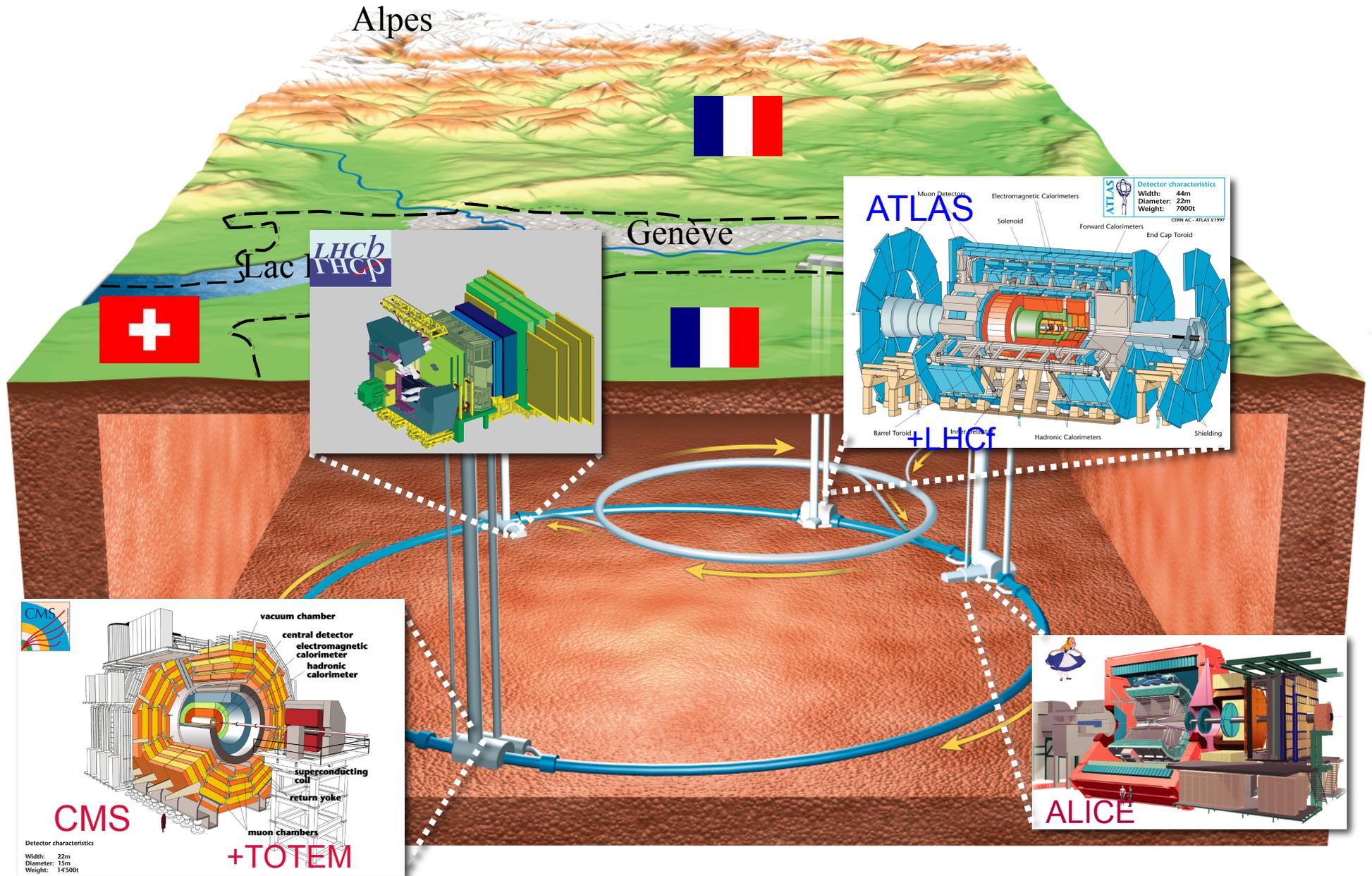


LHCb

[Thanks to F. Alessio, A. Carbone, R. Forty,
J. Rademacker for some material]

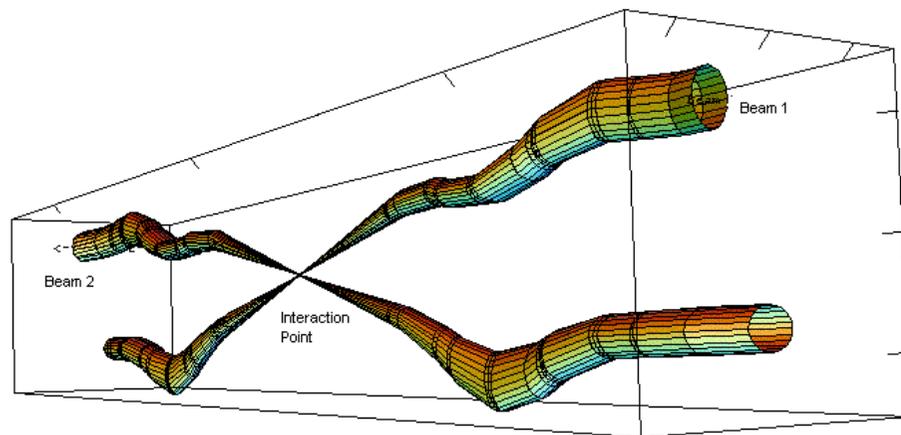
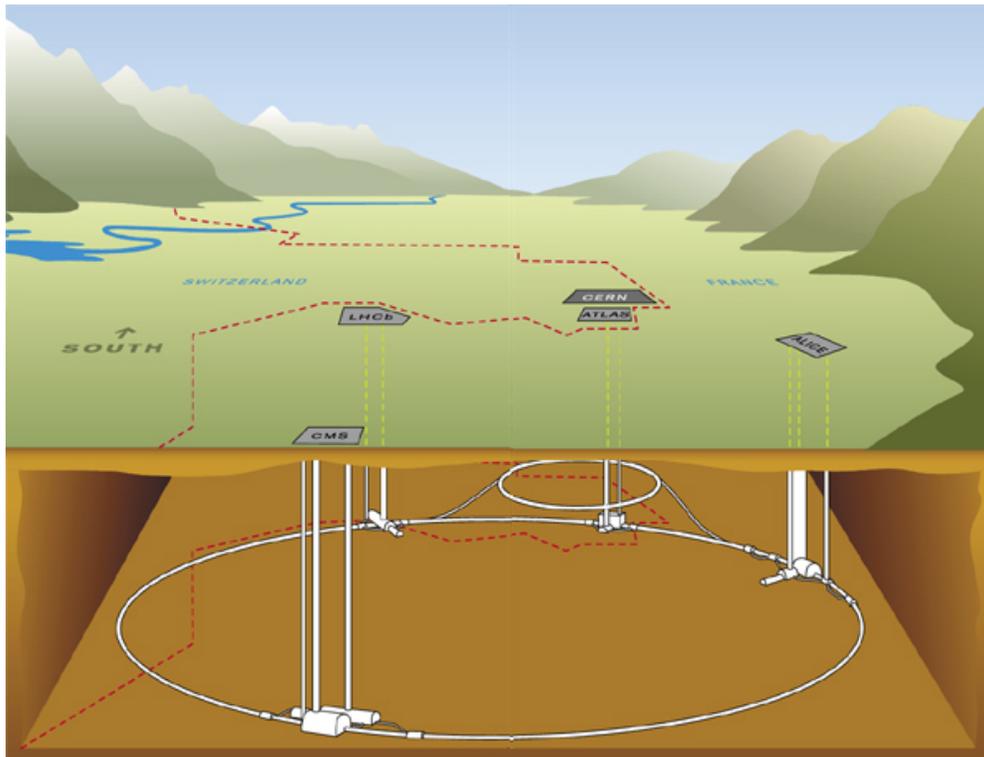
LHC @ CERN



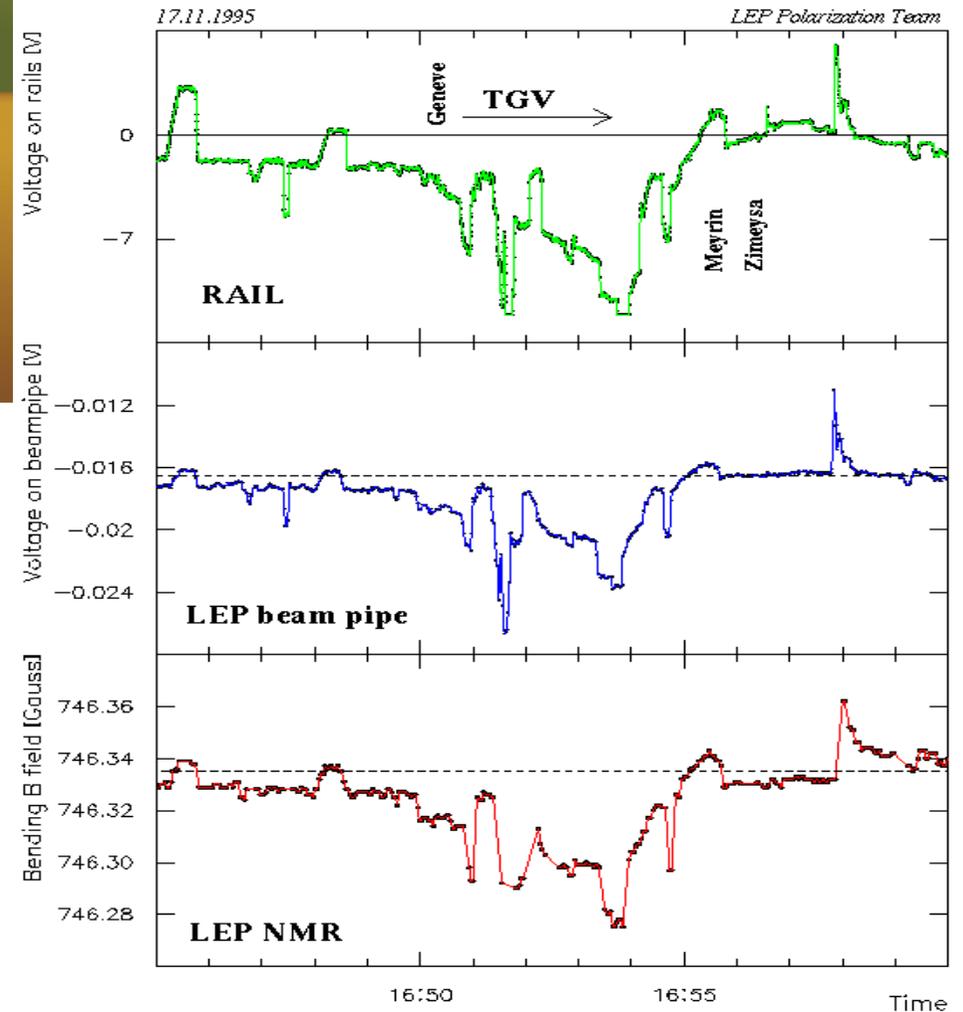
LEP e LHC @ CERN

Il TGV

Le correnti indotte dal passaggio del treno sulla beam pipe di LEP cambiano il campo magnetico.



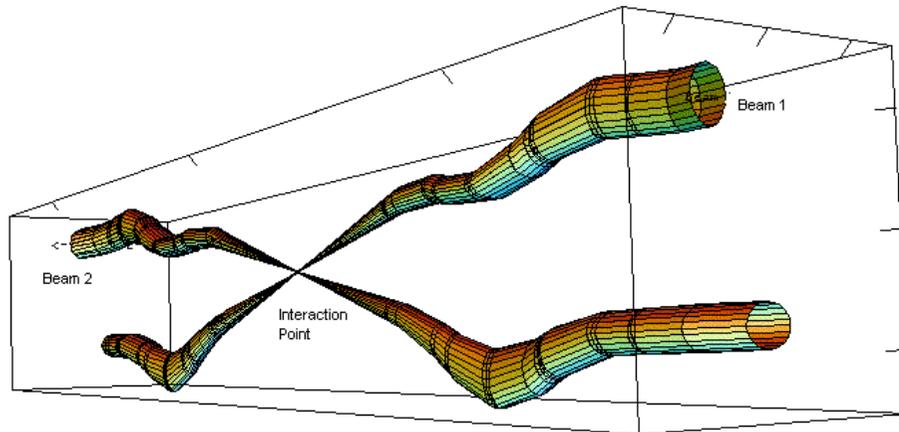
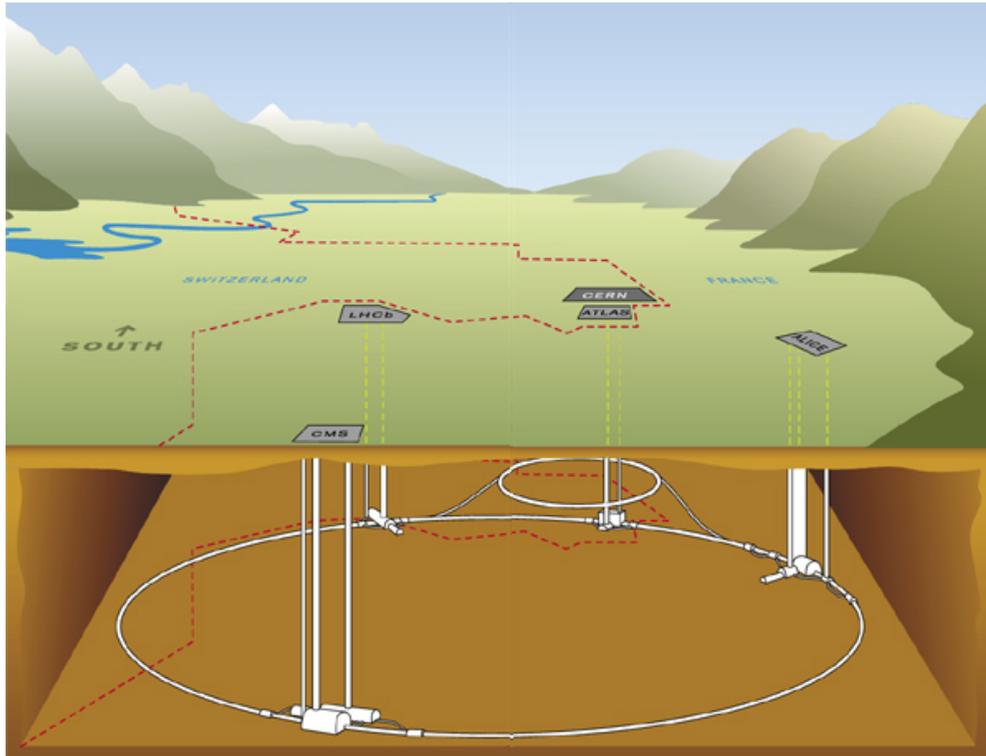
Relative beam sizes around IP1 (Atlas) in collision



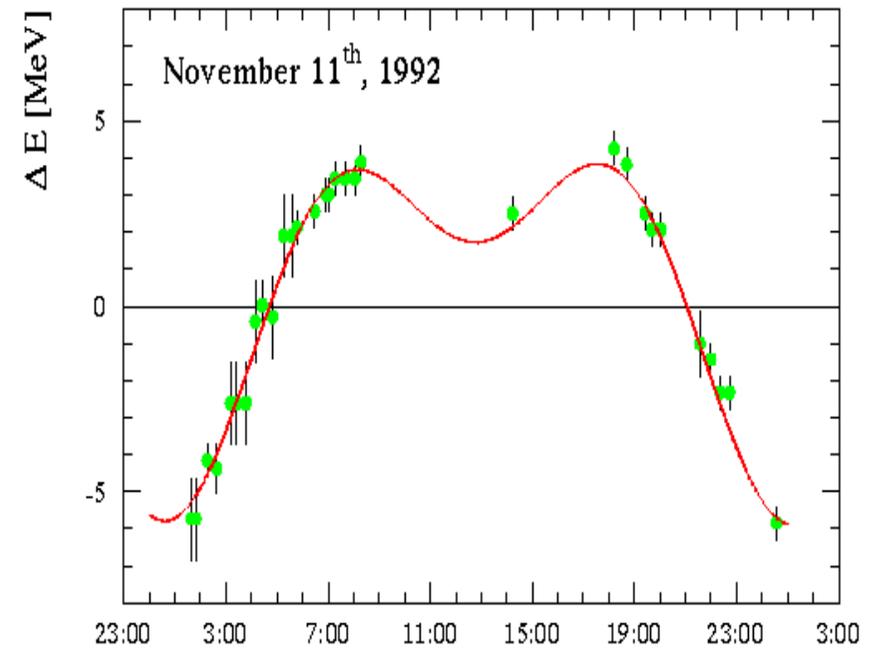
LEP e LHC @ CERN

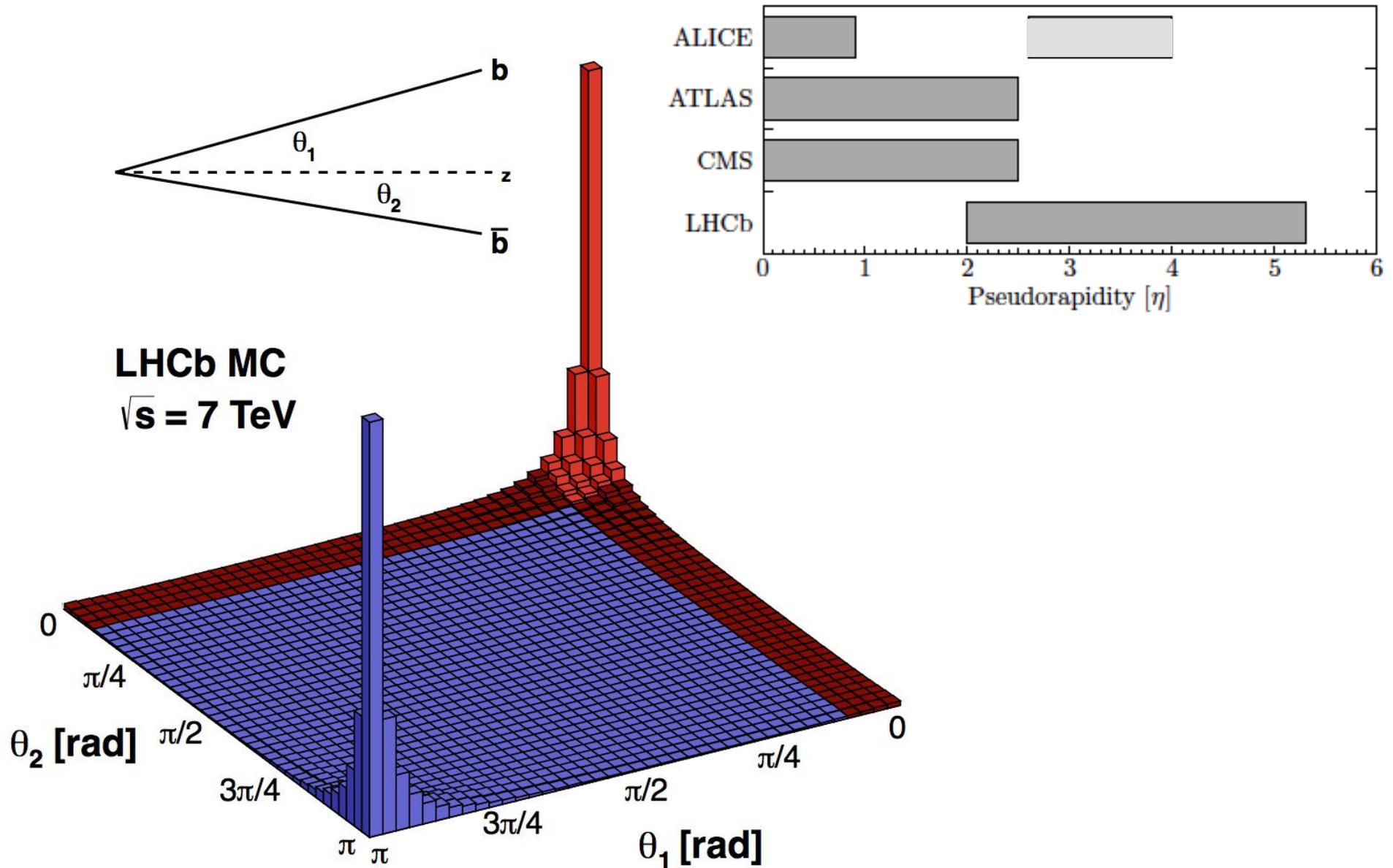
LA LUNA

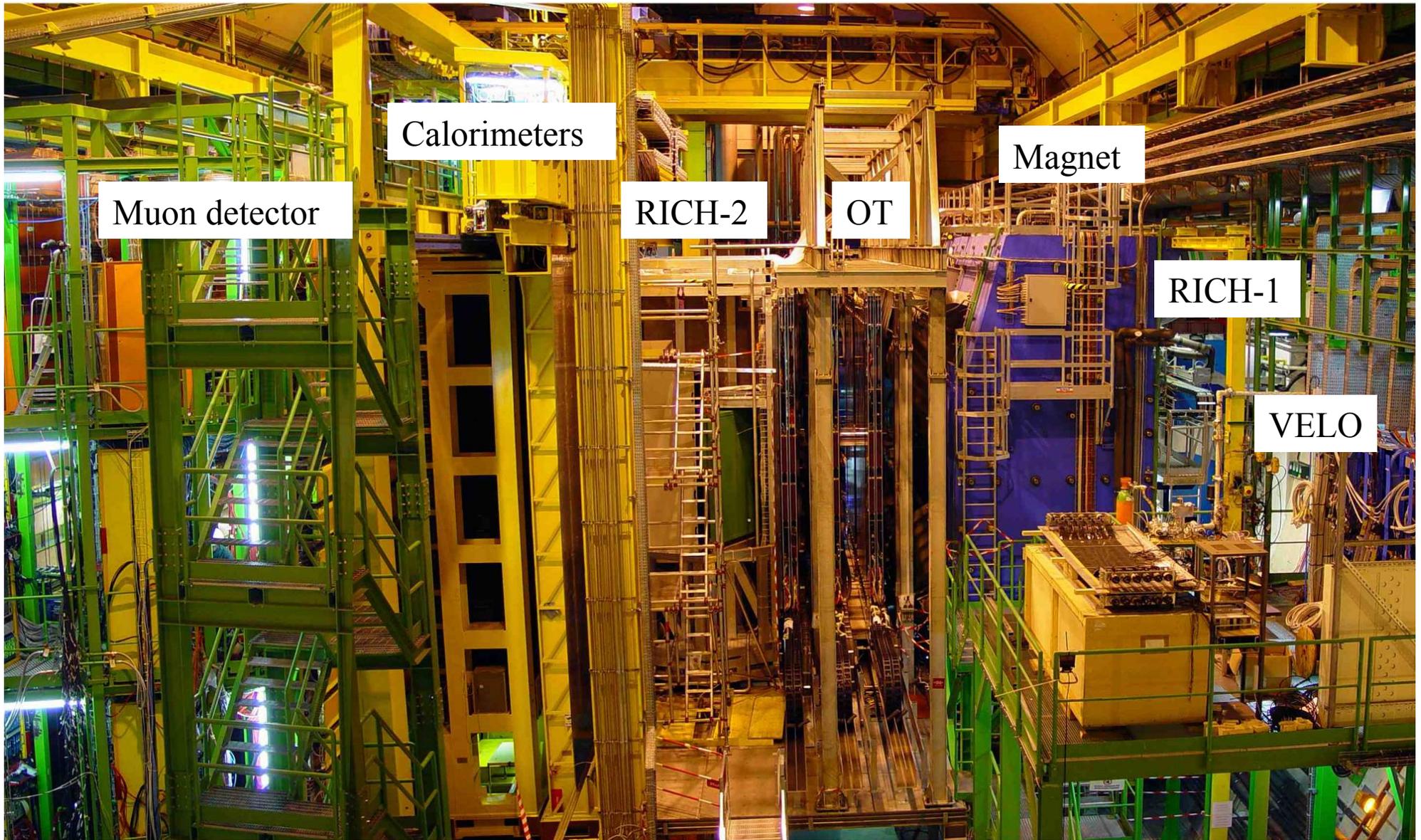
LEP a mezzanotte e' circa $\sim 300 \mu\text{m}$ piu' lungo che a mezzogiorno $\rightarrow e^\pm$ vedono meno campo magnetico $\rightarrow E$ e' piu' piccola

