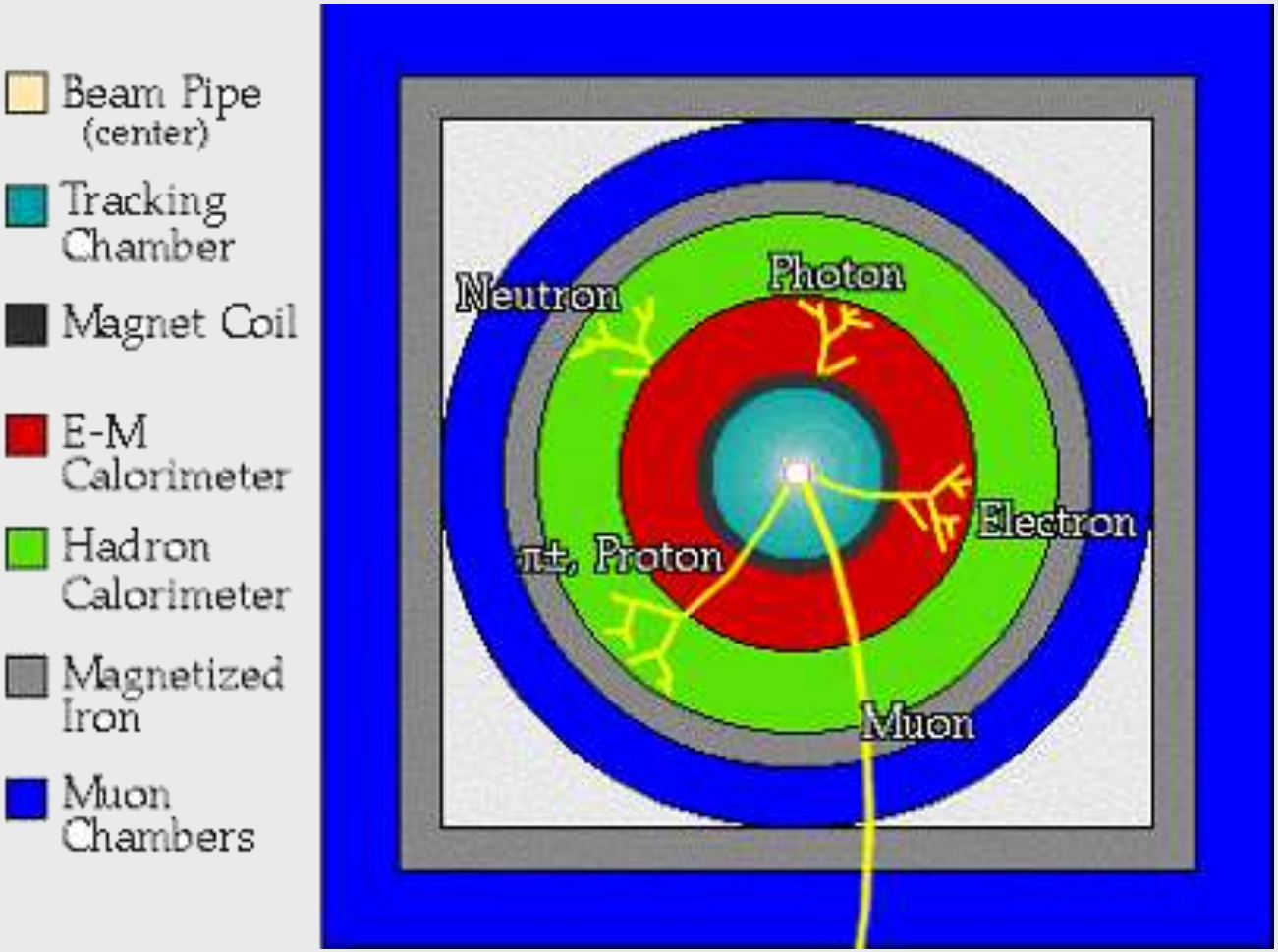
Effetto Cerenkov



Luce Cerenkov emessa dal nocciolo di un reattore nucleare


SuperKamiokande

Capire quello che succede



Capire quello che succede

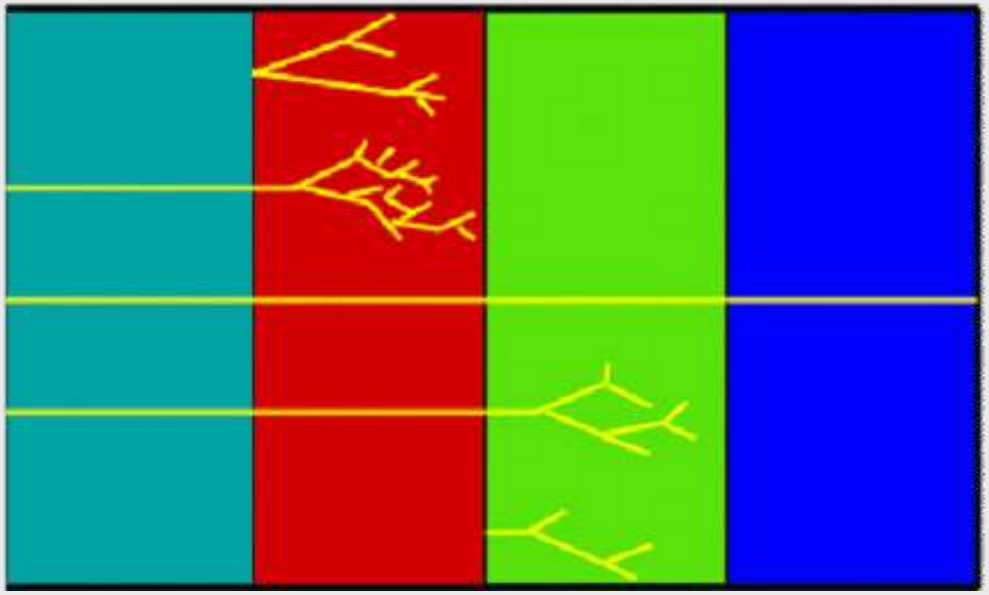
Fotoni →

Elettroni →

Muoni →

Pioni →

Neutroni →



BeamLine for Schools

Cos'è?

