Riconoscimento di Eventi

1° parte

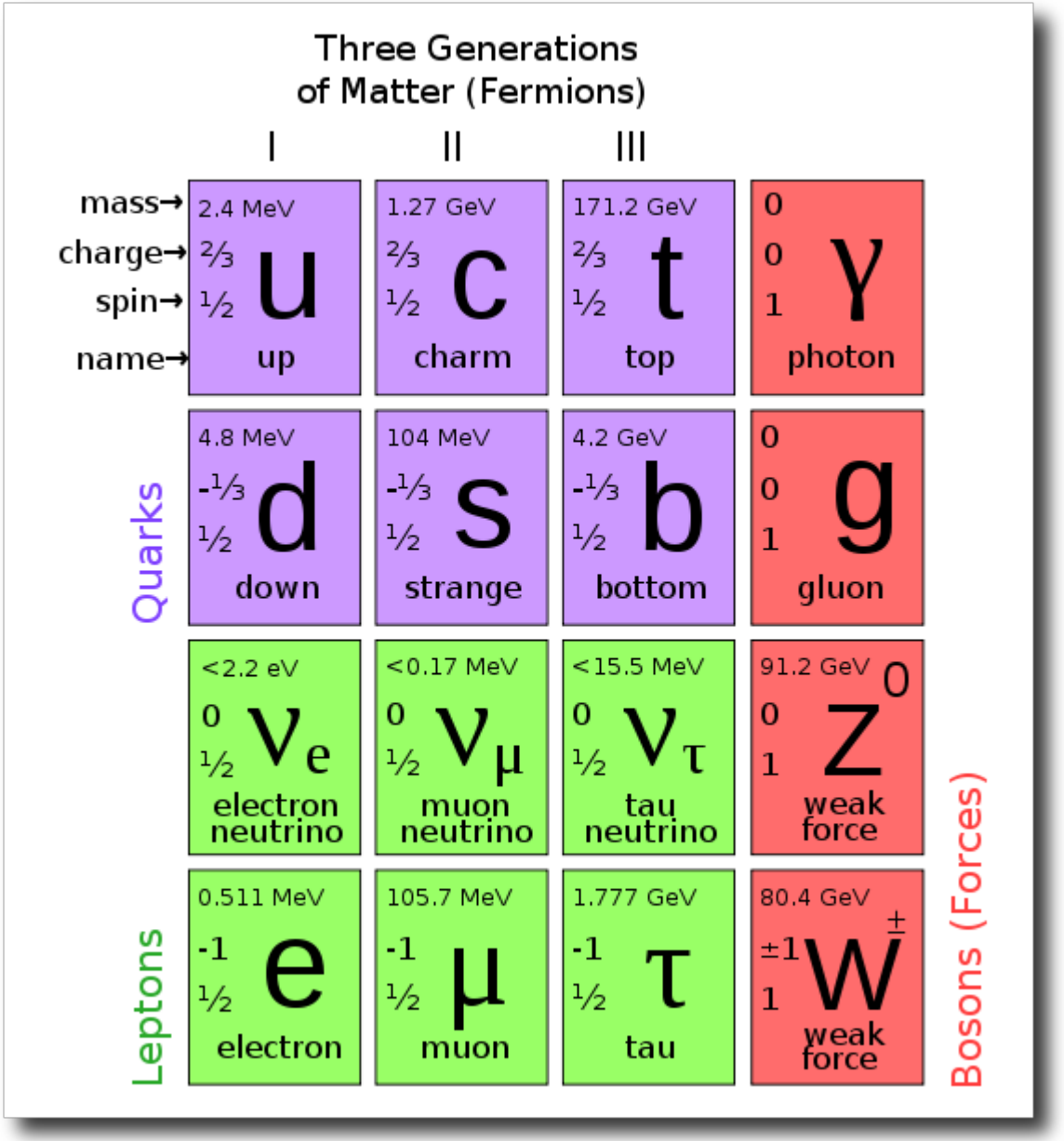
Andrea Bocci, CERN/CMG

Sommario

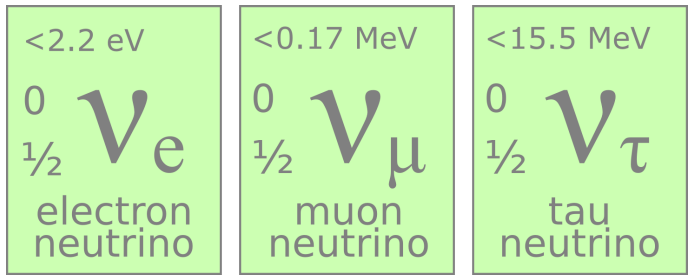
- 1° parte
  - le particelle del modello standard
  - particelle “stabili”: quali particelle raggiungono il rivelatore
  - i diversi componenti di un rivelatore
    - tracciatore & campo magnetico
    - calorimetri
    - rivelatori per muoni
  - come si distinguono le diverse particelle

- 2° parte
  - ricostruzione di un evento
  - analisi dati in tempo reale: “trigger”

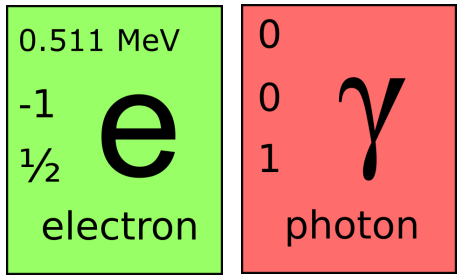
Particelle del modello standard



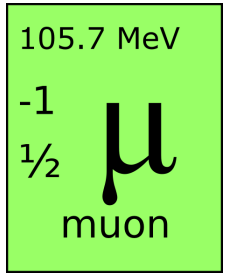
...cosa arriva al rivelatore ?



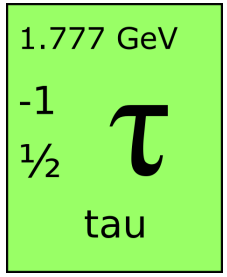
Stabili (Invisibili)



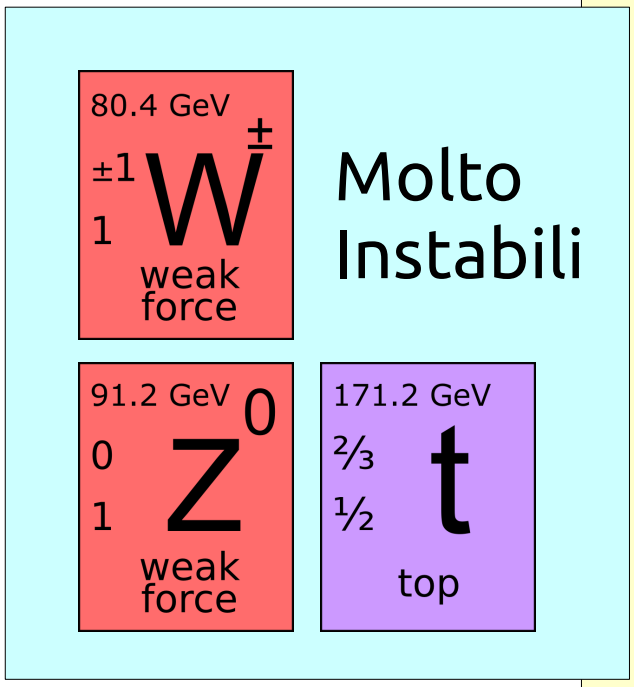
Stabili



2.2 μs

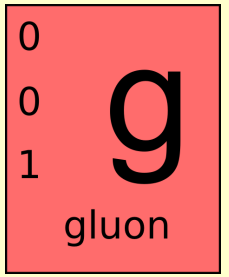


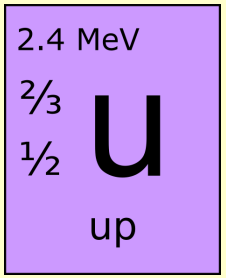
0.3 ps

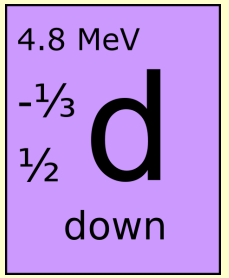


Molto Instabili

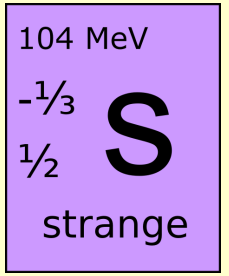
"Adronizzazione" in jets...