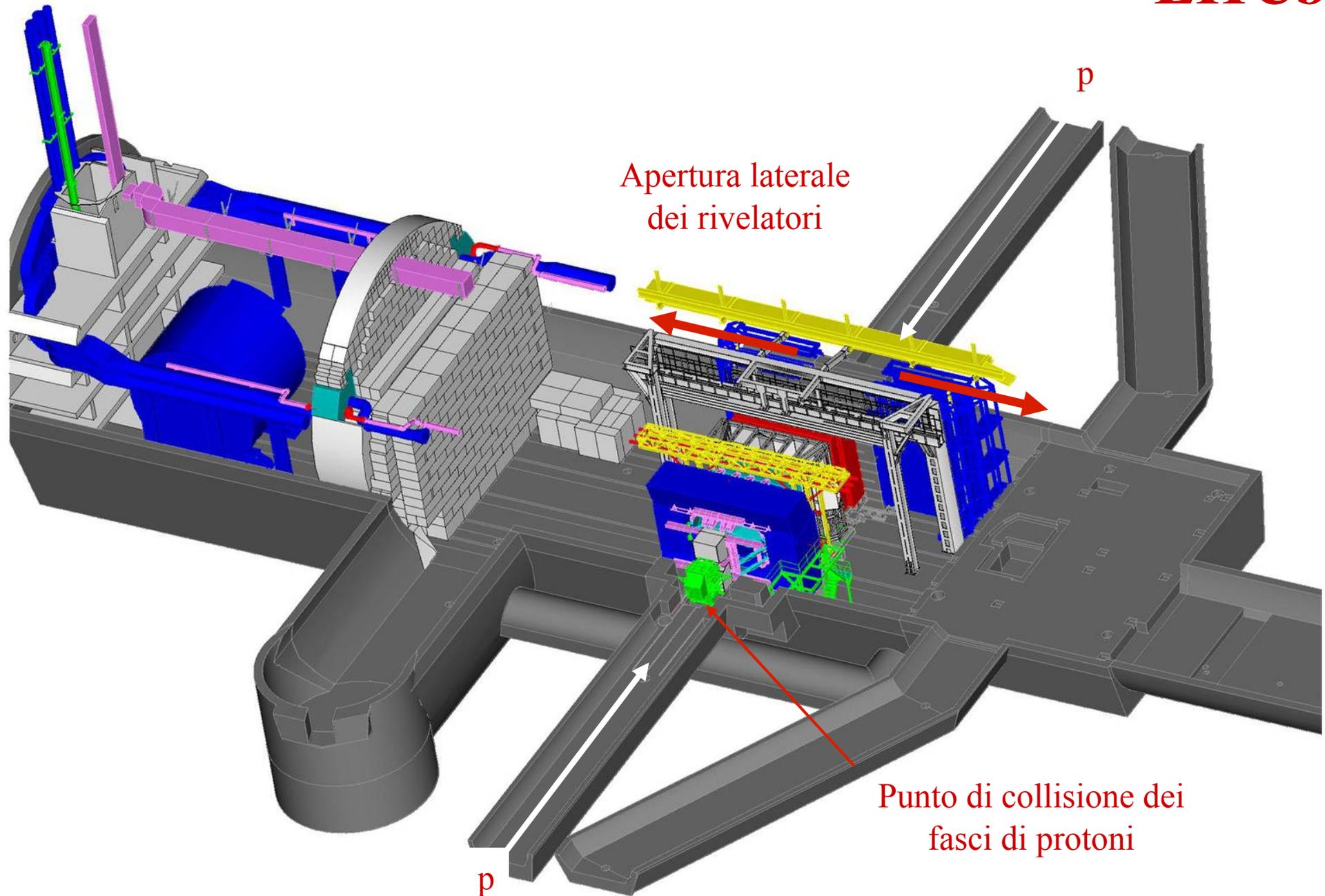


Relative beam sizes around IP1 (Atlas) in collision



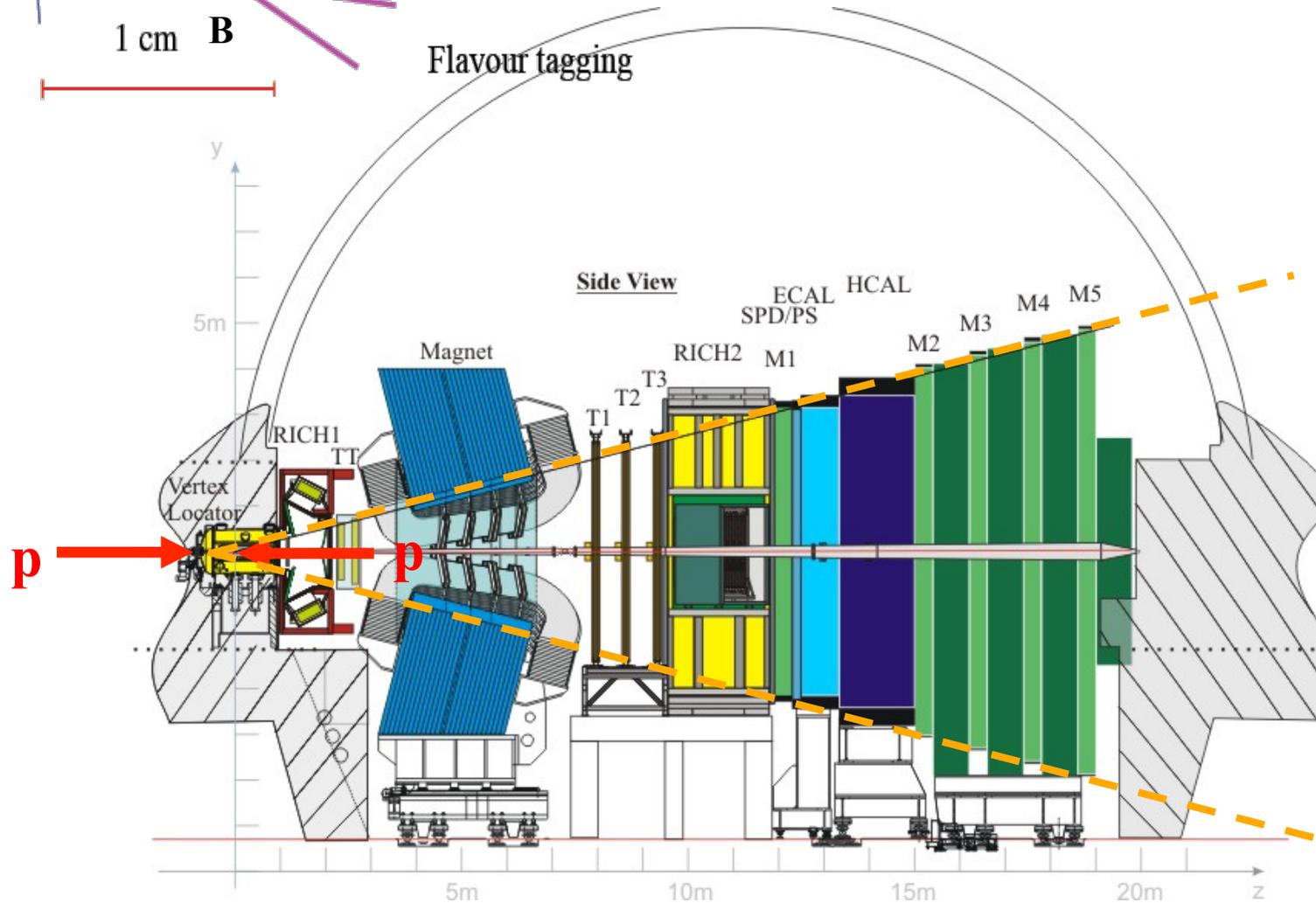
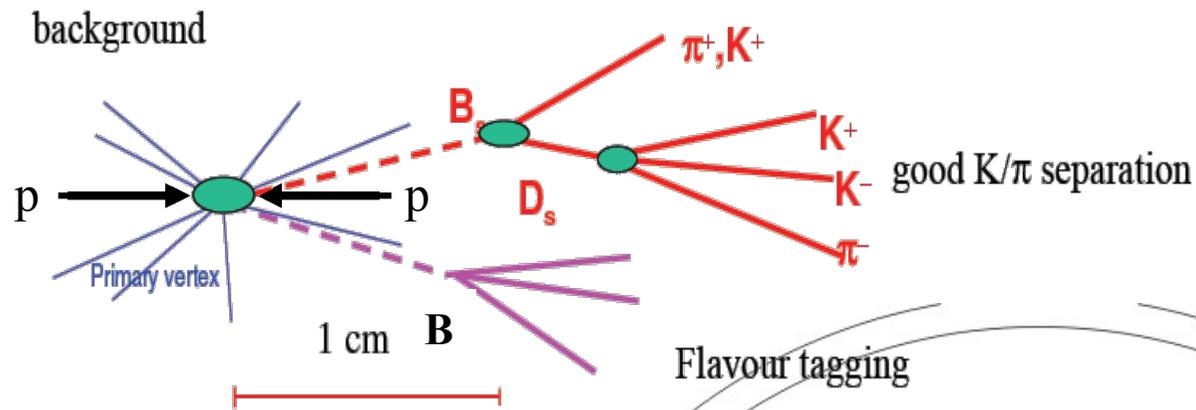




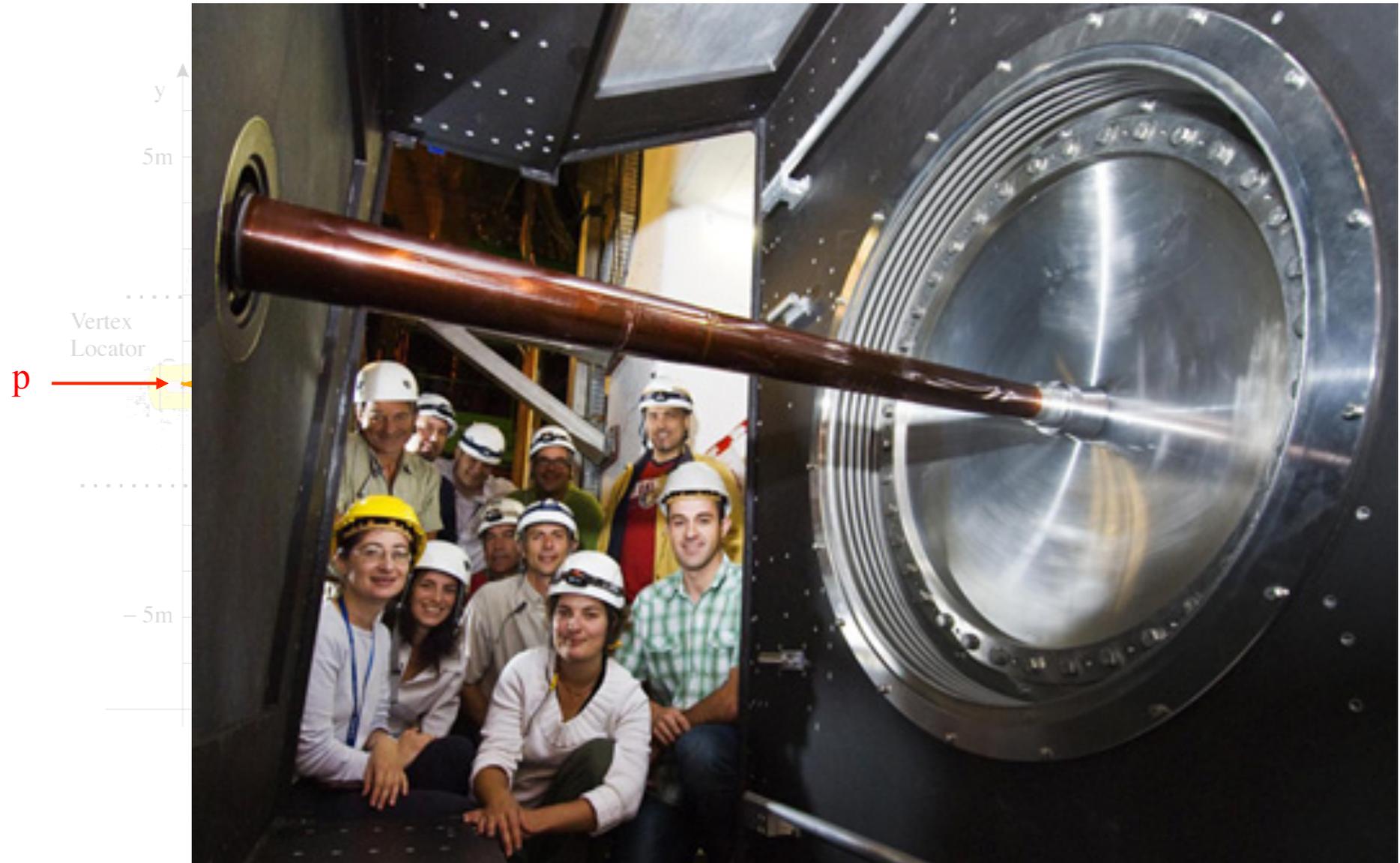


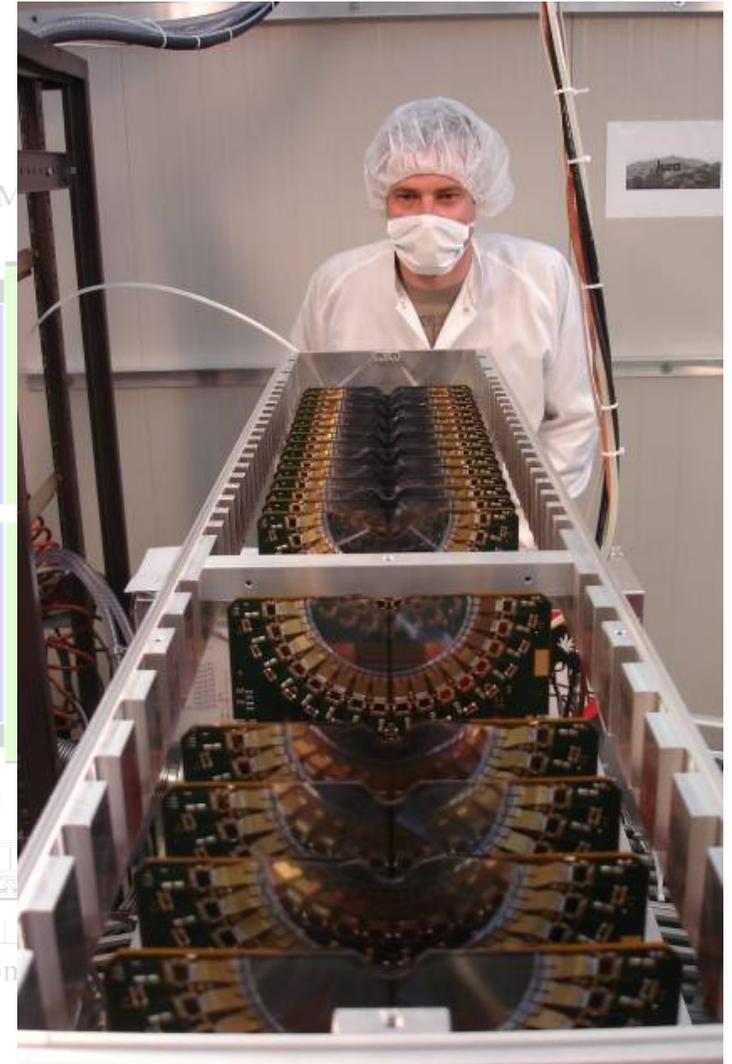
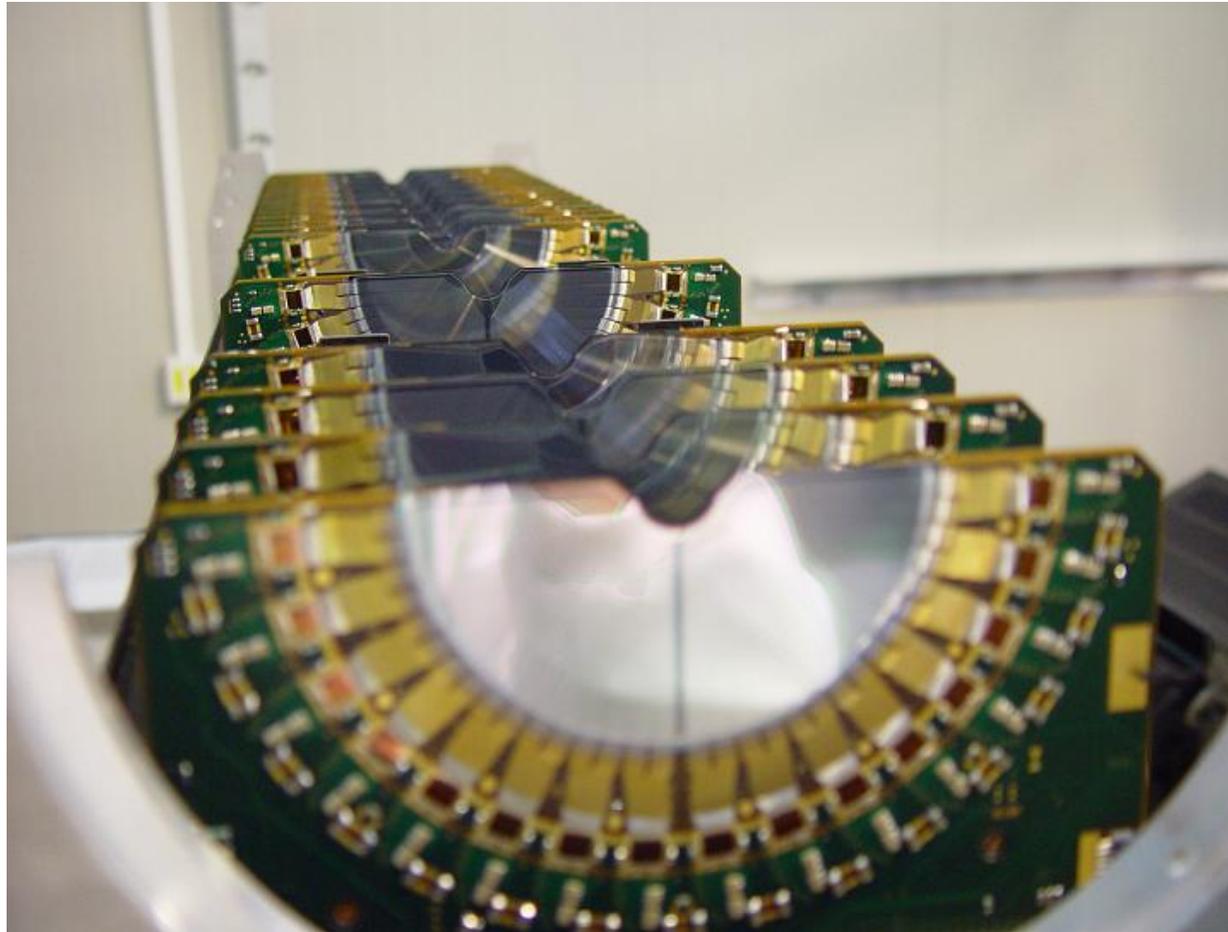
LHC per la prima volta a 13 TeV