- Possibilità per scuole secondarie di utilizzare un fascio del CERN per fare esperimenti scientifici
- Quarta edizione del progetto
- Scadenza **31 Marzo 2017**
  - Progetto di 1000 parole
  - Un video di 1 minuto
- Vincitori a **Giugno 2017**
- Esperimenti a settembre 2017

http://beamline-for-schools.web.cern.ch/

Come?

- Team di minimo 5 studenti (no limite superiore, però solo massimo 9 al CERN) + un adulto (massimo 2)
- Età >16 al giorno di inizio dell'esperimento (per chi va al CERN)
- Quelli del quinto anno possono partecipare
- Il CERN paga tutte le spese di viaggio e soggiorno

catia.peduto@presid.infn.it (questioni organizzative)
giovanni.organtini@roma1.infn.it (per domande di fisica)

How are the proposals judged?

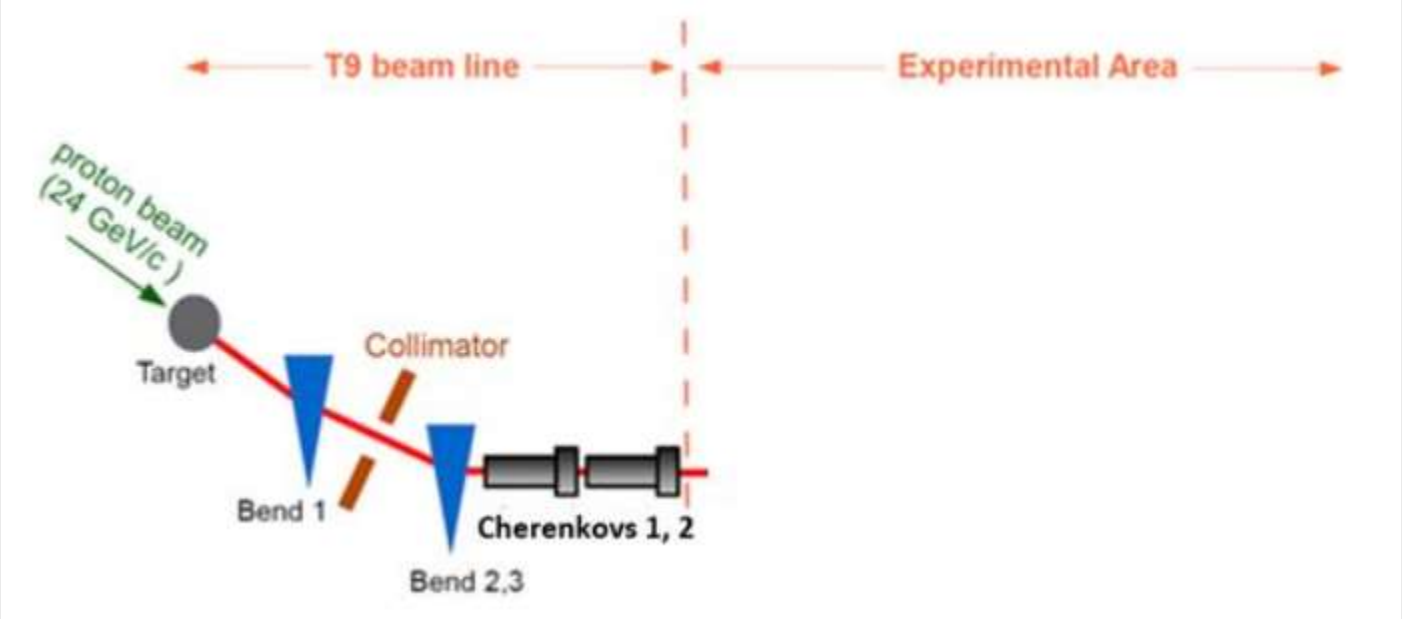
We will evaluate the proposals on these criteria:

- The feasibility of the experiment
- Your ability to follow the scientific method
- The motivation of the students: Why do you want to come to CERN?
- The creativity of the experiment and the **1-minute video**

We are not expecting fully developed experimental proposals. Your motivation and creativity are very important to us.

