

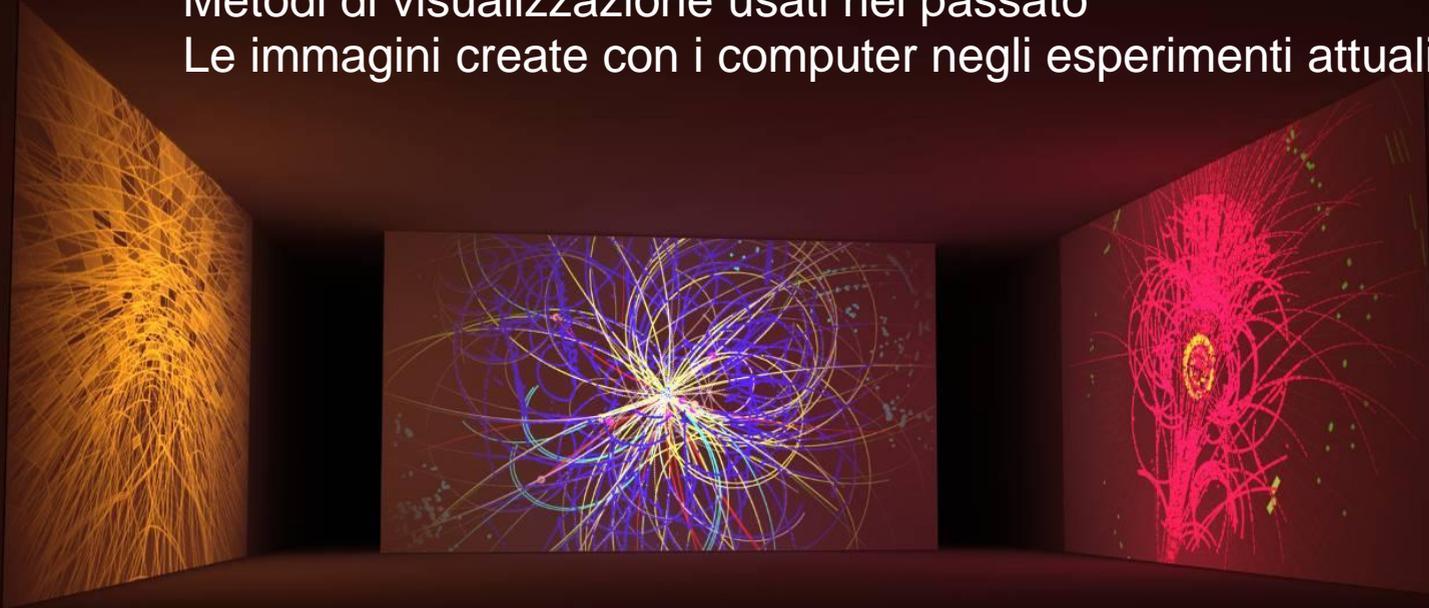
Dalle camere a nebbia ai display digitali: immagini nella fisica delle particelle

Cosa è la fisica delle particelle

La rivelazione delle particelle attraverso le collisioni

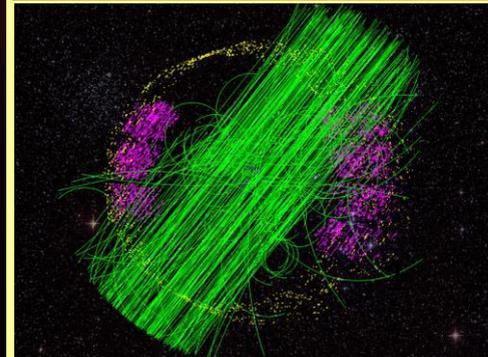
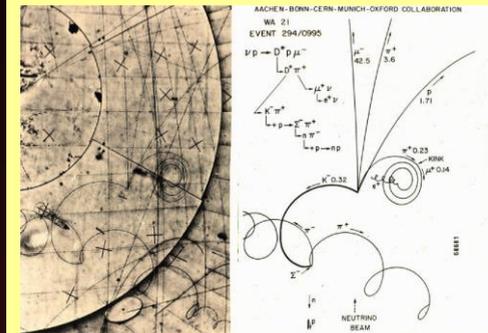
Metodi di visualizzazione usati nel passato

Le immagini create con i computer negli esperimenti attuali



Alcune idee per progetti artistici:

Dipinti digitali, Video, Installazioni, Incisioni.



Produrre le particelle

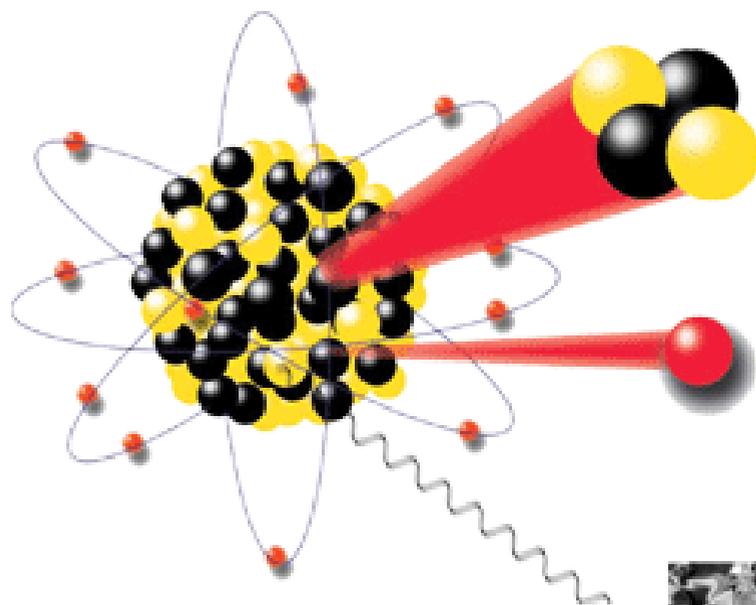
Come vengono prodotte le particelle che studiamo:

Sorgenti radioattive

Raggi cosmici

Acceleratori

Sorgenti radioattive



Sorgente di radiazione

Alfa

Fermato da un foglio di carta

Beta

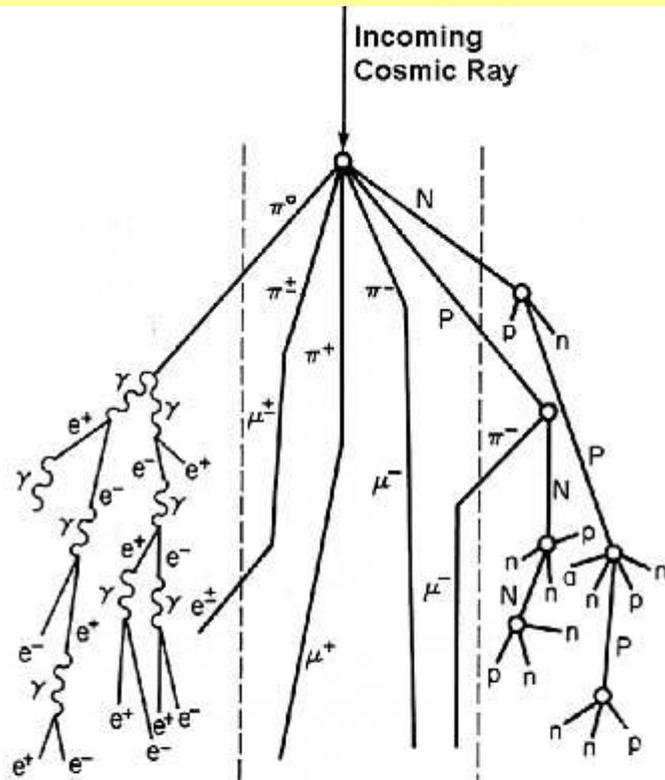
alcuni millimetri di alluminio

Gamma

Fermato da un blocco di cemento o da centimetri di piombo

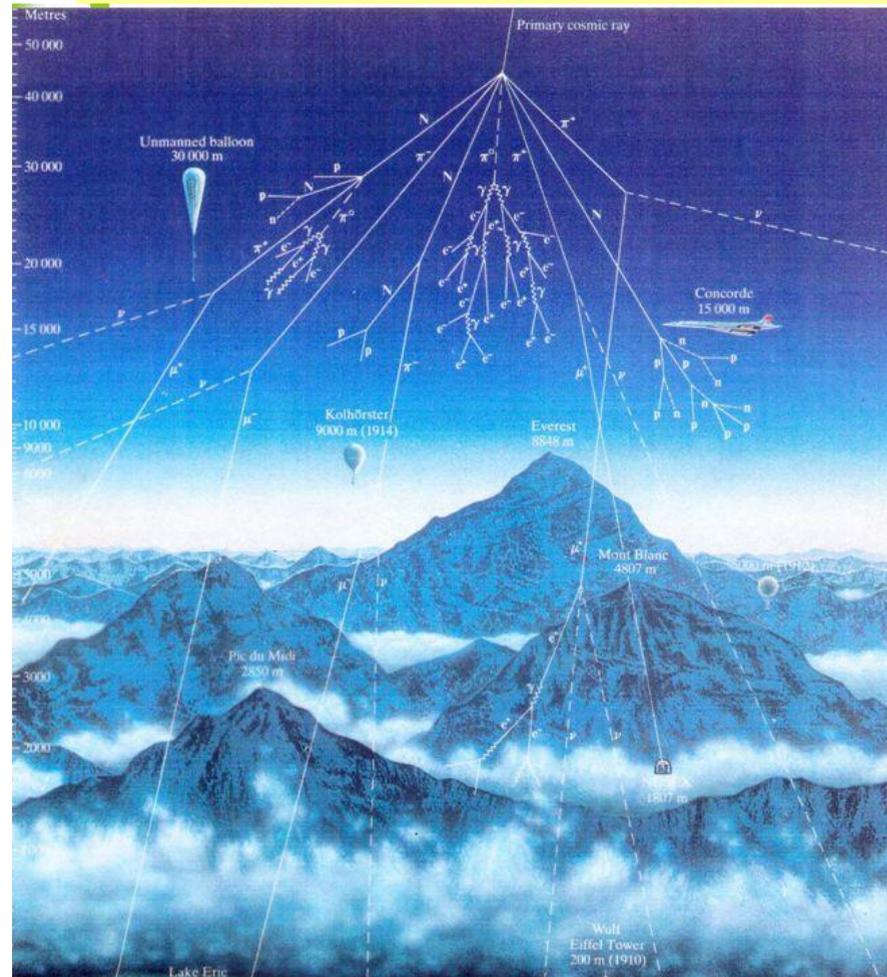


Raggi cosmici



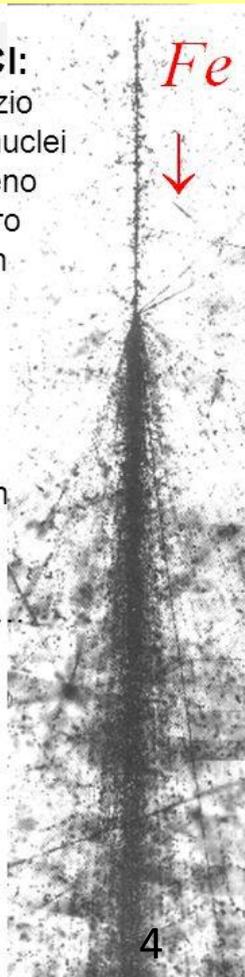
KEY

- | | | | |
|-------|---------|----------|----------|
| P | Proton | e | Electron |
| n | Neutron | μ | Muon |
| π | Pion | γ | Photon |

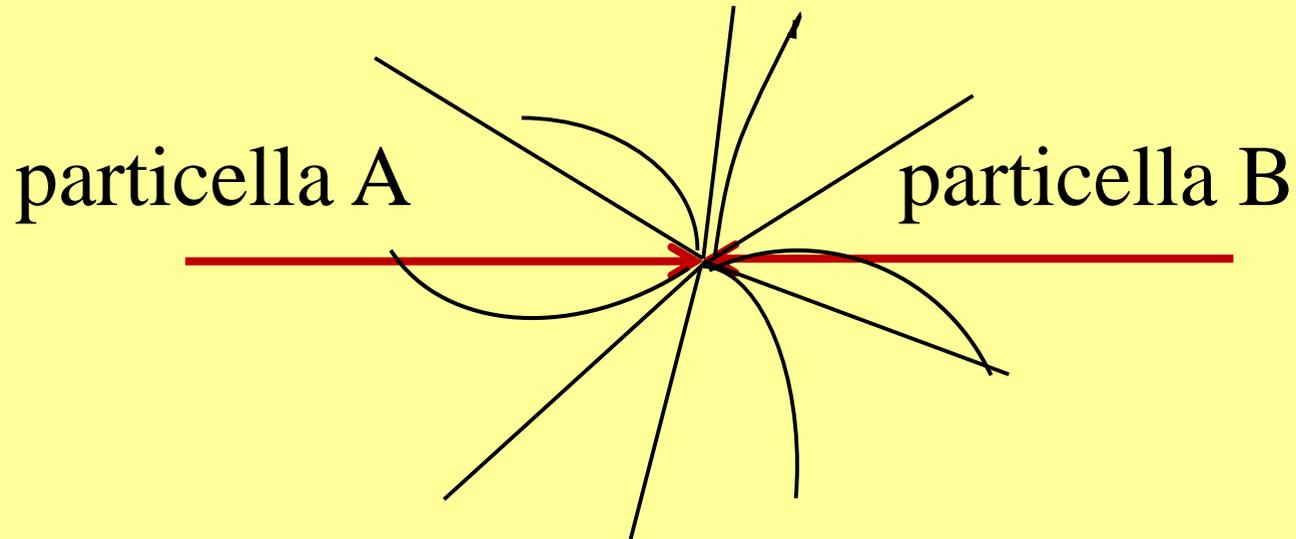


I RAGGI COSMICI:

Dallo spazio arrivano nuclei dall'idrogeno fino al ferro anche con energie enormi. Interagiscono nuclearmente con i nuclei di Azoto e Ossigeno... e producono cascate di pioni, muoni, elettroni, gamma, neutrini, ecc,.....

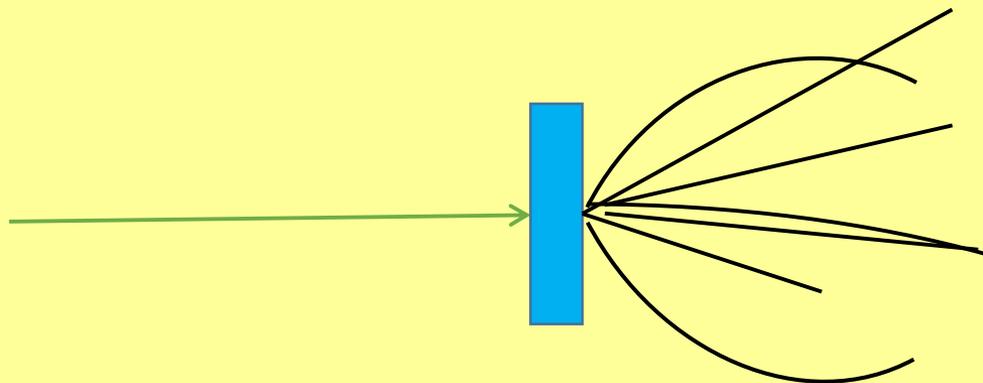


Acceleratori: collisioni, urti con bersaglio fisso



Urti tra due particelle tipo collisione protone-protone che creano decine di altre particelle.