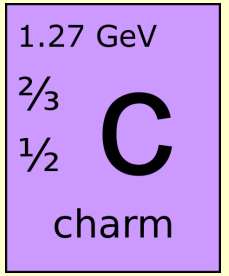




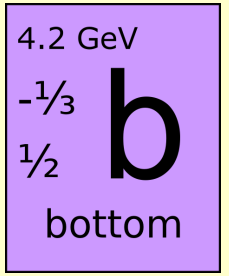
~ 0.1 ns
~ 10 ns



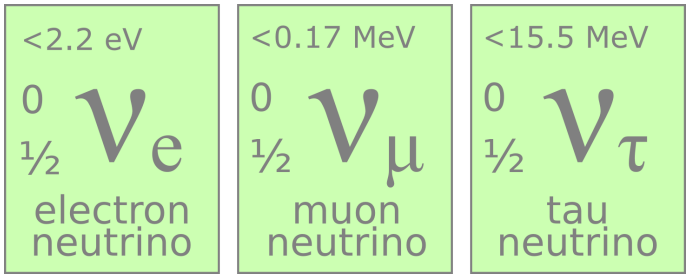
~ ps



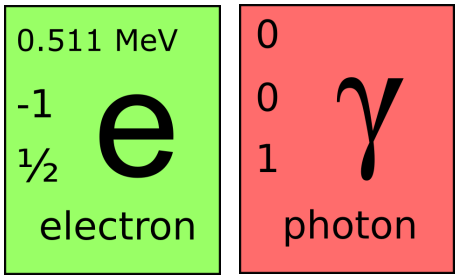
1.5 ps



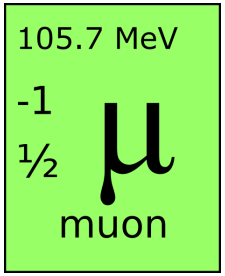
Particelle “stabili”



Stabili (Invisibili)



Stabili

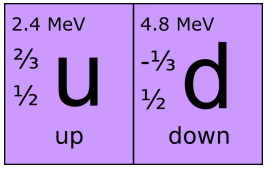


2.2 μs

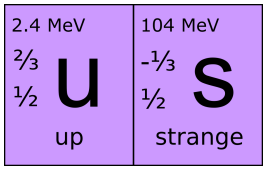
mesoni

adroni

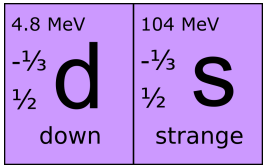
26 ns $\pi^{\pm}$



12 ns $K^{\pm}$



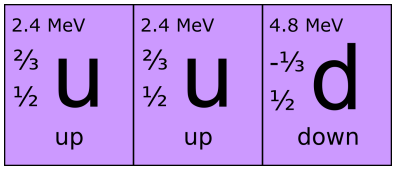
50 ns K_L^0



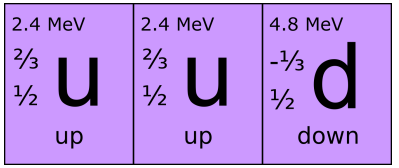
...

barioni

Stabile p^+

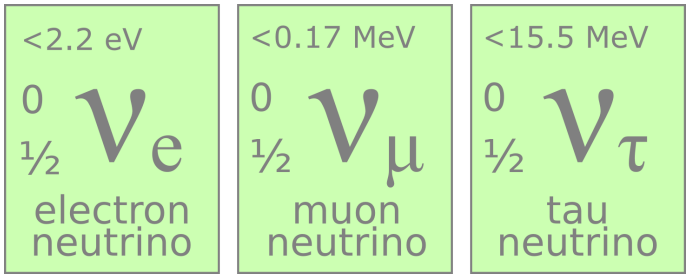


880 s n^0

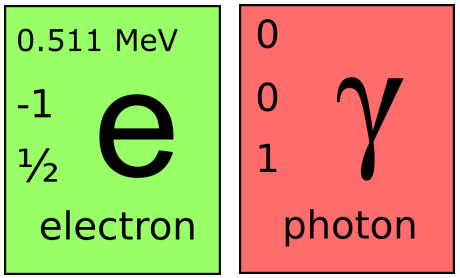


...

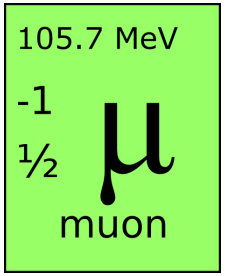
Particelle “stabili”



Stabili (Invisibili)



Stabili



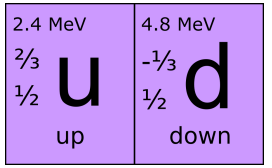
660 m

Queste distanze sono misurate nel sistema di riferimento delle paticelle: non tengono conto del “boost” relativistivco duvuto all'energia delle particelle stesse

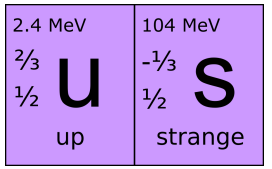
mesoni

adroni

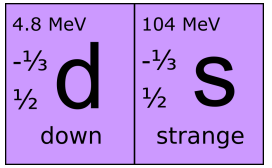
7.8 m $\pi^{\pm}$



3.7 m $K^{\pm}$



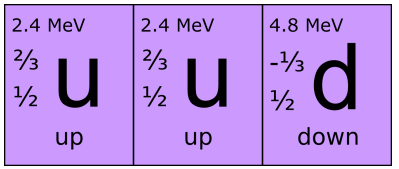
15 m K_L^0



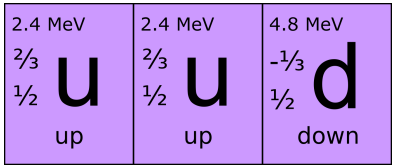
...

barioni

Stabile p^+

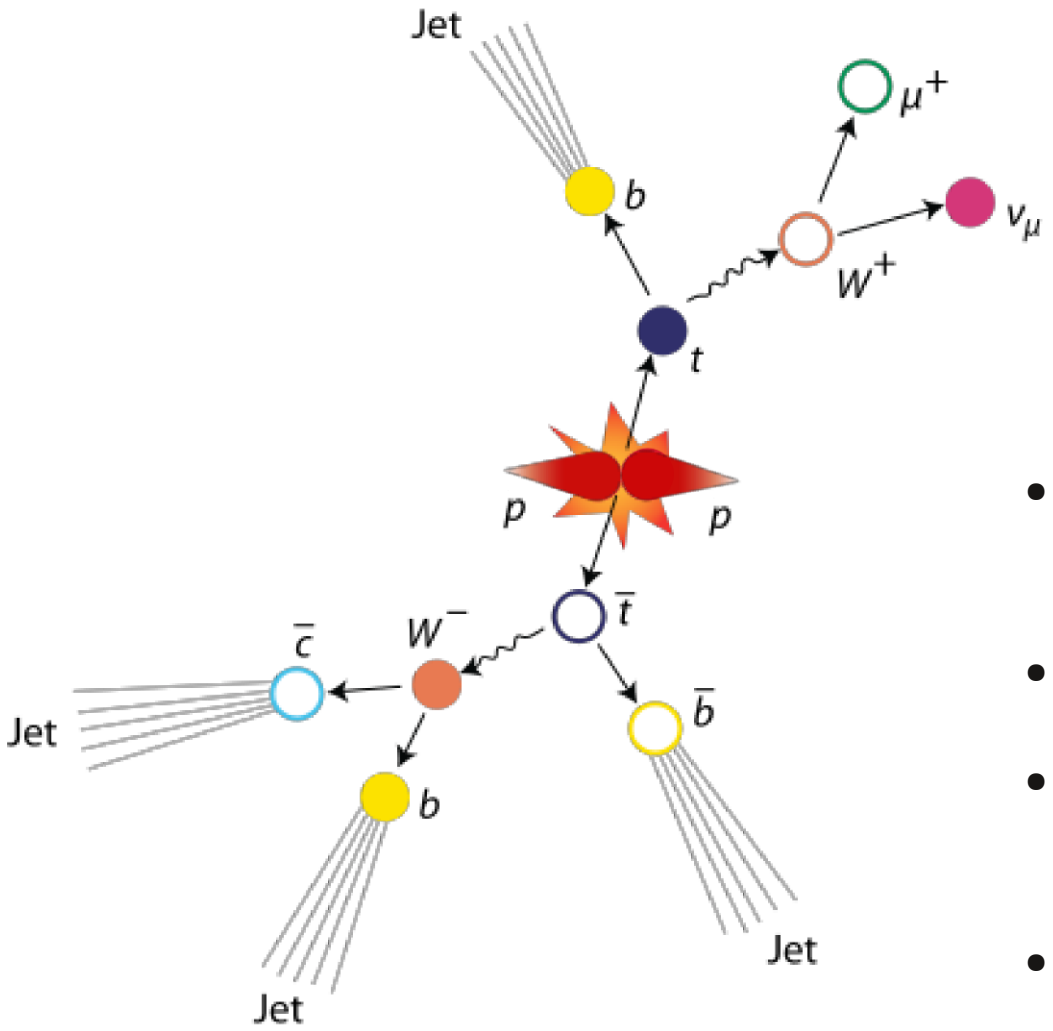


1.8 AU n^0



...