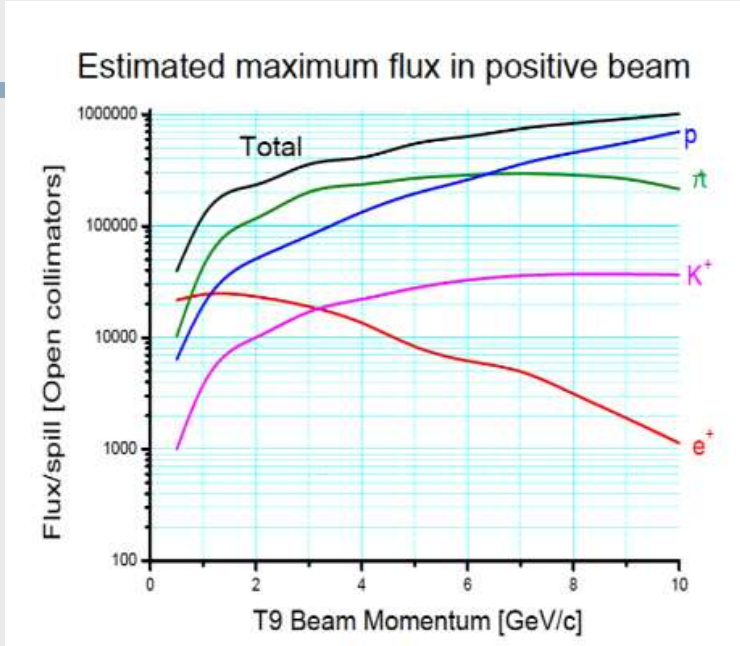
Il fascio T9

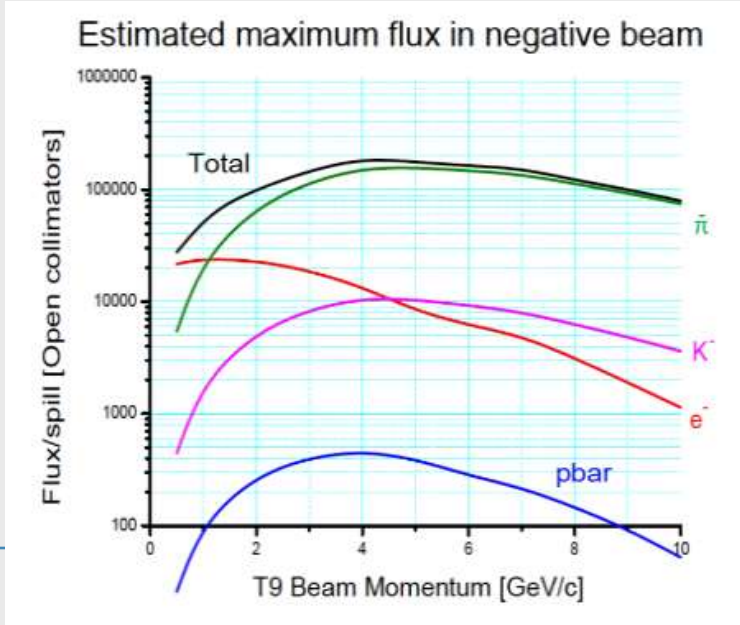
- Fixed target: area sperimentale T9
- Fascio primario: 24 GeV/c
- Fascio Secondario: tra 0.5 e 10 GeV/c
- Possibilità di controllare Dipoli, Quadrupoli e collimatori sulla linea di fascio
- Contatori Cerenkov per identificare le particelle



Il fascio T9

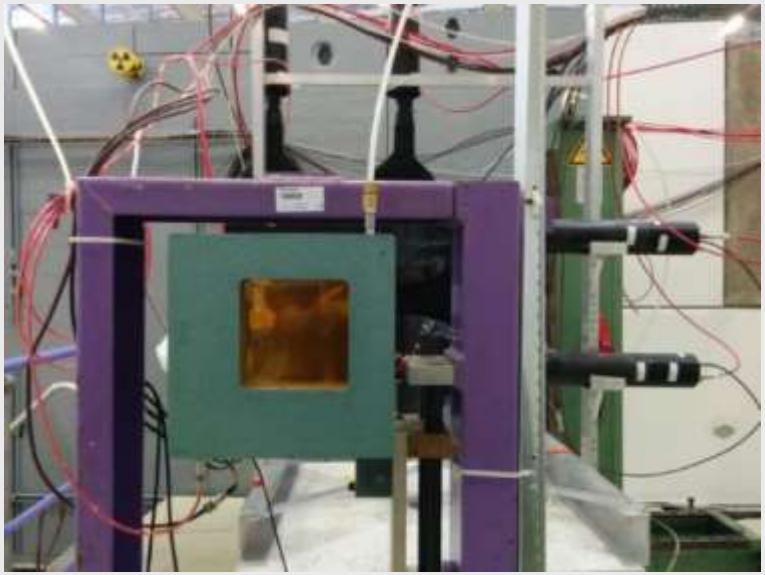
- Possibilità di scegliere energia e segno del fascio
- Composizione variabile in funzione dell'energia (identificabile attraverso I Cerenkov)
- Anche muoni presenti nel fascio (non perfettamente collimati)
- Burst di 400 ms, 2 bursts ogni 40 secondi
- Circa 1 milione di particelle totali a burst
- Diametro del fascio al punto focale: 2 cm (punto focale regolabile)

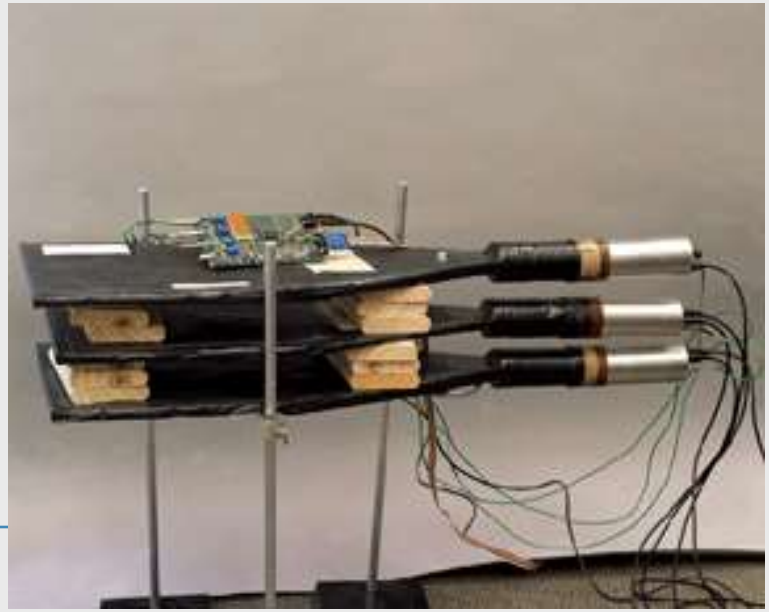




Detectors et al. disponibili

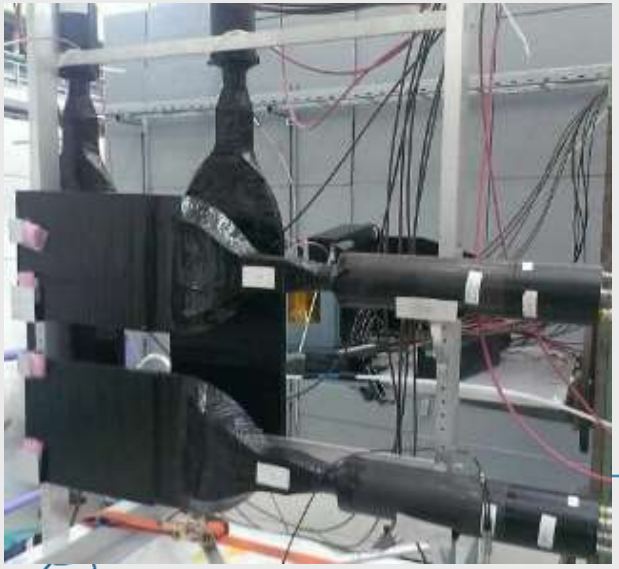
- **4 scintillatori**
  - Contare particelle, misurare precisamente il tempo di passaggio, costruire logica di trigger
- **3 Delay Wire Chambers (DWC)**
  - Posizione delle particelle, misura dell'impulso (con un campo magnetico)
- **Multi Gap Resistive Plate Chamber (MRPC):**
  - Come DWC ma con risoluzione temporale più alta
- **TimePix**:
  - Come sopra ma con risoluzione più alta (però più piccolo)