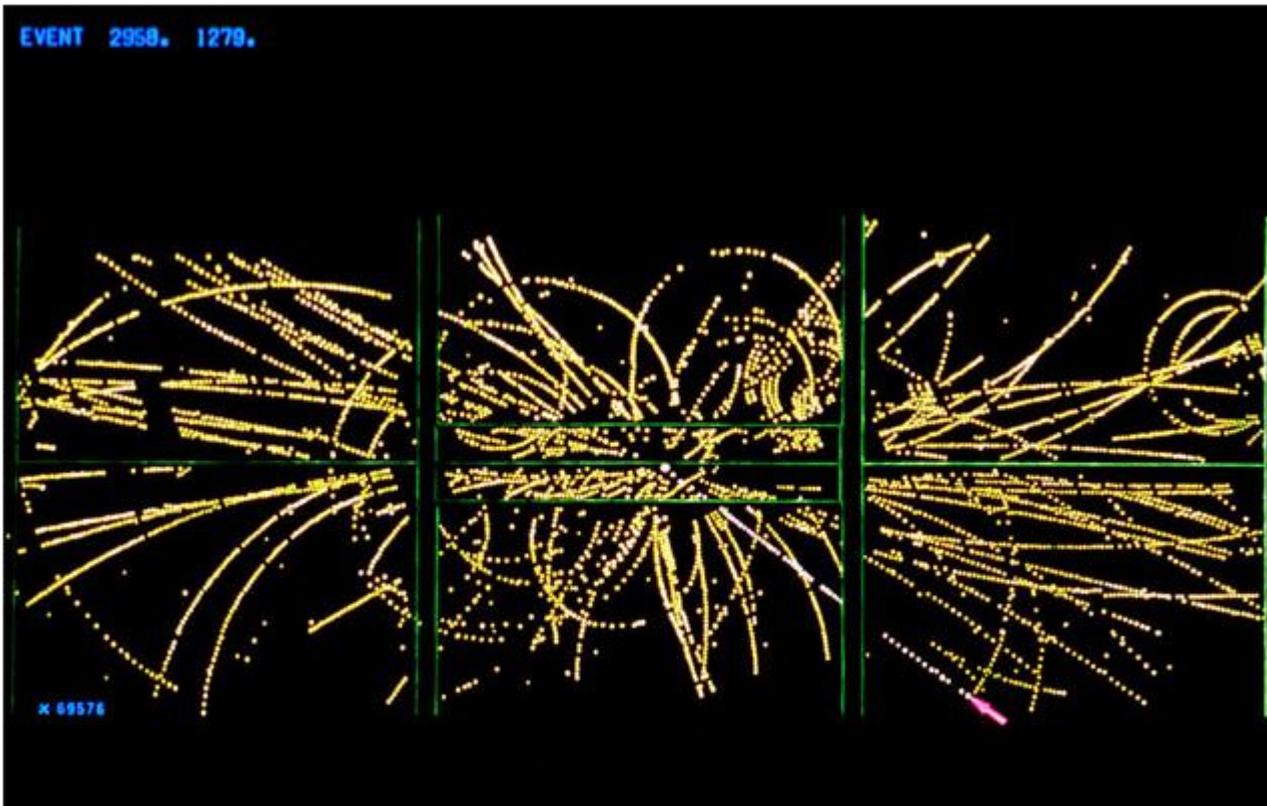
$p + p \rightarrow$ molte particelle



Oppure una particella che collide contro un bersaglio fisso: tipo un protone contro una lamina di Alluminio.

$p + \text{Al} \rightarrow$ molte particelle

Acceleratori: esempio di collisione



Discovery of the W particle at CERN proton-antiproton collider (1982)

CLOSE X

**Urti tra due particelle:
protone-antiprotone
che creano decine di altre
particelle.**

Rivelare le particelle

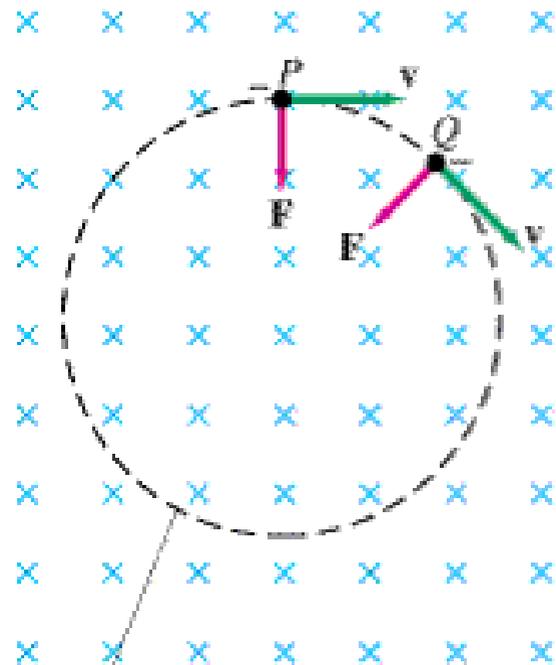
Dopo avere prodotto le particelle bisogna rivelarle.

L'ideale per ogni particella prodotta sarebbe:

- tracciare il suo percorso
- misurare la sua energia
- misurare la sua massa
- conoscere la sua carica
-

Tutte queste informazioni permettono di identificare la particella e conoscere le sue caratteristiche.

Percorso di particelle cariche in campo magnetico



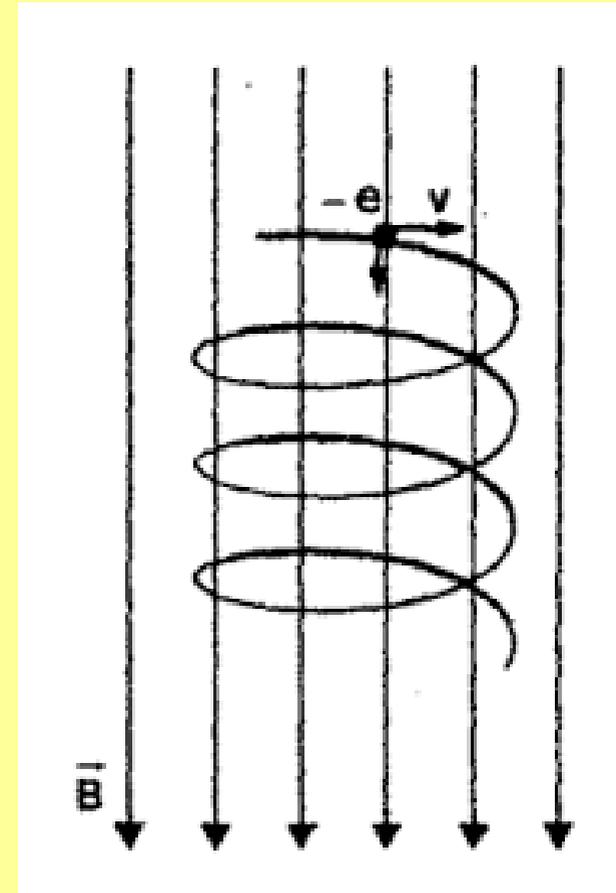
$$ma = F$$

$$m \frac{v^2}{r} = qvB$$

$$r = \frac{mv}{qB}$$

Percorso
dell'elettrone

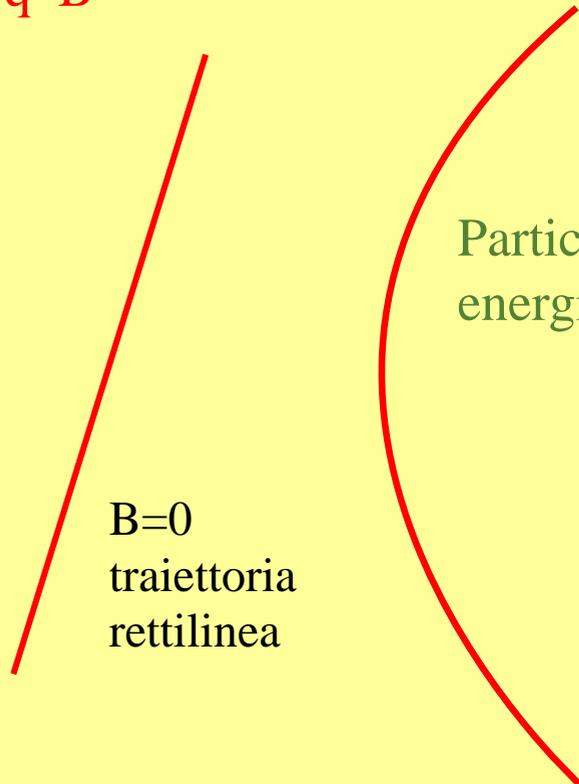
B è diretto
dentro la pagina



Particella carica in campo magnetico

$$r = \frac{m v}{q B}$$

Più il momento $p=mv$ è grande più il raggio è grande e la traiettoria è poco incurvata



$B=0$
traiettoria
rettilinea

Particella di alta
energia curva poco

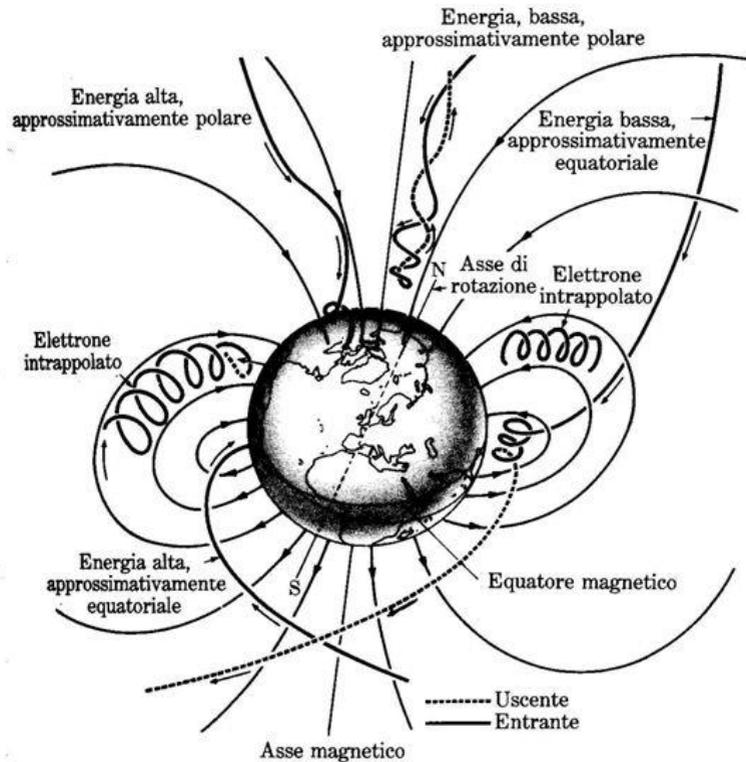


Particella di bassa
energia curva molto

Più il momento $p=mv$ è piccolo più il raggio è piccolo e la traiettoria curva molto

Moto particelle in campo magnetico terrestre

INTERAZIONE DI PARTICELLE CARICHE CON IL CAMPO MAGNETICO TERRESTRE



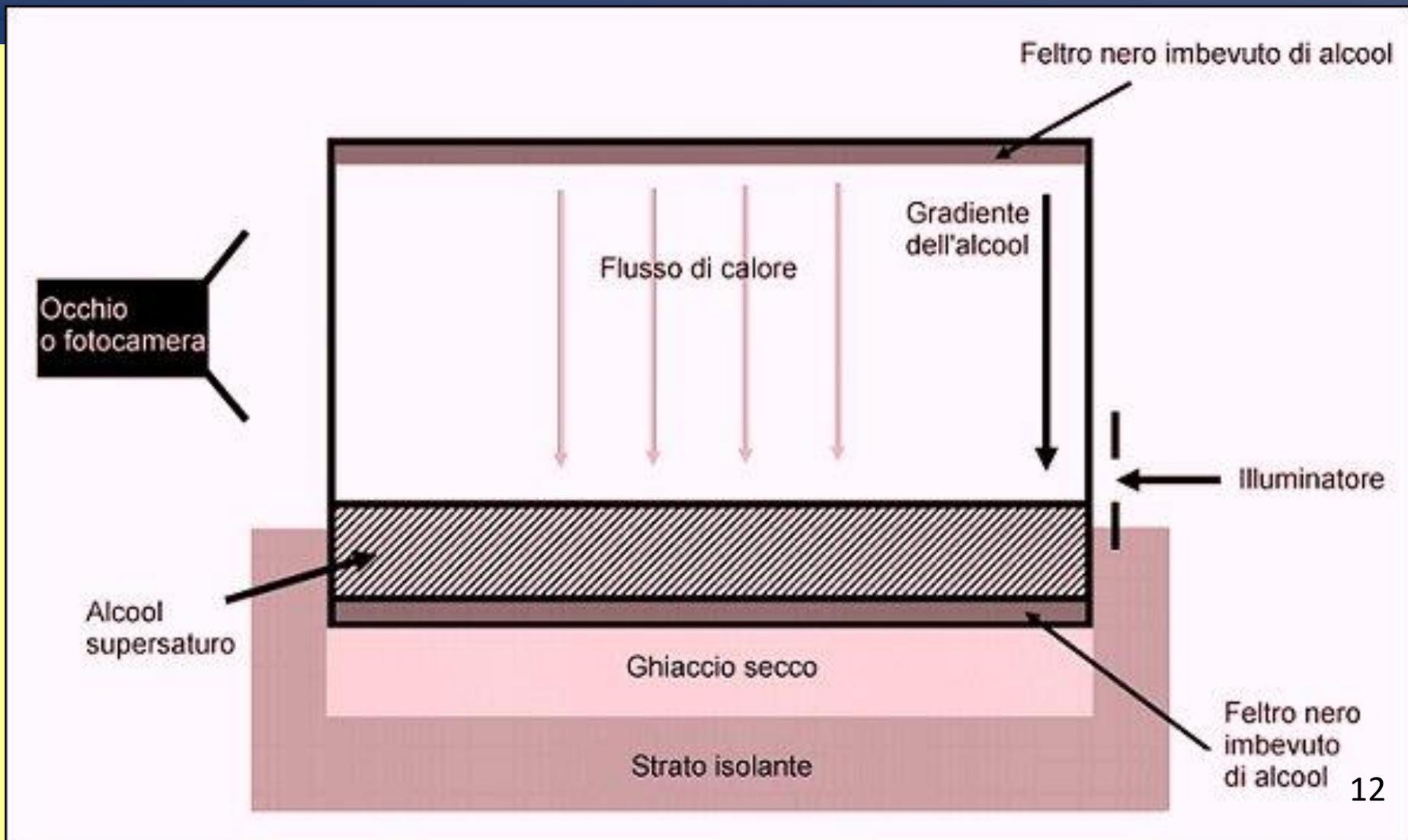
Rivelatori traccianti

Sono i rivelatori (o detector) che permettono di visualizzare il percorso di una particella.

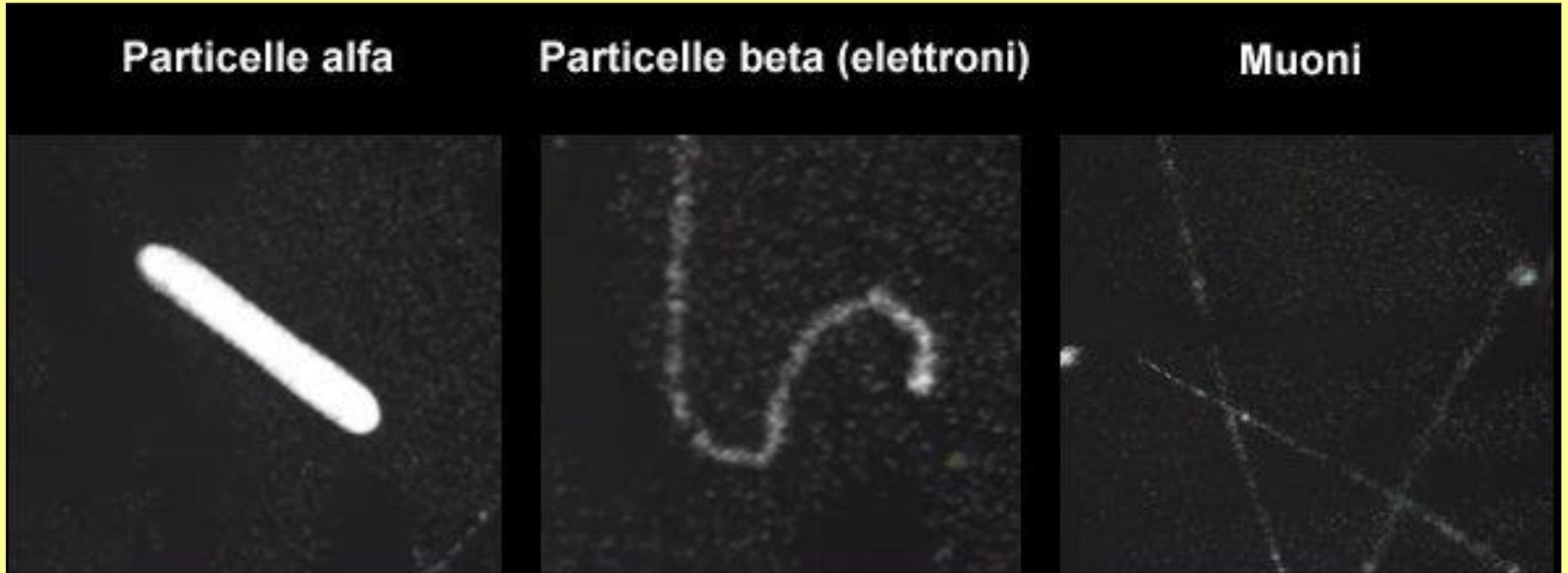
Rivelatori storici:

- Camera a nebbia o di Wilson (primi anni del novecento)
- Emulsioni nucleari (primi anni del novecento, ancora usate)
- Camere a bolle (anni '50-'70)
- Camere a streamer (anni '80 ancora usate)
- Rivelatori usati attualmente: al silicio, a scintillazione, a gas

Camera a nebbia

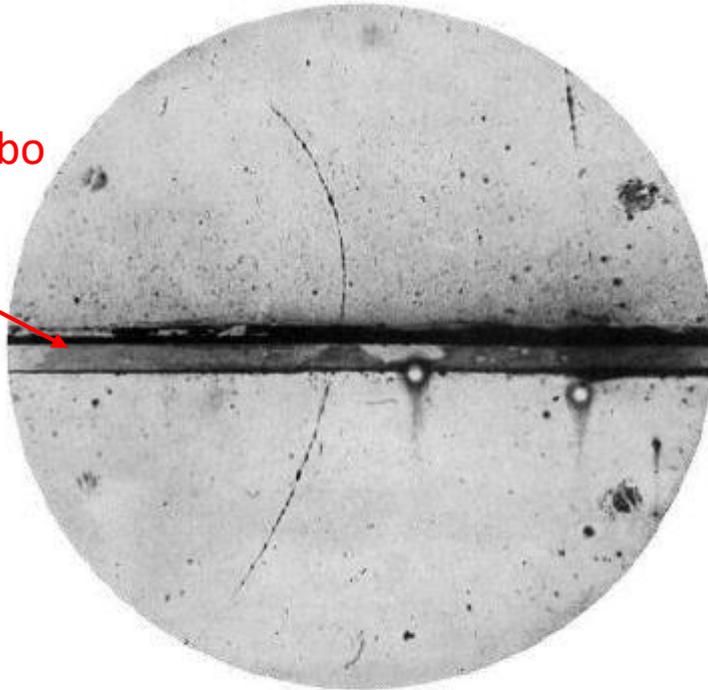


Camera a nebbia

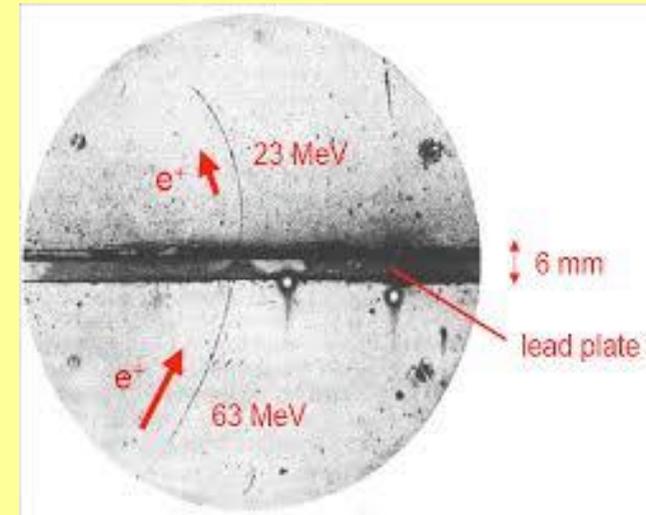


Camera a nebbia: Positrone

6mm di Piombo



Carl D. Anderson (1905–1991) - Anderson, Carl D. (1933).
"The Positive Electron". *Physical Review* 43 (6): 491–494.