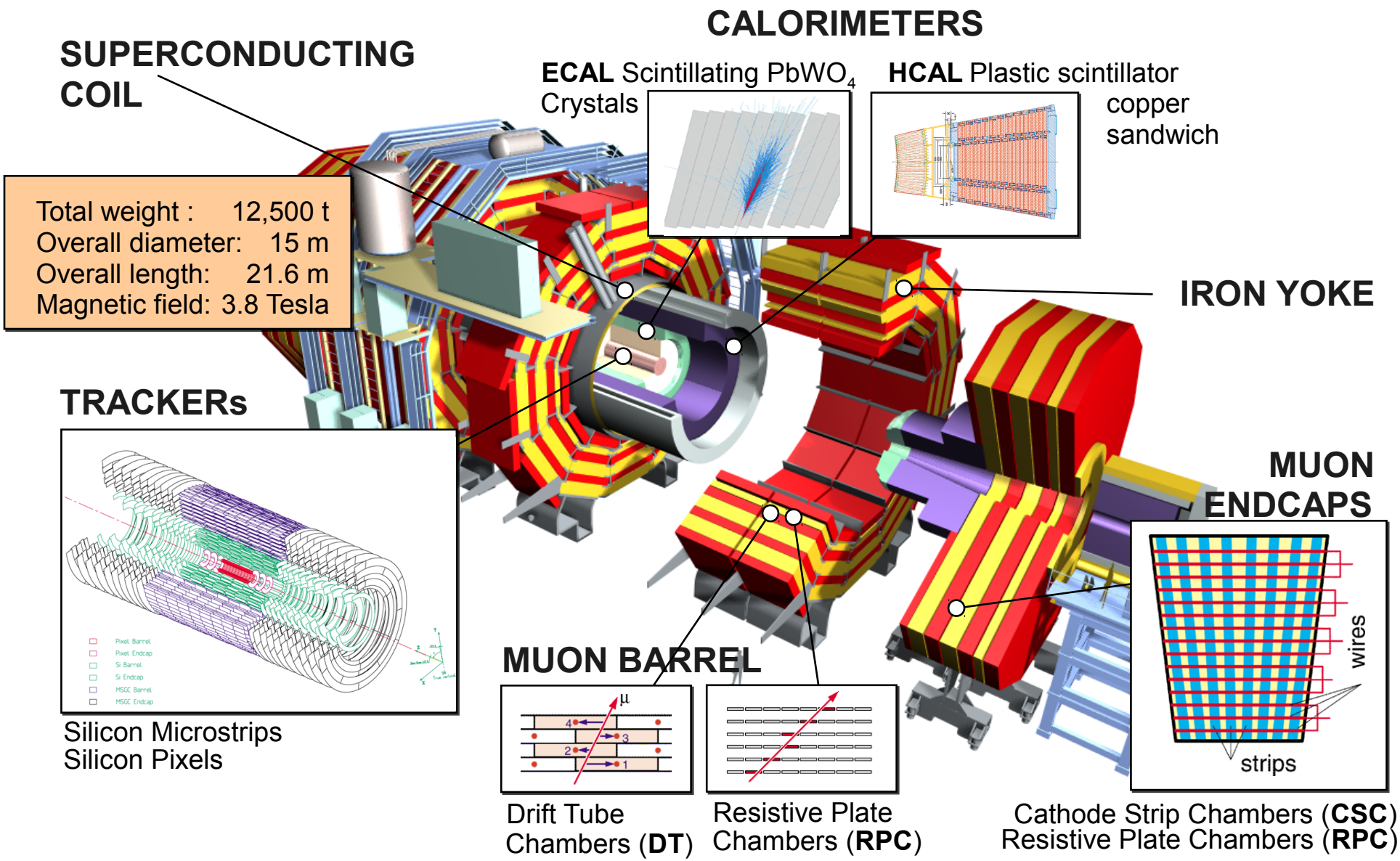
Un esempio di interazione...



- i “top” e “W” decadono istantaneamente
- i quark creano “jet” adronici
- il “μ” viene osservato direttamente
- il “ν” viene rivelato come “energia mancante”

Rivelatori

I diversi componenti di un rivelatore



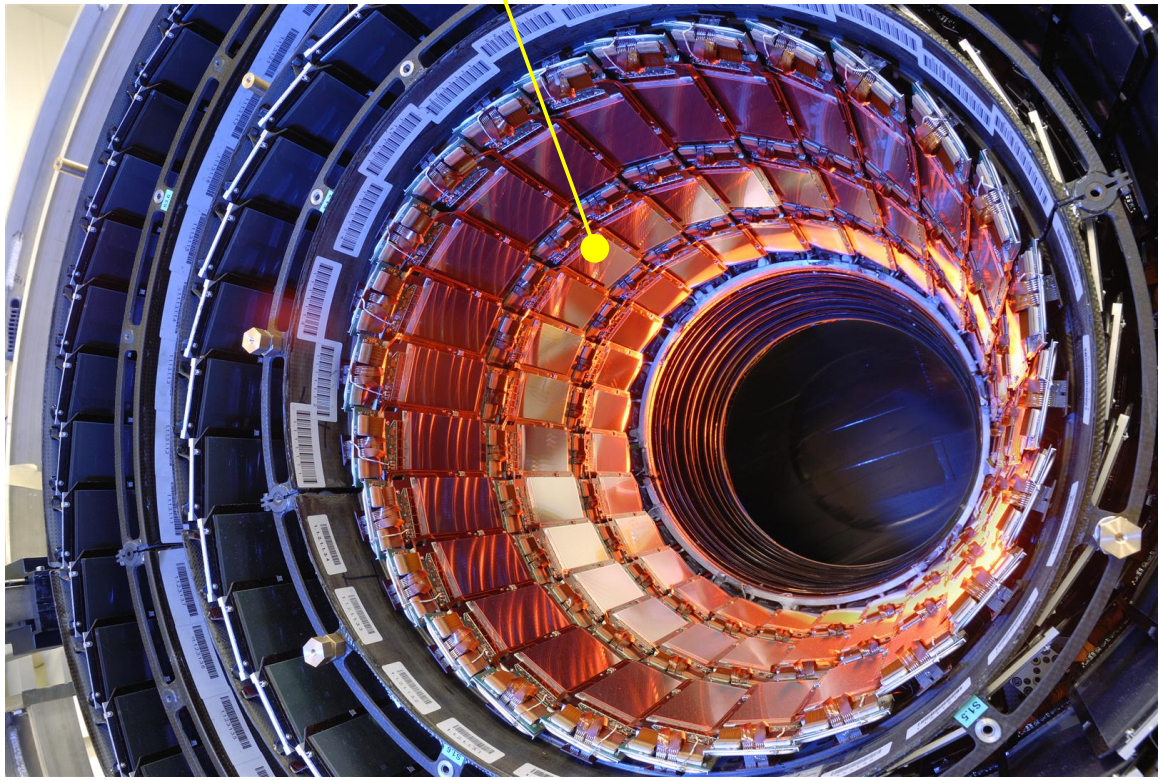
Tracciatore (1)