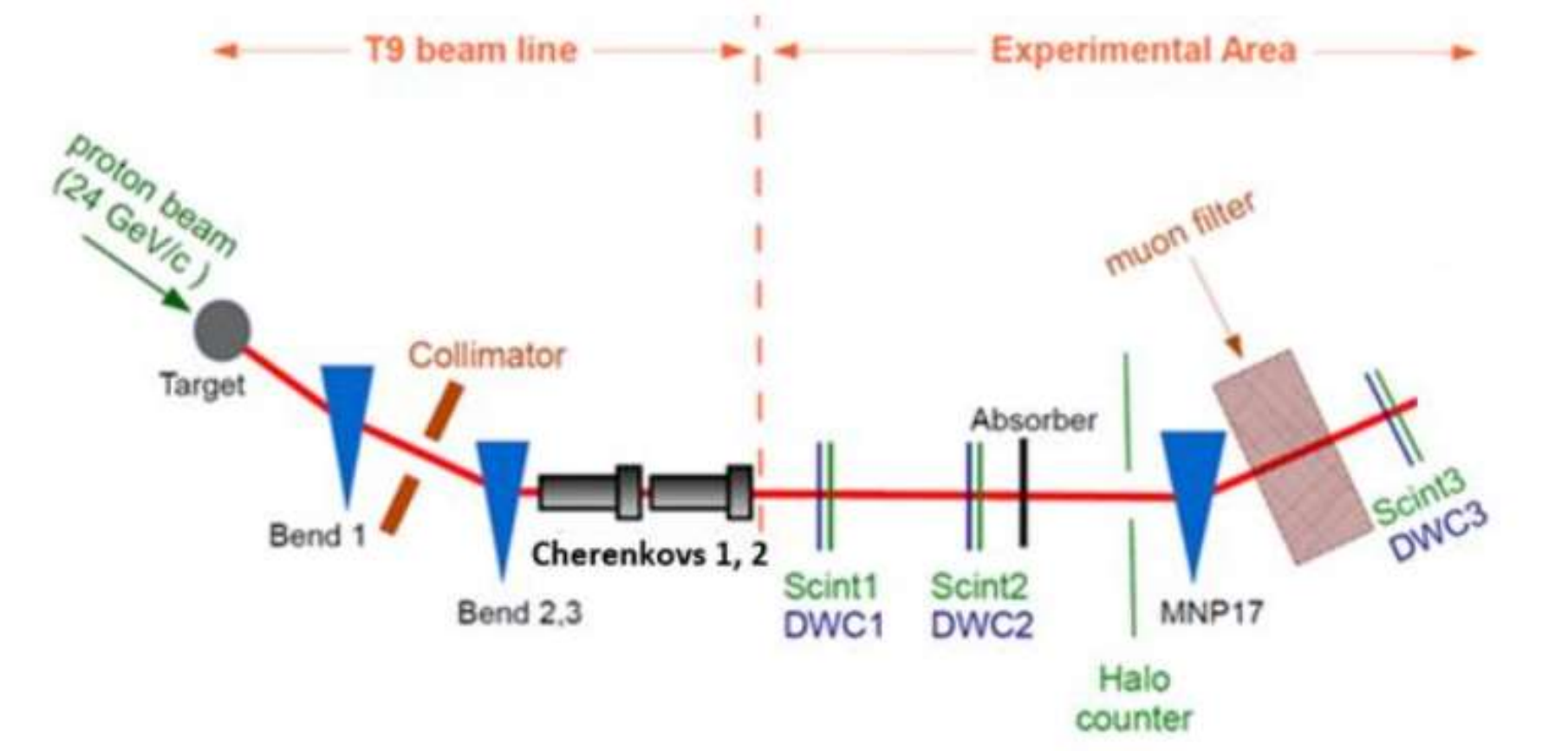
Detector et al. disponibili

- **Lead Crystal calorimeter**
  - Energia gamma e elettroni
- **Halo counters, Large tracking, MNP17, muon filter…**
- **Data acquisition**: LABVIEW



http://beamline-for-schools.web.cern.ch/sites/beamline-for-schools.web.cern.ch/files/BL4S-Beam-and-detectors_2017.pdf

Esempio


T9 beam line
Experimental Area
proton beam
(24 GeV/c)
Target
Collimator
Bend 1
Bend 2,3
Cherenkovs 1, 2
Scint1
DWC1
Scint2
DWC2
Absorber
muon filter
MNP17
Halo
counter
Scint3
DWC3

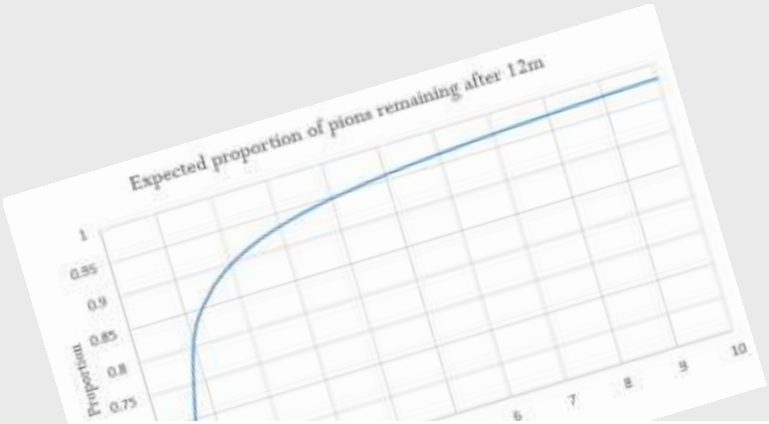
Vincitori precedenti edizioni

http://beamline-for-schools.web.cern.ch/bl4s-winners

- **Team Odysseus' Comrades (2014):**
  - Written proposal
  - Video proposal
- **Team Dominicuscollege (2014):**
  - Written proposal
  - Video proposal
- **Team Leo4G (2015):**
  - Written proposal
  - Video proposal
- **Team Accelerating Africa (2015):**
  - Written proposal
  - Video proposal
- **Team Pyramid Hunters(2016):**
  - Written proposal
  - Video proposal
- **Team Relatively Special (2016):**
  - Written proposal
  - Video proposal

È molto istruttivo dare un'occhiata alle proposte vincenti degli anni passati!