Camera a nebbia



GAS DI RADON CHE EMETTE PARTICELLE

<https://www.youtube.com/watch?v=VFVZU2YwwJ4>

Camera a nebbia



Emulsioni nucleari

Le **emulsioni nucleari** non sono altro che lastre fotografiche.

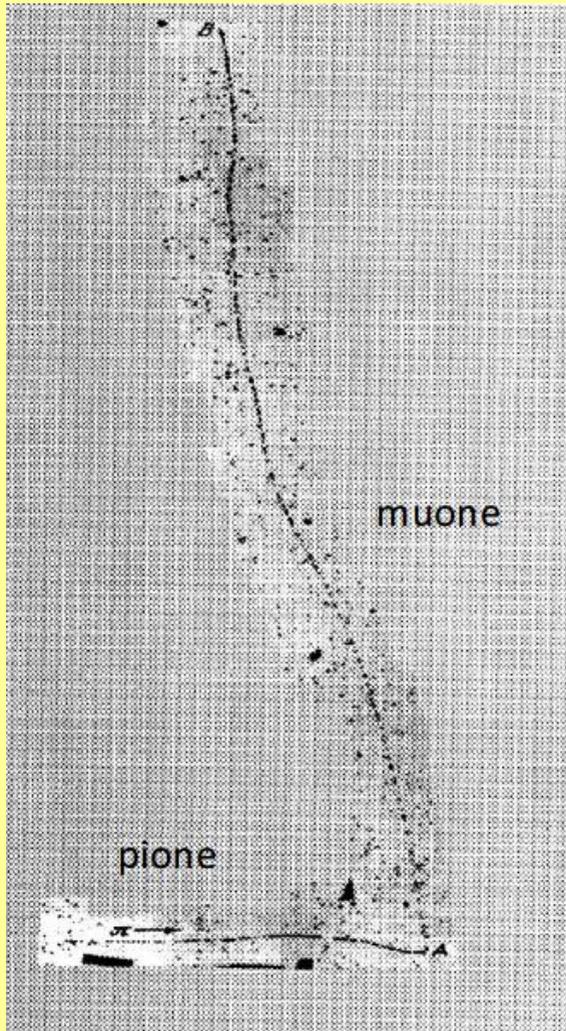
Se una particella carica attraversa una lastra fotografica lascia una traccia nella lastra ben visibile dopo lo sviluppo della lastra stessa.

L'emulsione consiste di cristalli di bromuro d'argento a piccoli grani ($\sim 0.25 \mu\text{m}$) immersi in una gelatina.

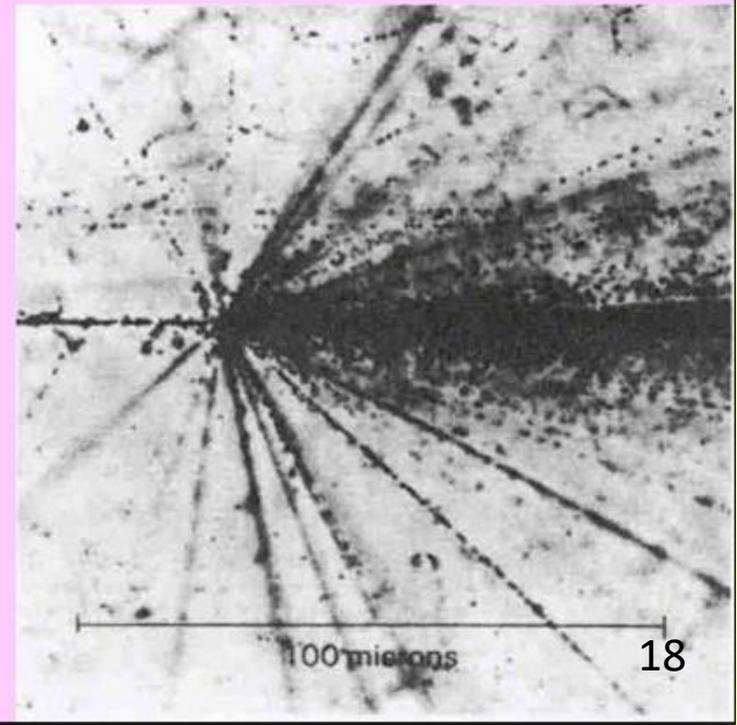
Esattamente allo stesso modo che per la luce la particella ionizzante produce dei cambiamenti chimici nei grani di bromuro d'argento. Durante lo sviluppo gli ioni d'argento del sale diventano atomi d'argento e la sequenza dei grani d'argento formano una traccia.

Si possono raggiungere precisioni fino ad $1 \mu\text{m}$.

Emulsioni nucleari

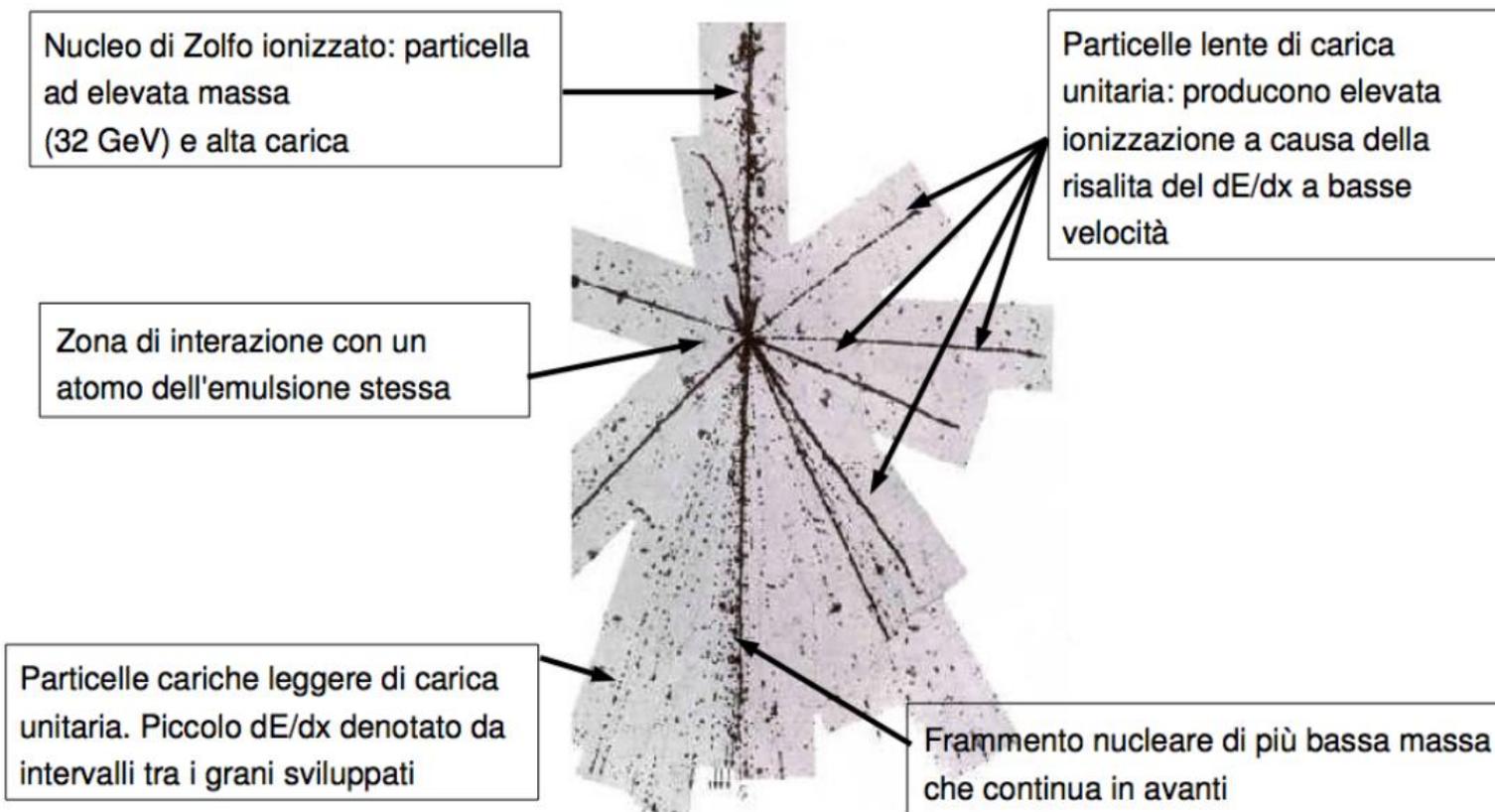


Gruppi (stacks) di emulsioni nucleari sovrapposti e lanciati a bordo di palloni permisero infine di ricostruire l'interazione del nucleo primario con un nucleo dell'atmosfera e il successivo sviluppo dello sciame di particelle secondarie da essa generato.



Emulsioni nucleari

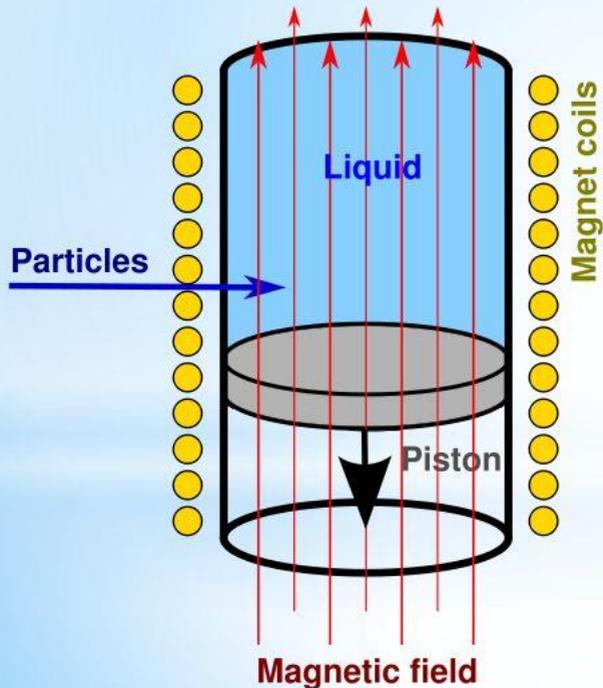
esempio di evento da raggi cosmici in emulsione:



Camera a bolle

Camera a Bolle

Camera



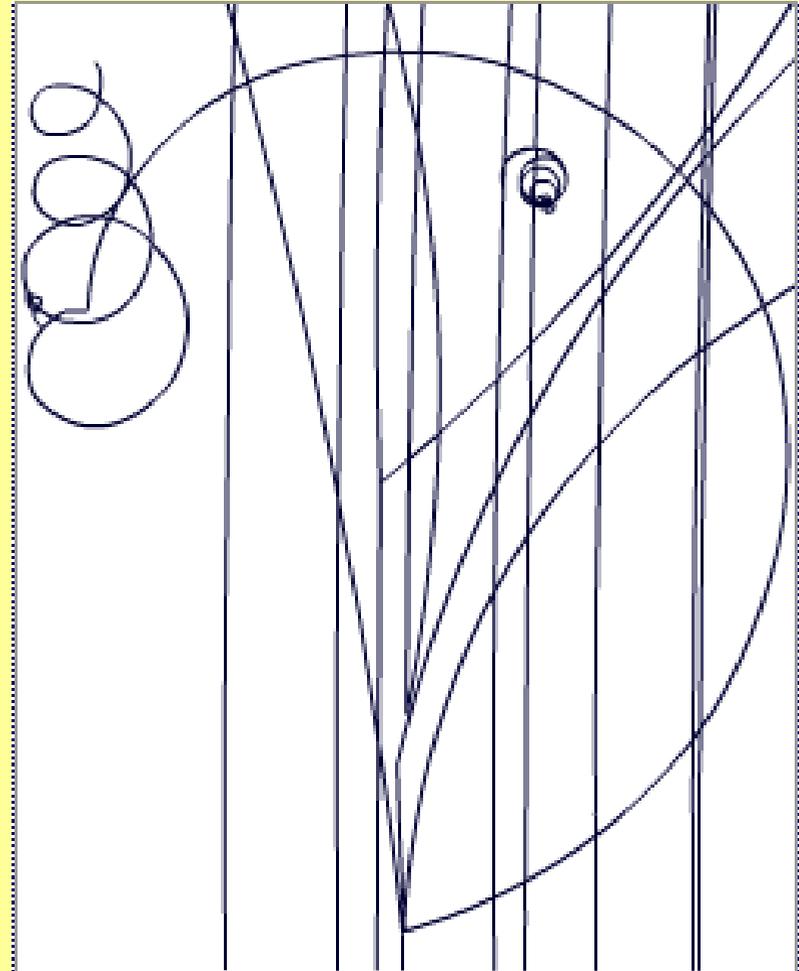
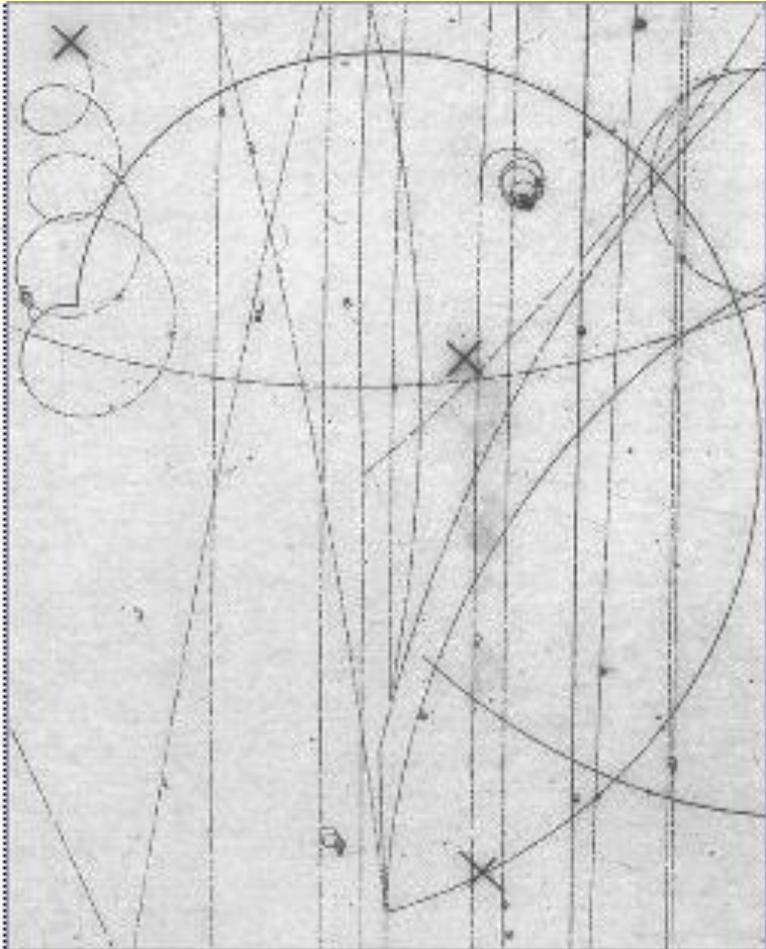
E' costituita da un recipiente metallico contenente un *liquido surriscaldato e compresso*.