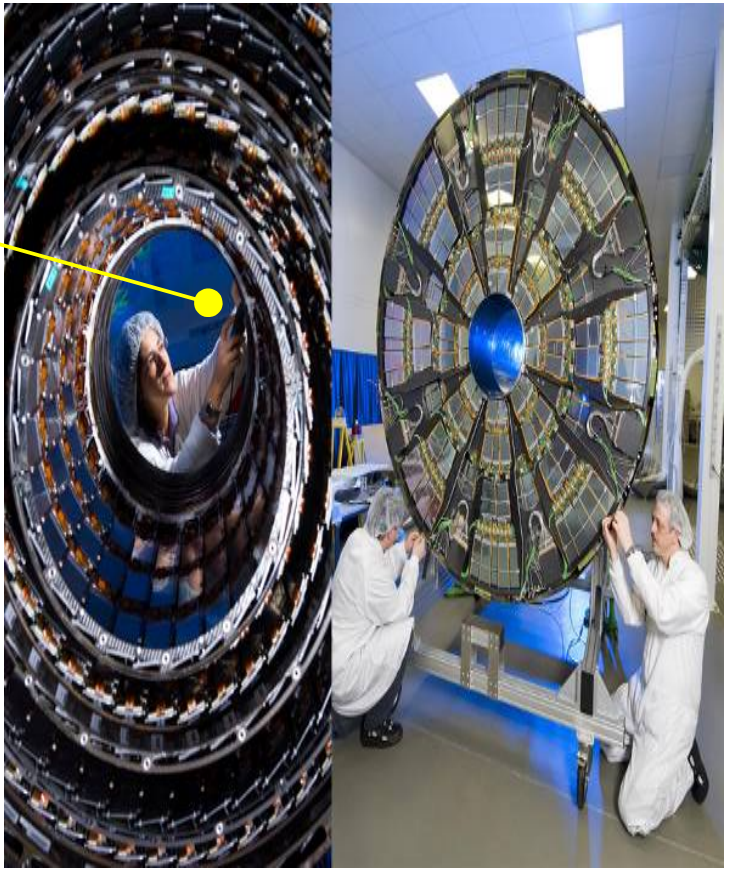
- La parte più interna di un rivelatore di particelle è dedicata alla ricostruzione delle tracce delle particelle cariche.
  - Il *tracciatore* è immerso in un campo magnetico, che “piega” la traiettoria delle particelle cariche e permette di misurarne l'impulso
- Estrapolando le traiettorie delle particelle, è possibile ricostruire il “vertice” dell'interazione primaria
  - nel caso di decadimenti dei quark “b”, si riesce a separare il viertice primario ed il vertice di decadimento secondario.

Tracciatore (2)

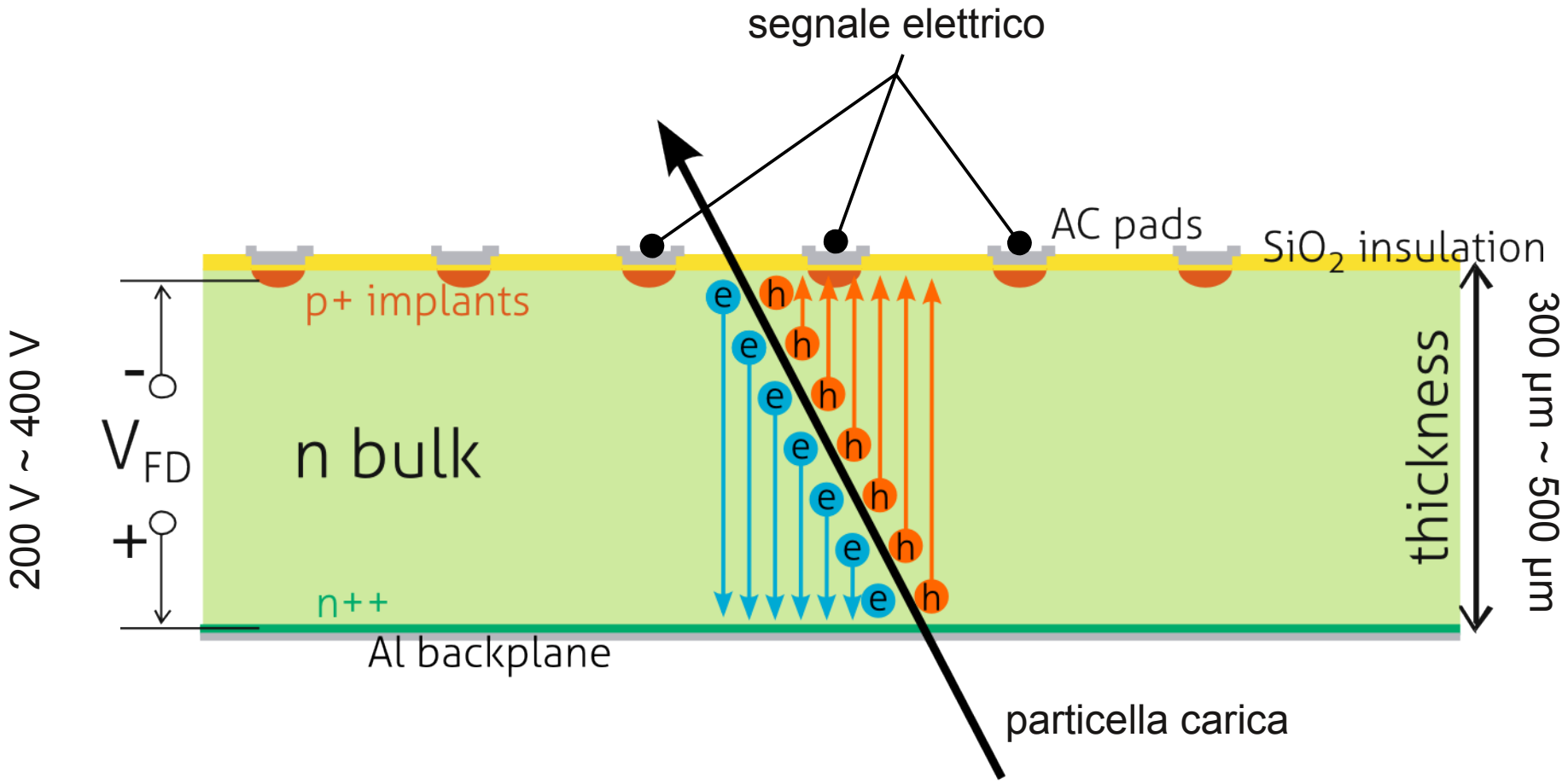
INNER BARREL

ENDCAP





Rivelatore al Silicio



Tracciatura (1)

Nel piano XY, perpendicolare al campo magnetico, le tracce seguono traiettorie circolari sotto l'azione della forza di Lorenz.

Dal raggio di curvatura possiamo misurare direttamente l'impulso “trasverso” delle particelle cariche.