2016: “relatively special”



ON THE SPECIAL THEORY OF RELATIVITY AND THE LORENTZ FACTOR

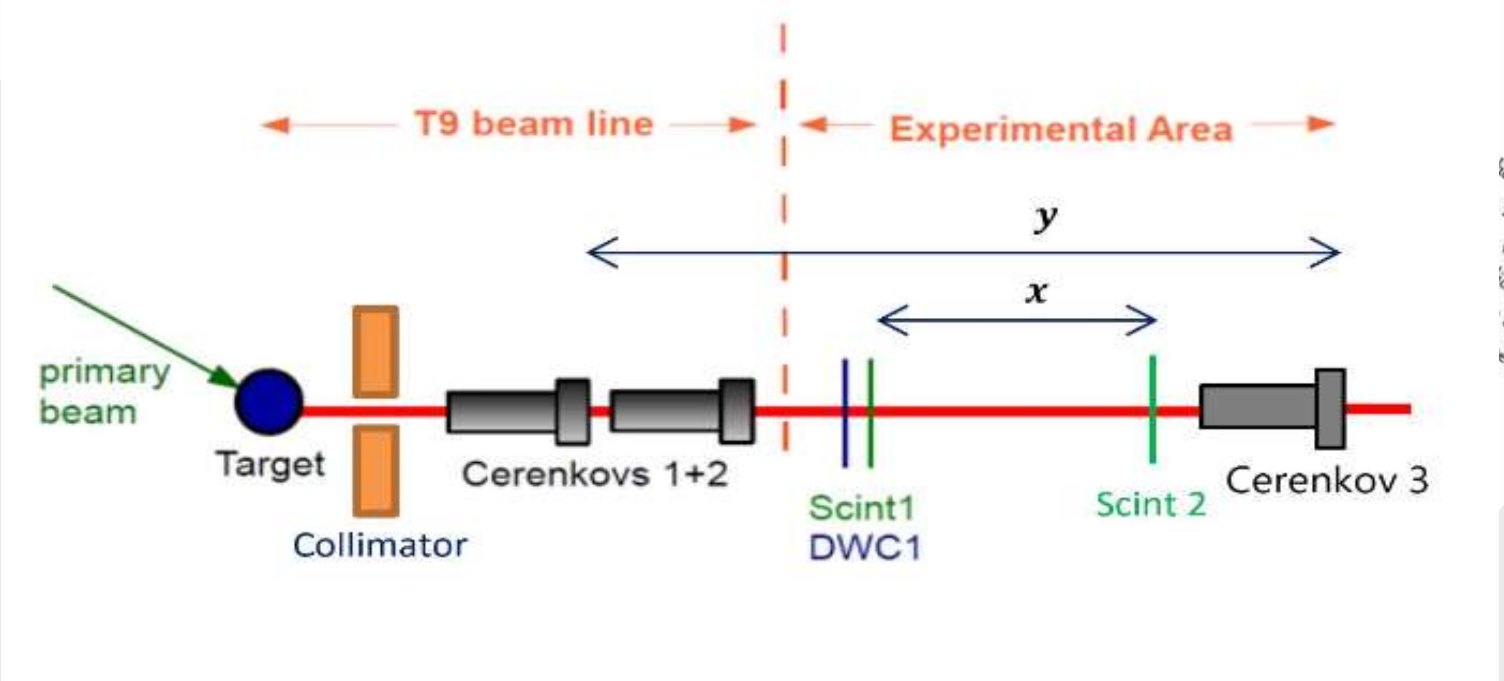
By Relatively Special

March 2016

Why We Wan

Last year was the hundred year anniversary of by Albert Einstein and also the year that impact not only in the scientific co turning point helped inspire us the natural world and mad his many great discov relativity in which

This comp condu



2014: “Crystal calorimeter”

Crystal calorimeter

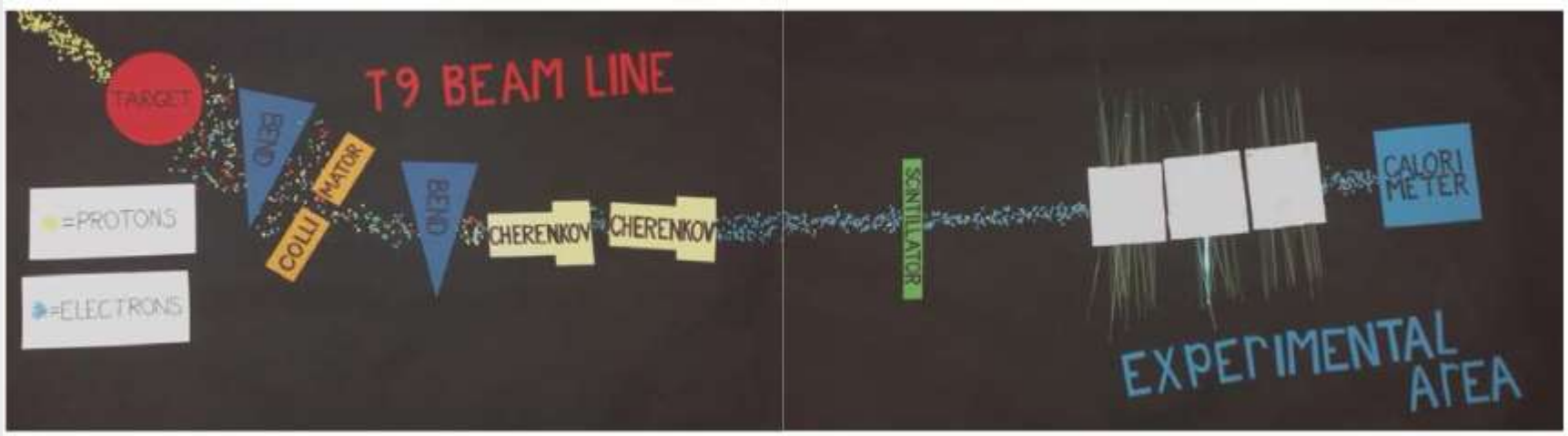
Summary

In this proposal, we will outline why we want to come to CERN, what our main goals are and what our experiment involves.