Una particella carica ionizza il liquido e lungo il percorso si formano *bollicine* che possono essere fotografate ottenendo una **ricostruzione delle tracce**.

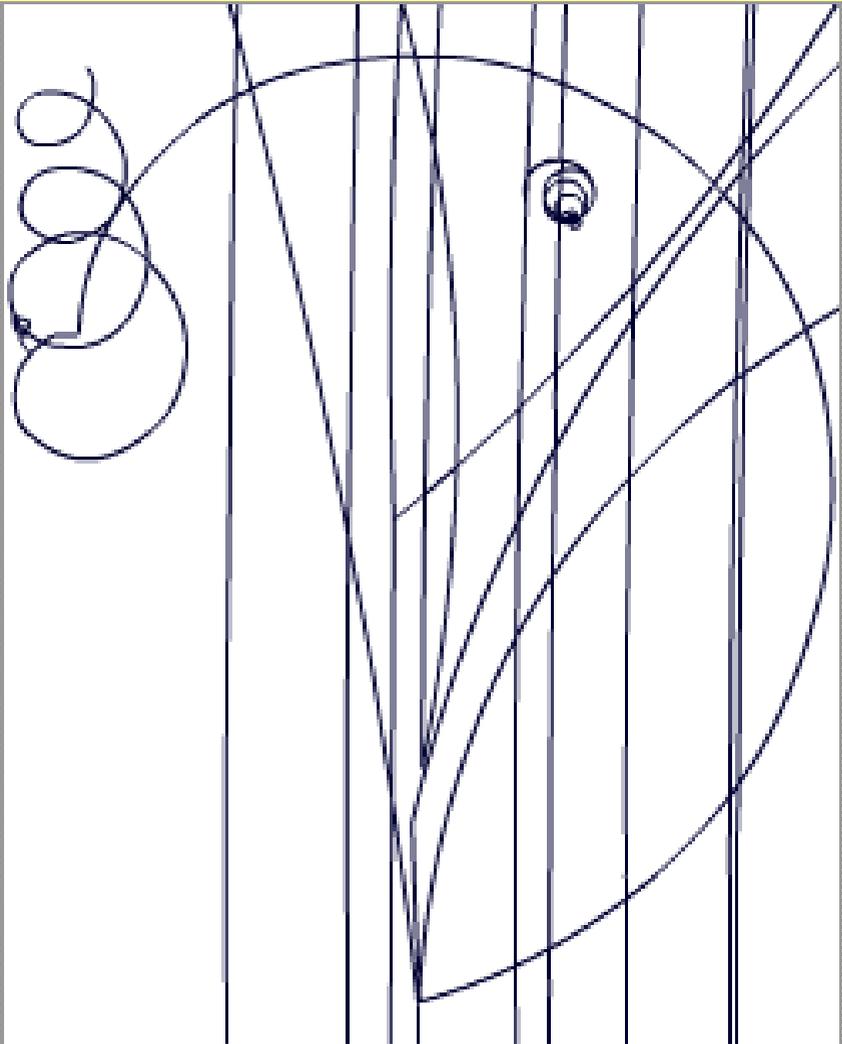


Come leggere le tracce nella camera a bolle

Fasci di particelle K^- che collidono in camera a bolle riempita di Idrogeno (quindi solo protoni).



Come leggere le tracce nella camera a bolle

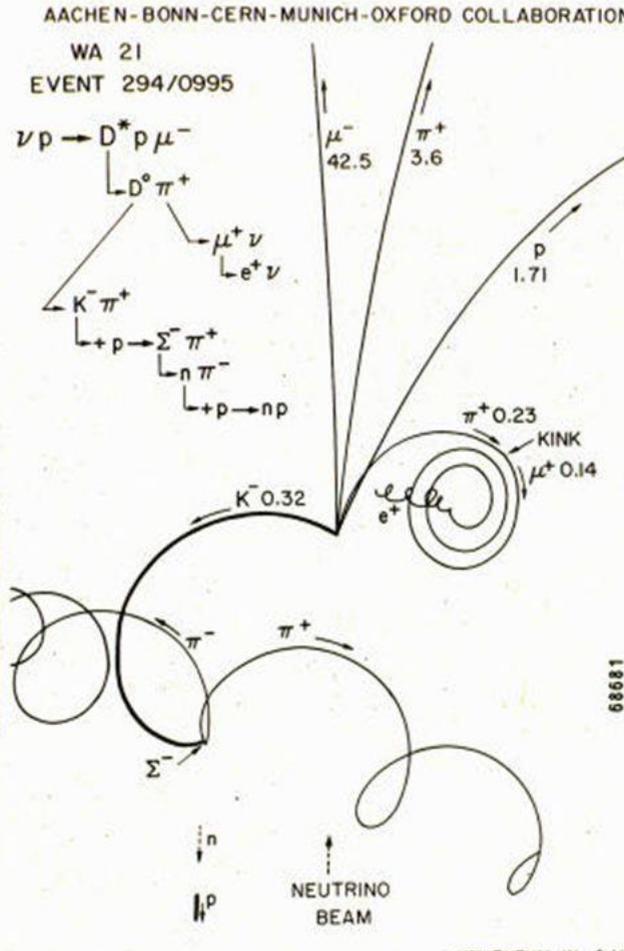
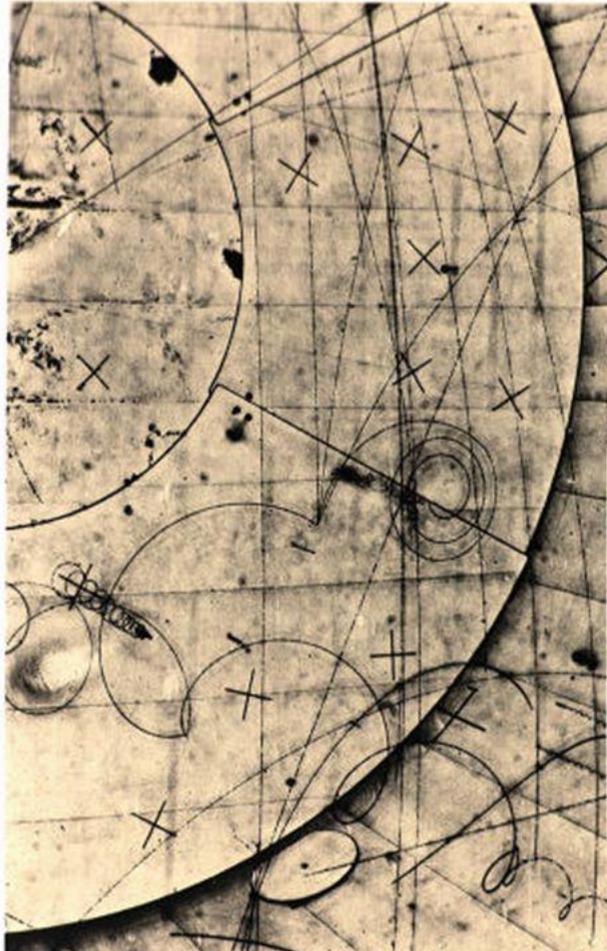


Fasci di particelle K^- che collidono in camera a bolle riempita di Idrogeno (quindi solo protoni).

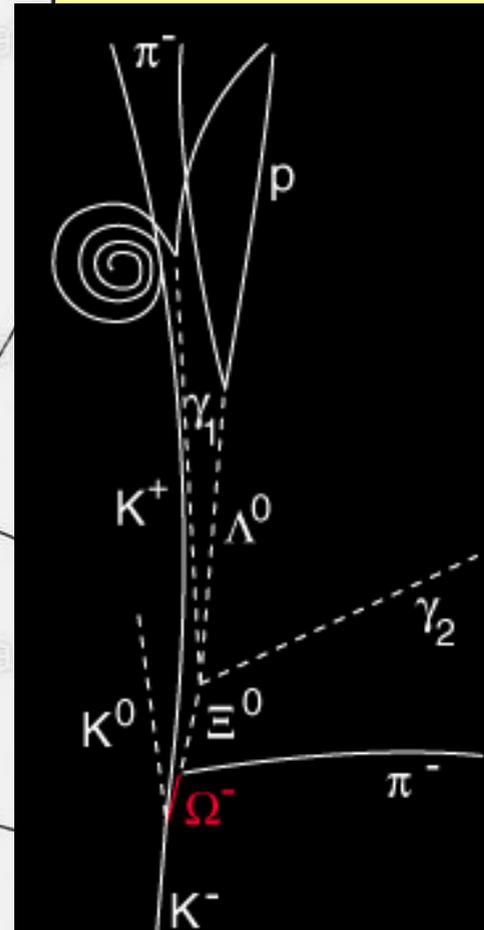
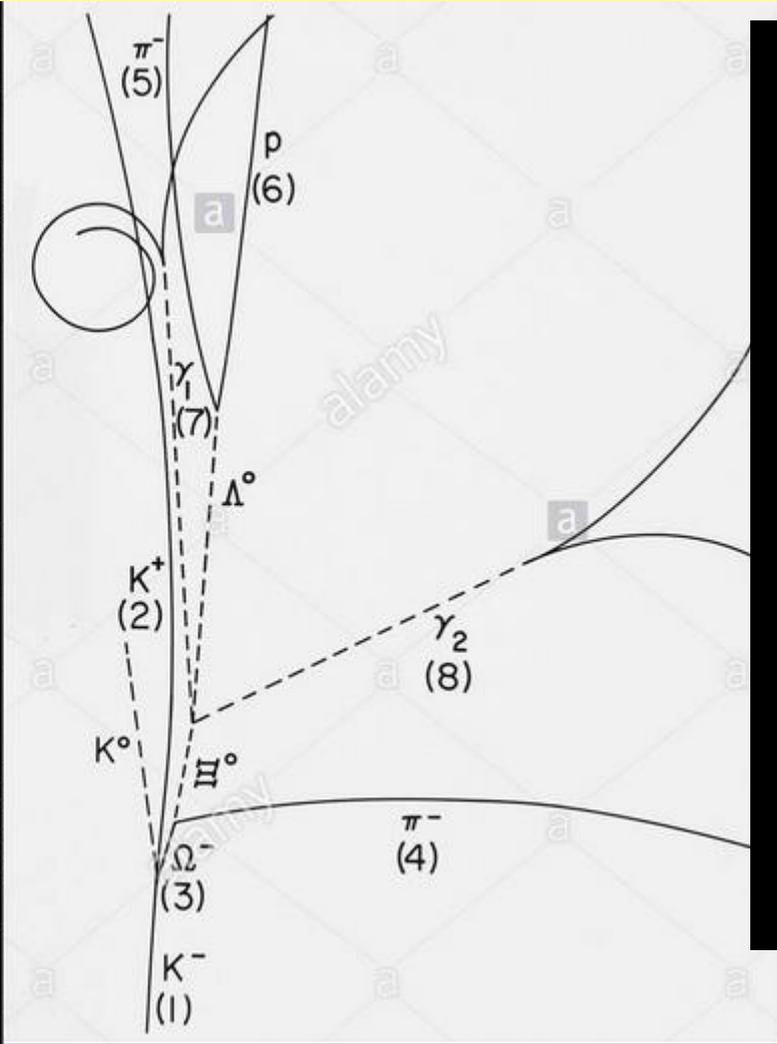
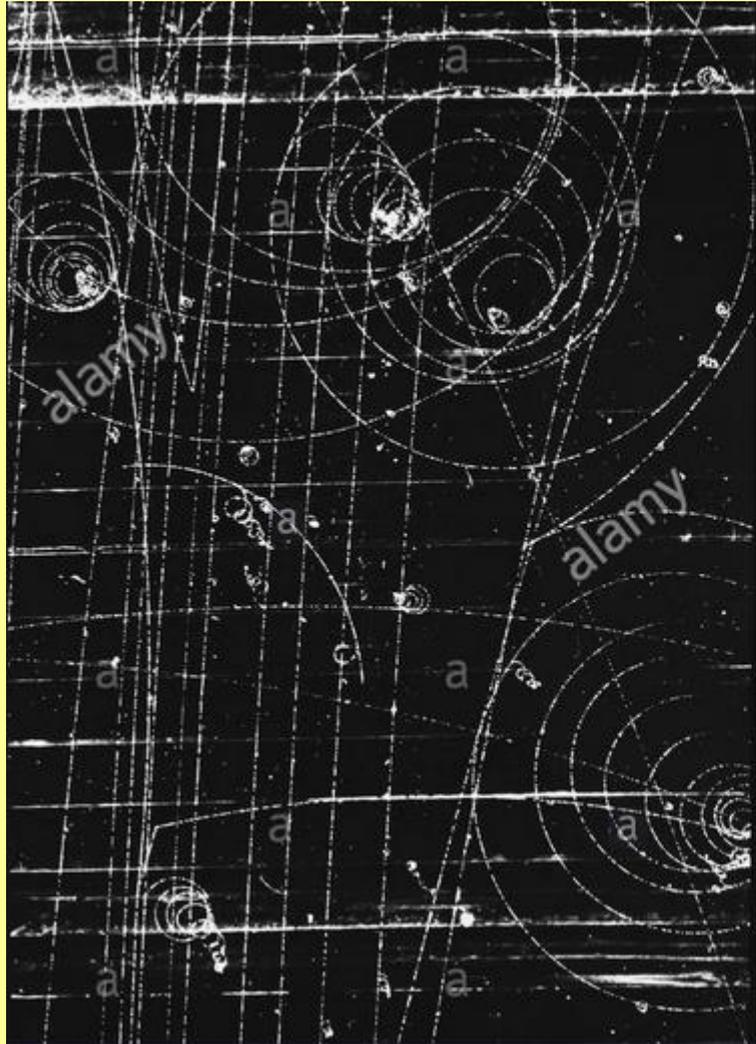
$K^- p \rightarrow$ carica totale zero

- 1) Ripulire l'immagine eliminando il fondo
- 2) Identificare le interazioni $K^- p$ (qui sono 2)
- 3) Per ogni interazione vedere quante particelle sono state create e identificare la carica di ogni particella (carica totale zero)
- 4) Numero di particelle neutre
- 5) Identificare i decadimenti di alcune particelle