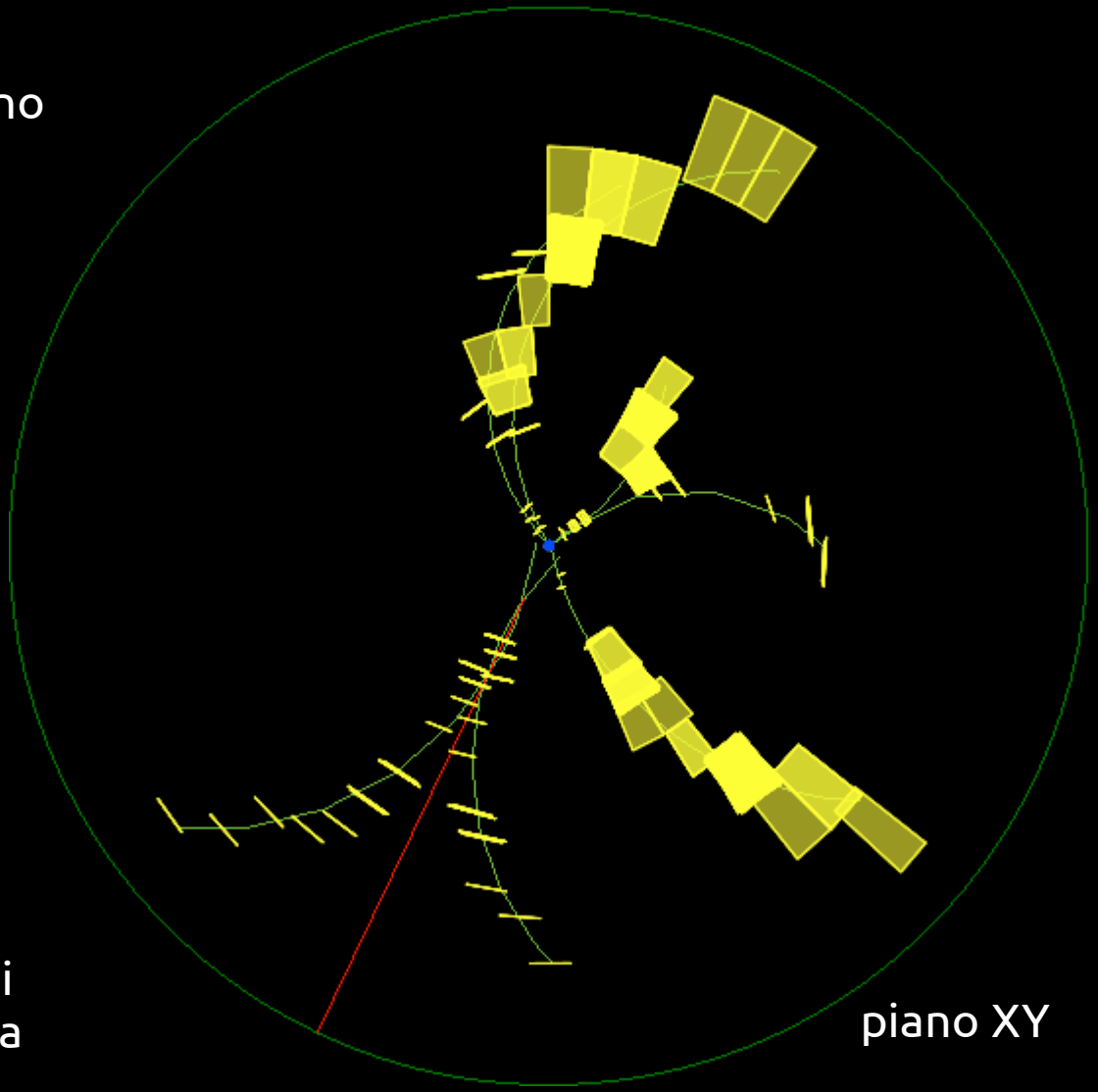
$$p_T = 0.3\ q\ B\ R$$

impulso “trasverso”

carica della particella

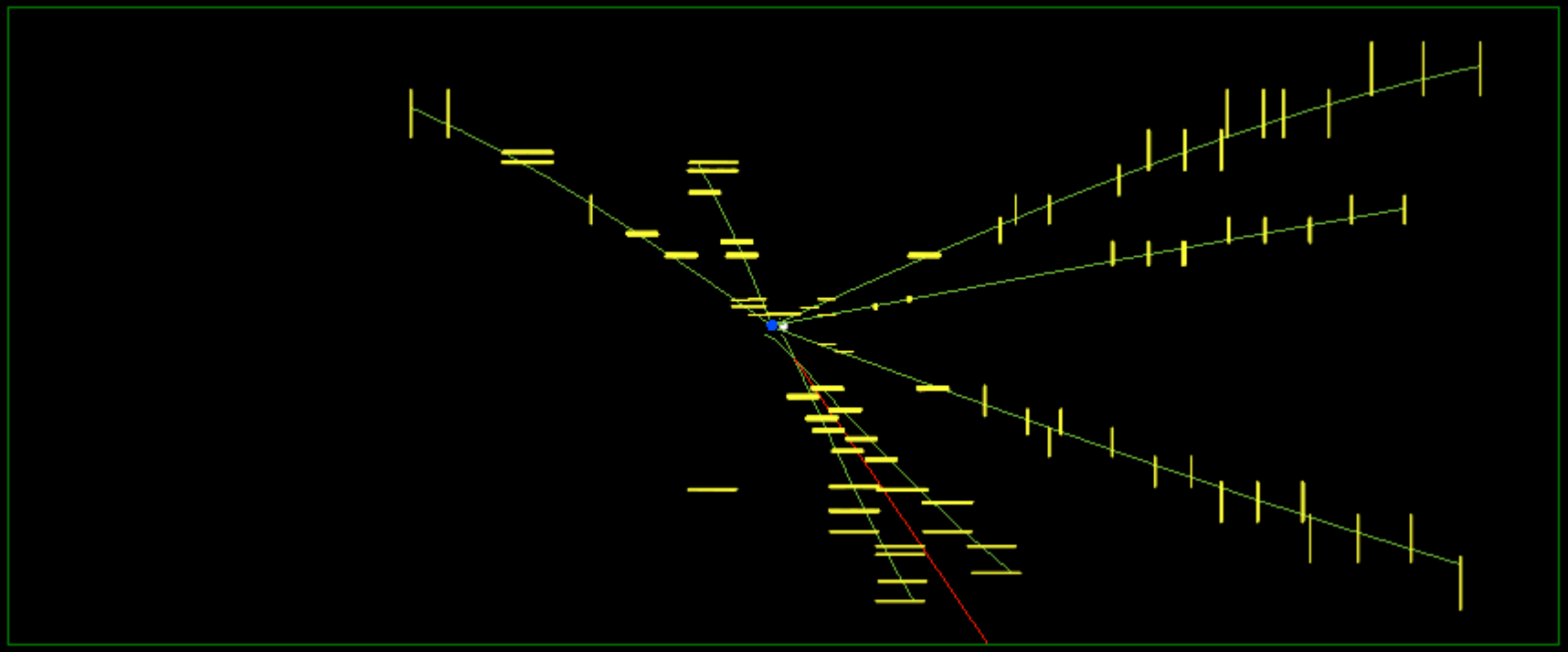
campo magnetico

raggio di curvatura



piano XY

Tracciatura (2)



piano RZ

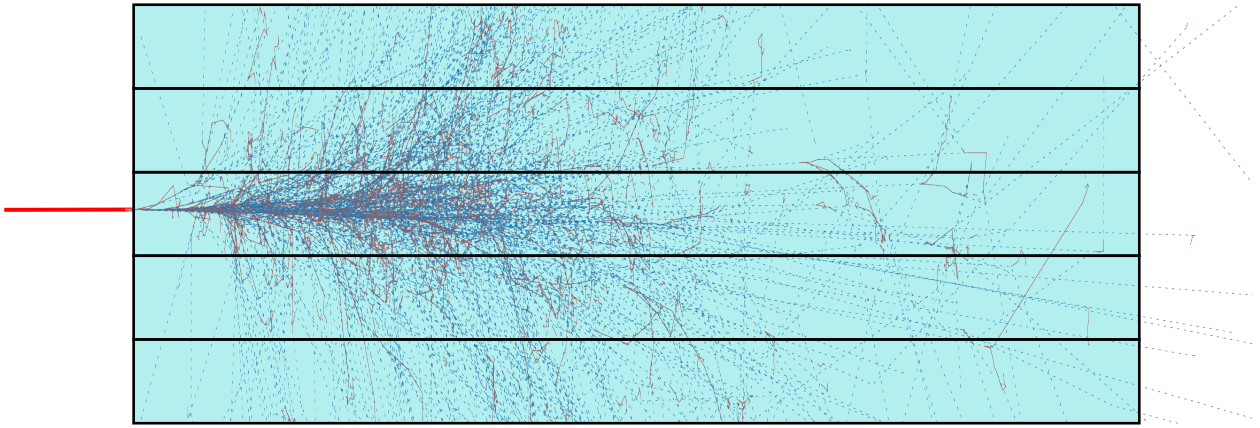
Nel piano RZ, le tracce seguono traiettorie sinusoidali:
- la componente del moto parallela al campo magnetico non viene influenzata
- la componente perpendicolare segue delle circonferenze nel piano XY

Misurando l'angolo tra la traccia e la direzione del campo magnetico, risaliamo all'impulso totale delle particelle

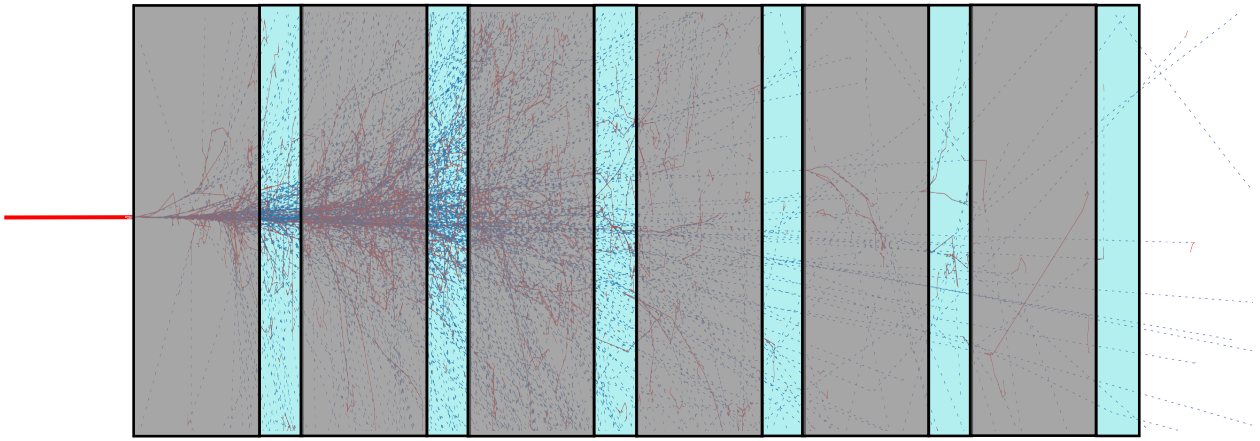
Calorimetri (1)