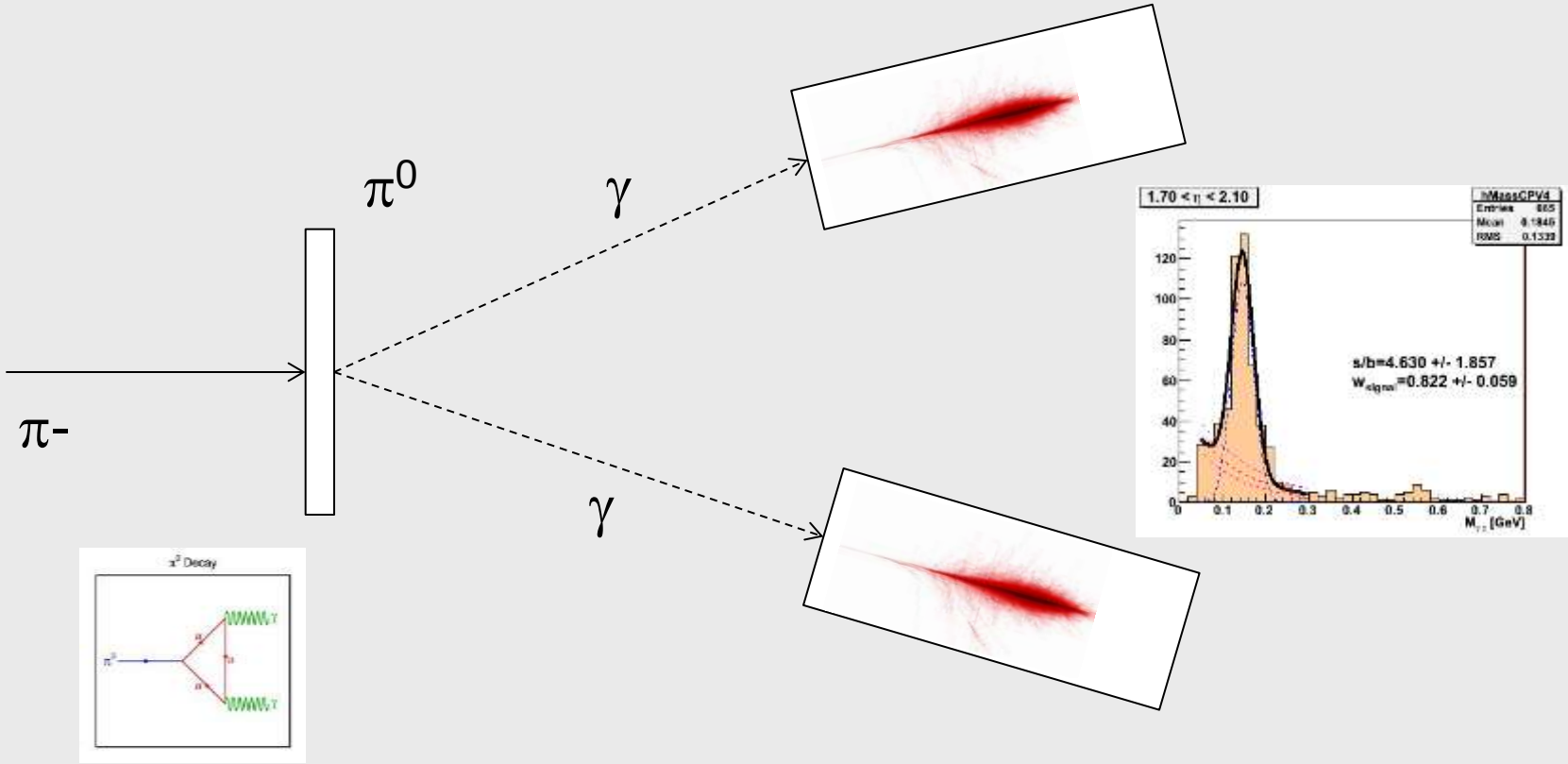
We have come up with the unique idea of growing our own crystals, with the aim of [illegible] calorimeter. The calorimeter will initially be tested at the Radboud University [illegible] that the experiment functions as it should. We then hope to bring our [illegible] how our calorimeter performs with high energies.

Our ultimate aim is to make ordinary high school students [illegible]
We want to show them that physics really can be [illegible]

Why do we want to com[illegible]
from the experien[illegible]



Proposta 1: spettroscopia $\gamma\gamma$



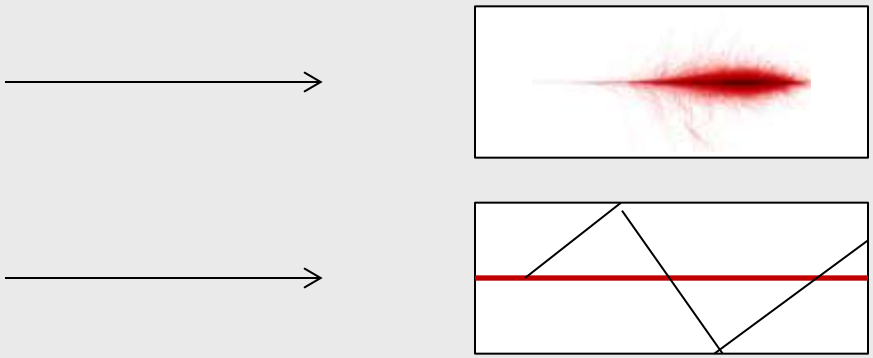
- Lead Glass calorimeter e scintillatori
- Misurare la massa del π^0 e dell'η
- Cercare di misurare il rate di produzione delle due particelle