Visualizzazione camera a bolle: Interazione Neutrino



Visualizzazione camera a bolle: Produzione Omega



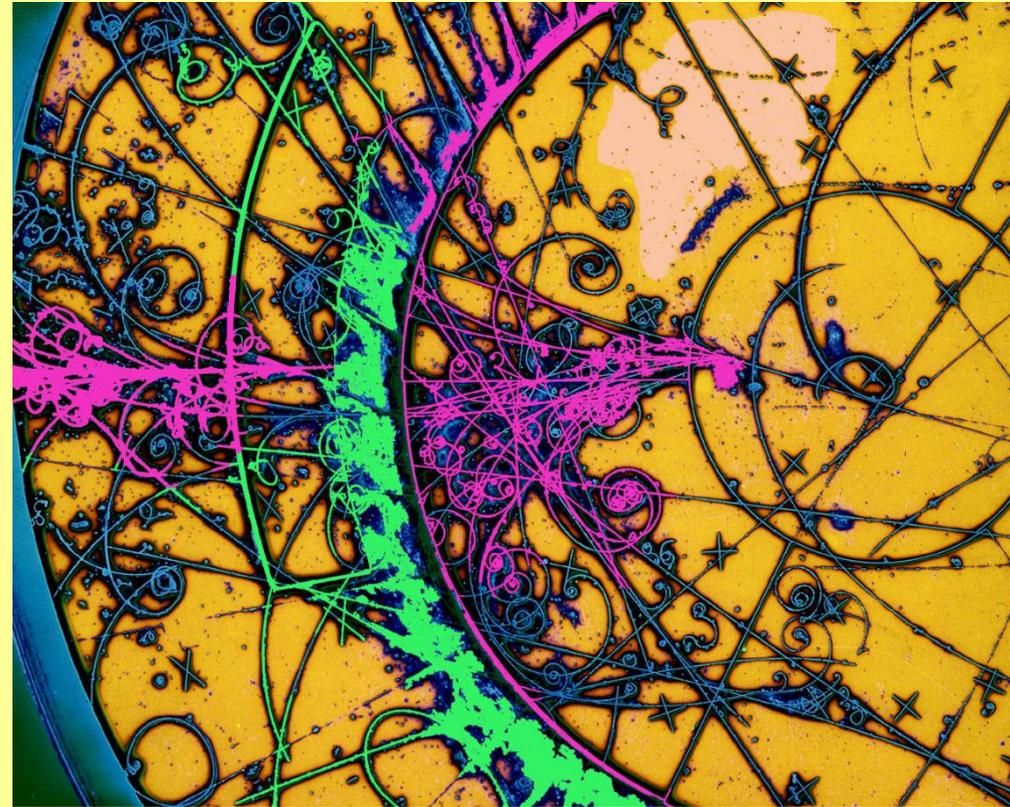
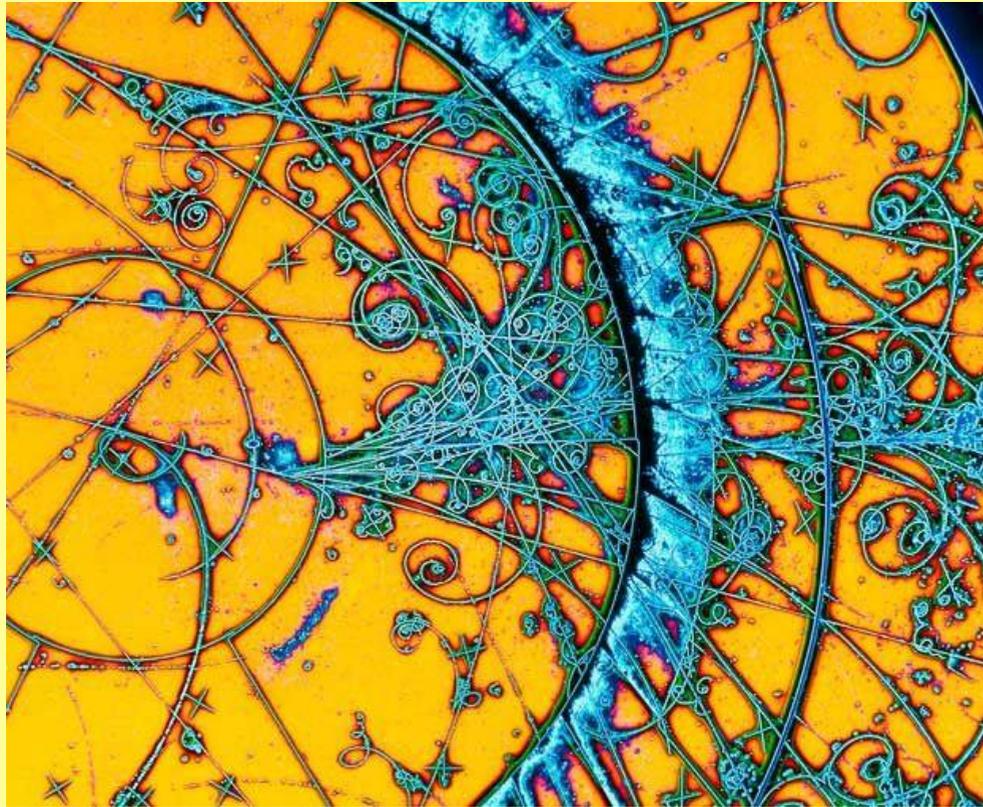
Visualizzazione camera a bolle: Produzione Omega

Ω^-

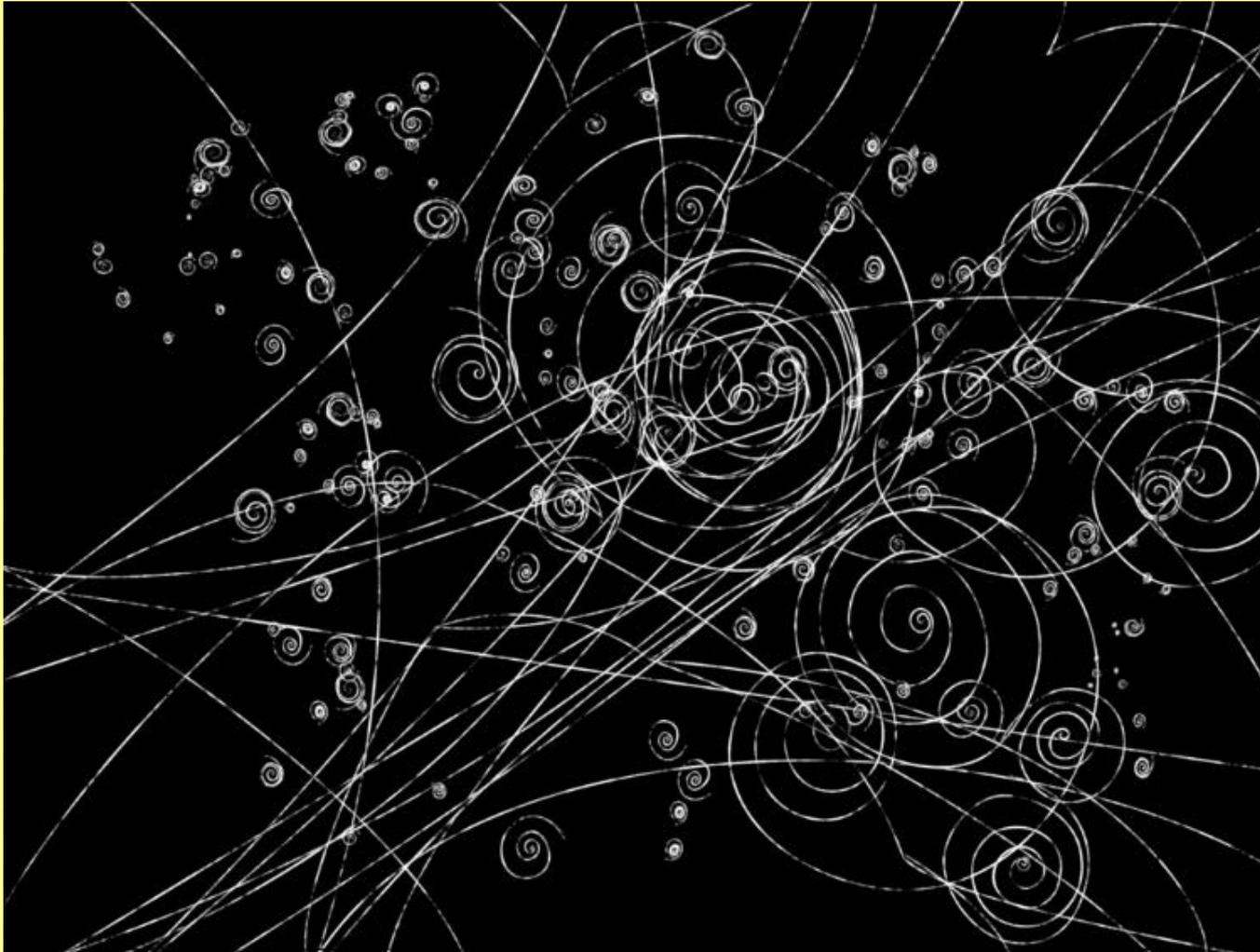
- The bubble chamber picture of the first omega-minus. An incoming K^- meson (of momentum $5.0 \text{ GeV}/c$) interacts with a proton of the liquid hydrogen in the bubble chamber and produces an omega-minus, a K^0 and a K^+ meson:
- $K^- + p \rightarrow \Omega^- + K^+ + K^0$
- The omega minus then decays: $\Omega^- \rightarrow \Xi^0 + \pi^-$, with subsequent decay $\Xi^0 \rightarrow \Lambda + \pi^0$;
- $\Lambda \rightarrow p + \pi^-$ $\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$ $\gamma \rightarrow e^+ e^-$

25

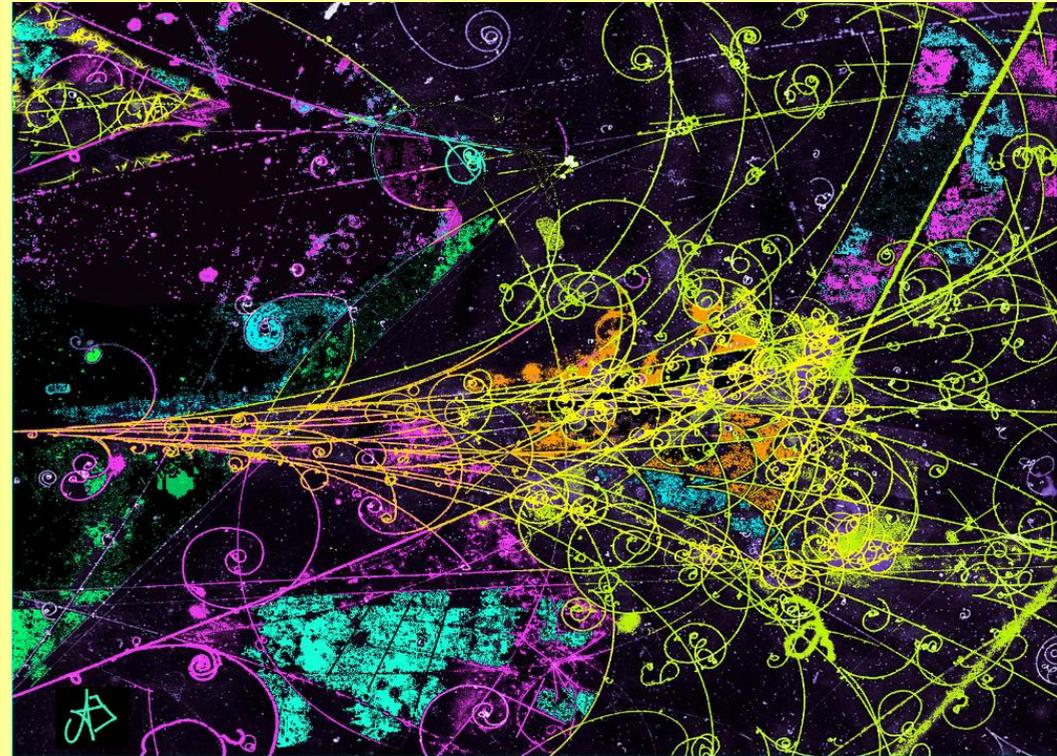
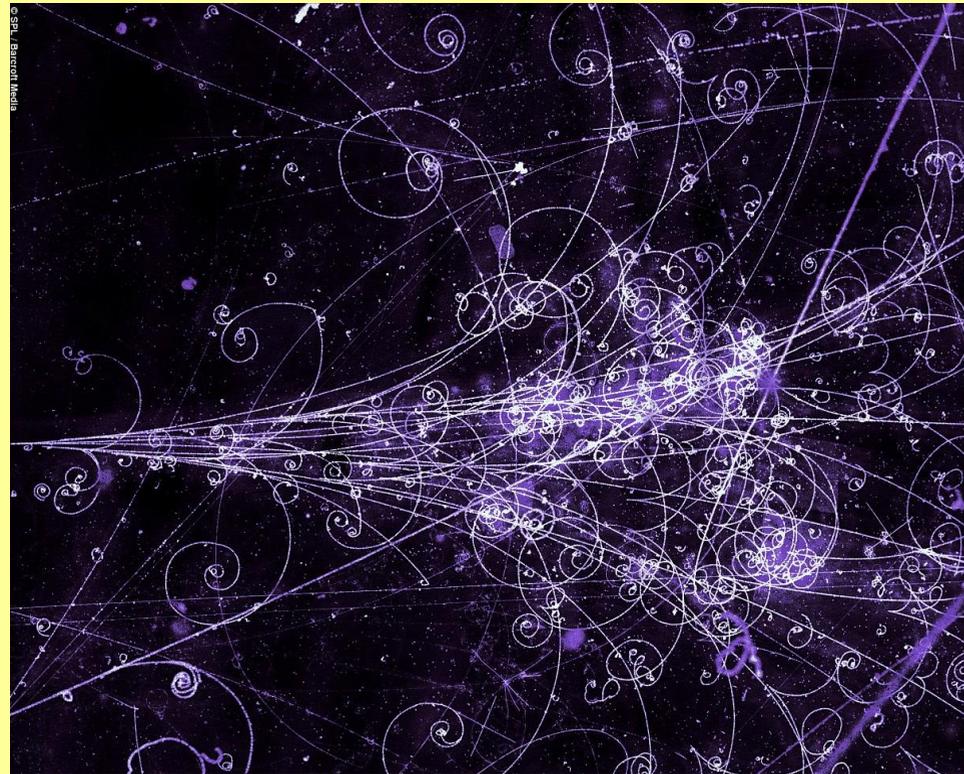
Visualizzazioni artistiche camera a bolle



Visualizzazioni artistiche camera a bolle



Visualizzazioni artistiche camera a bolle



Visualizzazioni artistiche camera a bolle



Camera a streamer

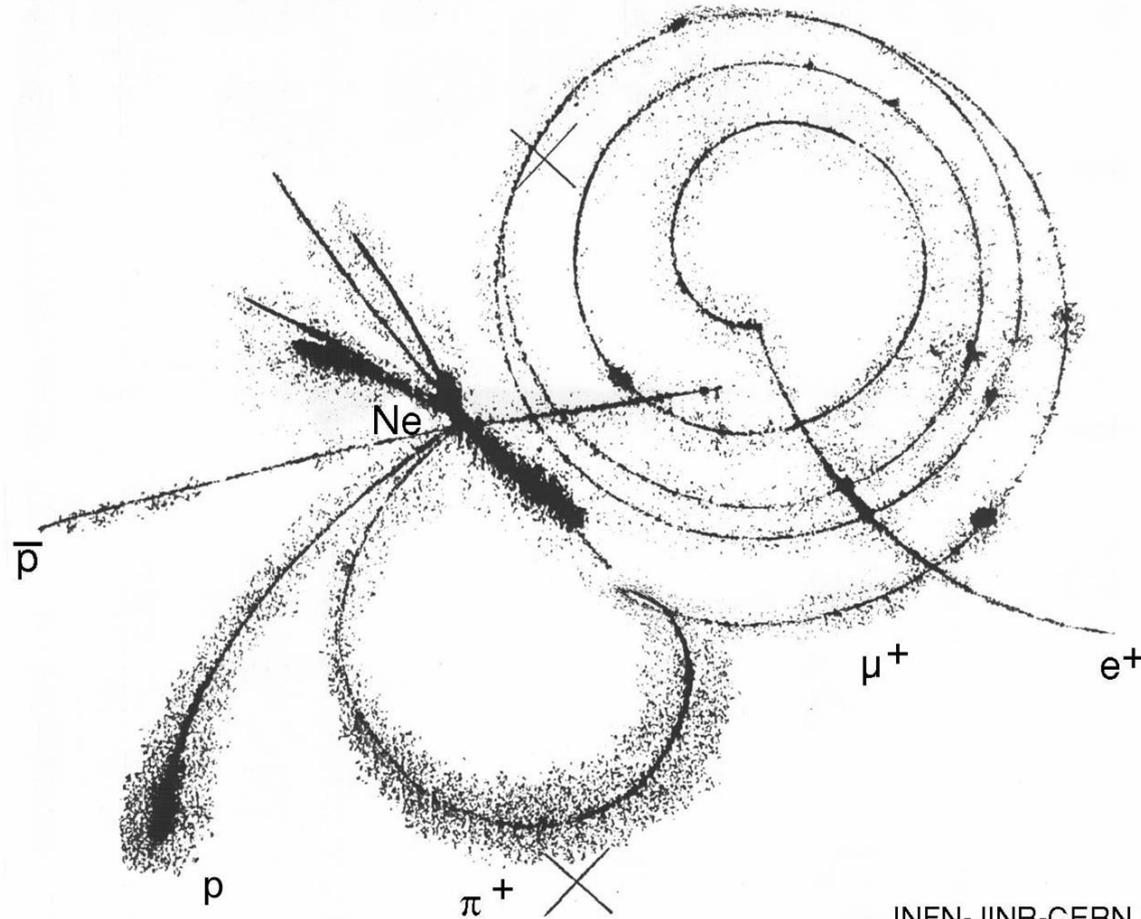
Recipiente in vetro riempito con del gas (es. Neon)

Quando passa una particella carica si applica un impulso di tensione molto elevata ~ 200000 Volt per un tempo brevissimo di $\frac{1}{2}$ microsecondo