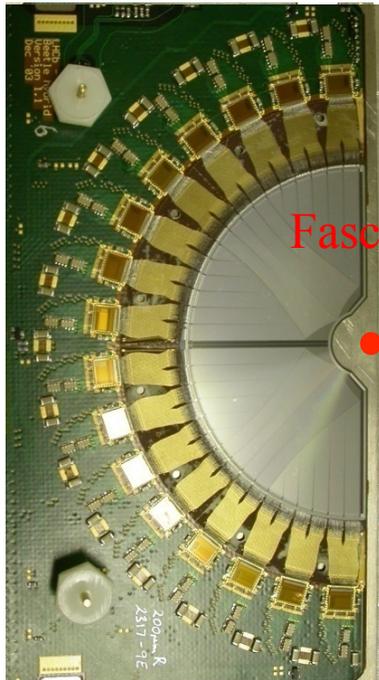




Punto di collisione e beam pipe



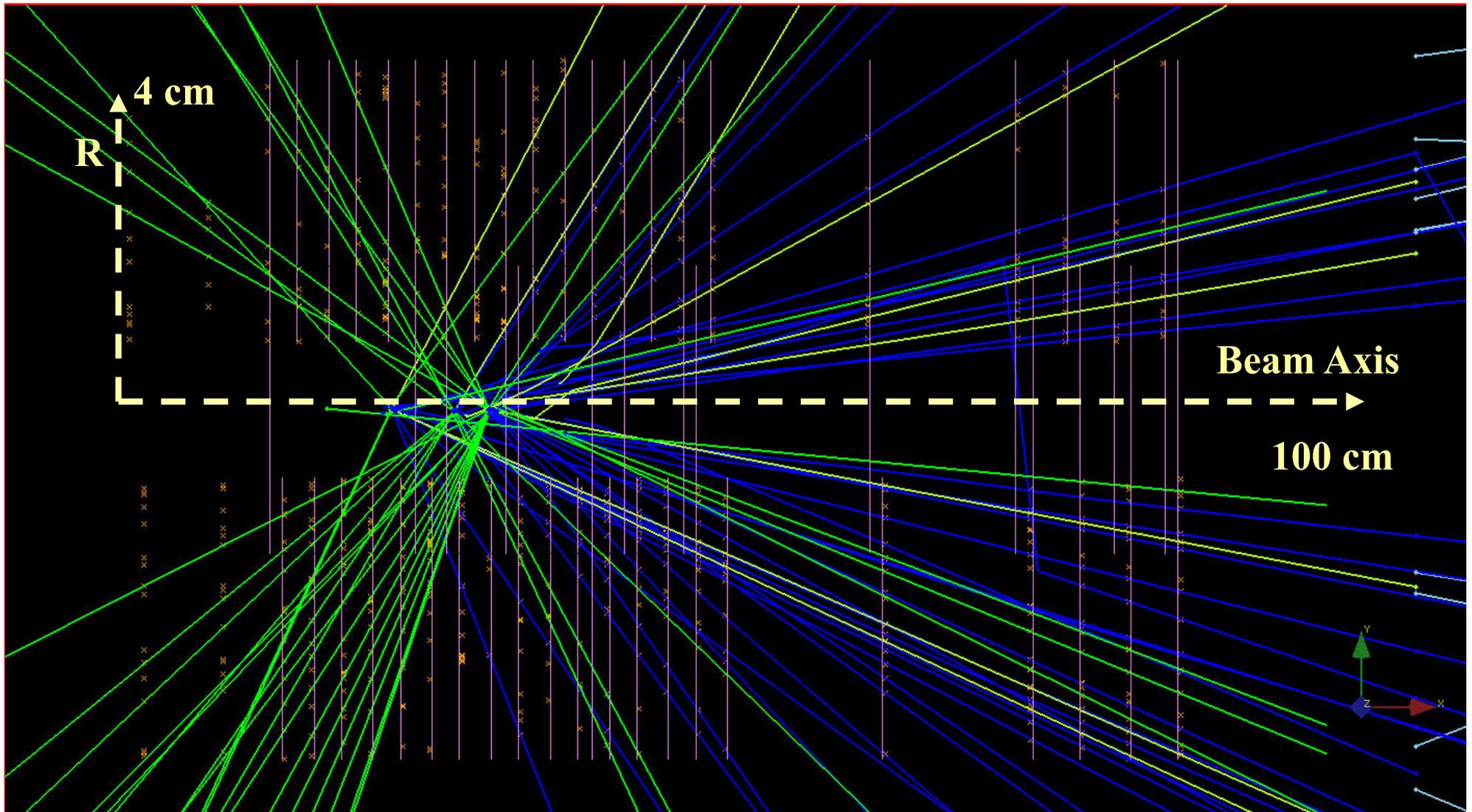




Fascio di protoni



VELO rz view



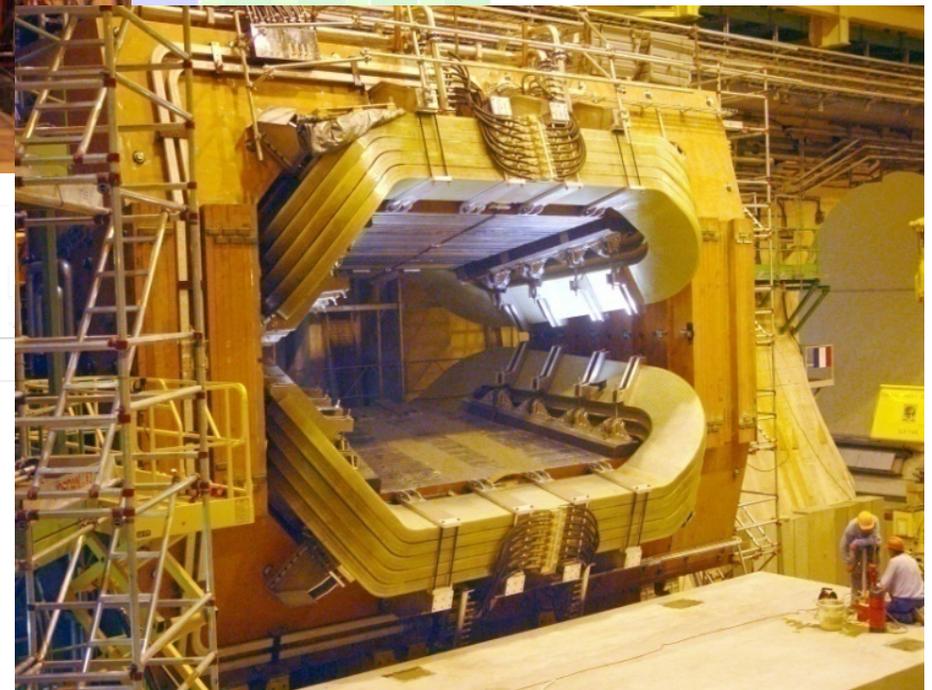
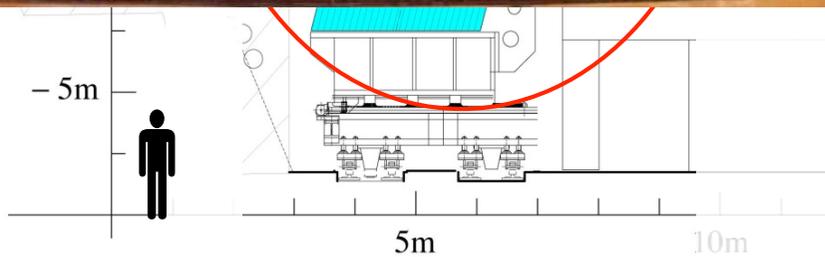
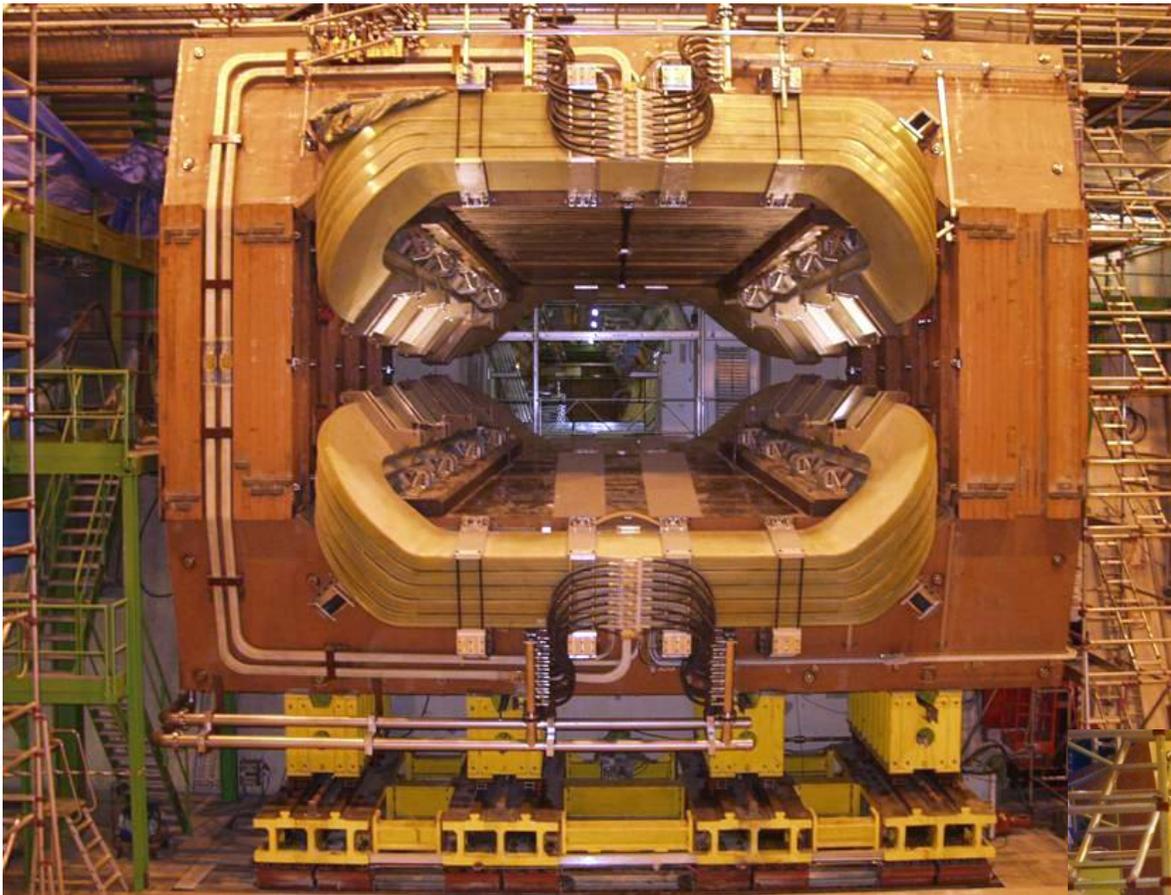
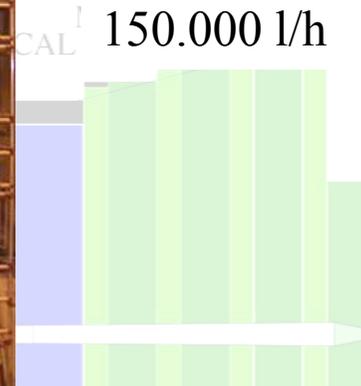
Magnete