- Il passo successivo per una ricostruzione completa dell'evento è la misura dell'energia delle particelle neutre
  - fotoni
  - adroni neutri (neutroni, K^0, etc.)
- Un rivelatore in grado di misurare l'energia complessiva di una prticella è detto “calorimetro”
- Il componente fondamentale di un calorimetro sono gli “scintillatori”
  - solidi, liquidi o gassosi
  - cristallini o organici (plastiche)
  - assorbono l'energia delle particelle
  - emettono una quantità proporzionale di luce visibile

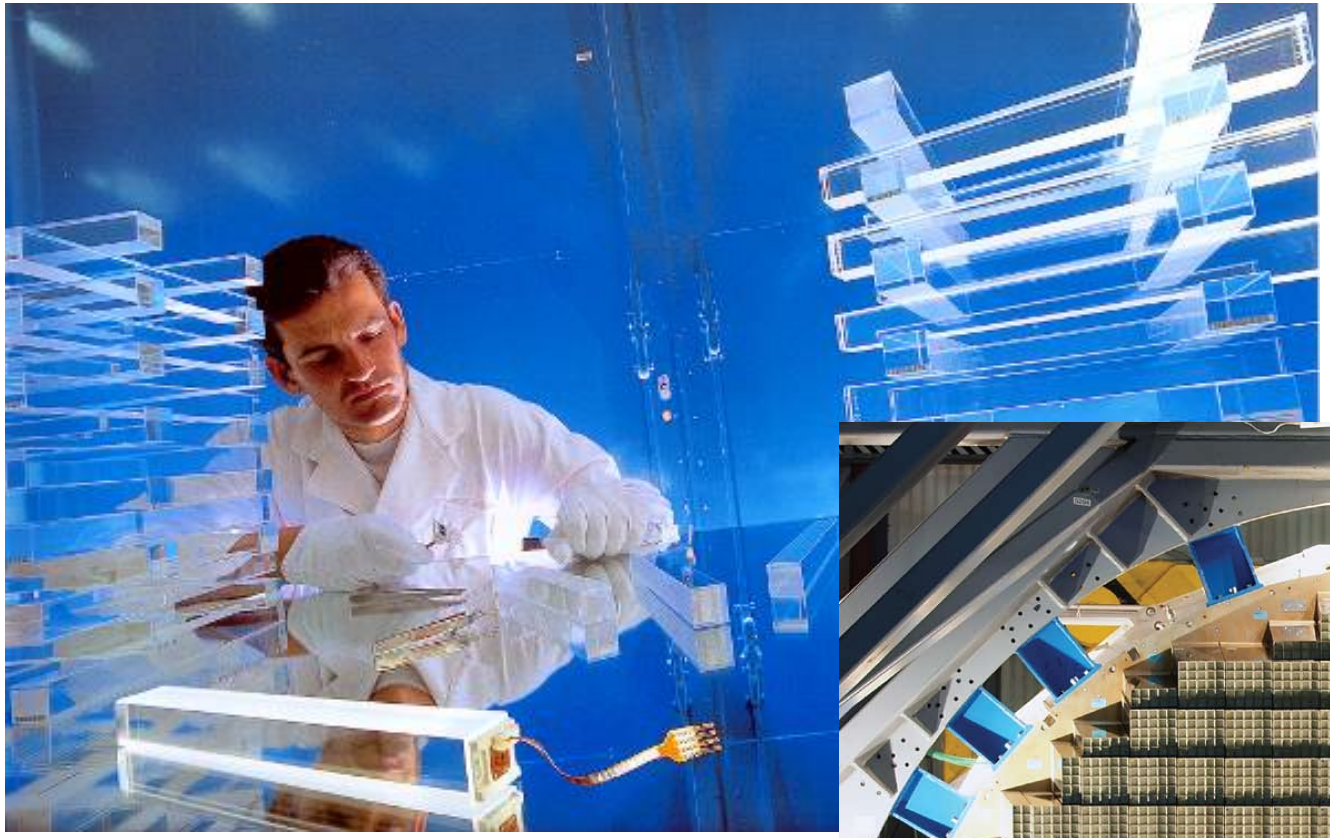
Calorimetri (2)



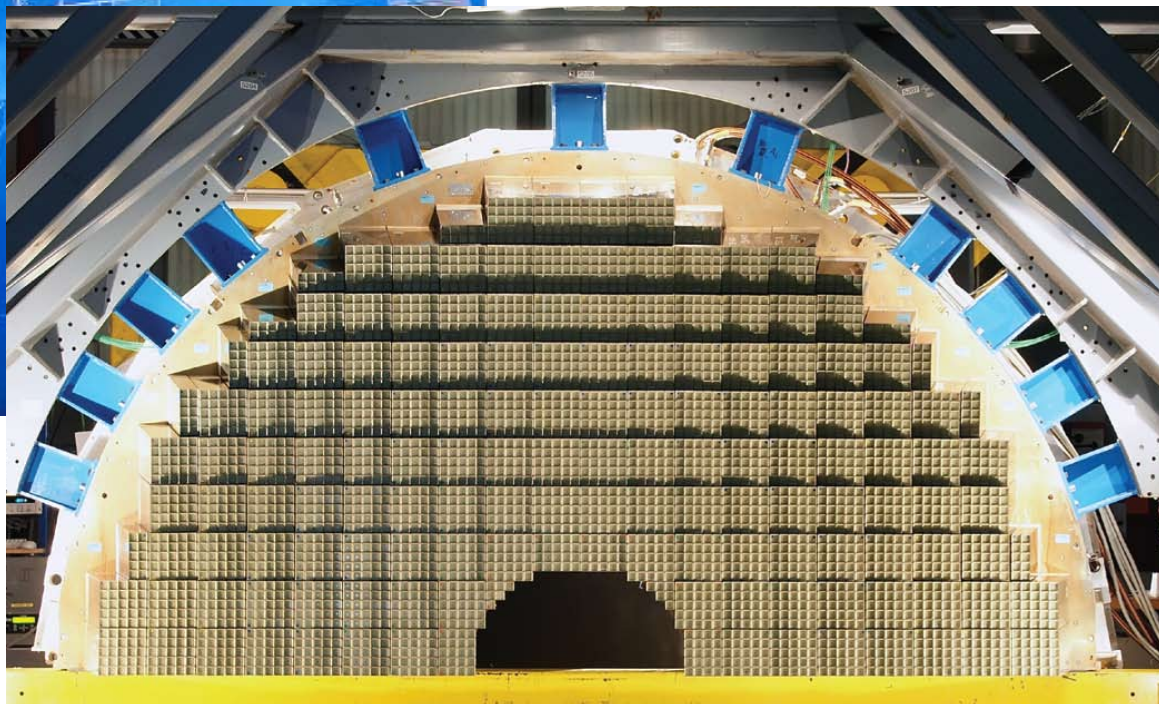
- calorimetro omogeneo
  - costituito esclusivamente da scintillatori
- calorimetro a “campionamento”
  - dove materiale interte e materiale sensibile si alternano