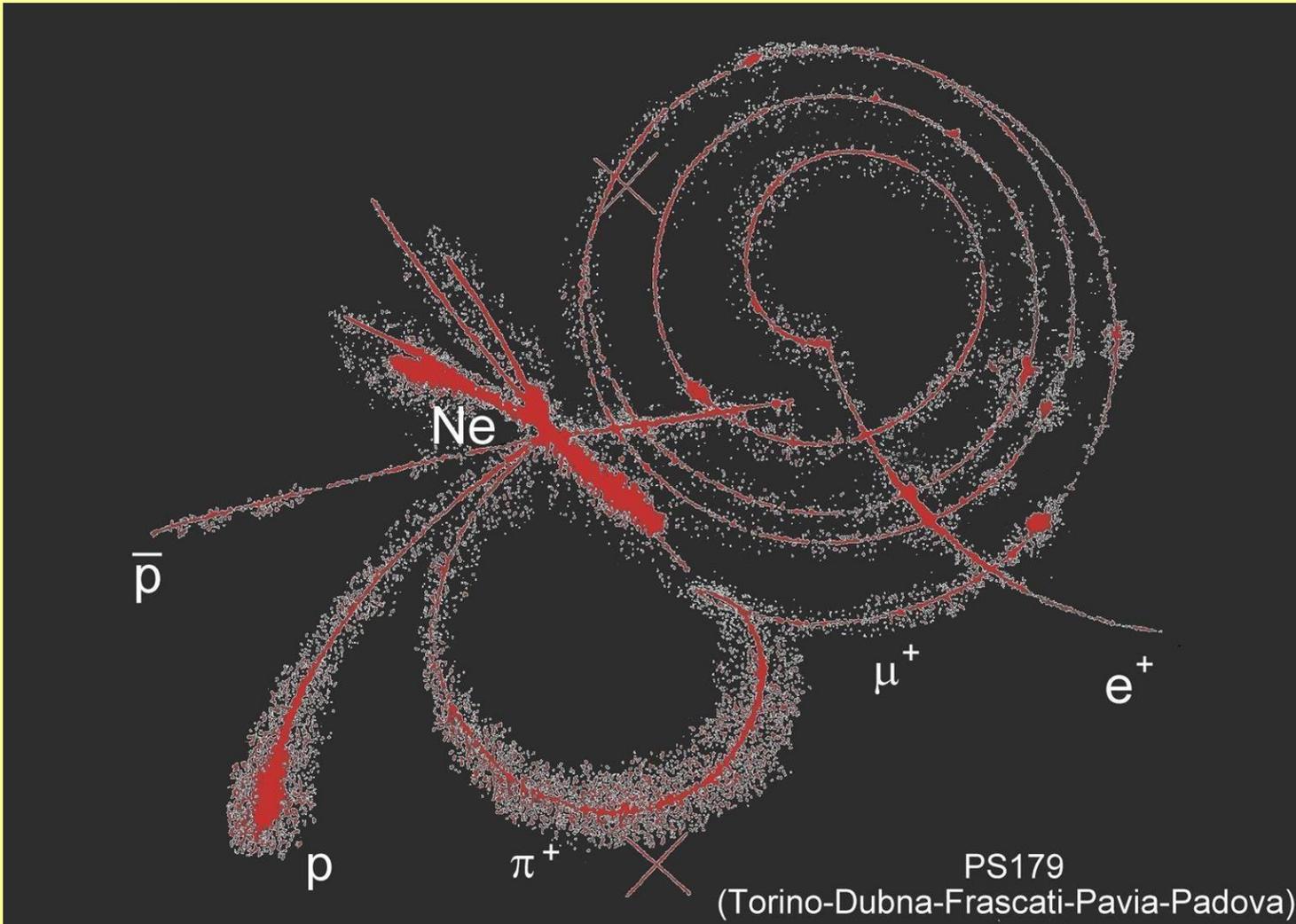
Dove passa la particella carica il gas si ionizza e si innesca una scarica elettrica

Macchine fotografiche piazzate opportunamente fotografano l'evento

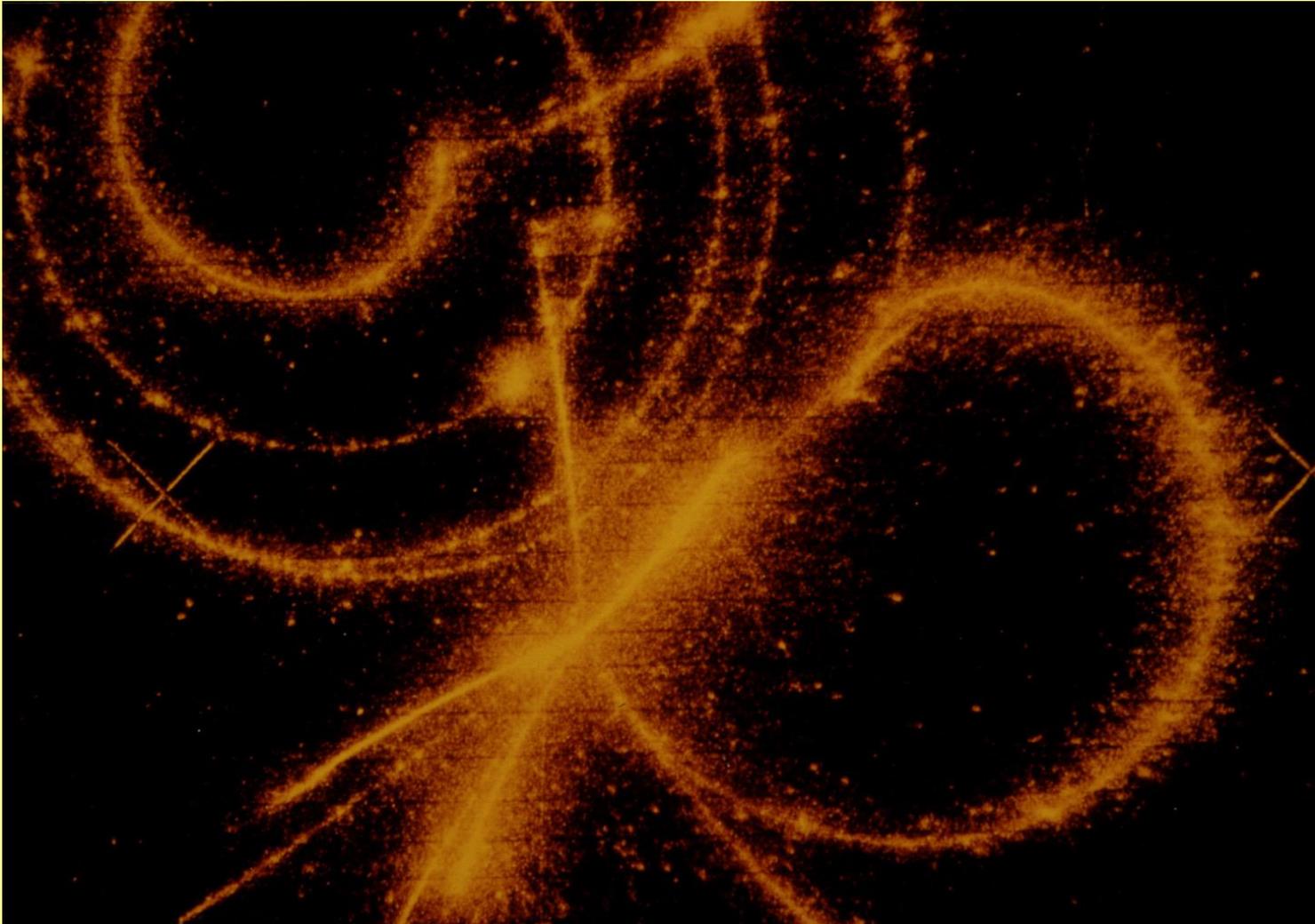
Camera a streamer: Annichilazione di Antiprotone



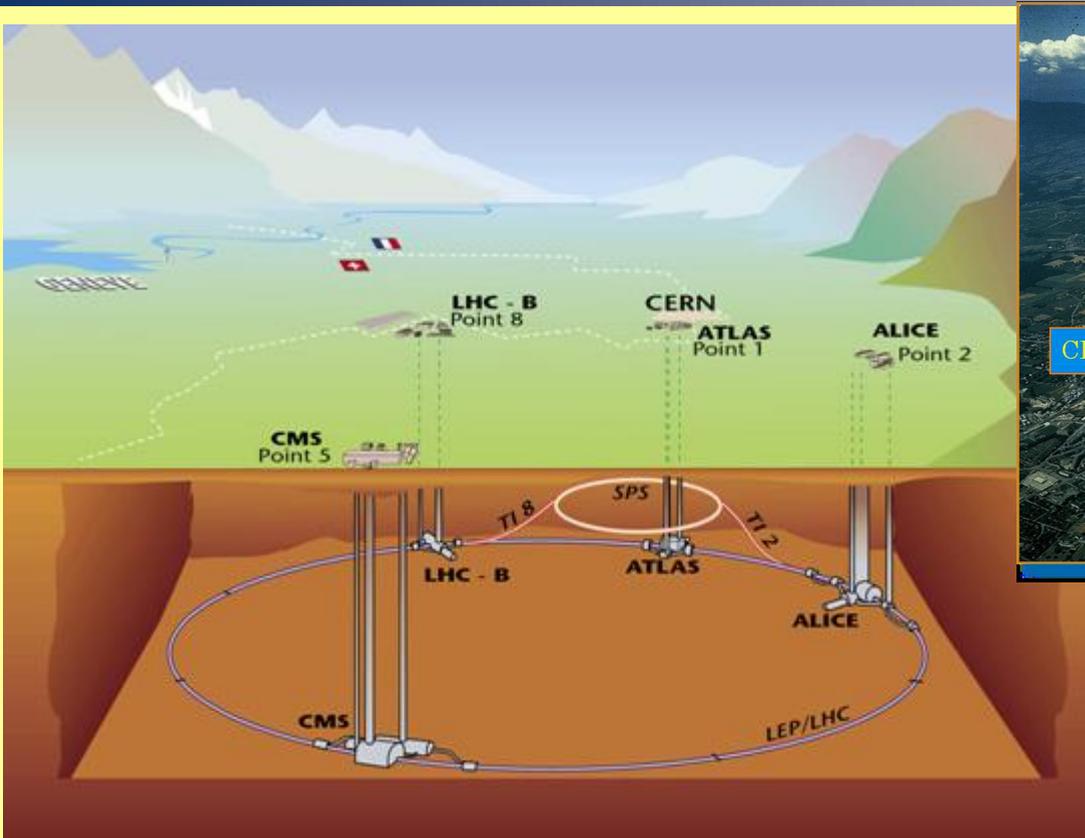
Camera a streamer: Annichilazione di Antiprotone



Camera a streamer: Annichilazione di Antiprotone



Esperimenti attuali: collisioni p+p con LHC



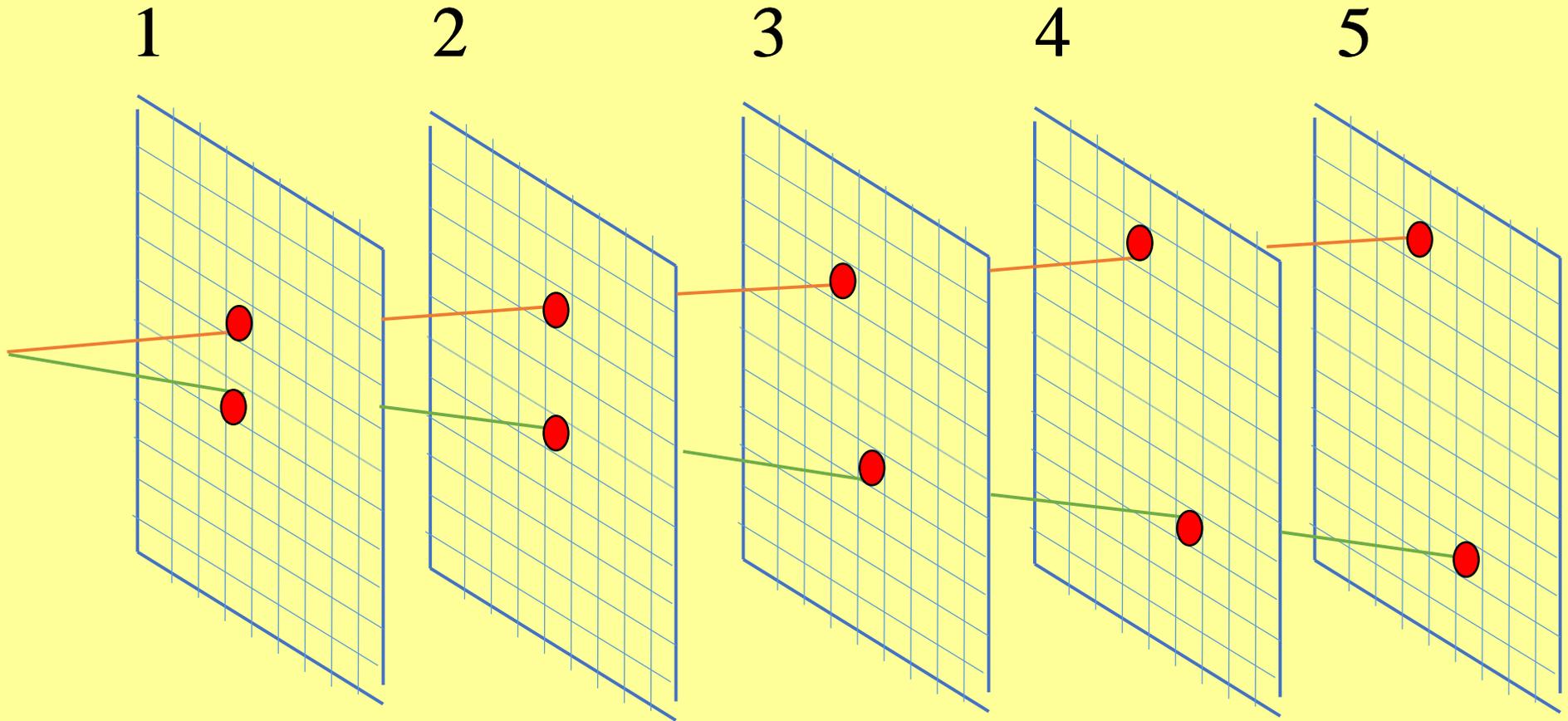
Quattro grandi esperimenti: ATLAS, CMS, ALICE, LHC-B

Esperimenti all'LHC e rivelatori traccianti

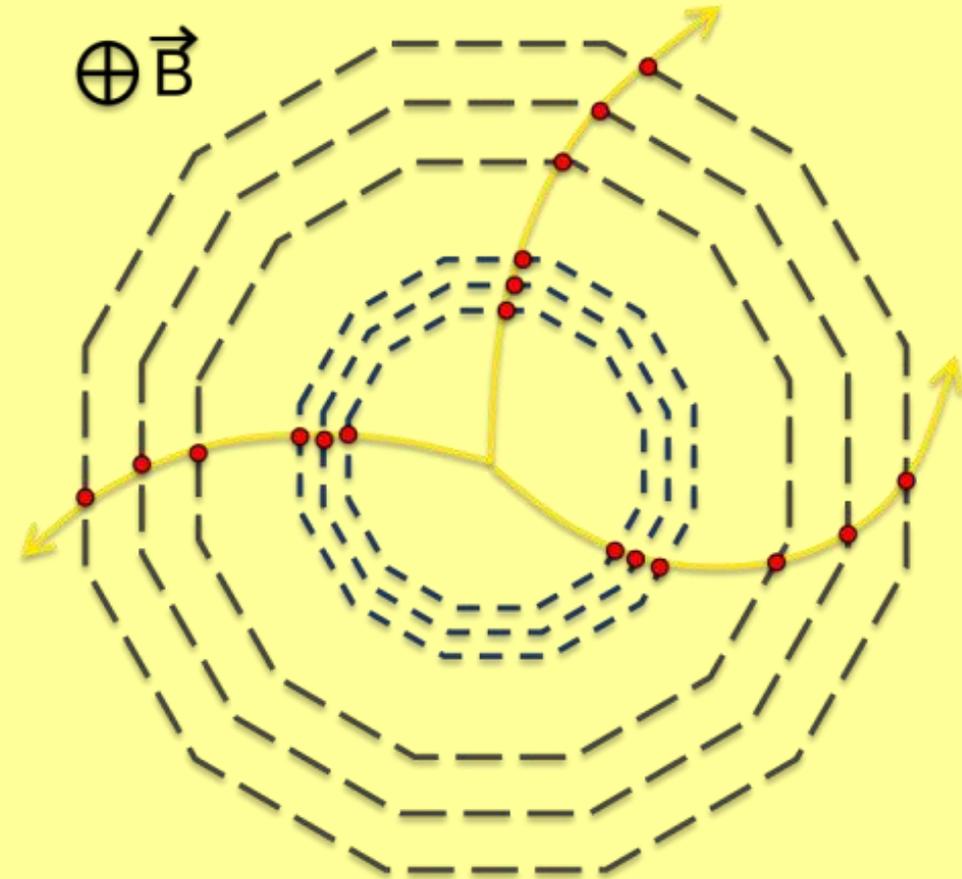
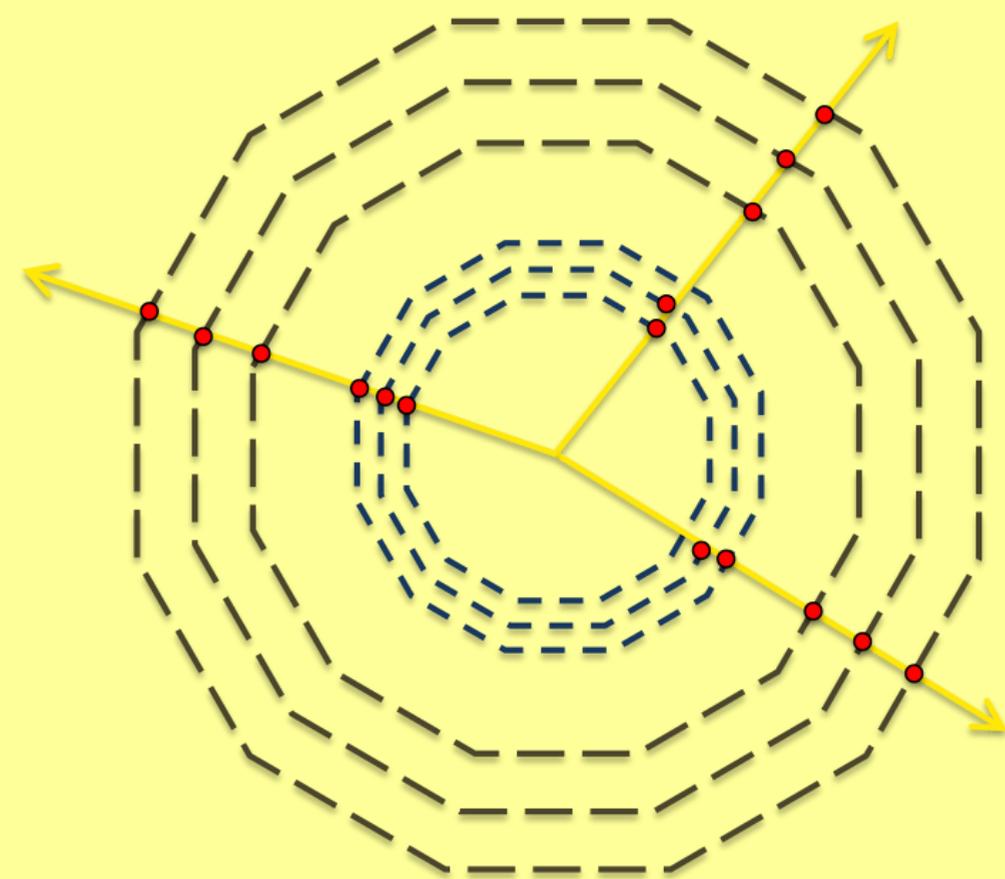
- Negli esperimenti attuali il numero di collisioni al secondo è enorme. LHC produce 600 milioni di collisioni al secondo. Gli esperimenti con dei sistemi particolari di trigger registrano circa 1000 collisioni al secondo.
- Non si usano più rivelatori in cui la traccia viene fotografata e poi studiata a posteriori come nelle camere a nebbia o nelle camere a bolle
- I rivelatori attuali registrano elettronicamente i punti spaziali in cui passano le particelle e poi con degli opportuni software si ricostruiscono i percorsi delle singole particelle.