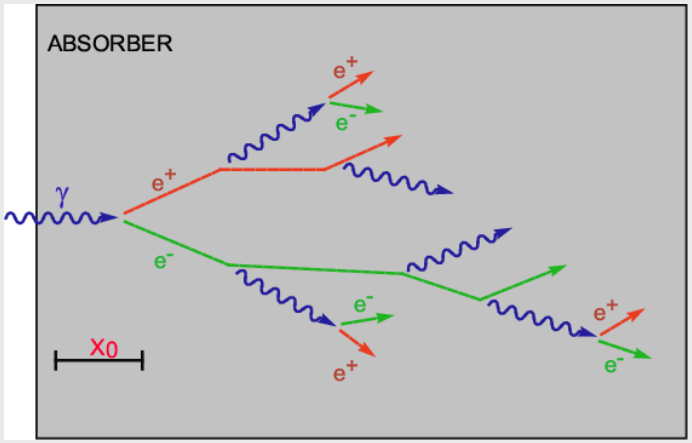
Proposta 1: spettroscopia $\gamma\gamma$

- Scegliere i parametri dell'esperimento: energia del fascio, angoli, …
- Simulare l'esperimento al computer
- Fare l'analisi dei dati ottenuti a posteriori
- Valutare gli errori sistematici dovuti alla risoluzione del detector e altre sorgenti
- Proporre miglioramenti per la misura

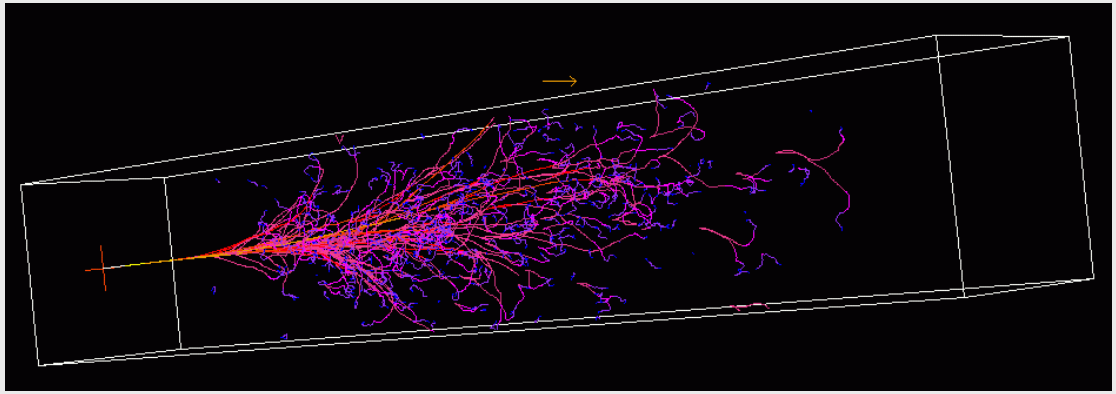
- Sforzo nella preparazione del progetto: simulazione "montecarlo"
- Studente ideale: bravo con le formule e con il computer

Proposta 2: Sciami & MIPs





- Lead Glass Calorimeter e scintillatori
- Distinzione tra elettroni e muoni
- MIPs= minimum ionizing particles



Proposta 2: Sciami & MIPs

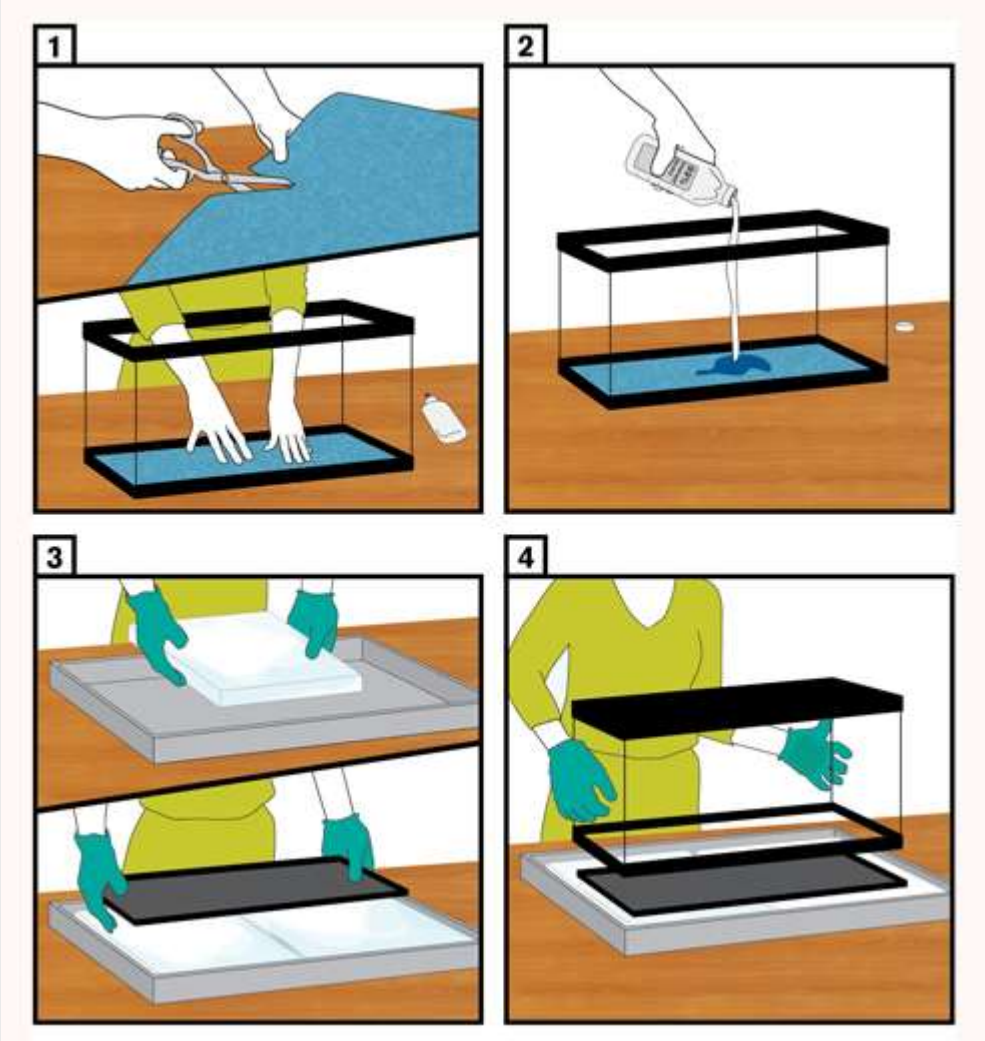
- Capire a priori la risposta attesa
- “complicare” un pò lo schema iniziale (2 blocchi successivi per gli adroni, filtro muoni per trigger, spettrometro per misurare l’impulso,…)
- Simulazione con Geant4
- Errori sistematici