Peso = 1600 t

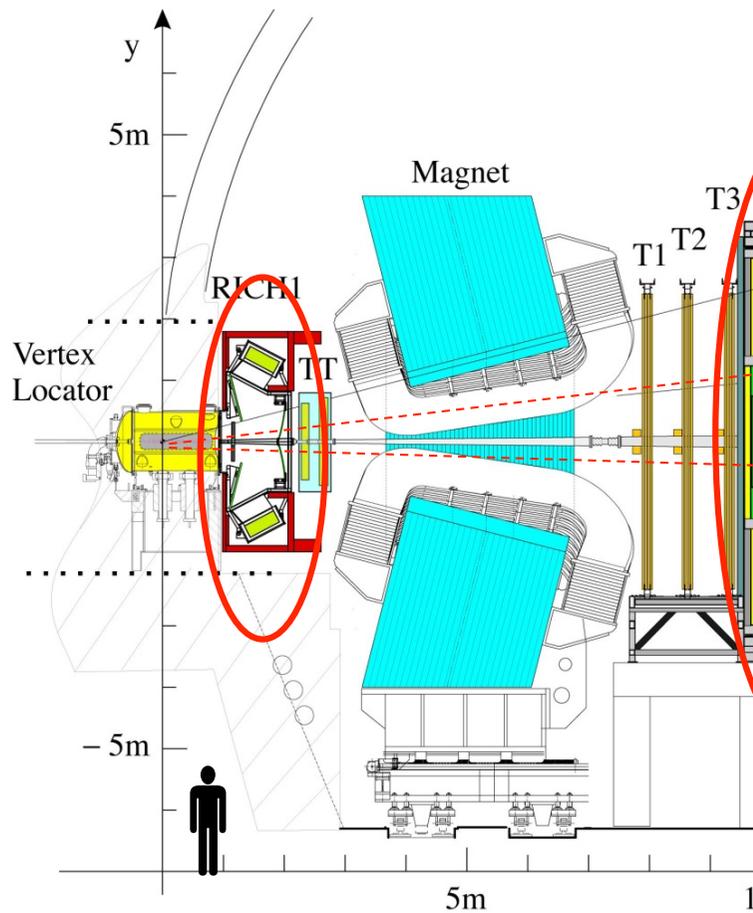
Potenza = 4200 kW

Acqua di raffreddamento =

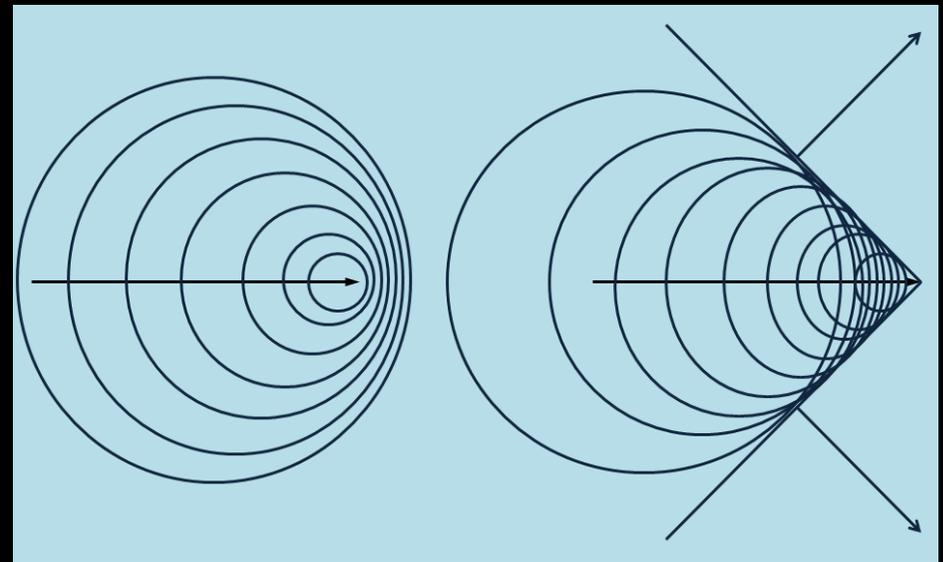
150.000 l/h



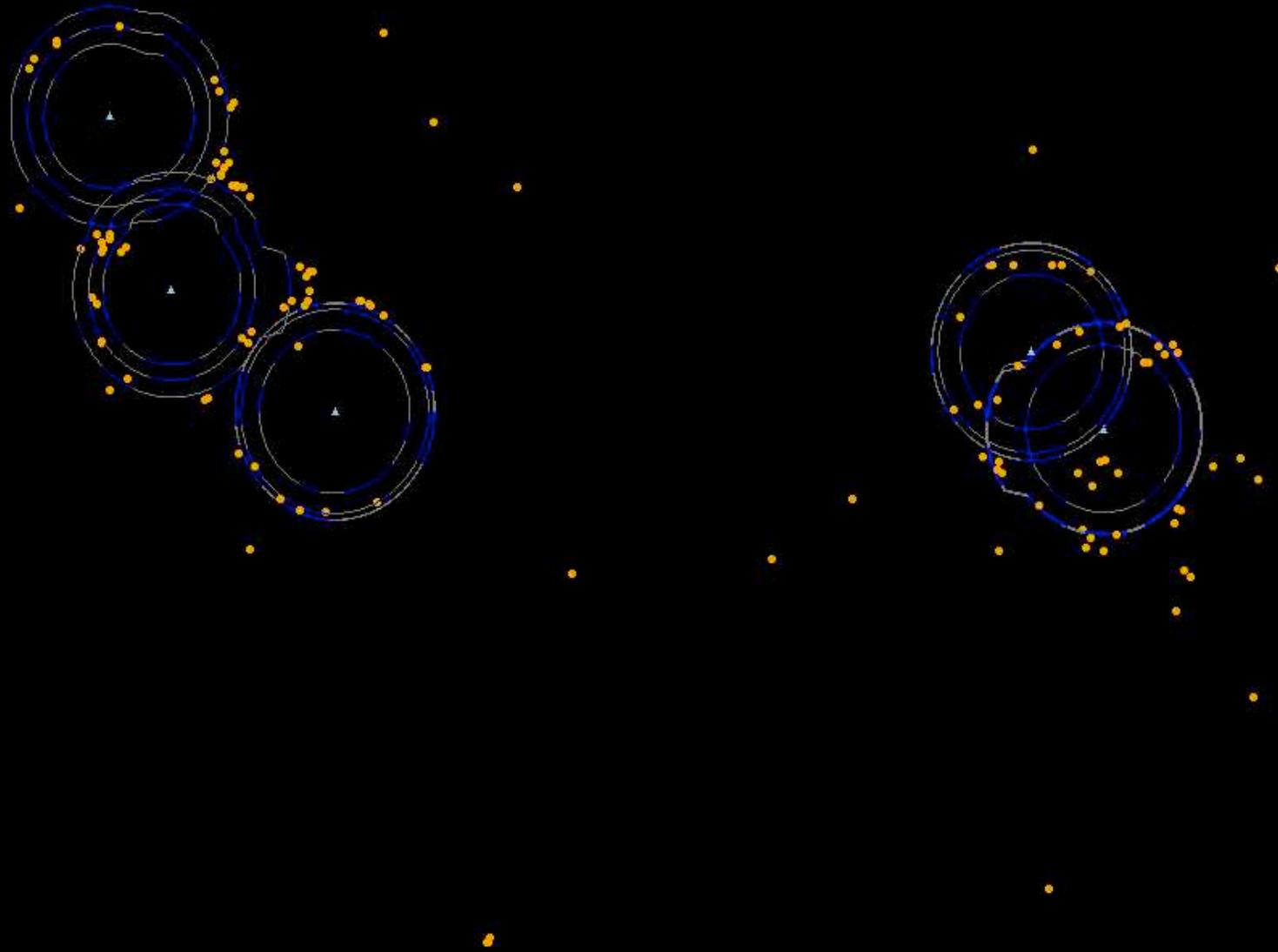
RICH: Ring Imaging CHerenkov



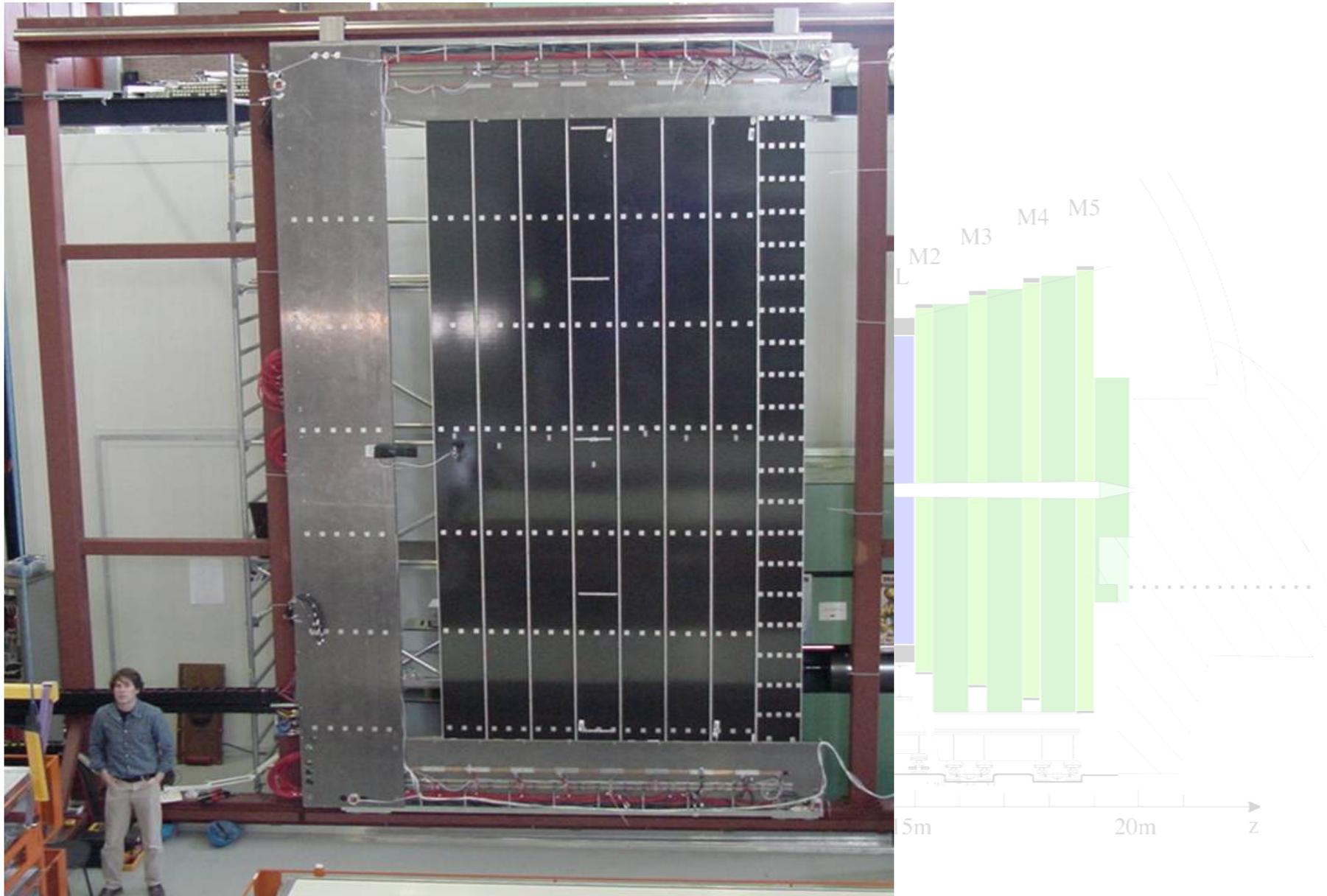
Effetto Cherenkov



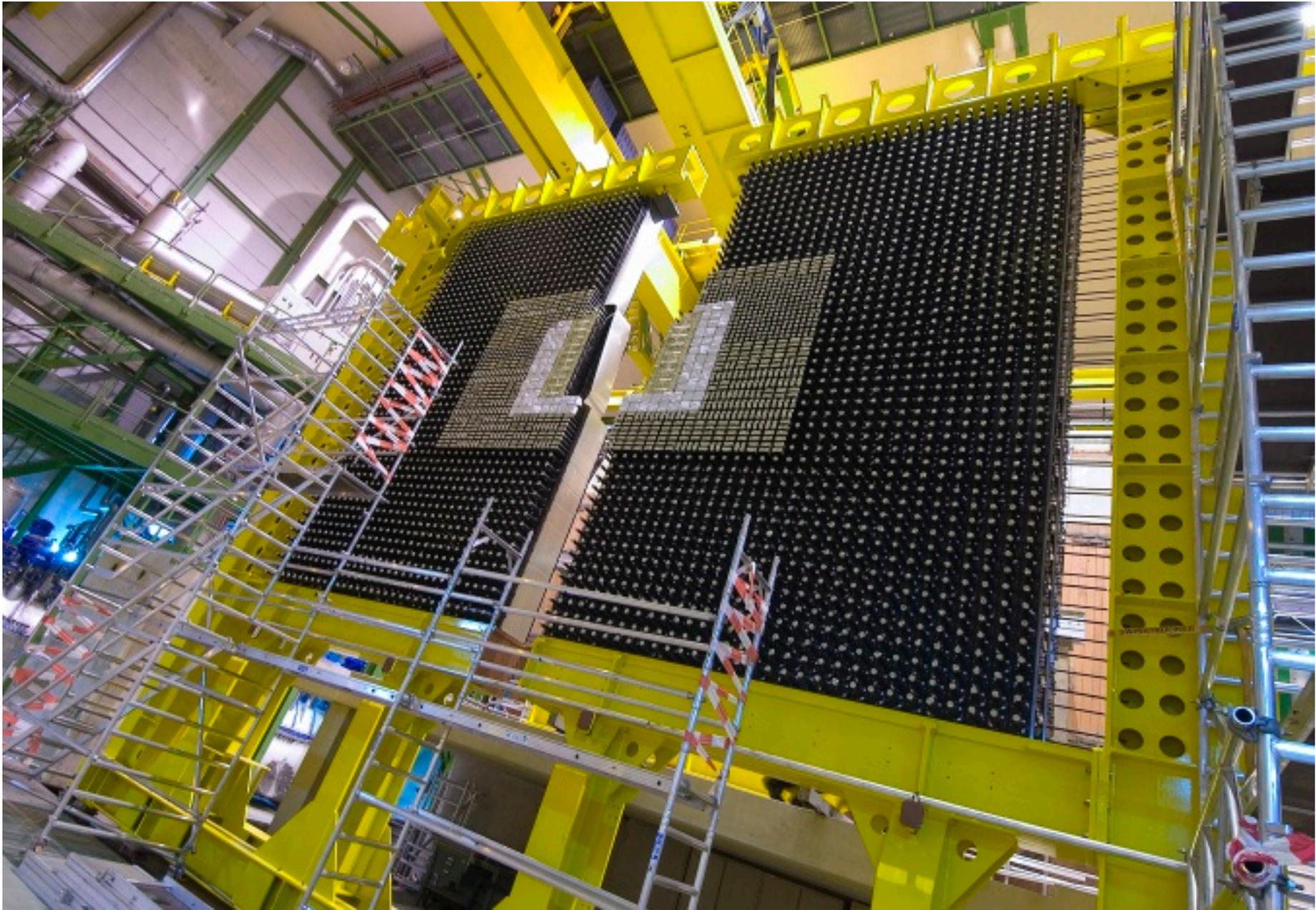
Effetto Cherenkov



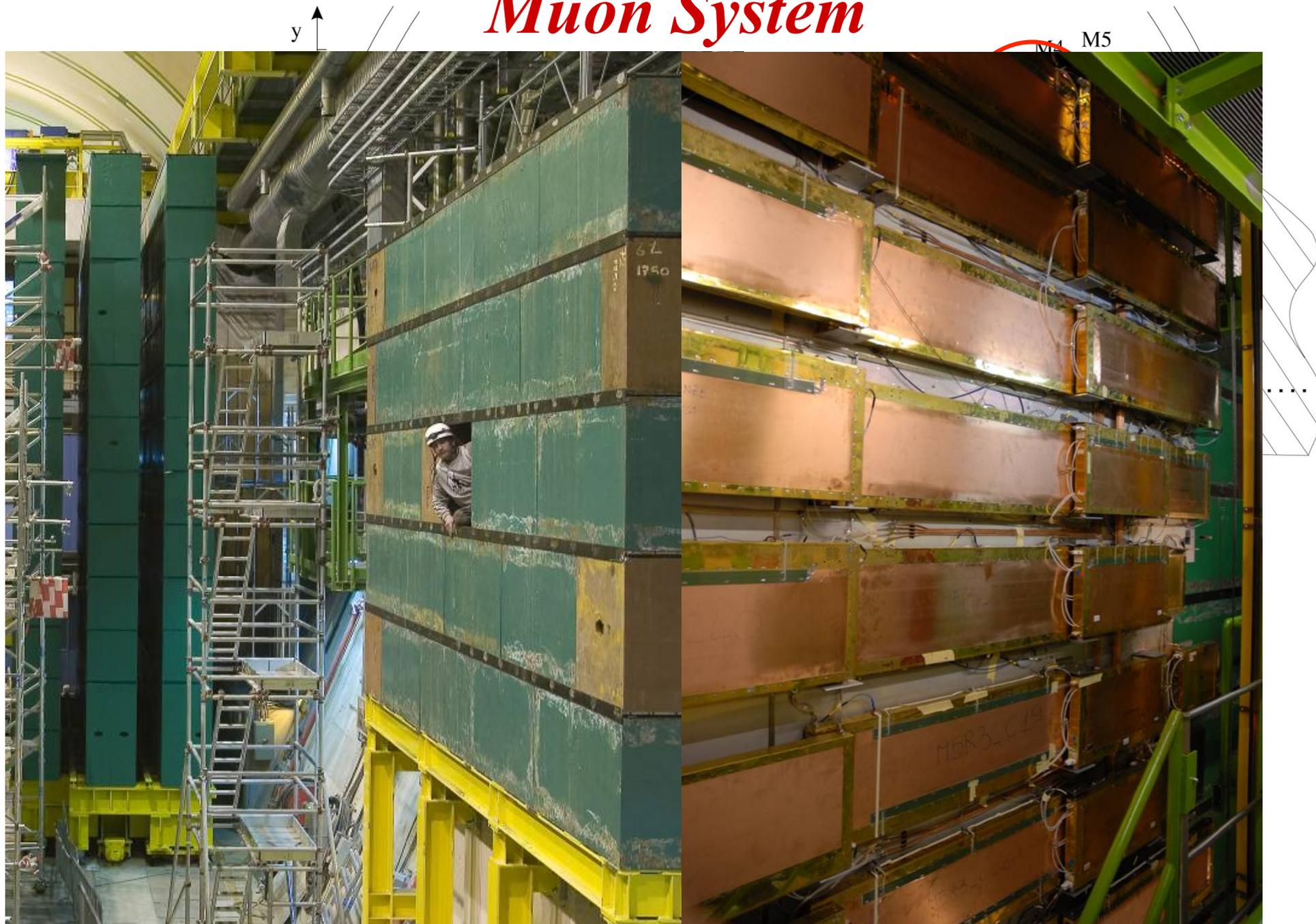
OT: Outer Tracker



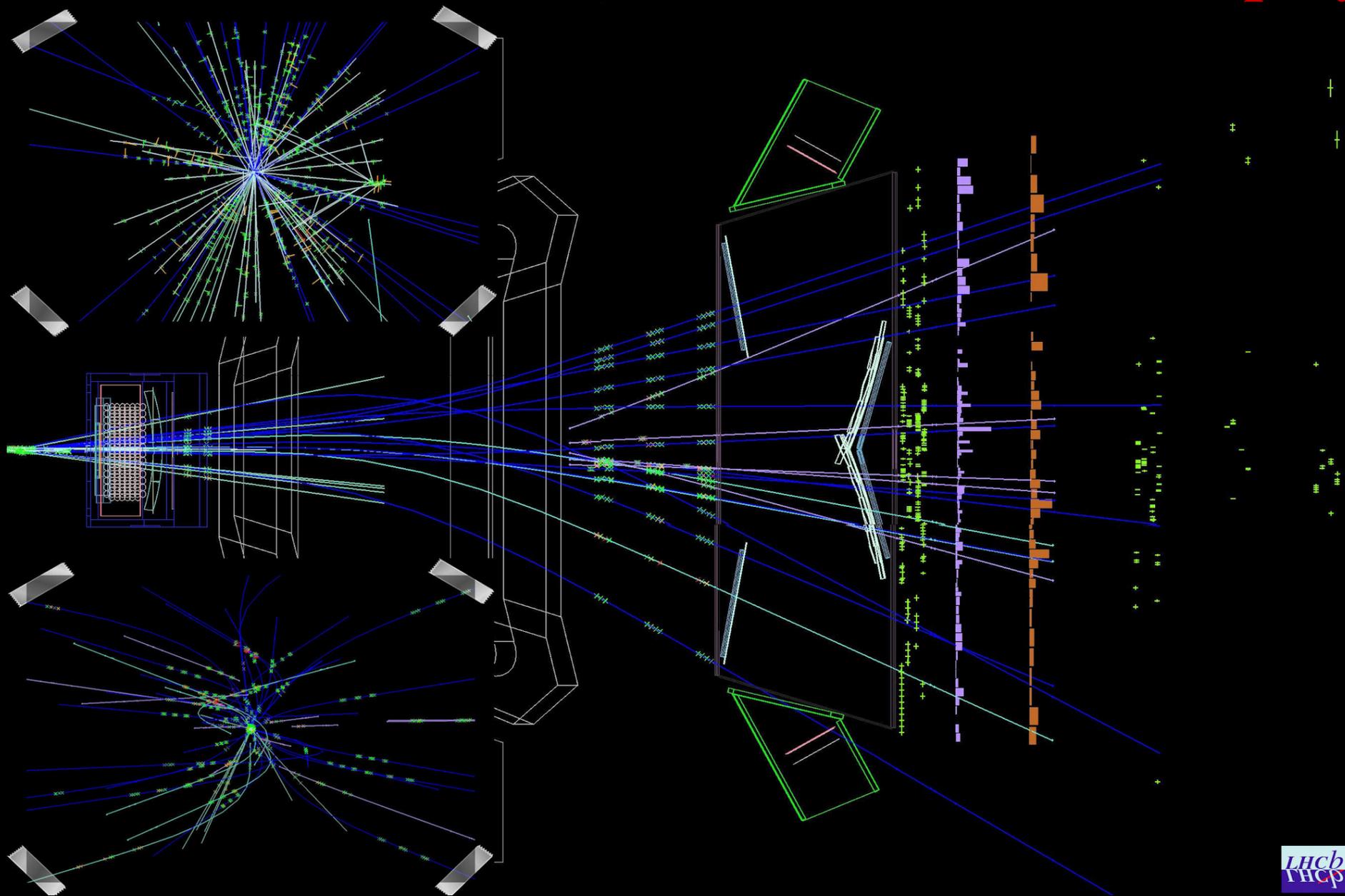
Calorimetro



Muon System

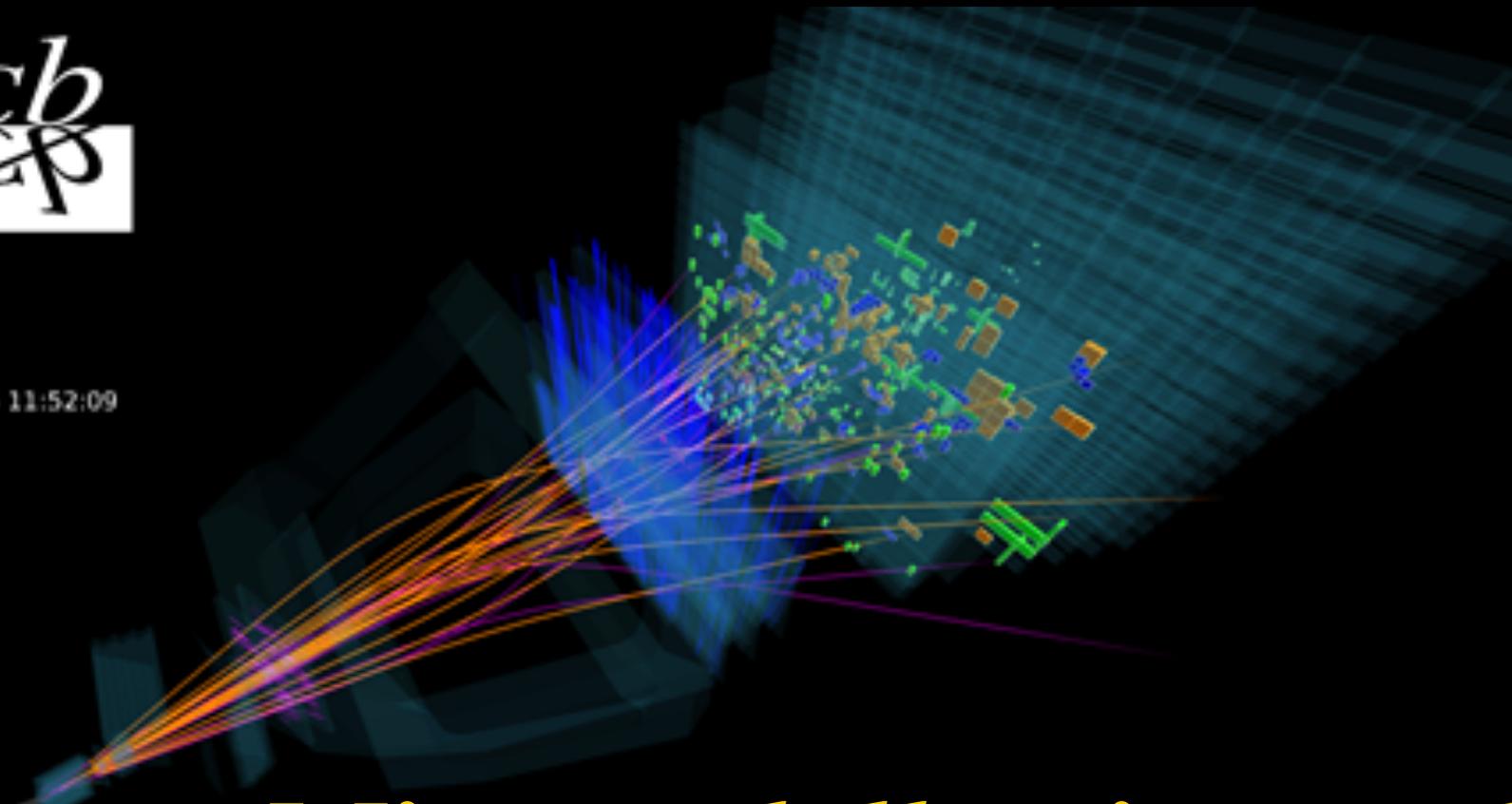


Event display





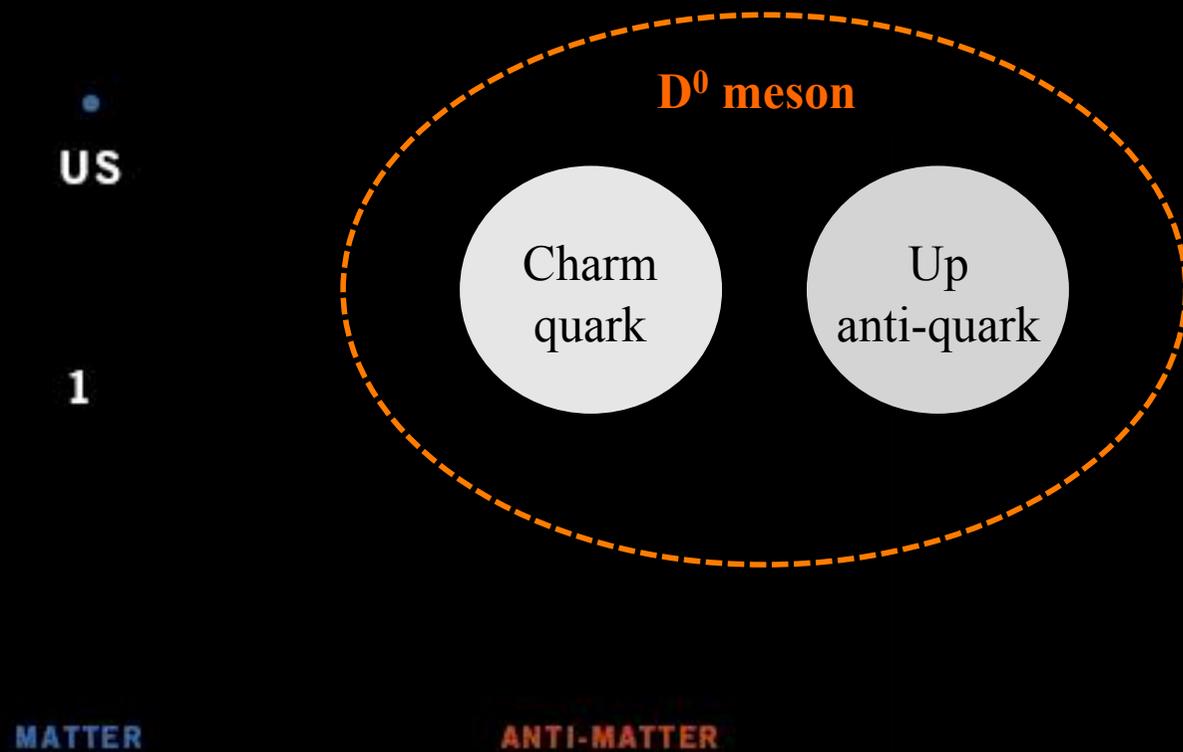
Event 41383468
Run 153460
Wed, 03 Jun 2015 11:52:09



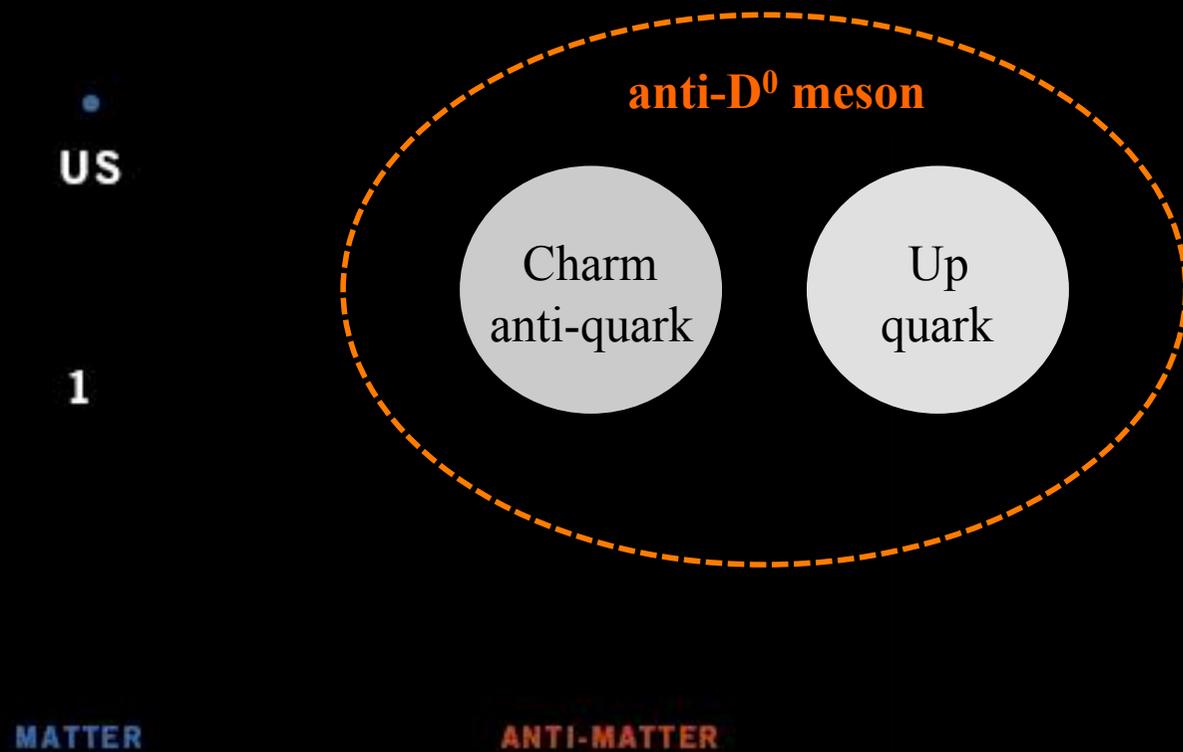
*Misura della vita media
del mesone D^0 a LHCb*

M. Rotondo, B. Sciascia, R. Vazquez Gomez (LNF-INFN)

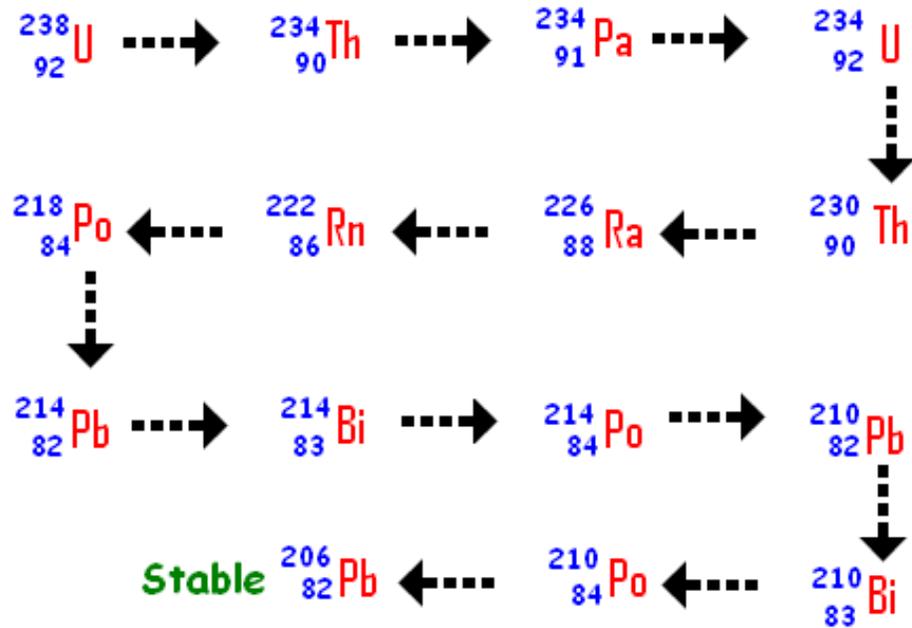
Materia e Antimateria

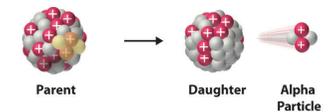
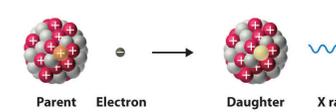
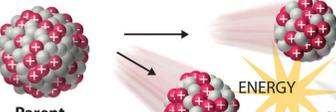


Materia e Antimateria

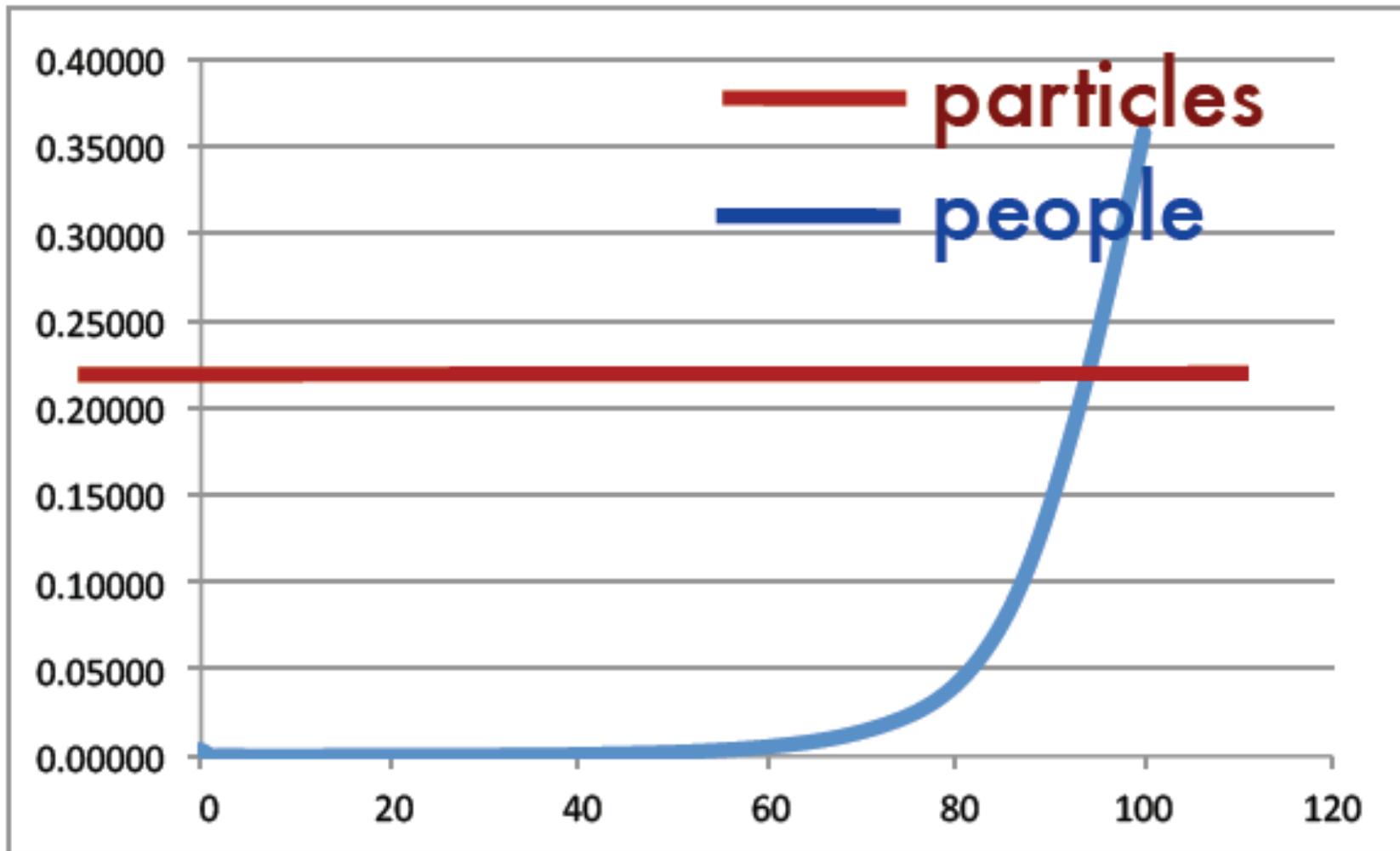


Decadimenti radioattivi



Decay Type	Radiation Emitted	Generic Equation	Model
Alpha decay	$^4_2\alpha$	$^A_ZX \rightarrow ^{A-4}_{Z-2}X' + ^4_2\alpha$	 <p>Parent → Daughter + Alpha Particle</p>
Beta decay	$^0_{-1}\beta$	$^A_ZX \rightarrow ^A_{Z+1}X' + ^0_{-1}\beta$	 <p>Parent → Daughter + Beta Particle</p>
Positron emission	$^0_{+1}\beta$	$^A_ZX \rightarrow ^A_{Z-1}X' + ^0_{+1}\beta$	 <p>Parent → Daughter + Positron</p>
Electron capture	X rays	$^A_ZX + ^0_{-1}e \rightarrow ^A_{Z-1}X' + \text{X ray}$	 <p>Parent + Electron → Daughter + X ray</p>
Gamma emission	$^0_0\gamma$	$^A_ZX^* \xrightarrow{\text{Relaxation}} ^A_ZX' + ^0_0\gamma$	 <p>Parent (excited nuclear state) → Daughter + Gamma ray</p>
Spontaneous fission	Neutrons	$^A_{Z+Y}X \rightarrow ^A_ZX' + ^B_YX' + C^1_0n$	 <p>Parent (unstable) → Daughters + Neutrons + ENERGY</p>

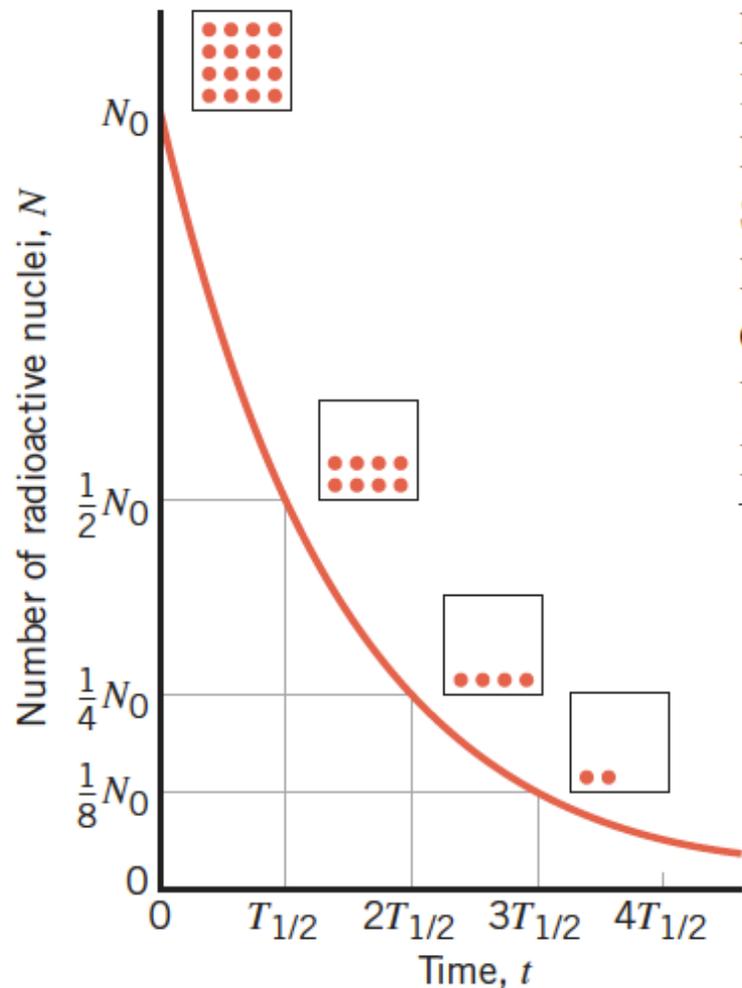
Probabilità di “decadimento”



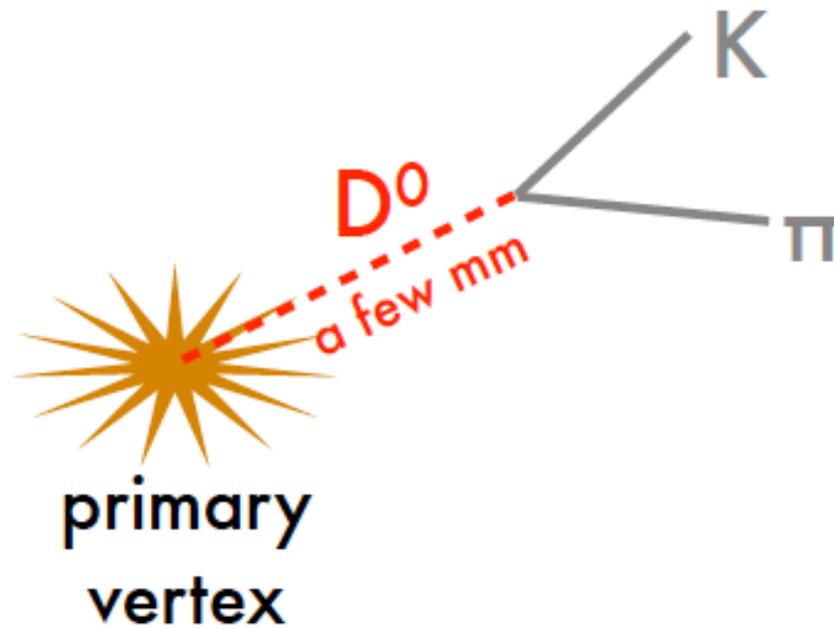
Tempi di dimezzamento e vita media

Table 31.2 Some Half-Lives for Radioactive Decay

Isotope	Isotope	Half-Life
Polonium	${}^{214}_{84}\text{Po}$	$1.64 \times 10^{-4} \text{ s}$
Krypton	${}^{89}_{36}\text{Kr}$	3.16 min
Radon	${}^{222}_{86}\text{Rn}$	3.83 d
Strontium	${}^{90}_{38}\text{Sr}$	29.1 yr
Radium	${}^{226}_{88}\text{Ra}$	$1.6 \times 10^3 \text{ yr}$
Carbon	${}^{14}_6\text{C}$	$5.73 \times 10^3 \text{ yr}$
Uranium	${}^{238}_{92}\text{U}$	$4.47 \times 10^9 \text{ yr}$
Indium	${}^{115}_{49}\text{In}$	$4.41 \times 10^{14} \text{ yr}$

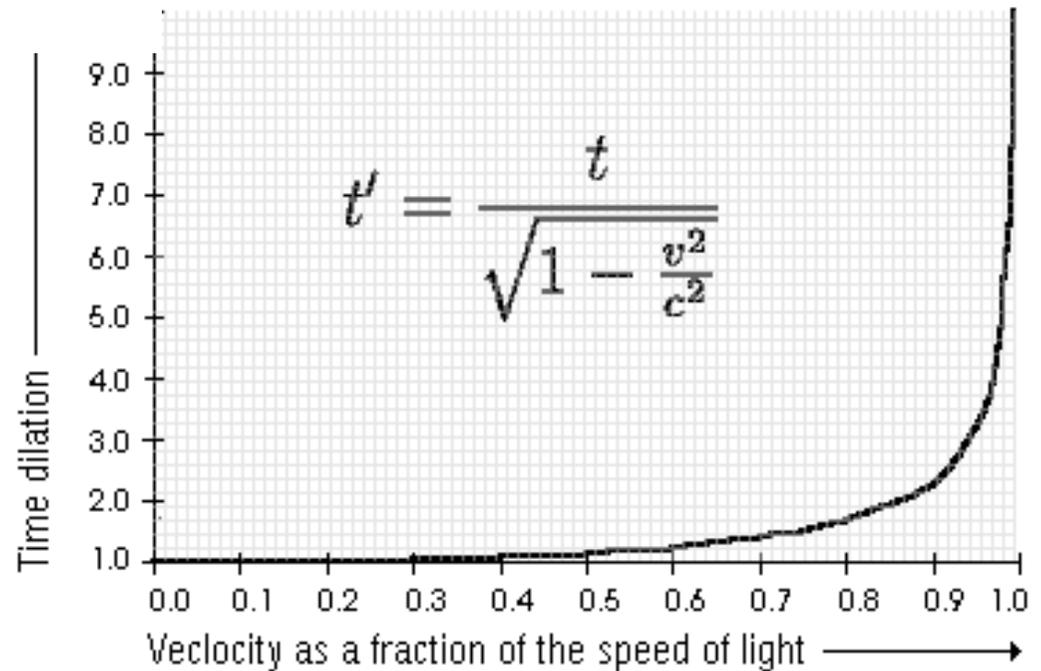


$$N = N_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} \quad \Rightarrow \quad \tau = \frac{T_{1/2}}{\ln 2} = \frac{T_{1/2}}{0.693}$$