Si registrano quindi dei punti nello spazio in cui è passata la particelle carica e poi questi punti sono connessi tra di loro per avere l'intero percorso della particella.

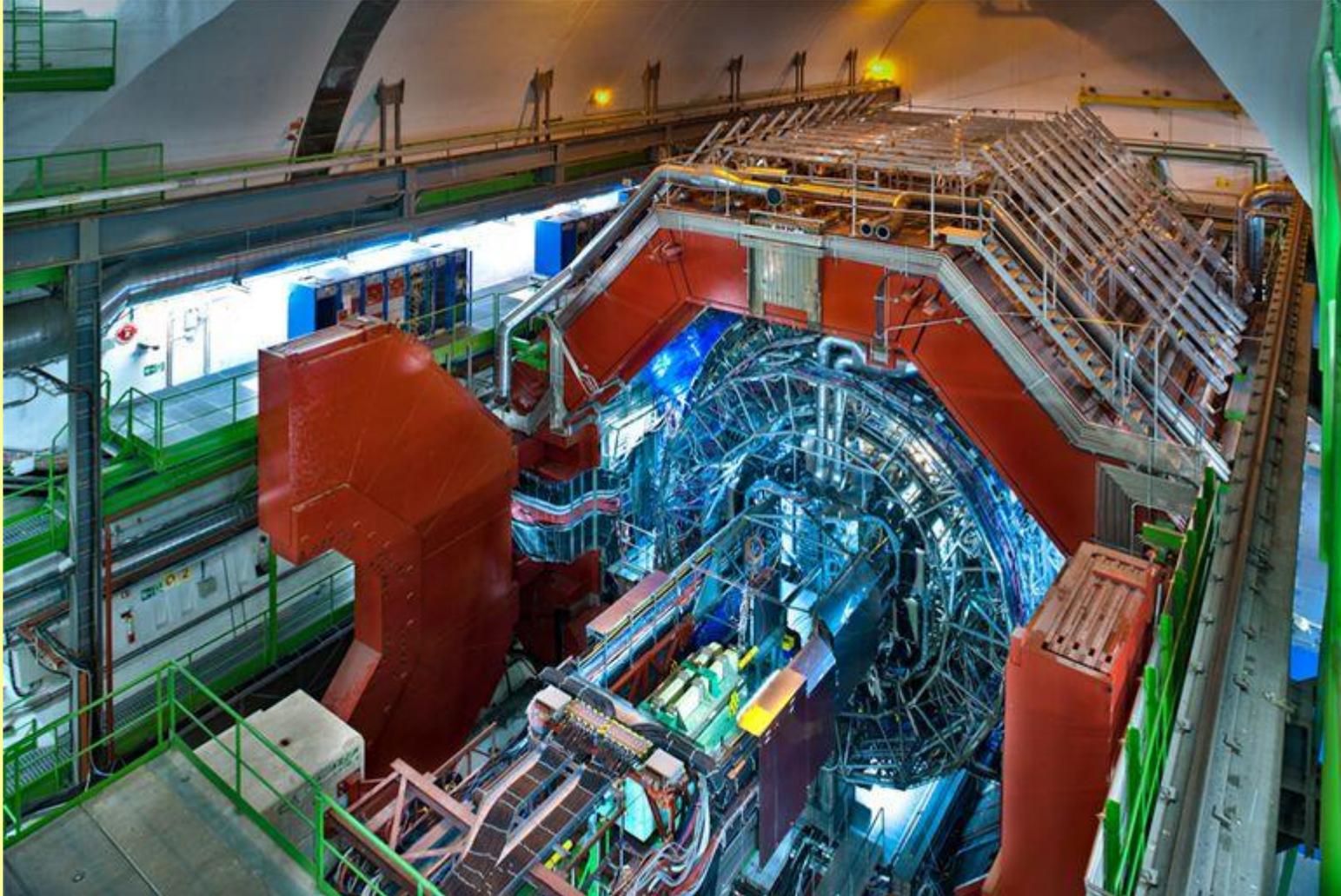
Rivelatori traccianti di particelle attuali: concetto di tracciamento



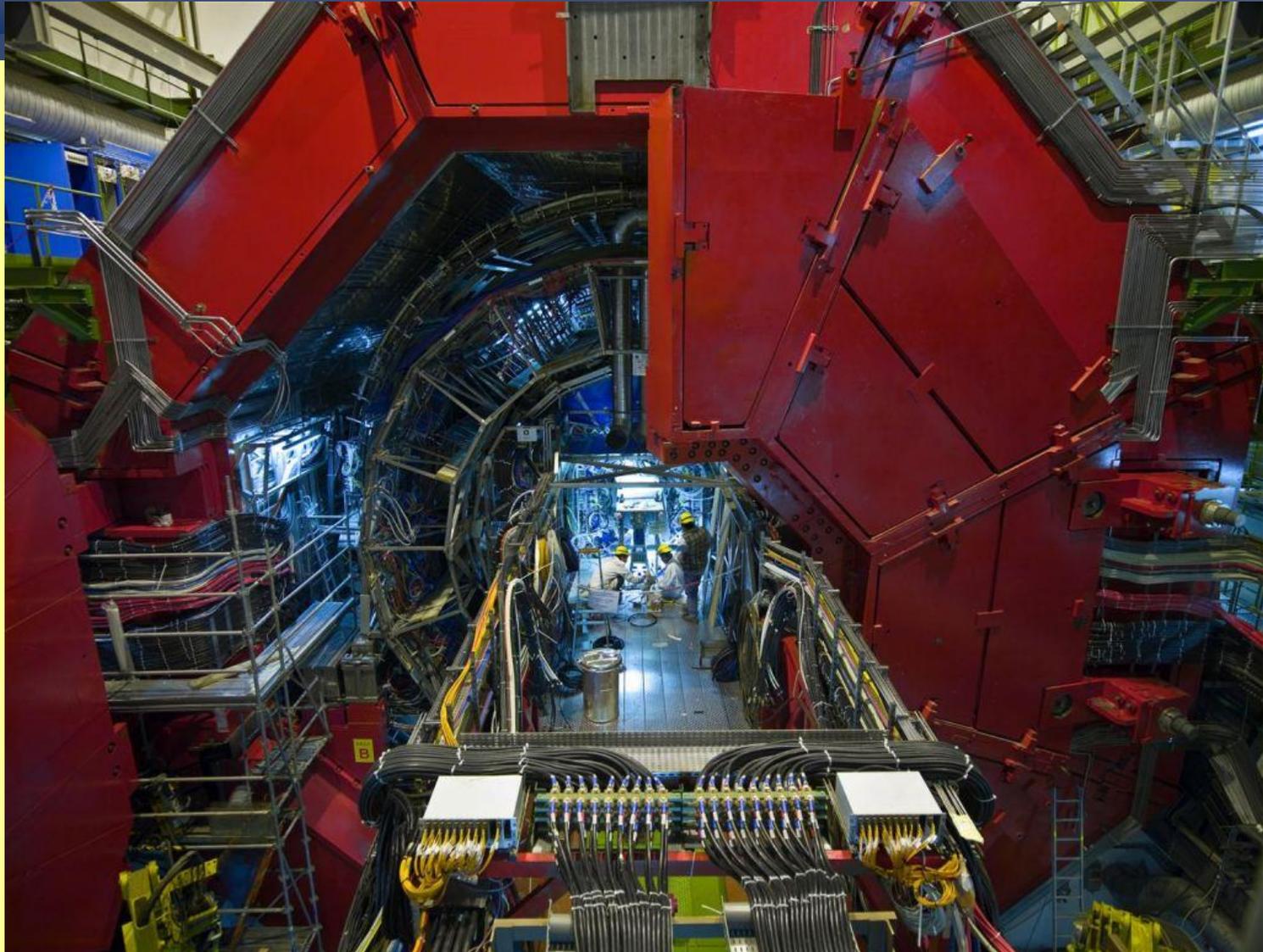
Rivelatori traccianti di particelle attuali: concetto di tracciamento