Calorimetro elettomagnetico



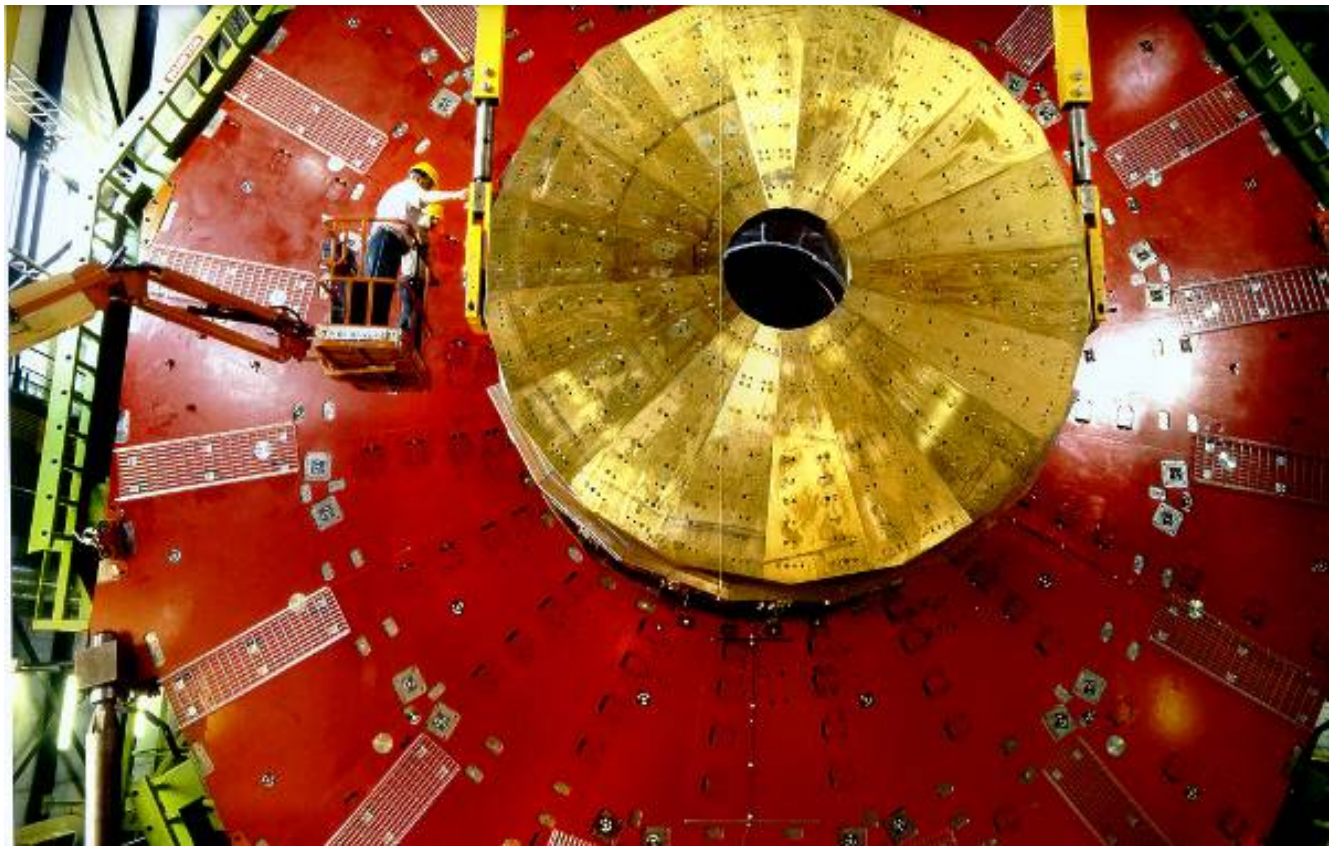
80000 cristalli di $PbWO_4$



~80% metallo, ma trasparente

Permette di misurare energia di elettroni (positroni) e fotoni

Calorimetro adronico



Strati di ottone o acciaio rallentano le particelle.

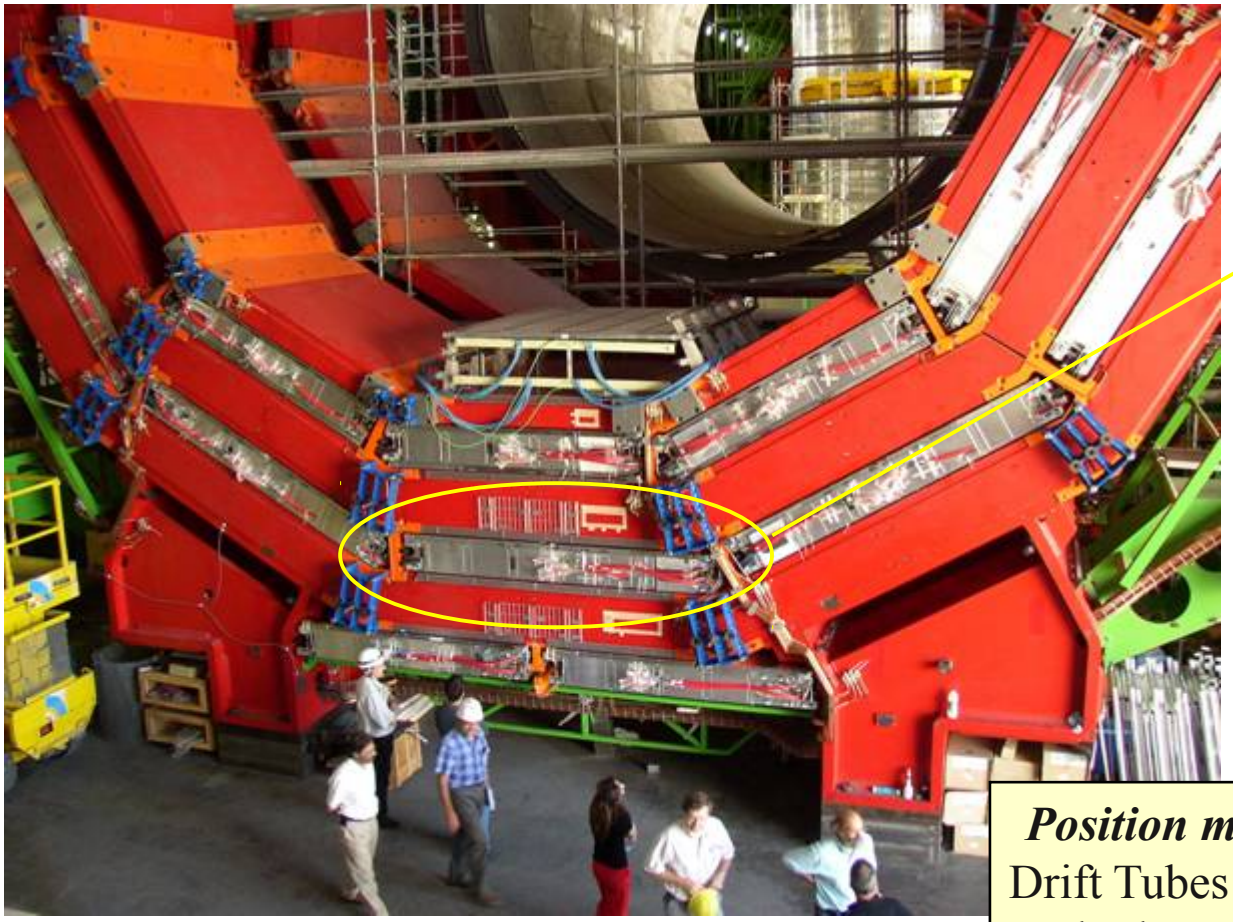
Degli scintillatori plastici misurano l'energia rilasciata.

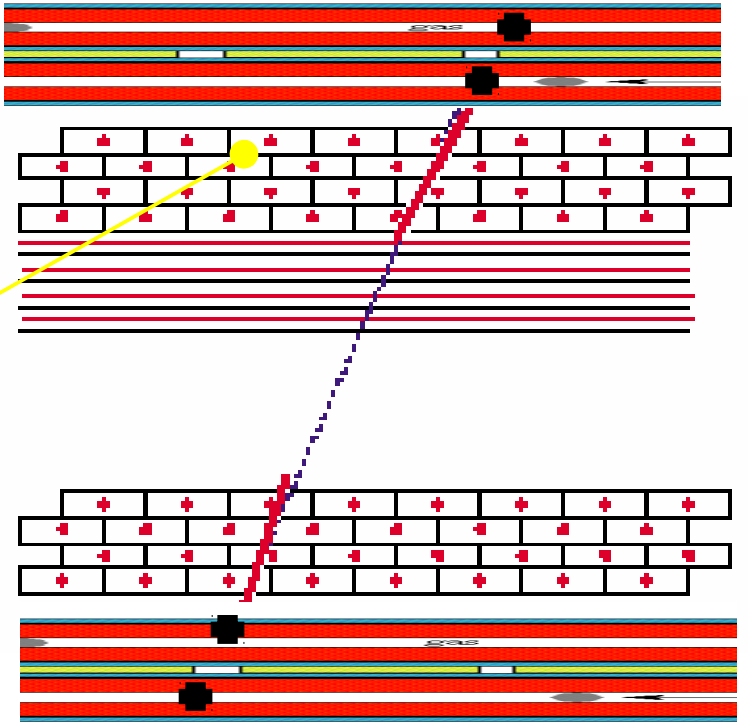
Permette di misurare l'energia degli adroni (come protoni, neutroni, ...)