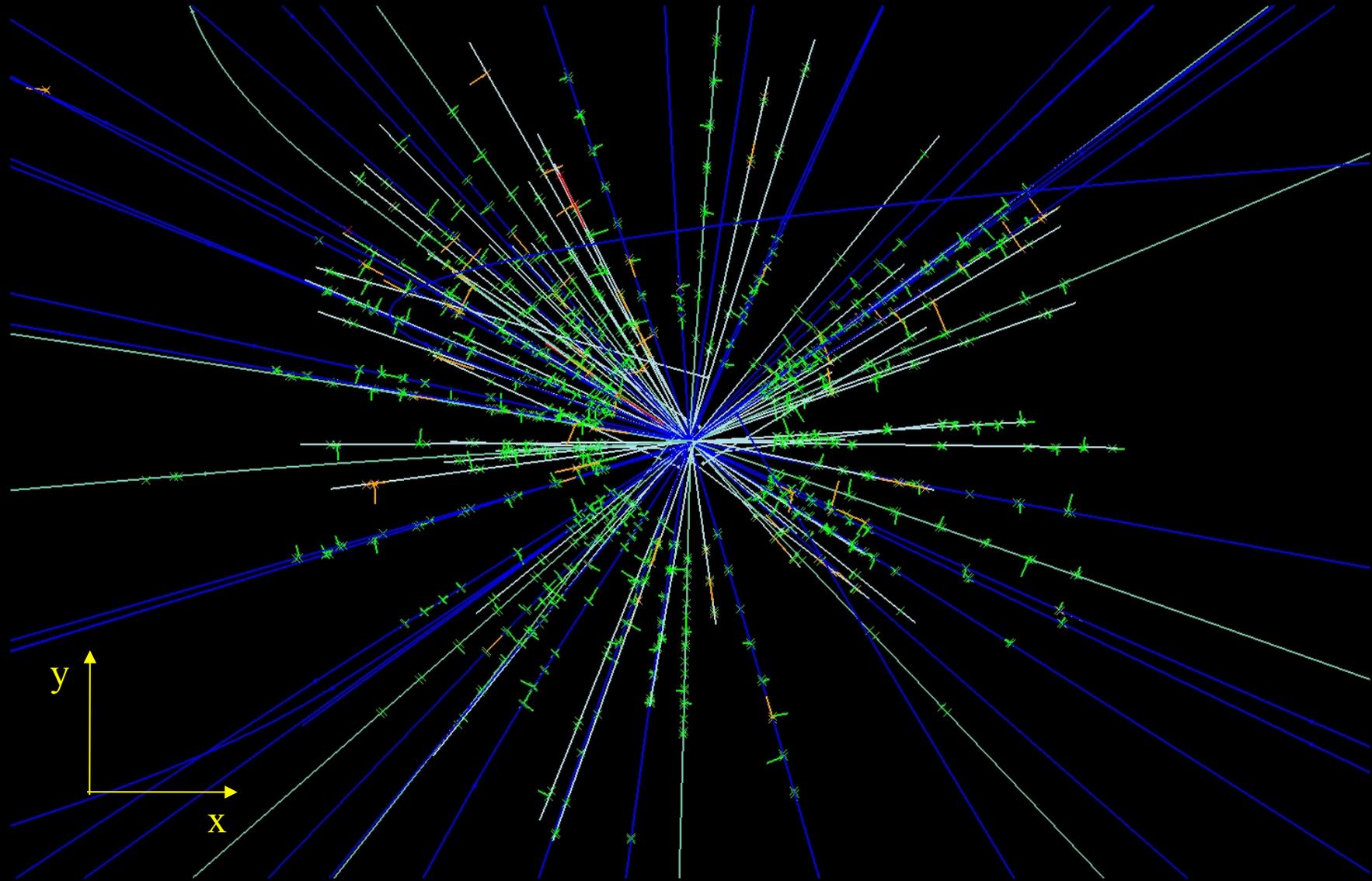


Vita media: $t \sim 0.4$ ps
Velocità: $v \sim c$ (0.9992)

Lunghezza:
classica: $v \times t \sim 0.12$ mm
relativistica: ~ 3 mm



Evento a LHCb



$$m_{D^0}^2 = m_K^2 + m_\pi^2 + 2\sqrt{m_K^2 + p_K^2} \sqrt{m_\pi^2 + p_\pi^2} - 2p_K p_\pi \cos \vartheta$$

D⁰

$$I(J^P) = \frac{1}{2}(0^-)$$

Mass $m = 1864.84 \pm 0.05$ MeV

$m_{D^\pm} - m_{D^0} = 4.77 \pm 0.08$ MeV

Mean life $\tau = (410.1 \pm 1.5) \times 10^{-15}$ s

$c\tau = 122.9$ μm

$|m_{D_1^0} - m_{D_2^0}| = (0.95^{+0.41}_{-0.44}) \times 10^{10} \hbar \text{ s}^{-1}$

$(\Gamma_{D_1^0} - \Gamma_{D_2^0})/\Gamma = 2y = (1.29^{+0.14}_{-0.18}) \times 10^{-2}$

$|q/p| = 0.92^{+0.12}_{-0.09}$

$A_\Gamma = (-0.125 \pm 0.526) \times 10^{-3}$

$K^+ \pi^-$ relative strong phase: $\cos \delta = 0.97 \pm 0.11$

$K^- \pi^+ \pi^0$ coherence factor $R = -0.82 \pm 0.07$

D⁰ DECAY MODES	Fraction (Γ_i/Γ)	Scale factor/ Confidence level (MeV/c)	p
Topological modes			
0-prongs	[aaa] (15 \pm 6) %		—
2-prongs	(70 \pm 6) %		—
4-prongs	[bbb] (14.5 \pm 0.5) %		—
6-prongs	[ccc] (6.4 \pm 1.3) $\times 10^{-4}$		—

<http://pdg.lbl.gov>

Misura dell'impulso

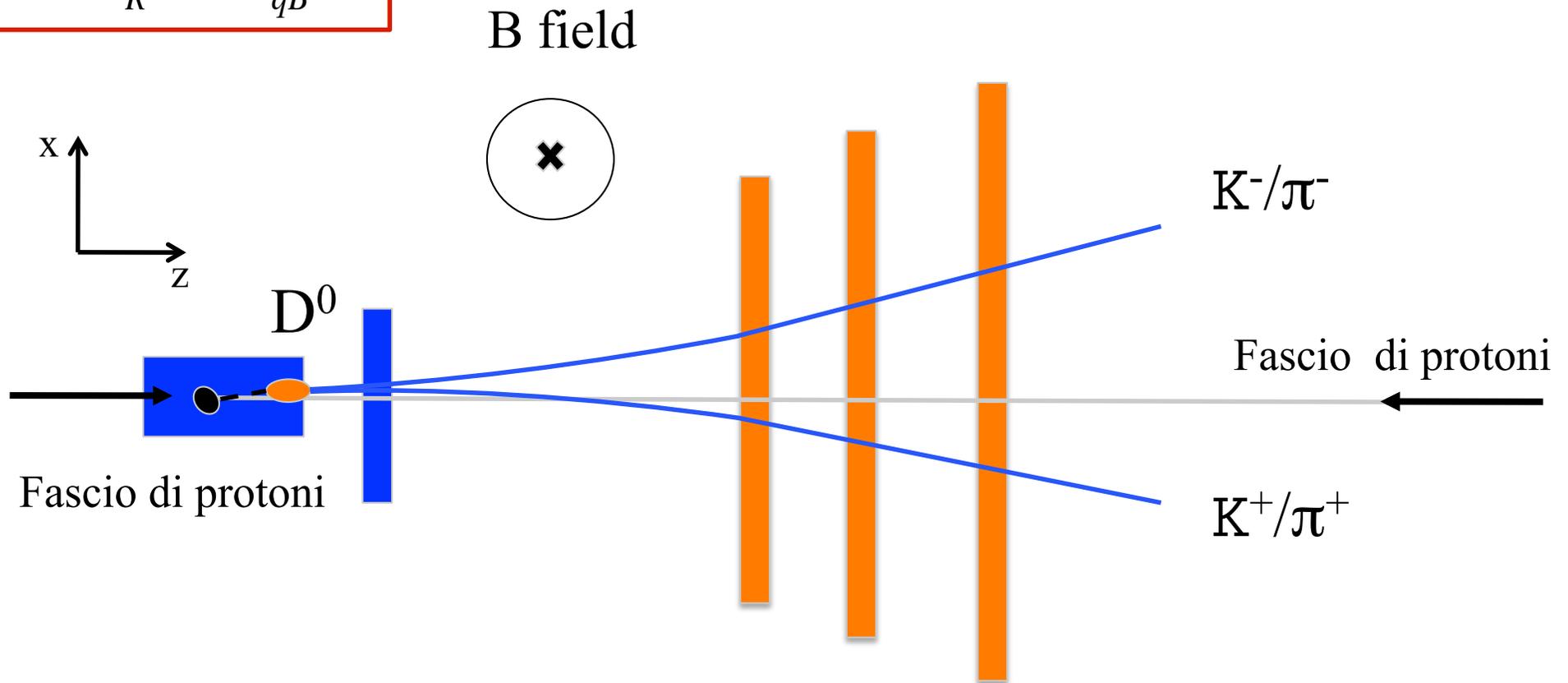
$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$$

[se v e B perpendicolari]

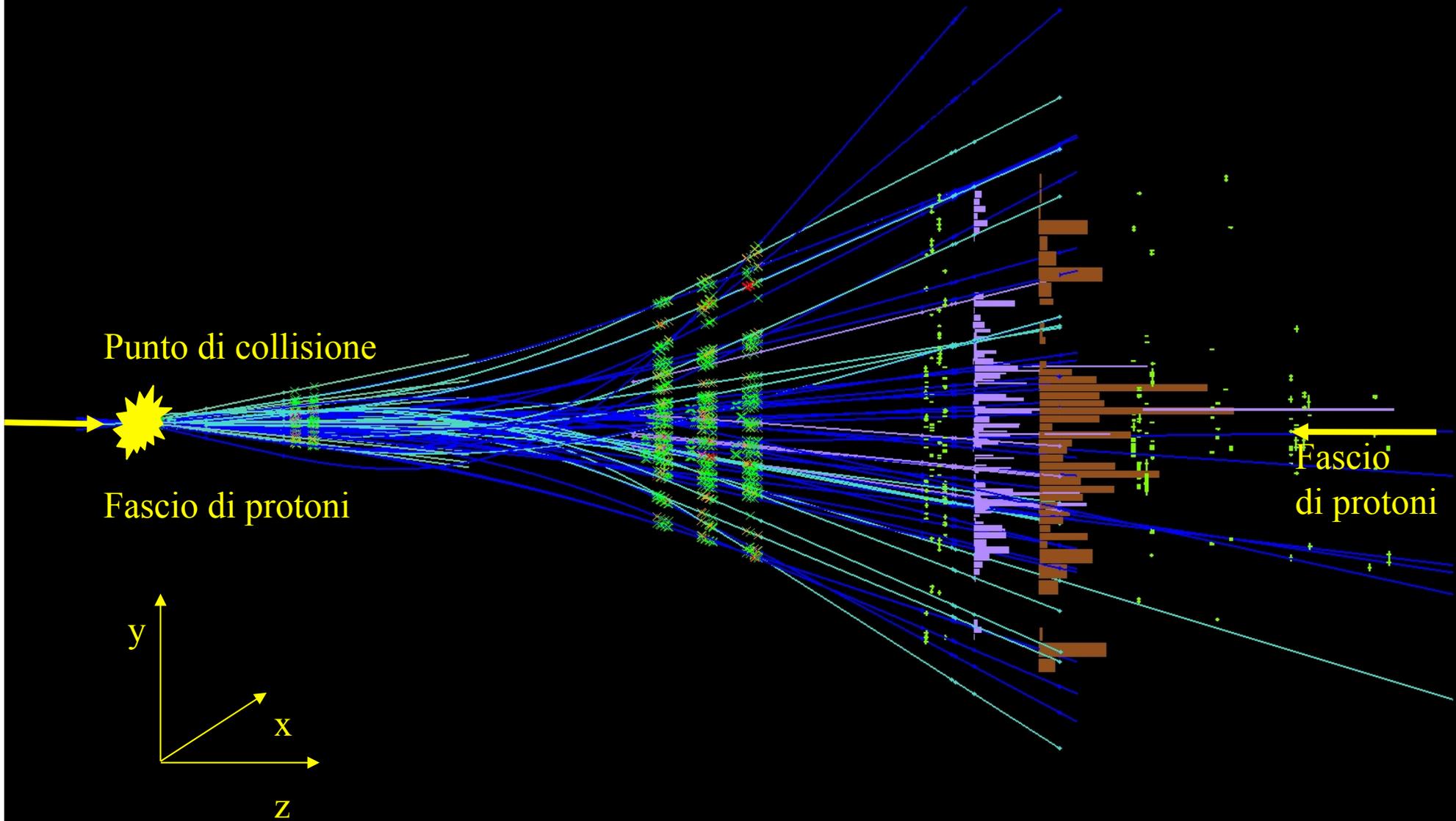
$$F = qvB$$

$$F = ma \Rightarrow a = \frac{v^2}{R}$$

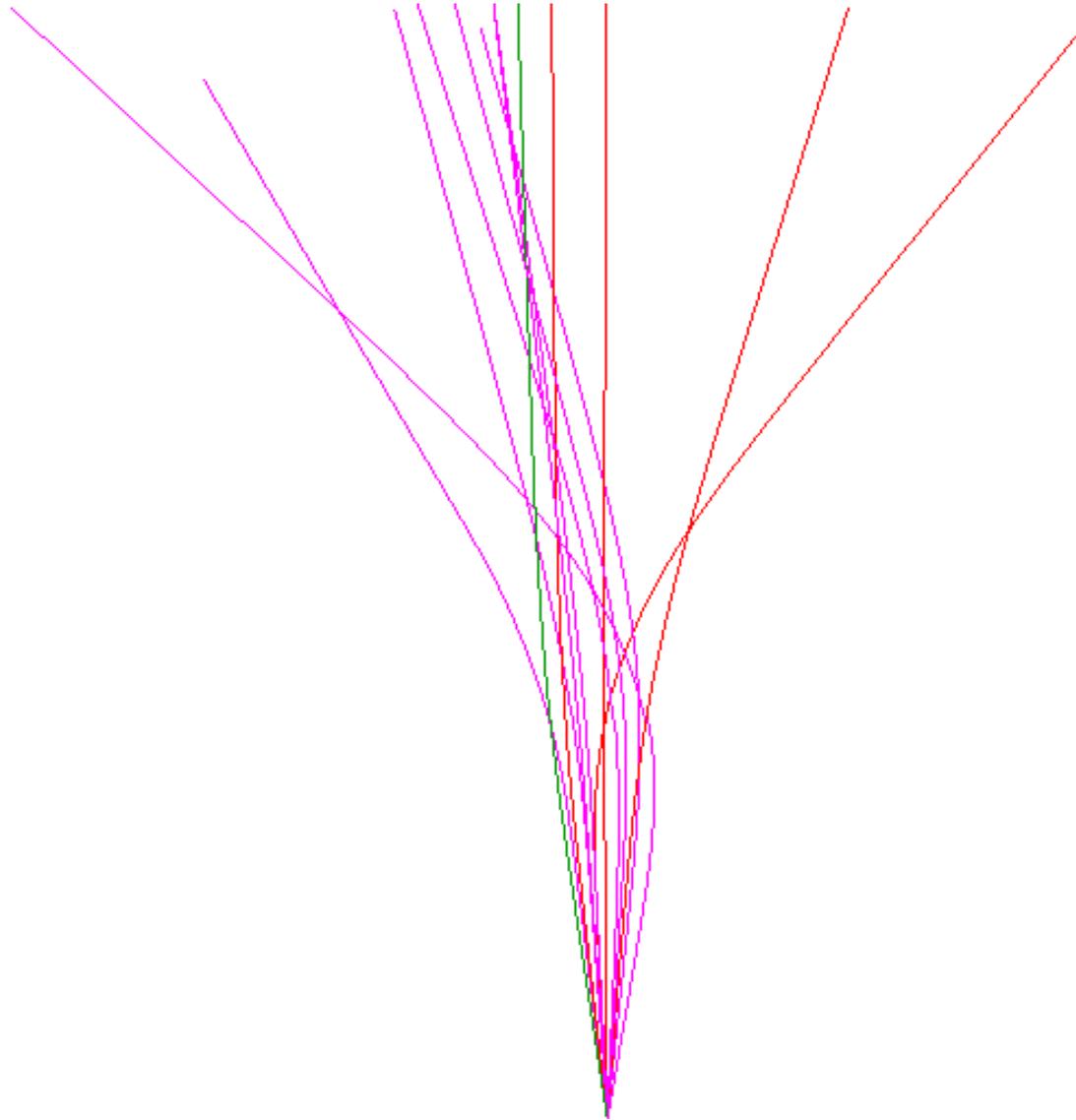
$$qvB = m \frac{v^2}{R} \Rightarrow R = \frac{p}{qB}$$



Evento a LHCb

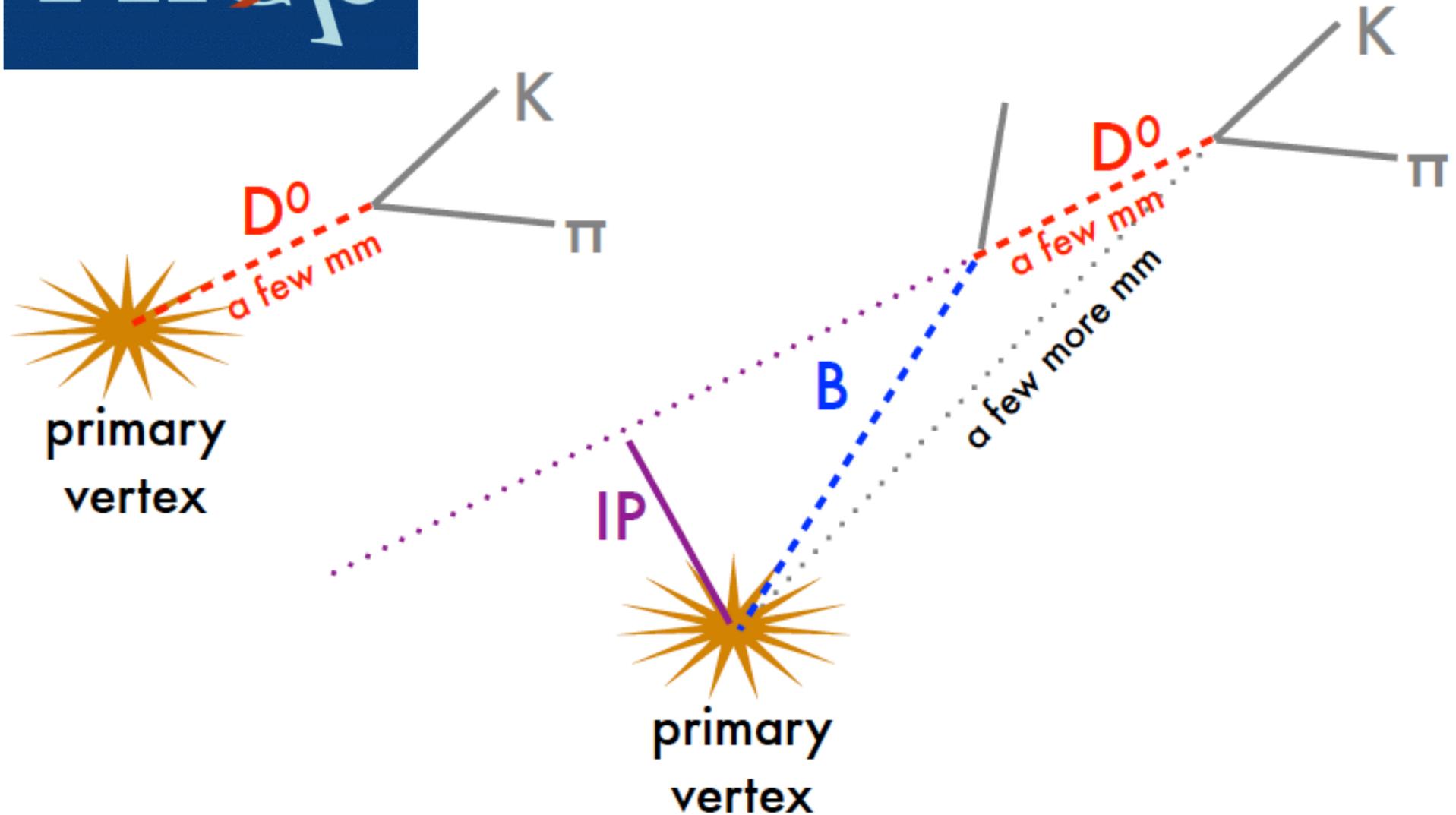


Identificazione delle particelle



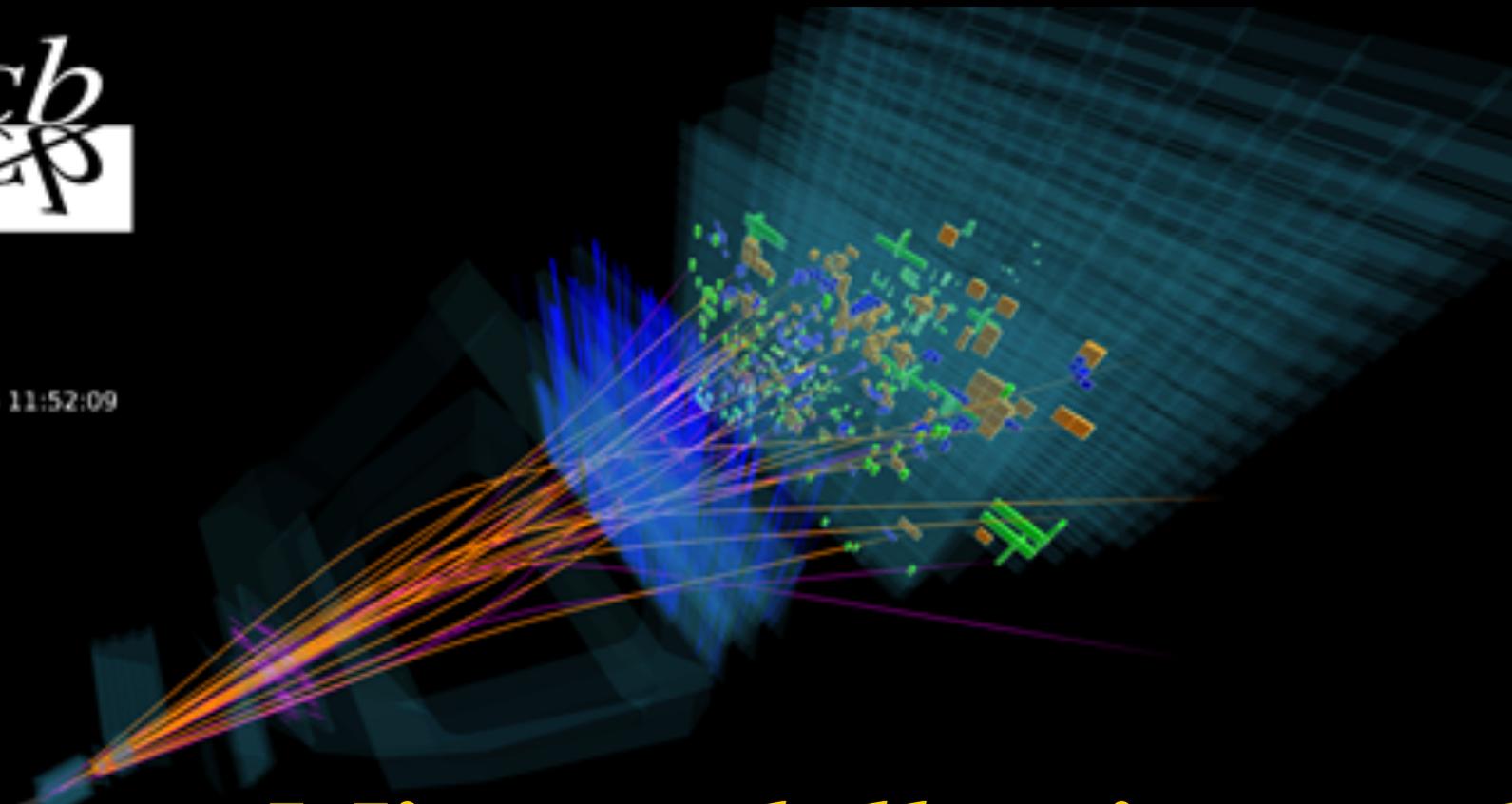


Charm and Beauty





Event 41383468
Run 153460
Wed, 03 Jun 2015 11:52:09



*Misura della vita media
del mesone D^0 a LHCb*

M. Rotondo, B. Sciascia, R. Vazquez Gomez (LNF-INFN)

L'ESERCIZIO DI OGGI

Obiettivi dell'esercizio

I obiettivo: riempire un istogramma con eventi di massa del D^0 , selezionando un K e un π per ogni evento

I OBIETTIVO

- ✓ Il programma visualizza le tracce ricostruite dopo una interazione protone-protone in LHCb
- ✓ Dovete trovare tra tutte le tracce di un evento
 - ✓ una coppia K^- e un π^+ (o un $K^+\pi^-$)
 - ✓ la cui misura degli impulsi quando opportunamente combinata ha un valore di massa prossimo a quello della massa del D^0
 - ✓ Il punto in cui le tracce K^- e un π^+ si intersecano (vertice di decadimento) sia distaccato dal vertice primario (quella da cui vengono la maggior parte delle tracce)

I OBIETTIVO

Quando abbiamo riconosciuto molti eventi, li salviamo e facciamo un istogramma della massa, cosa otteniamo?