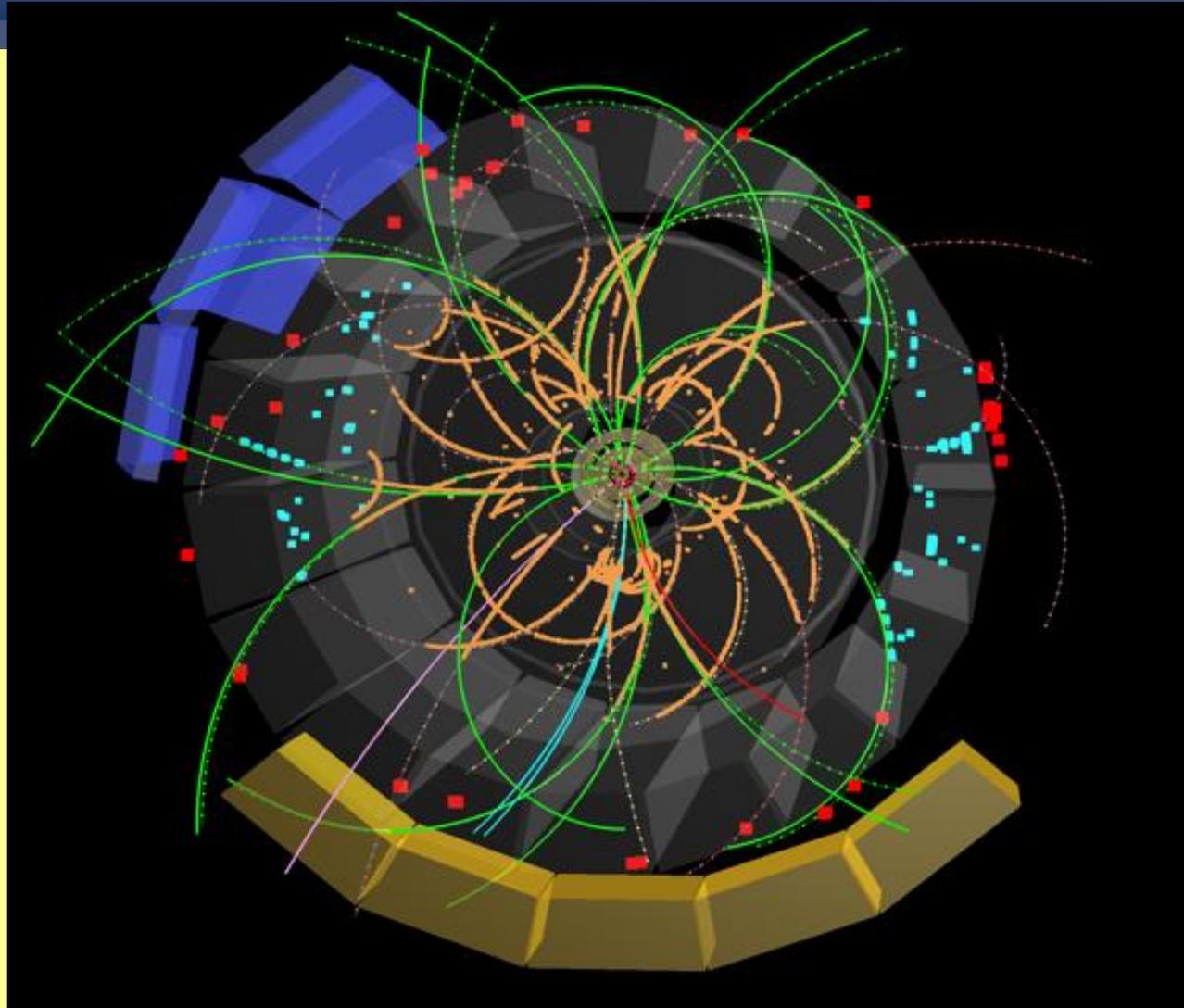
L'esperimento ALICE



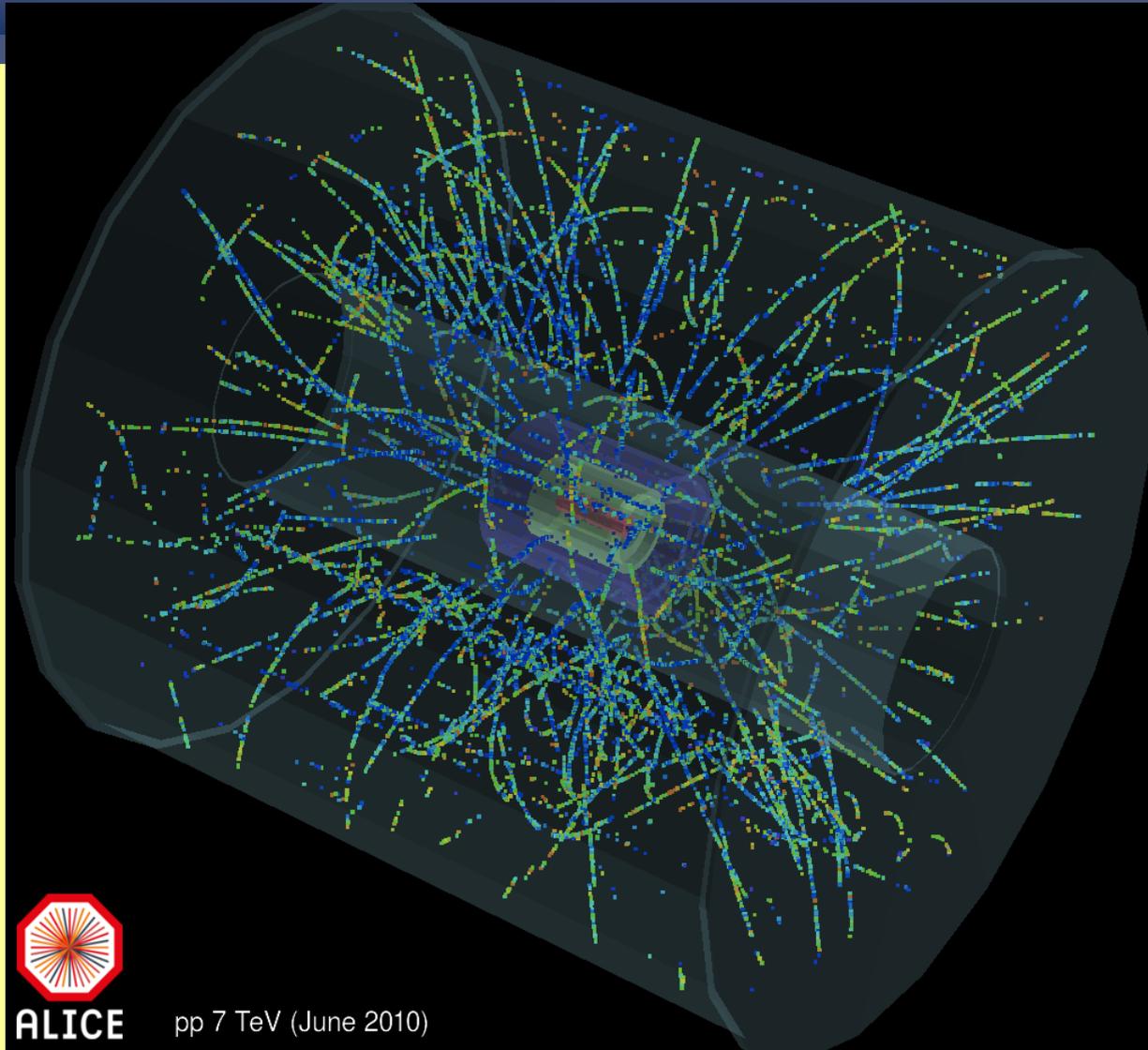
L'esperimento ALICE



Event Display: p+p



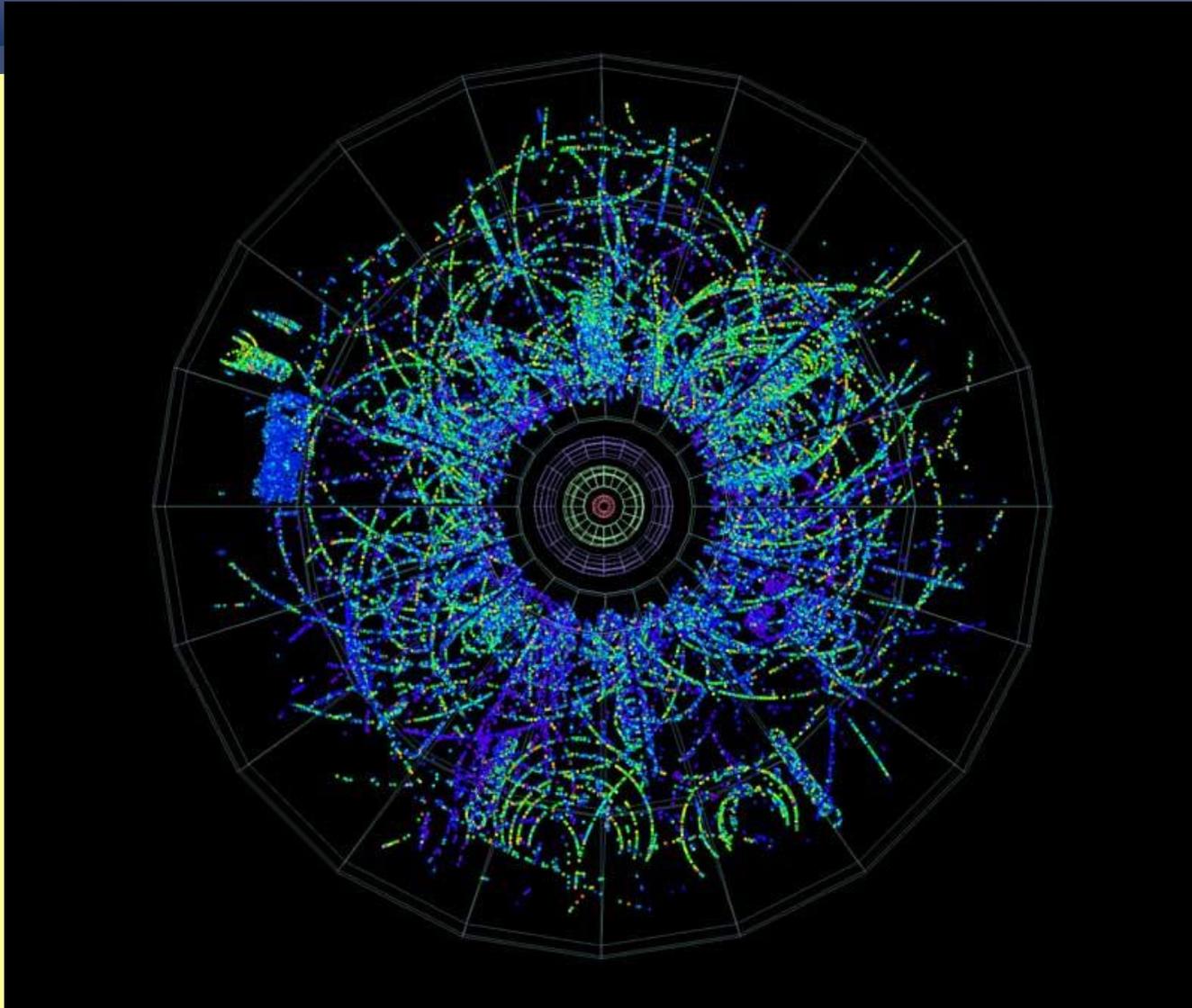
Event Display: p+p



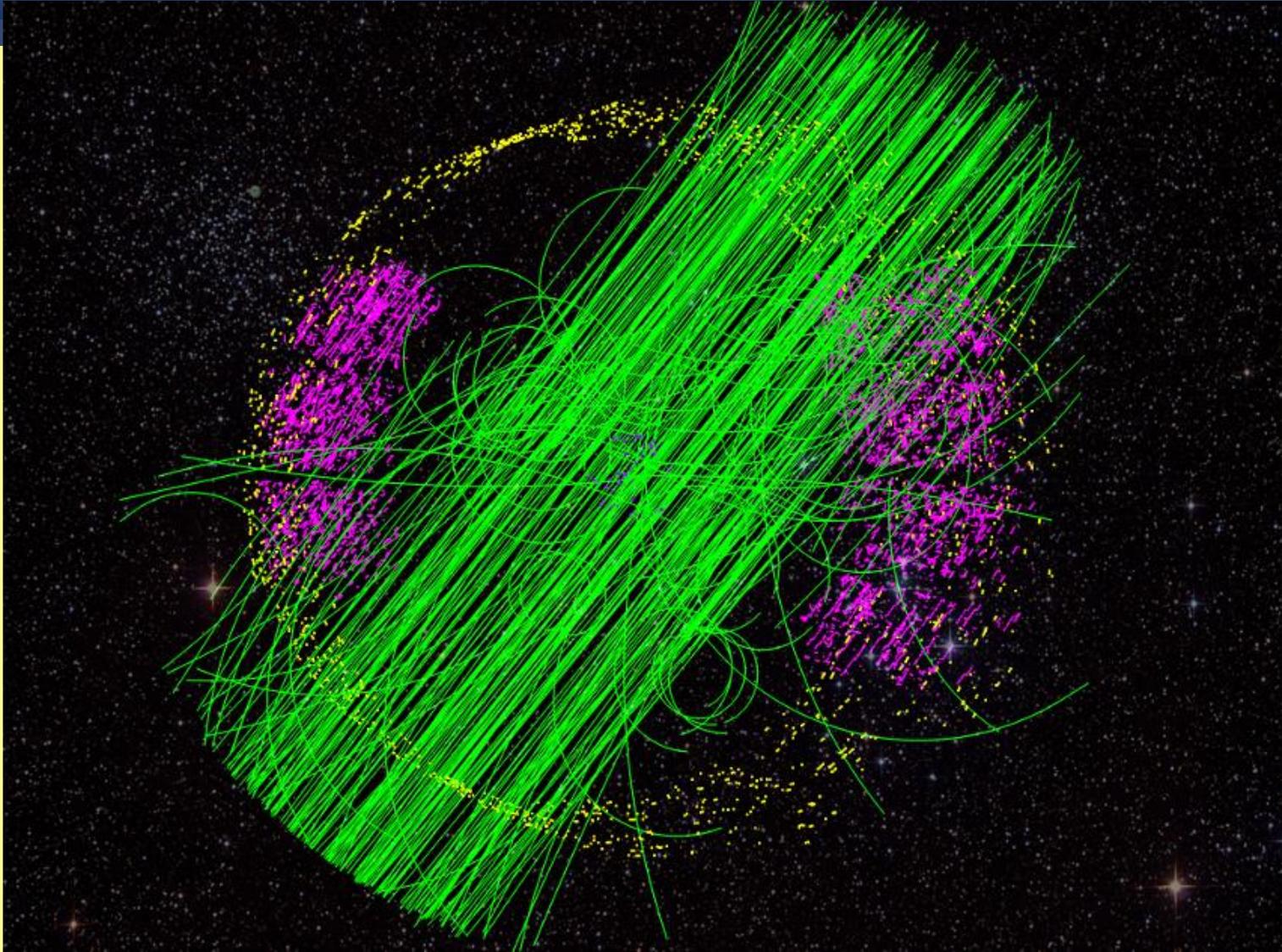
ALICE

pp 7 TeV (June 2010)

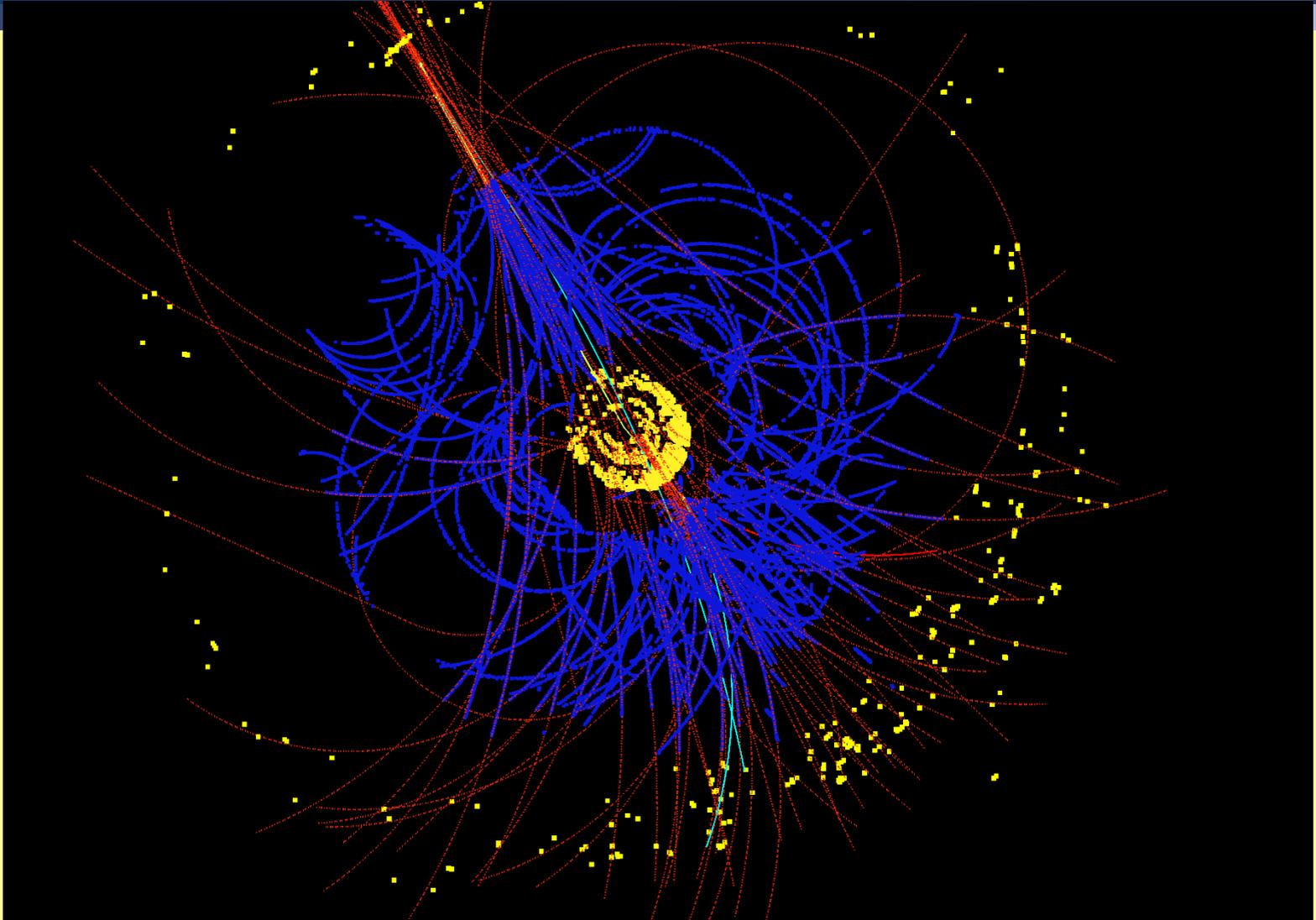
Event Display: p+Pb



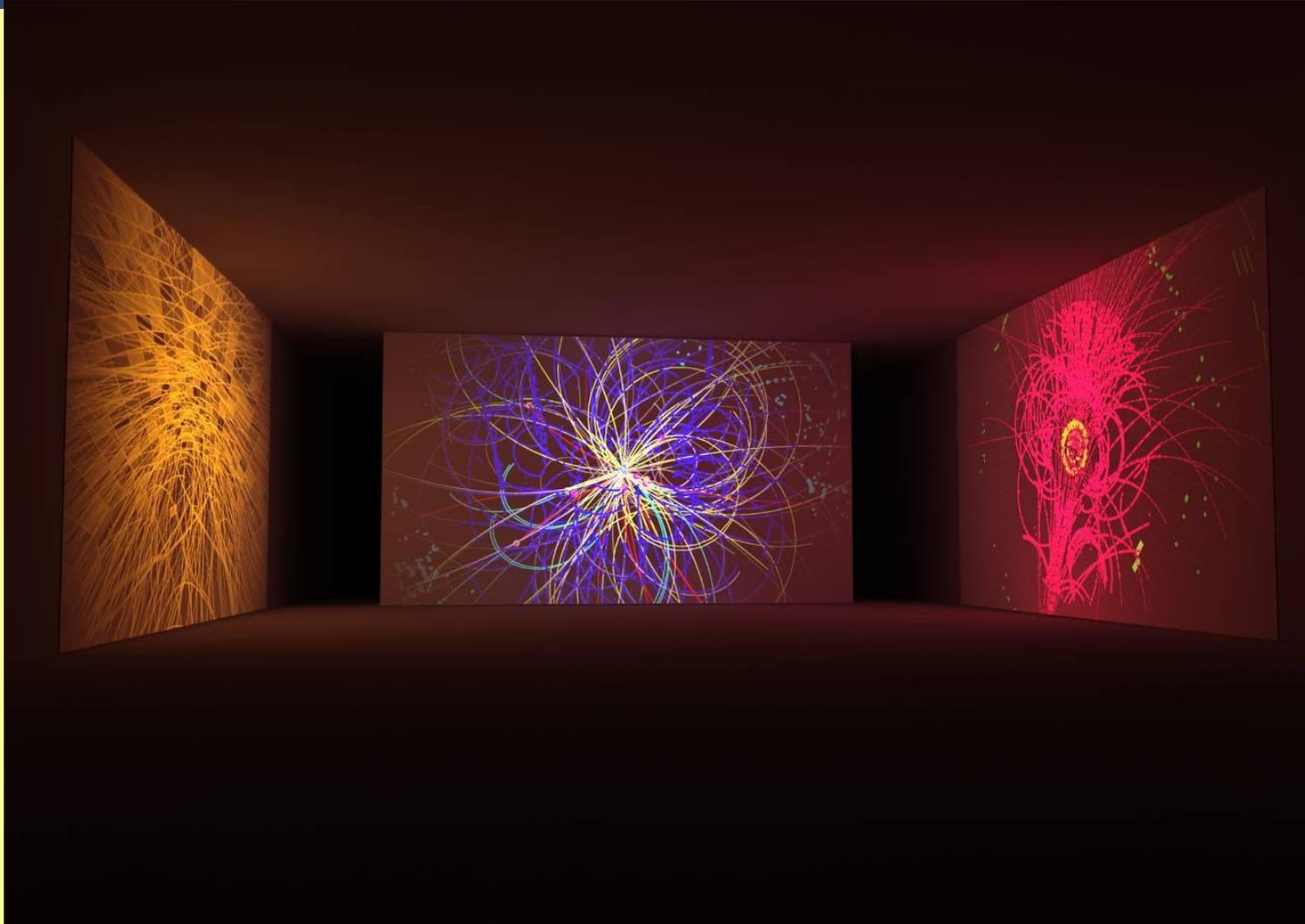
Event Display: Muoni Cosmici



Event Display: Interazioni di muone cosmico



Elaborazione di event display per una installazione artistica



Elaborazione di event display per una installazione artistica