Rivelatori per muoni (1)

- I muoni, pur interagendo con la materia...
  - hanno una massa 200 volte più grande degli elettroni, quindi perdono molta meno energia nel calorimetro elettromagnetico
  - sono leptoni, quindi perdono poca energia nel calorimetro adronico
- ...arrivano alla parte più esterna del rivelatore!
- Uno (o più) sistemi di tracciatura, dedicati alla ricostruzione delle tracce dei muoni, sono installati all'esterno dei calorimetri
  - il funzionamento è simile a quello dei tracciatori interni, ma la tecnologia utilizzata è diversa
  - “camere” piene di gas, instrumentate con fili o strip di metallo tenuti ad un'alta differenza di potenziale
  - il passaggio di una particella carica provoca il rilascio di elettroni e ioni, che muovendosi all'interno del campo elettrico generano un segnale

Rivalatori per muoni (2)

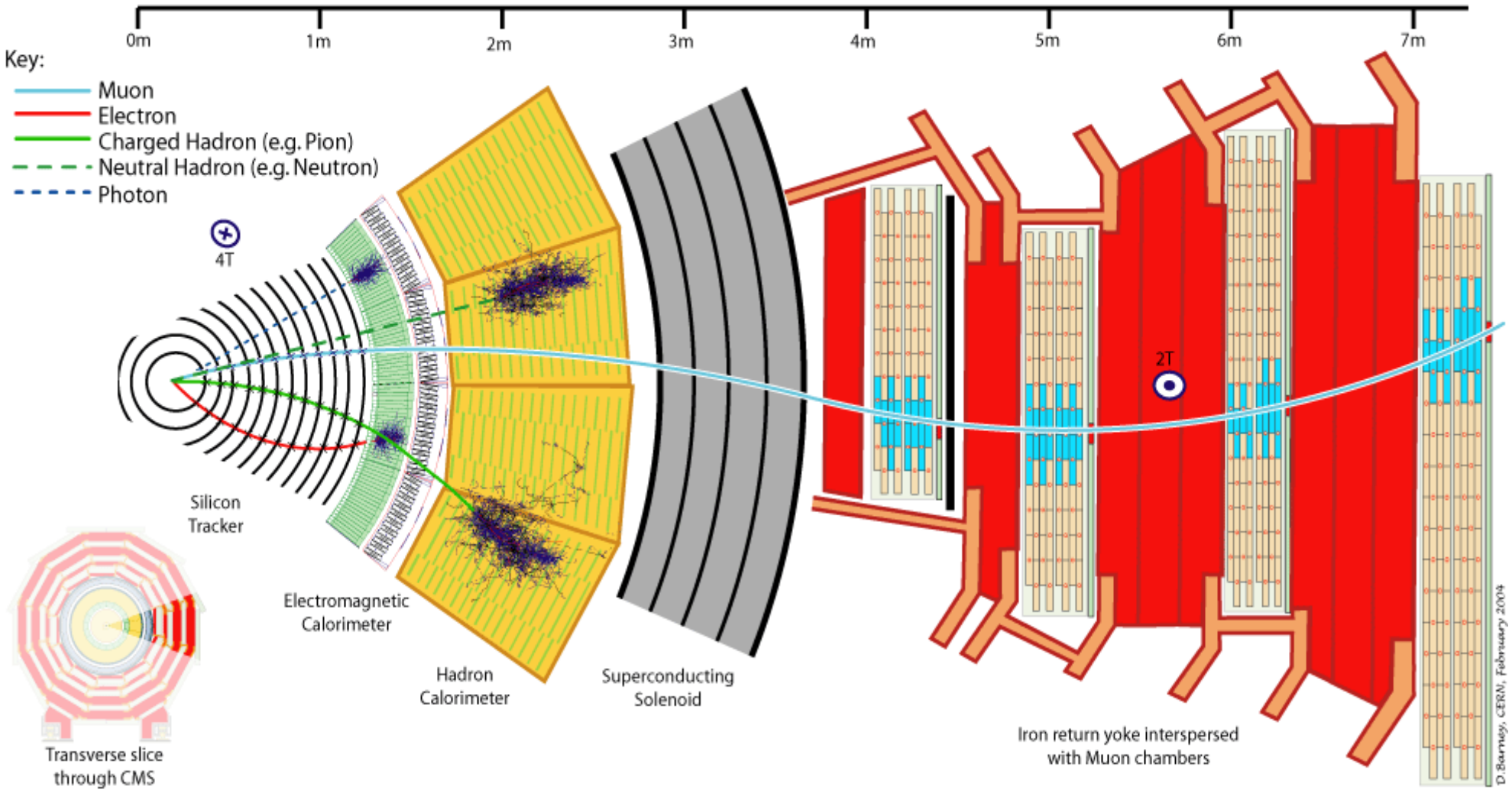




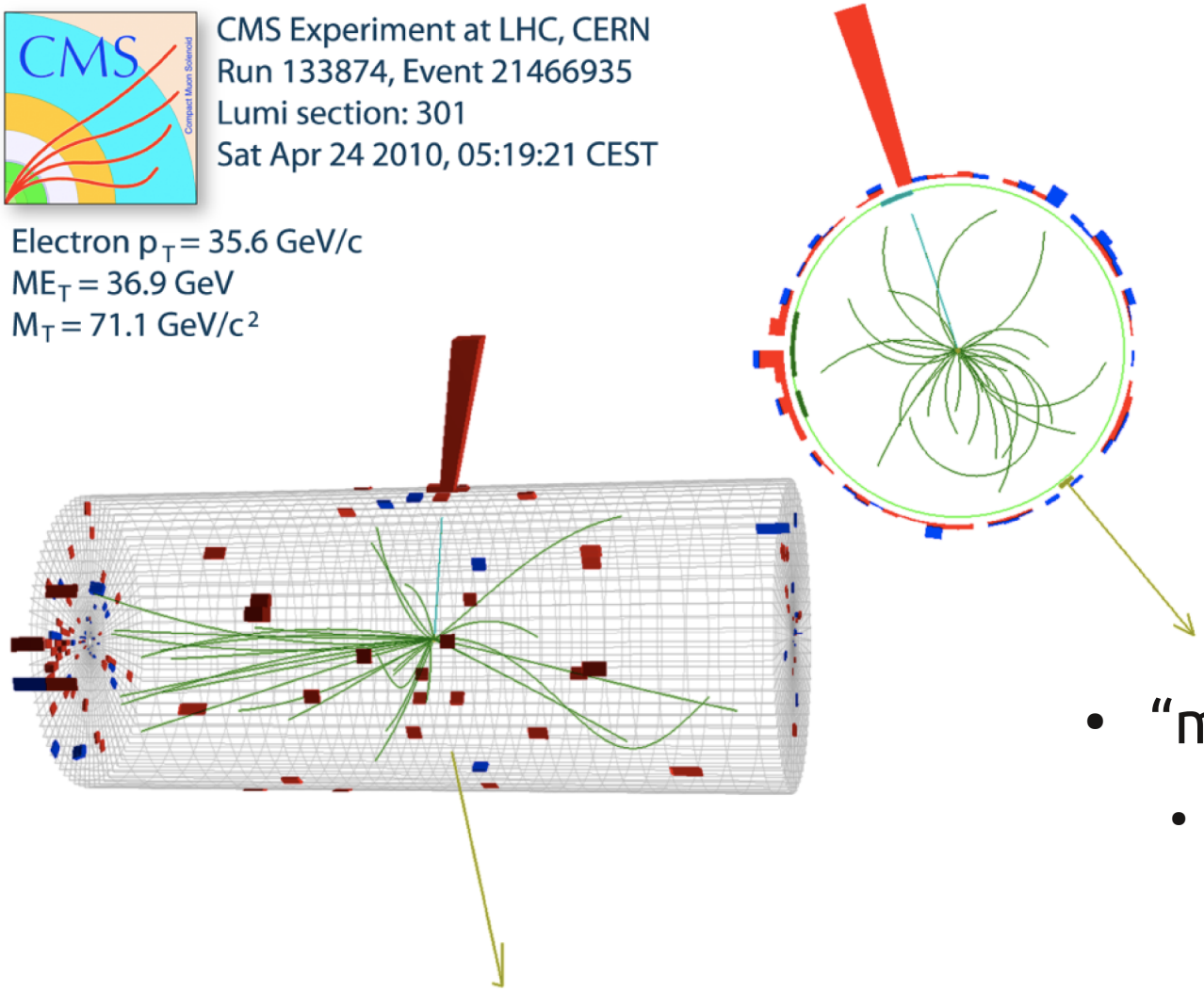
Position measurement:
Drift Tubes (DT) in barrel
Cathode Strip Chambers (CSC) in endcaps

Trigger:
DT+ Resistive Plate Chambers (RPCs)

Mettendo insieme I pezzi...



E i neutrini ?



- “missing ET”
  - energia mancante, nel piano trasverso

Per tutti i fini pratici, i neutrini non interagiscono con la materia. Vengono “rivelati” come “energia mancante” dopo la ricostruzione delle altre particelle