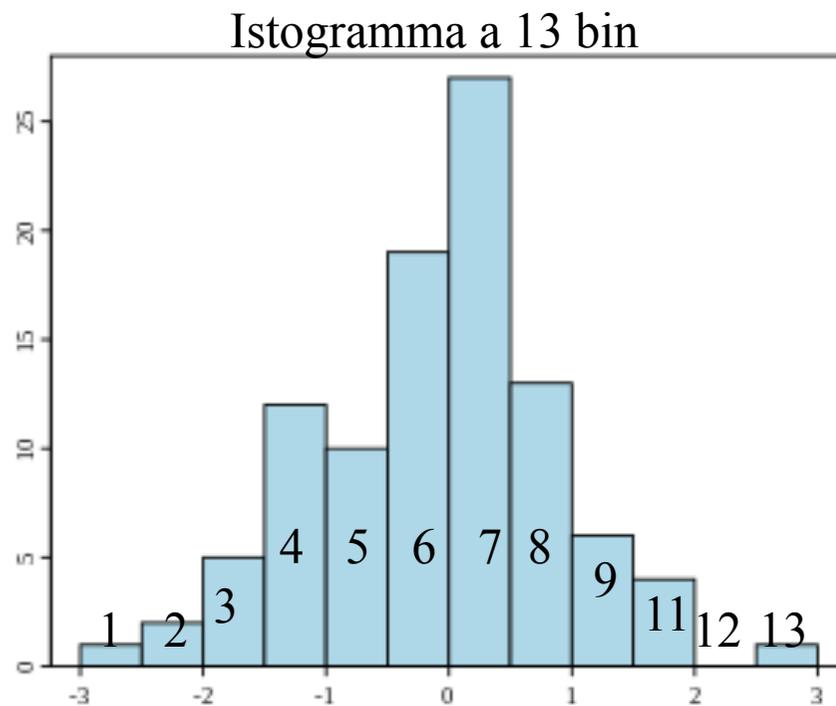
(che cosa è un istogramma?)

Se facciamo n misure di una stessa grandezza, possiamo classificarla in “bin”.

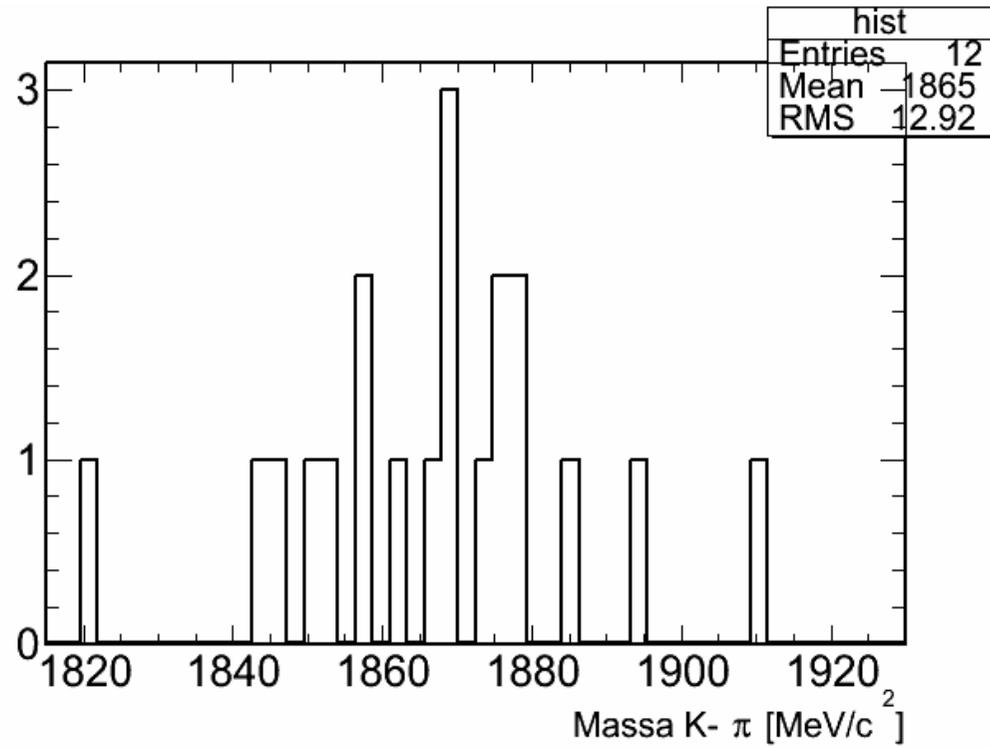
Un bin è un rettangolo del grafico

Se misuro $x = -0.2$ aumento di una unità il bin “6” all’interno dell’intervallo di

L'altezza di un rettangolo 6
rappresenta il numero di volte
che la mia misura è all'interno
della larghezza della base del
bin 6



I OBIETTIVO



Obiettivi dell'esercizio

I obiettivo: riempire un istogramma con eventi di massa del D^0 , selezionando un K e un π per ogni evento

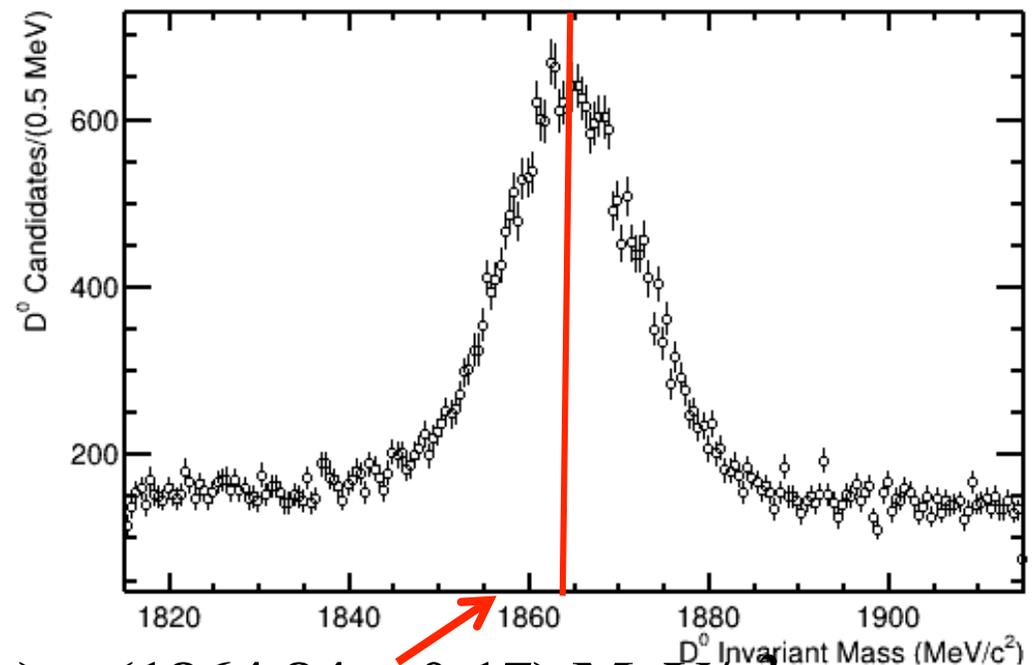
II obiettivo: misurare il valore della massa del D^0

II OBIETTIVO

Gli eventi da voi raccolti sono troppo pochi per fare una misura precisa. Il programma vi fornisce un istogramma con più eventi

Ogni misura ha sempre un errore

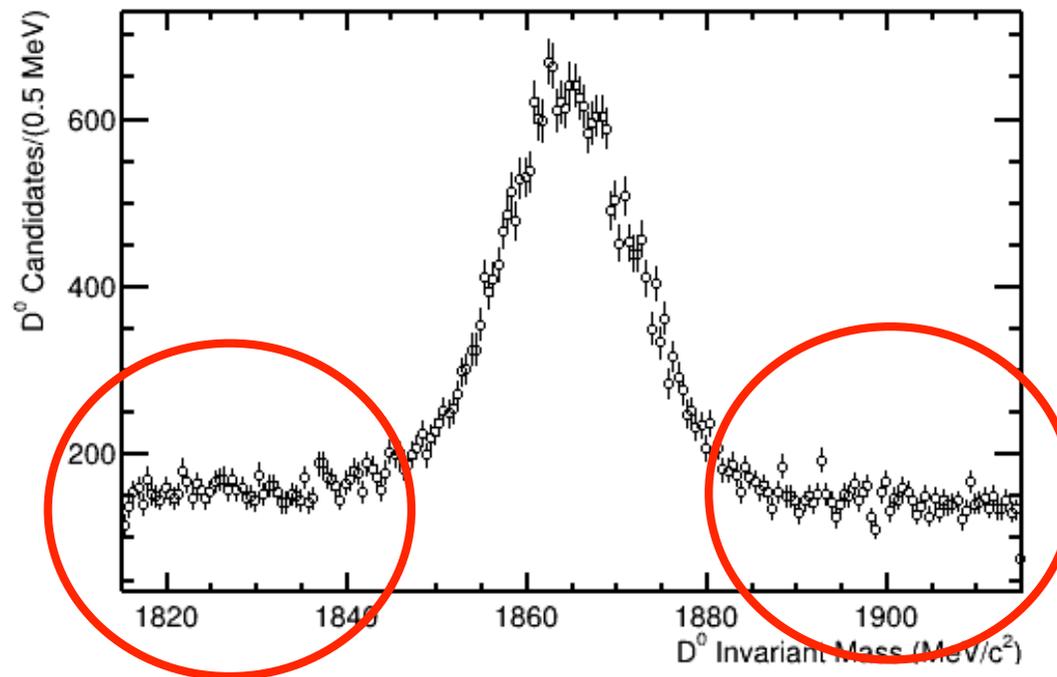
Per diminuire l'errore bisogna aumentare il numero di misure



$$m(D_0) = (1864.84 \pm 0.17) \text{ MeV}/c^2$$

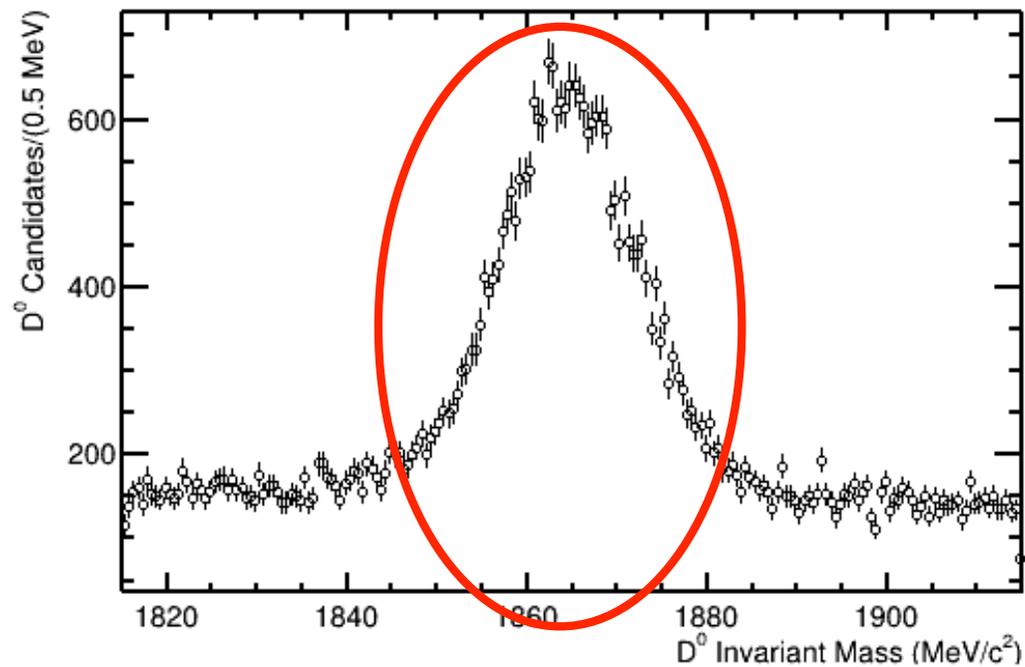
L'esercizio

La distribuzione mostra due andamenti
FONDO



Come si rivela un D^0 ?

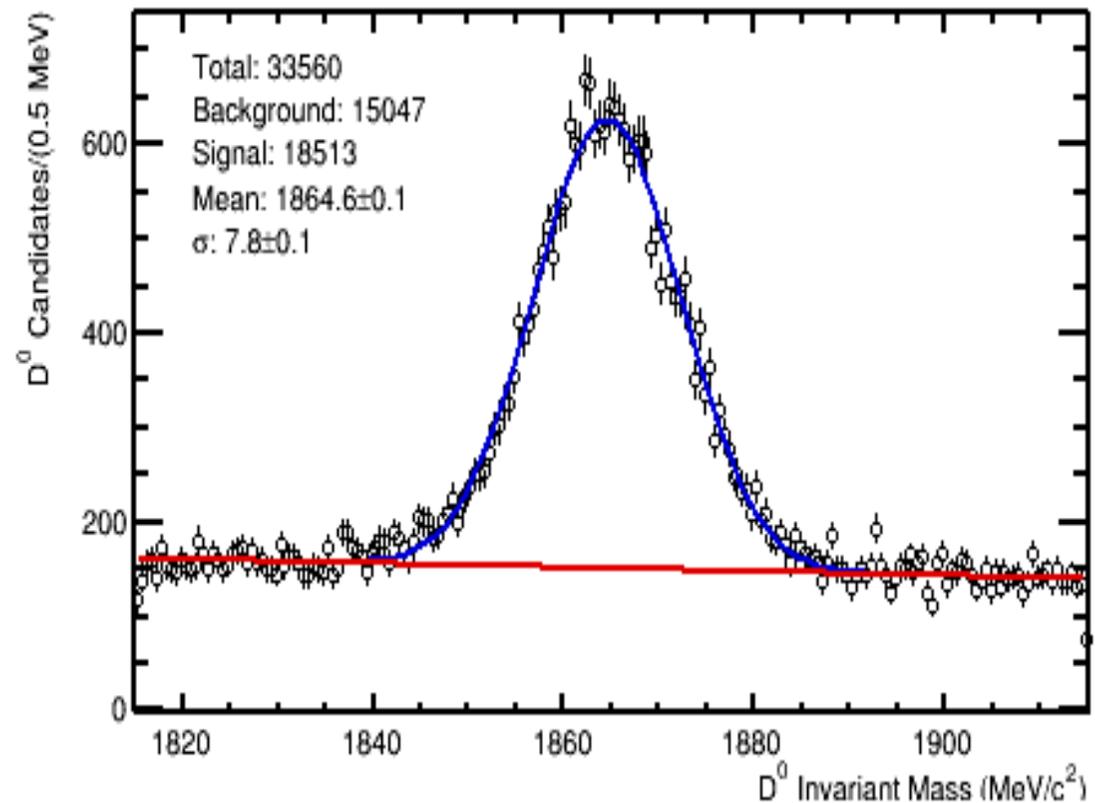
La distribuzione mostra due andamenti
SEGNALE



II OBIETTIVO

Adattare (fare un fit) un modello parametrico per il
SEGNALE → Gaussiana
FONDO → Retta

$$\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

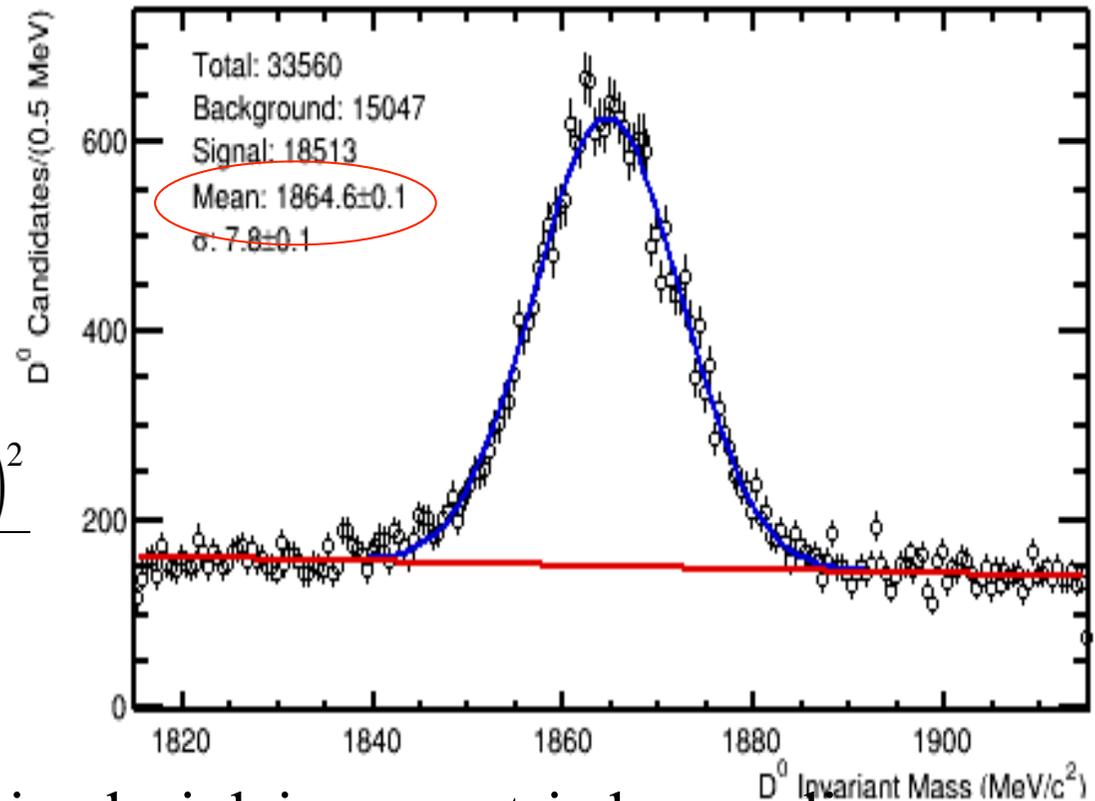


La procedura di “fit” cerca i valori dei parametri che meglio si adattano ai dati
Il valore del parametro μ è la misura di massa del D^0

II OBIETTIVO

Adattare (fare un fit) un
modello parametrico per il
SEGNALE → Gaussiana
FONDO → Retta

$$\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(D^0 \text{ invariant mass} - \text{mean})^2}{2\sigma^2}}$$



La procedura di “fit” cerca i valori dei parametri che meglio
si adattano ai dati

Il valore del parametro μ è la misura di massa del D^0
Confrontiamo il valore con quello del PDG

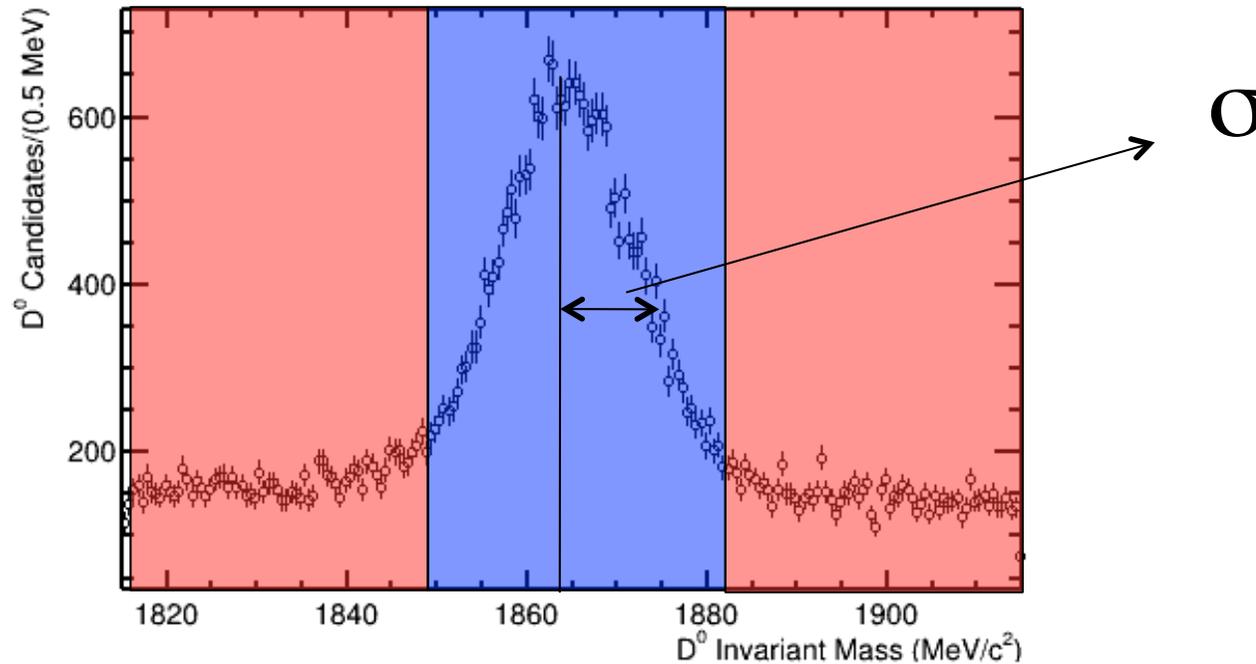
Obiettivi dell'esercizio

I obiettivo: riempire un istogramma con eventi di massa del D^0 , selezionando un K e un π per ogni evento

II obiettivo: misurare il valore della massa del D^0

III obiettivo: fare l'istogramma della tempo di decadimento, dell'impulso trasverso e del parametro d'impatto per il SEGNALE e per il FONDO

III OBIETTIVO



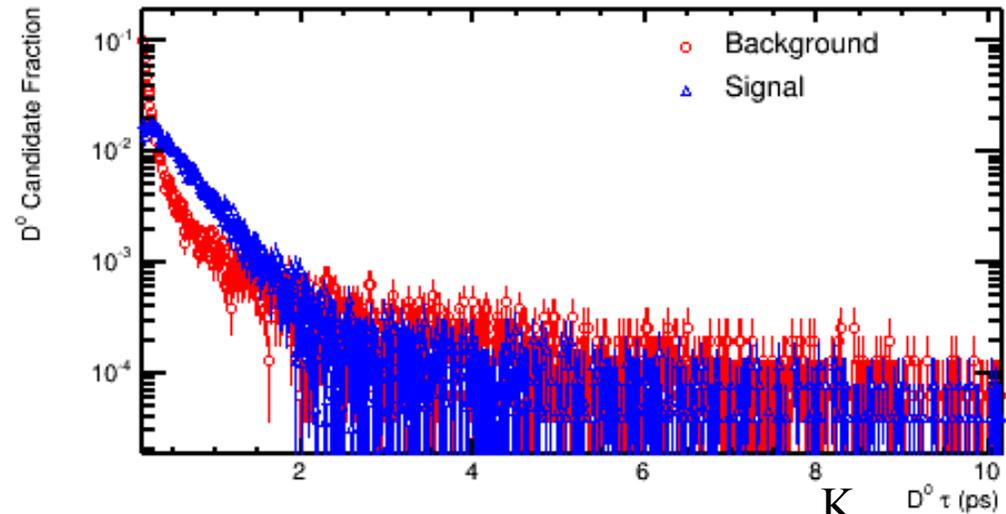
Selezioniamo la regione di FONDO e di SEGNALE

La regione di SEGNALE può essere definita come 3 volte la larghezza della Gaussiana (σ) che abbiamo ottenuto dal fit di prima

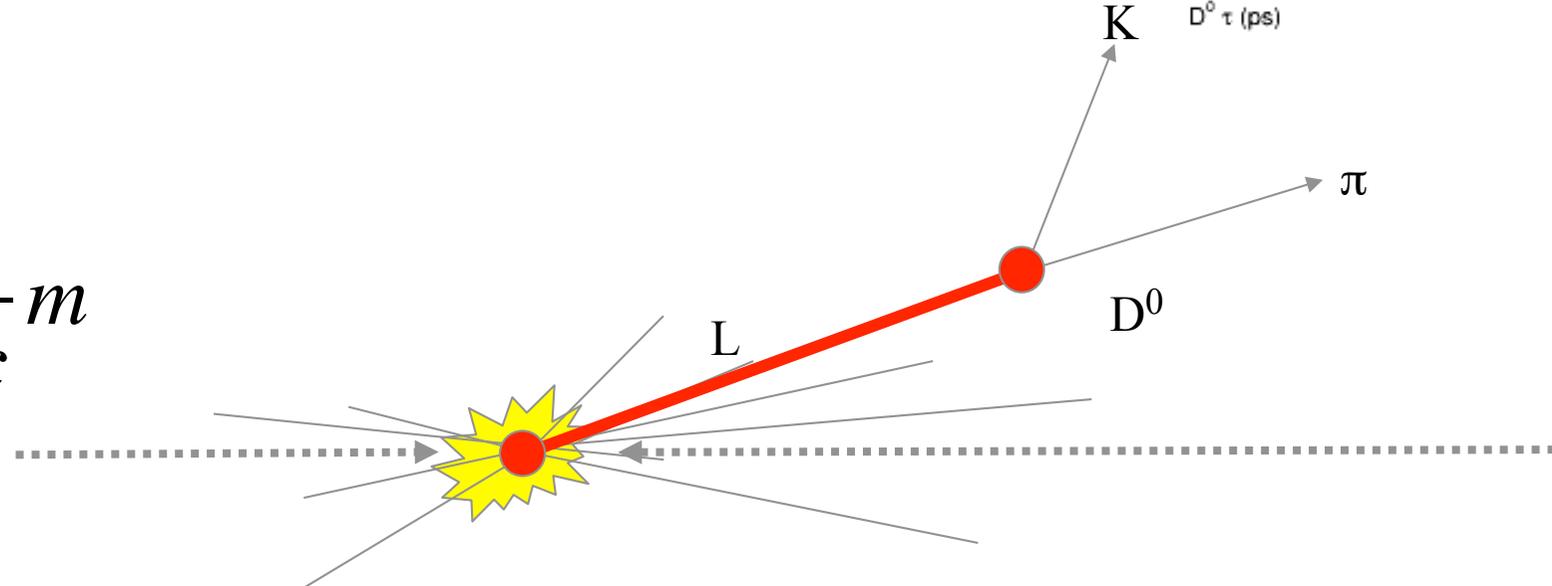
In 3σ è contenuto il 99.% del SEGNALE

III OBIETTIVO

Misurando la distanza di volo del D^0 , possiamo fare l'istogramma del tempo di decadimento come suggerito da Albert!