- Sforzo nella preparazione del progetto: simulazione “montecarlo”
- Studente ideale: molto bravo con il computer (C++)

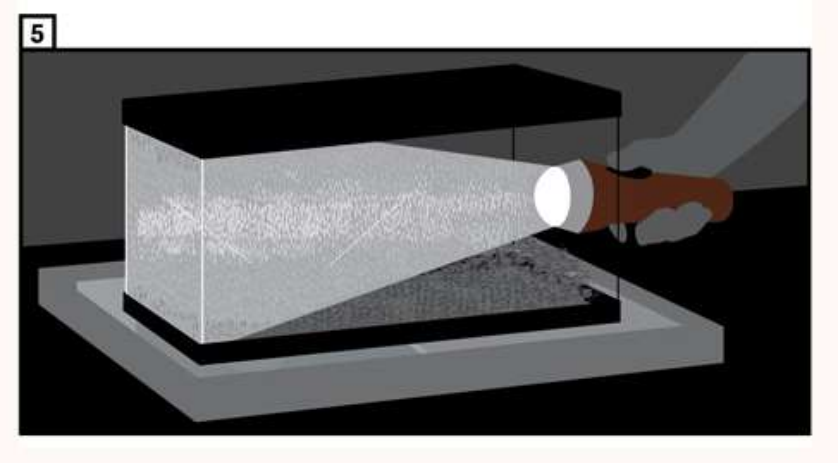
Proposta di camera a nebbia con trigger

- Camera a nebbia fatta in casa
- Disegno e realizzazione di un sistema di trigger idoneo
- Importante capire fino a quanto si puo' diminuire l'intensità del fascio. Oppure schemi alternativi (prodotti di decadimento dei pioni,…)

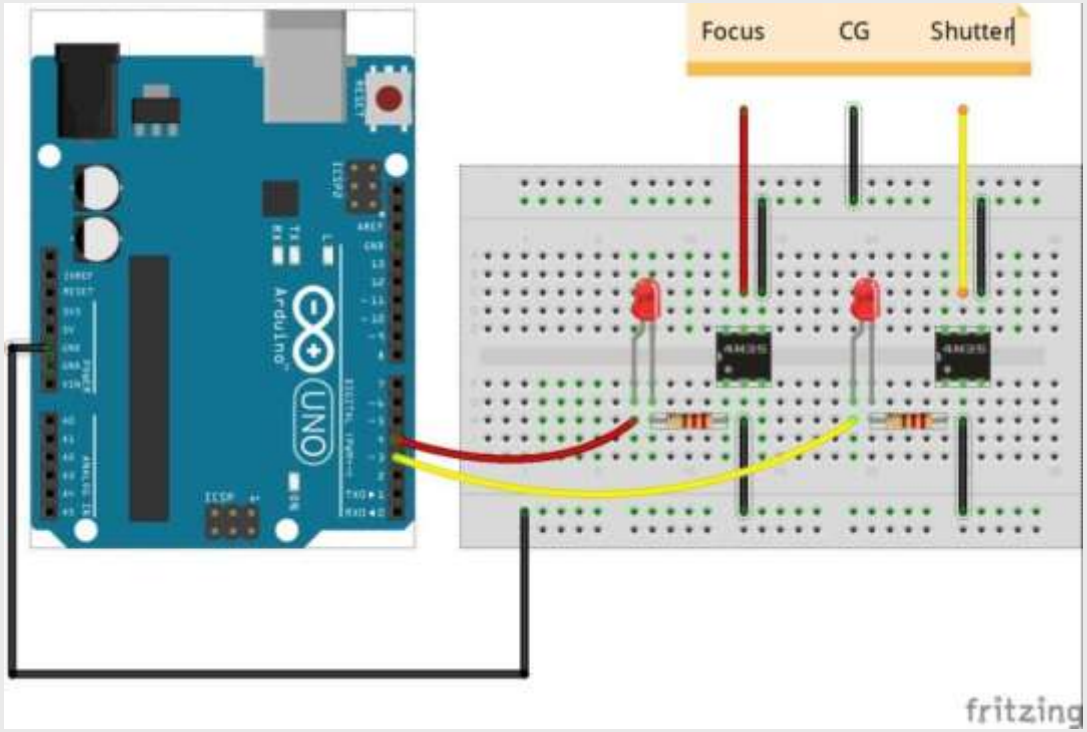
Proposta 3: camera a nebbia con trigger



Google: “Homemade cloud chamber”



Proposta 3: camera a nebbia con trigger



Google: “Arduino camera shutter”

Proposta 3: camera a nebbia con trigger

- Costruire la camera a nebbia e provarla sui raggi cosmici
- Costruire l'elettronica per fare le fotografie con un trigger basato su rivelatori
- Trovare il modo per diminuire l'intensità del fascio

- Sforzo nella preparazione del progetto: costruzione della camera e dell'elettronica
- Studente Ideale: bravo come "sperimentale"

The End

- Usate la fantasia! Altre proposte simpatiche e interessanti potrebbero venirvi in mente
- Non è necessario che siano cose “complicatissime”: date un’occhiata ai vincitori delle edizioni precedenti per farvi un’idea.
- Se siete interessati alla fisica questa è un’occasione da non perdere!

- Per domande non esitate: *gianluca.lamanna@cern.ch*