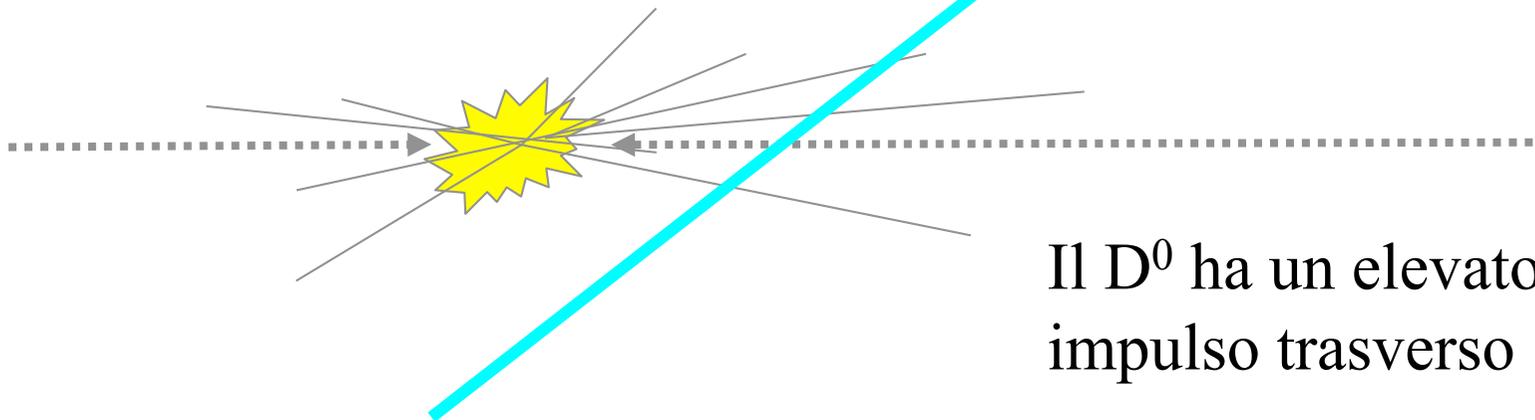
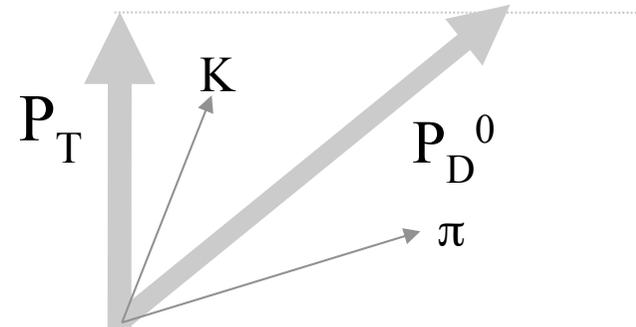
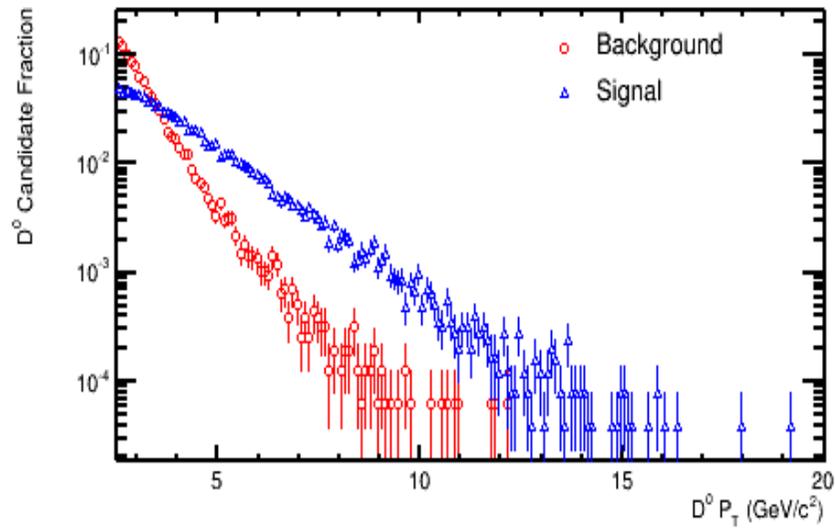


$$t = \frac{x}{\gamma\beta c} = \frac{x}{pc} m$$

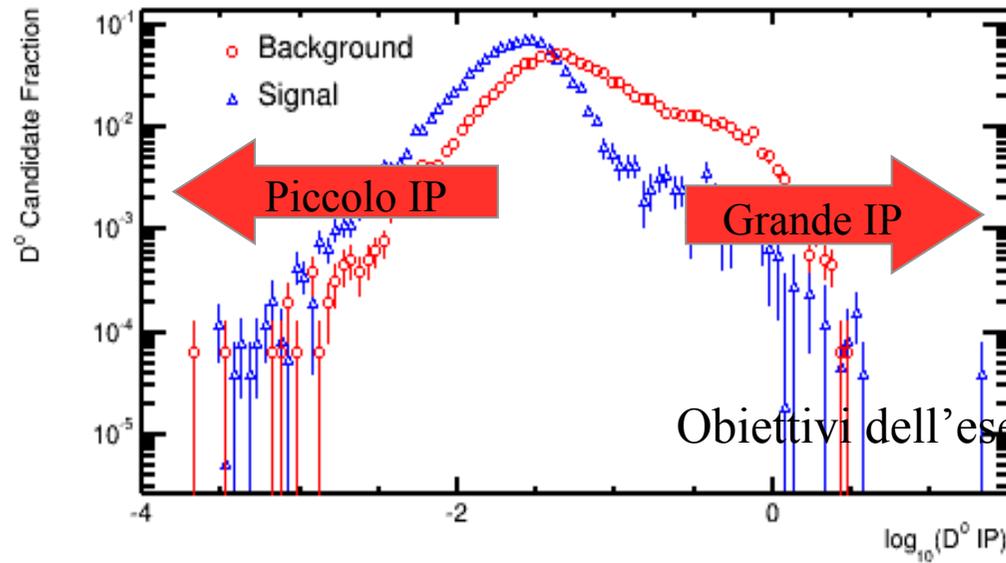


III OBIETTIVO

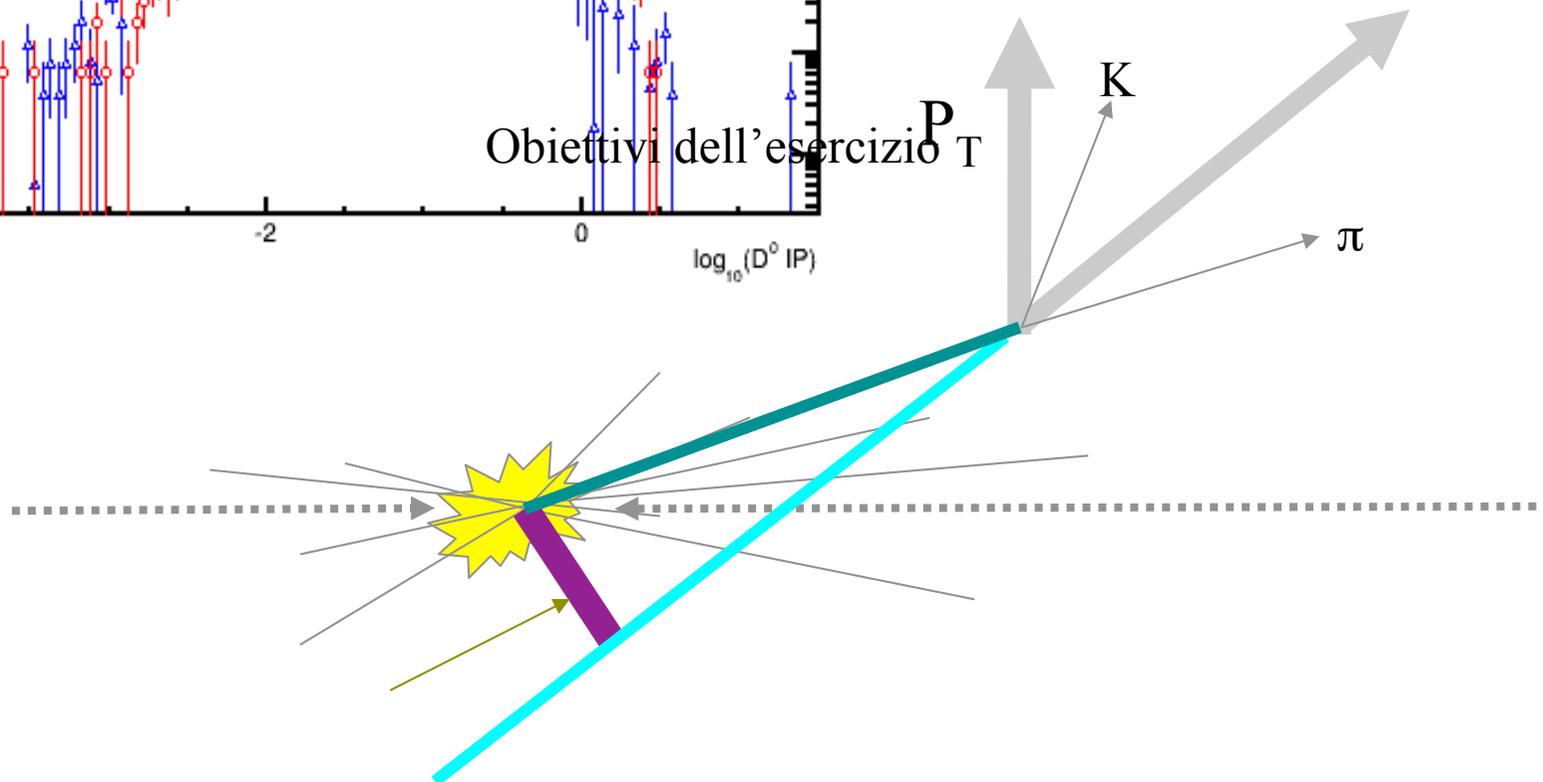
L'impulso trasverso



III OBIETTIVO



Parametro di Impatto (IP)



Obiettivi dell'esercizio

I obiettivo: riempire un istogramma con eventi di massa del D^0 , selezionando un K e un π per ogni evento

II obiettivo: misurare il valore della massa del D^0

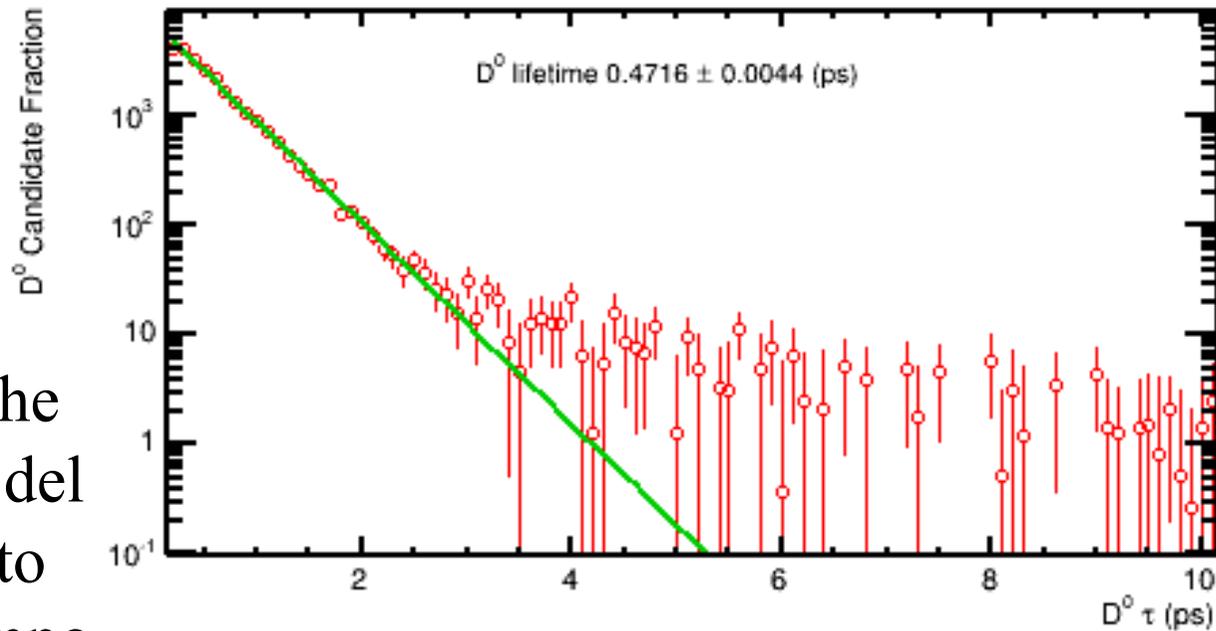
III obiettivo: fare l'istogramma della tempo di decadimento, dell'impulso trasverso e del parametro d'impatto per il SEGNALE e per il FONDO

IV: Misurare la vita media del D^0

IV OBIETTIVO

$$N = N_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

Adattiamo la curva che
descrive l'andamento del
tempo di decadimento
all'istogramma del tempo
di decadimento del
SEGNALE e ottenendo la
misura di τ



Confrontiamo il valore con
quello del PDG è corretto?

Obiettivi dell'esercizio

I obiettivo: riempire un istogramma con eventi di massa del D^0 , selezionando un K e un π per ogni evento

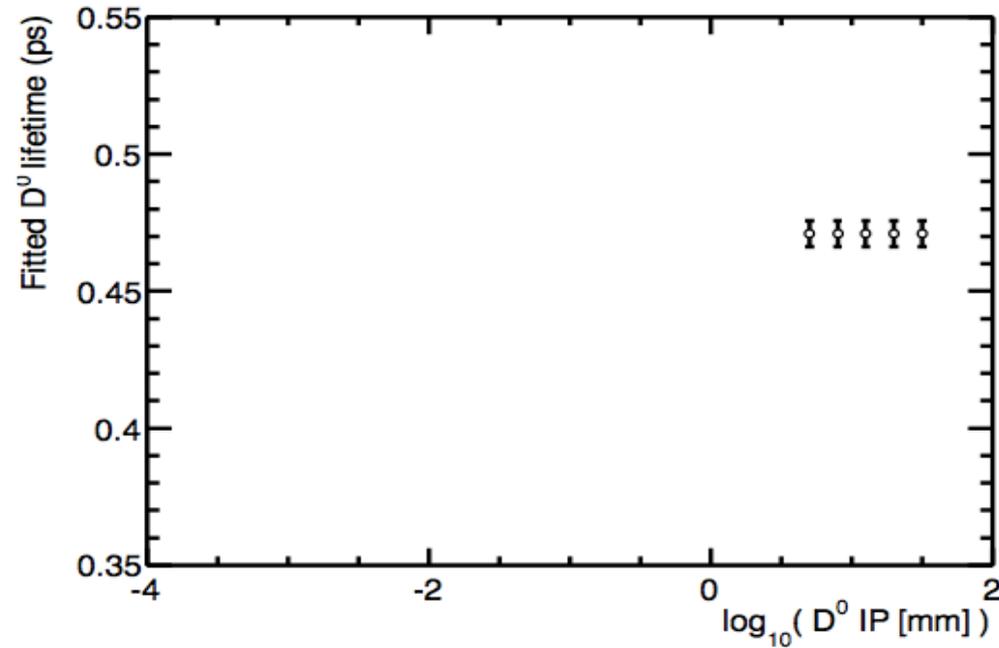
II obiettivo: misurare il valore della massa del D^0

III obiettivo: fare l'istogramma della tempo di decadimento, dell'impulso trasverso e del parametro d'impatto per il SEGNALE e per il FONDO

IV: Misurare la vita media del D^0

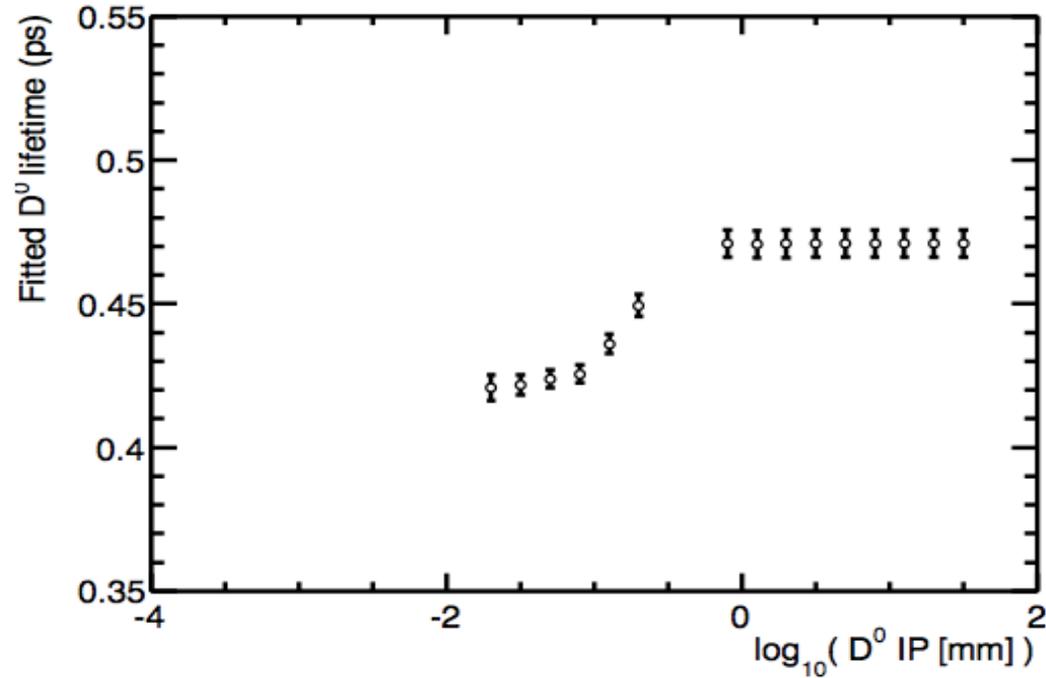
V: Grafico dell'andamento della vita media in funzione del parametro d'impatto

V OBIETTIVO



Rimuoviamo gli eventi con parametro d'impatto più grande, cosa succede?

V OBIETTIVO

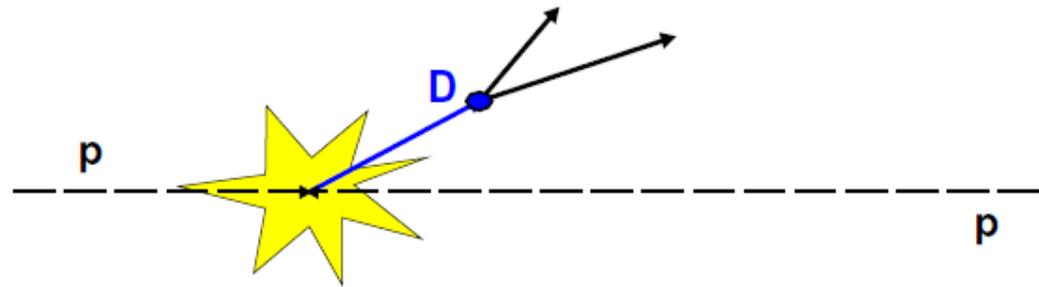


Il valore della vita media diminuisce. Perché?

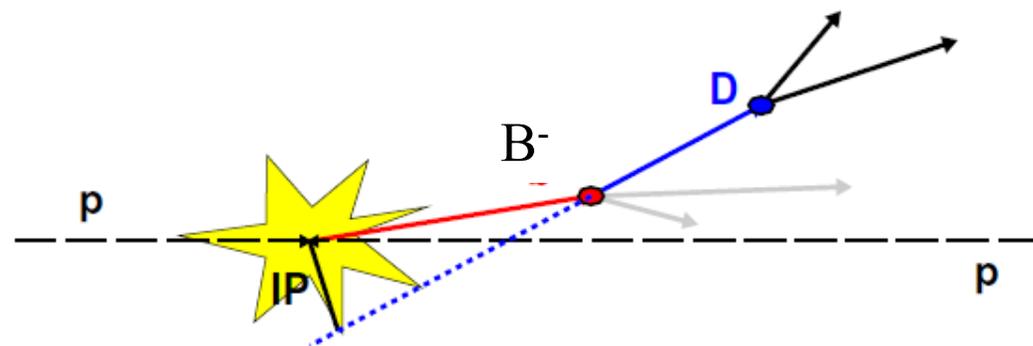
Produzione del D^0

Quindi riassumendo il D^0 può essere prodotto nell'interazione protone-protone:

Produzione diretta



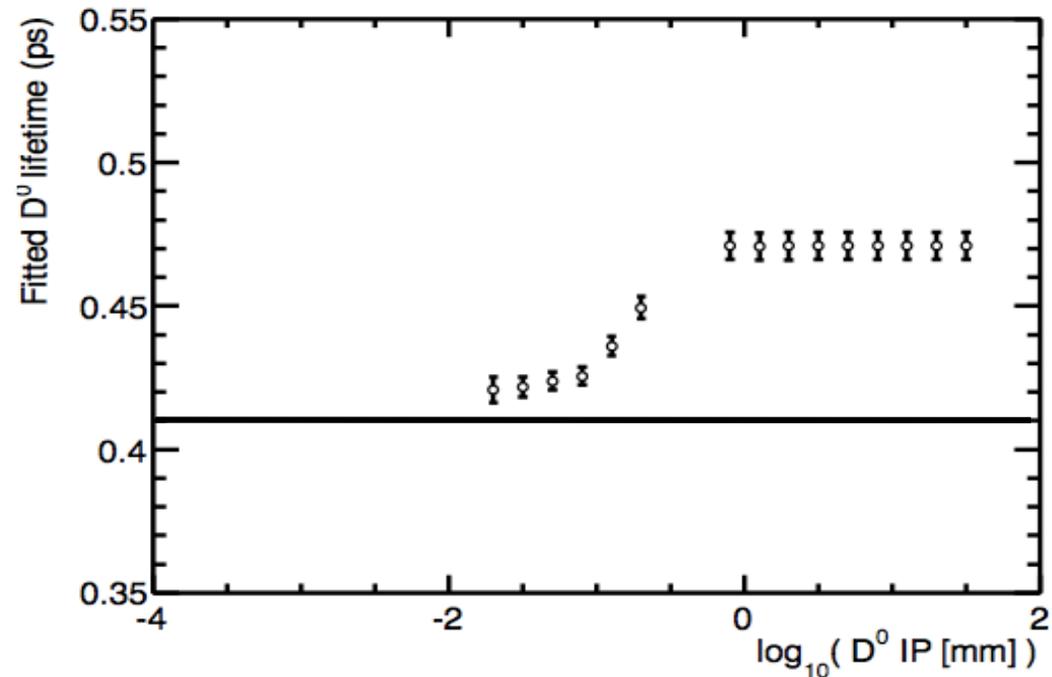
Produzione dal decadimento di una particella (mesone) B^-



V OBIETTIVO

Abbiamo rimosso i D^0 che sono decaduti da B^0 .

Per questi eventi il tempo misurato è la somma del tempo di decadimento del B^0 più quella del D^0

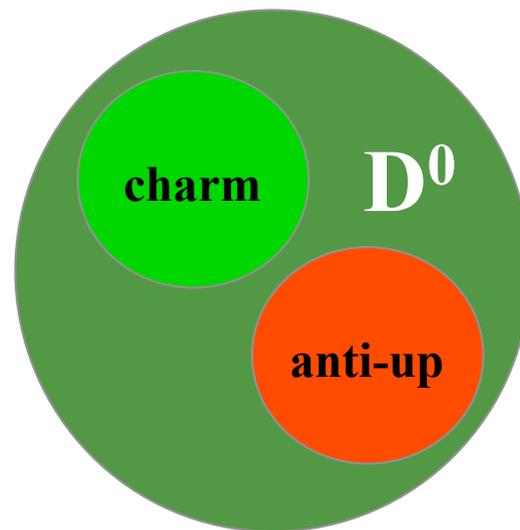


Il valore di τ è più simile a quello del PDG, ma altri errori sistematici non sono stati considerati, per quello la nostra misura non è ancora compatibile con quella del

PDG

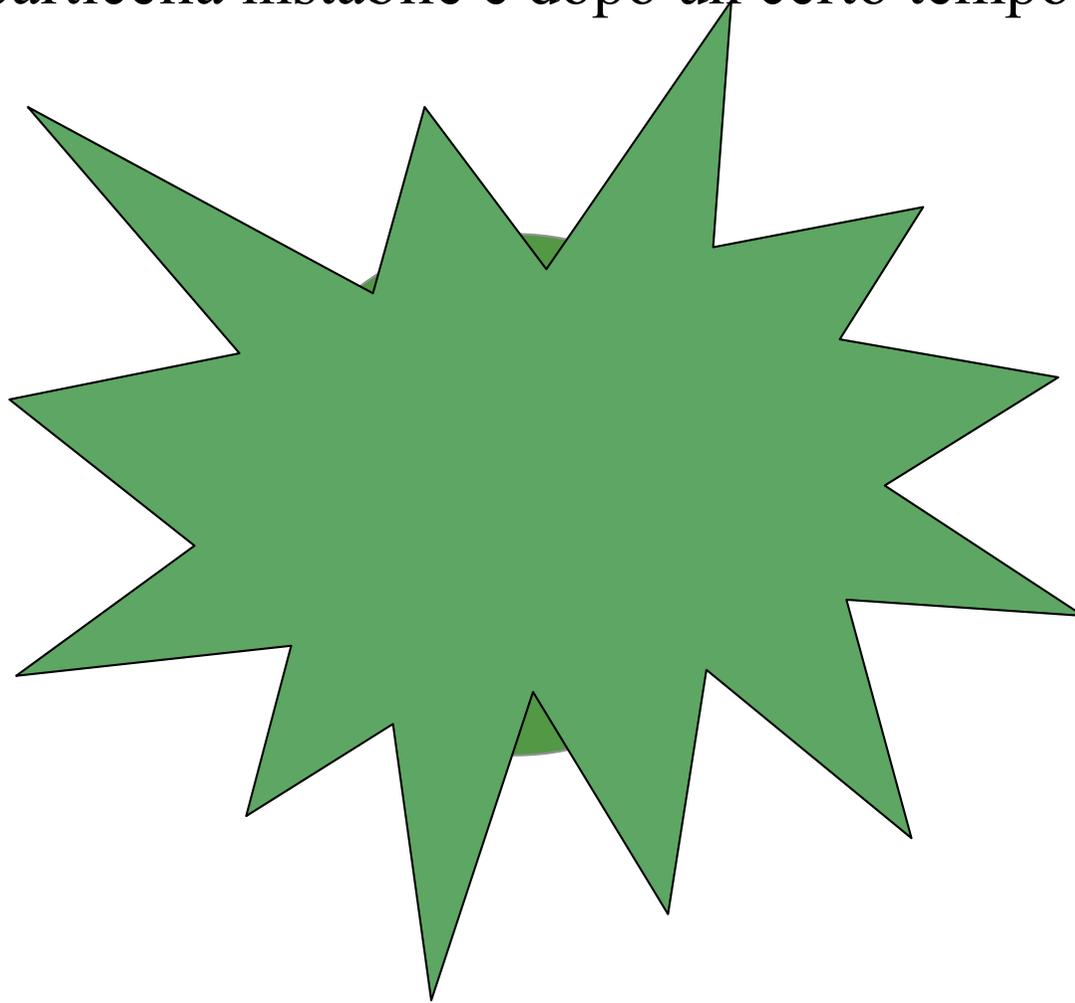
La particella (il mesone) D^0

Il D^0 è costituito da un quark up e un quark charm



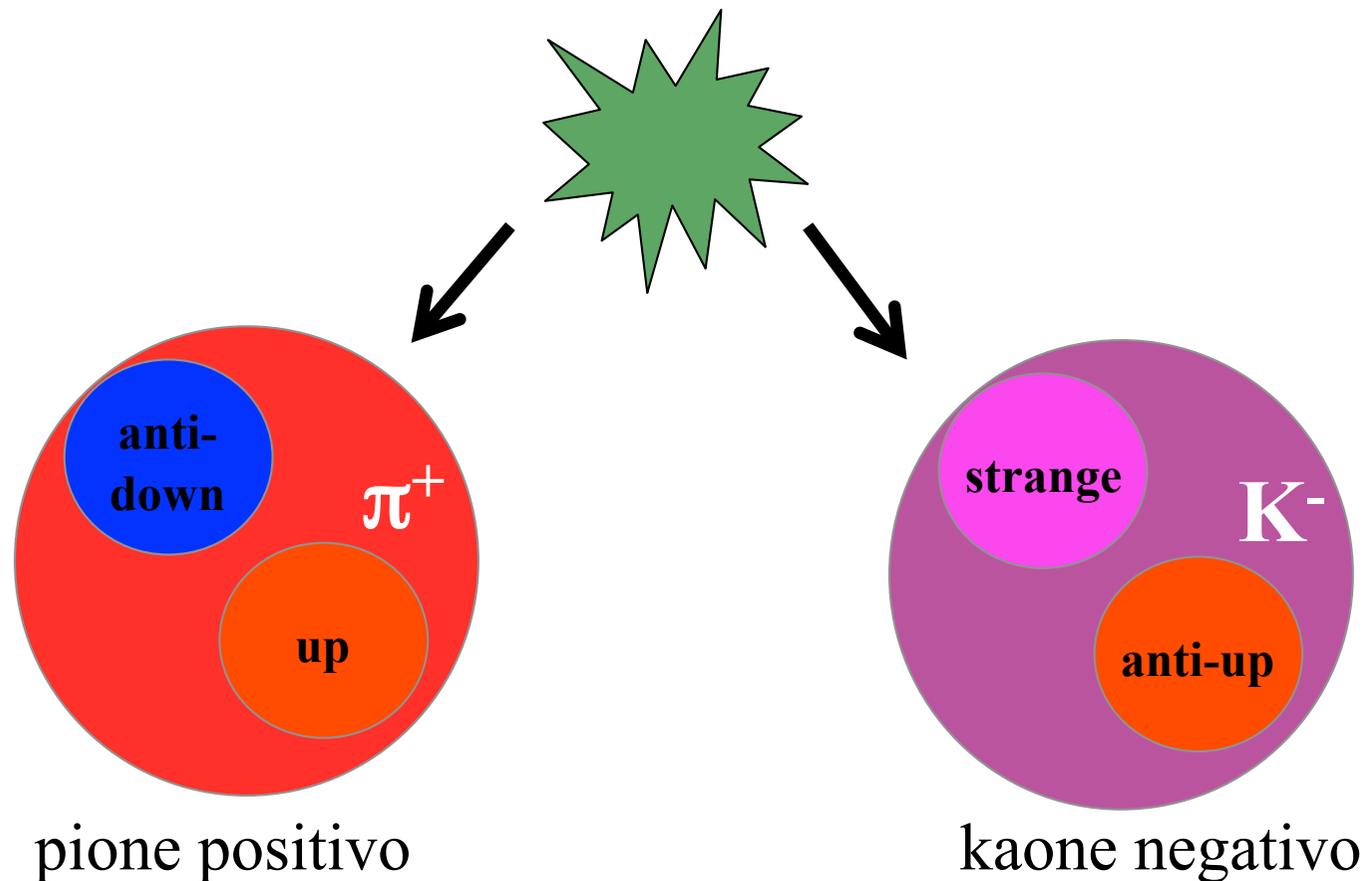
La particella (il mesone) D^0

E' una particella instabile e dopo un certo tempo decade...

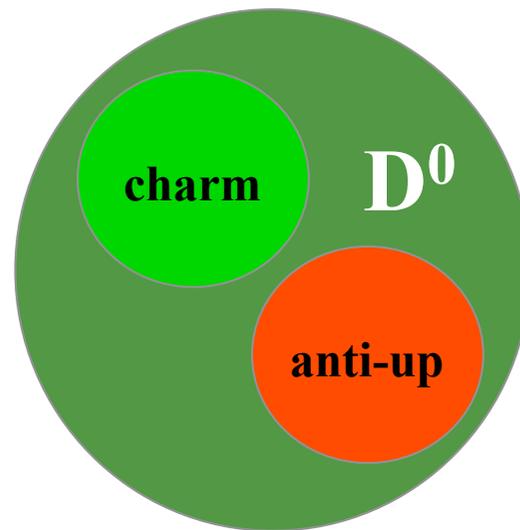


La particella (il mesone) D^0

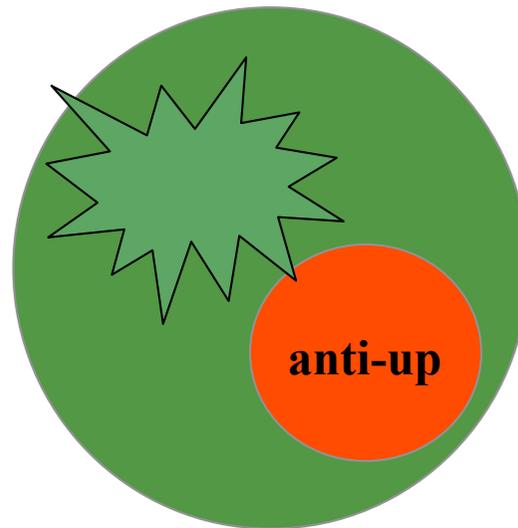
... in un kaone negativo e un pione positivo



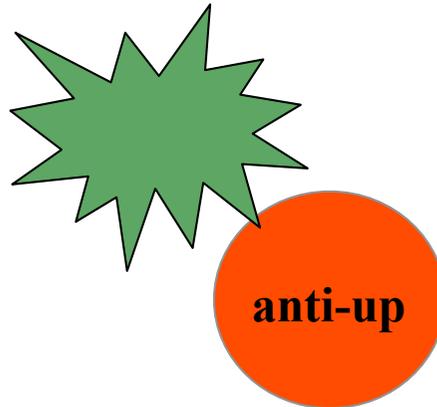
Perché decade?



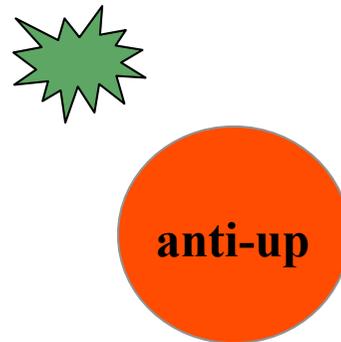
Perché decade?



Perché decade?



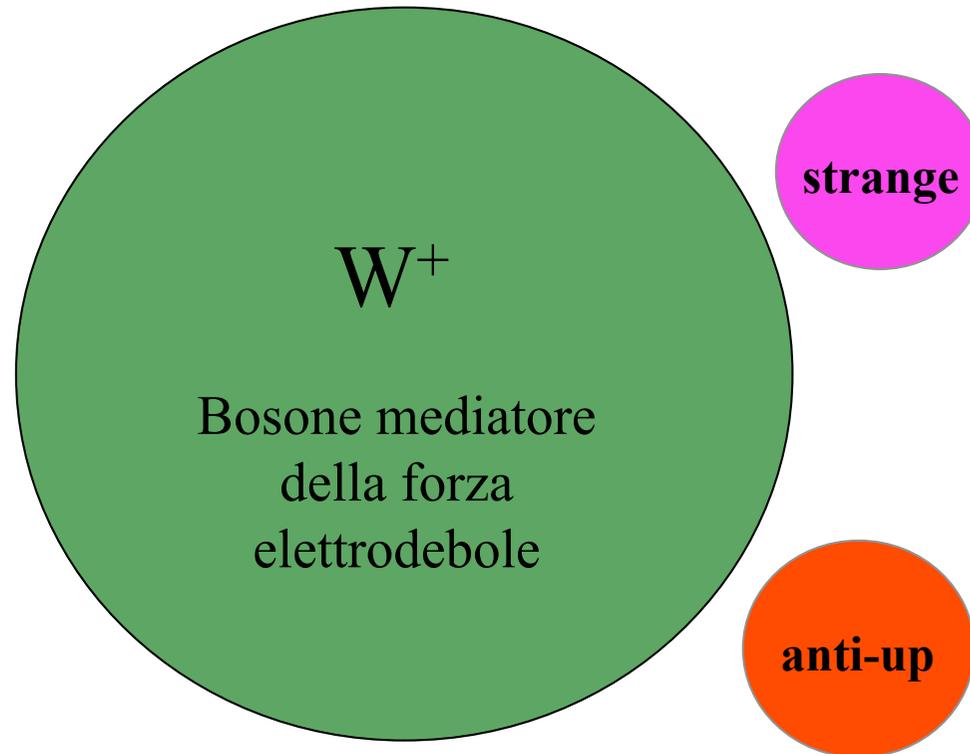
Perché decade?



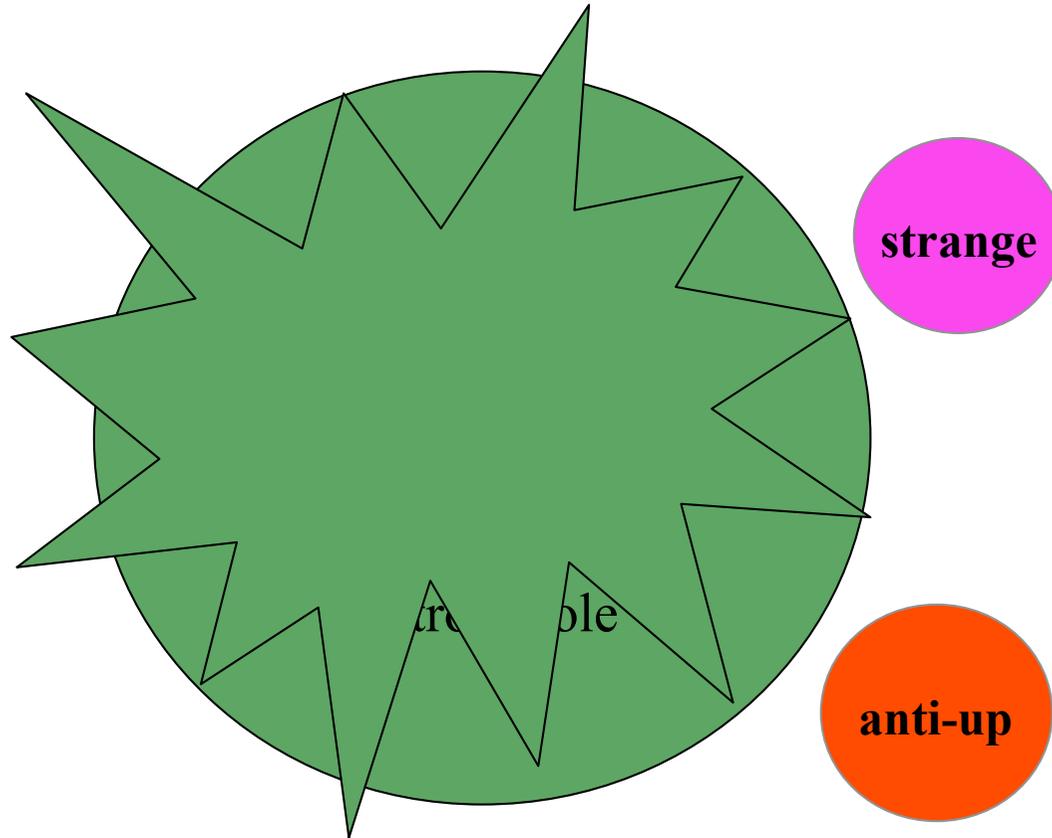
Perché decade?



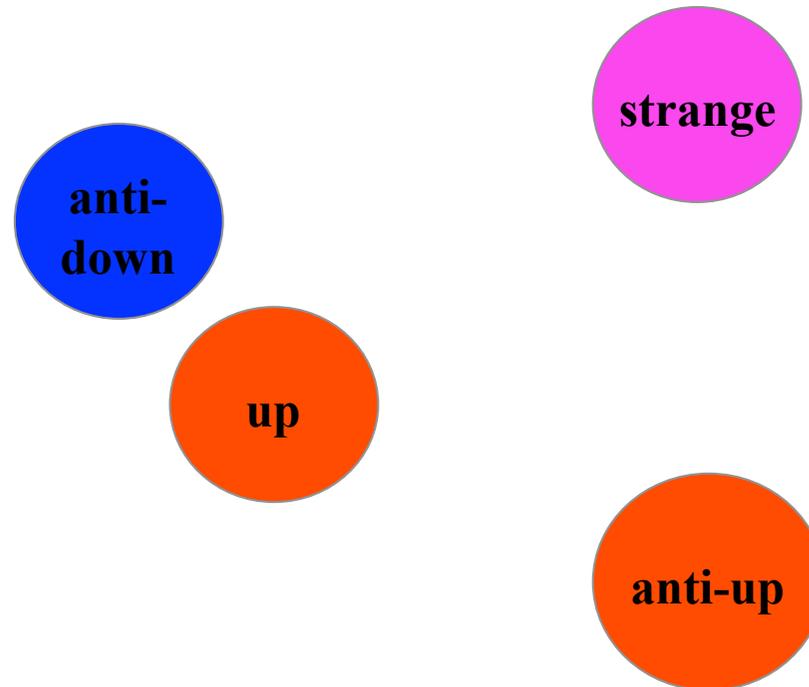
Perché decade?



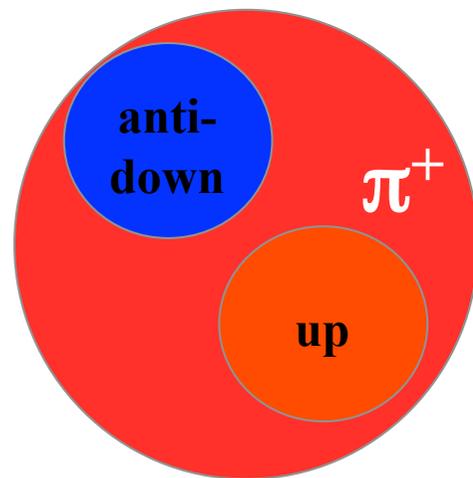
Perché decade?



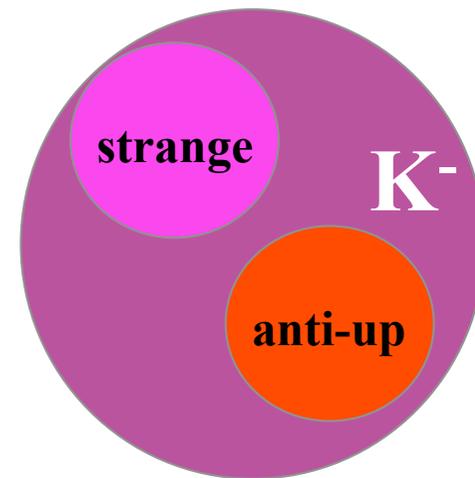
Perché decade?



Perché decade?

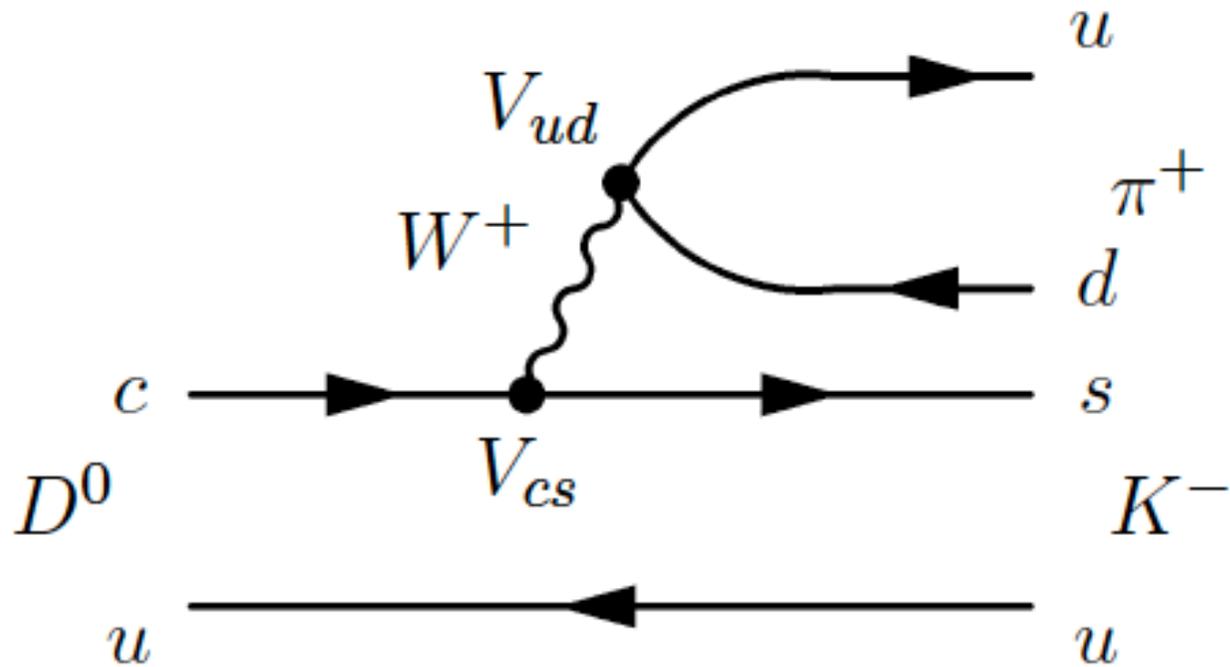


pione positivo



kaone negativo

Come descriviamo questo processo noi fisici?



Alla ricerca di D^0

Per misurare la vita media del D^0 dobbiamo rivelare i D^0 , ma prima di cercarli devono essere prodotti

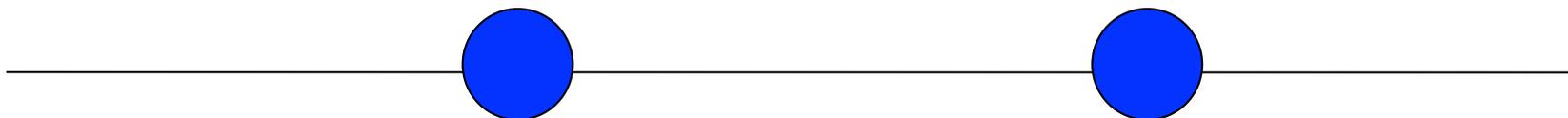
Come vengono prodotti?



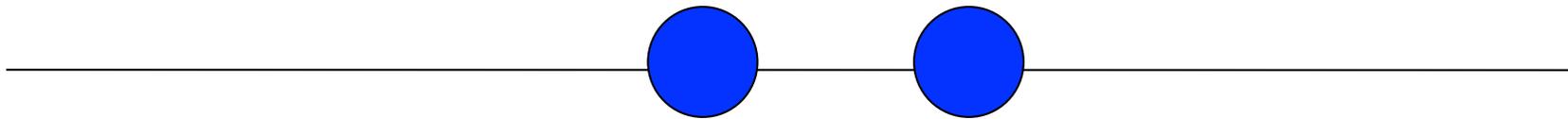
Alla ricerca di D^0



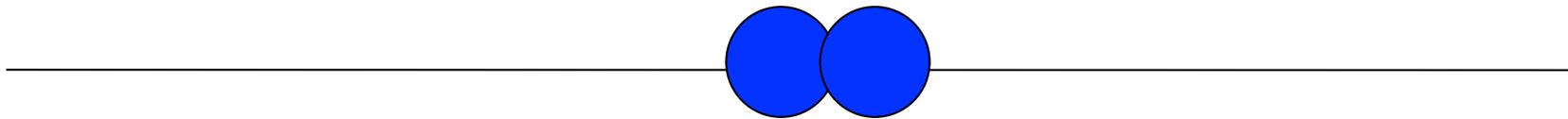
Alla ricerca di D^0



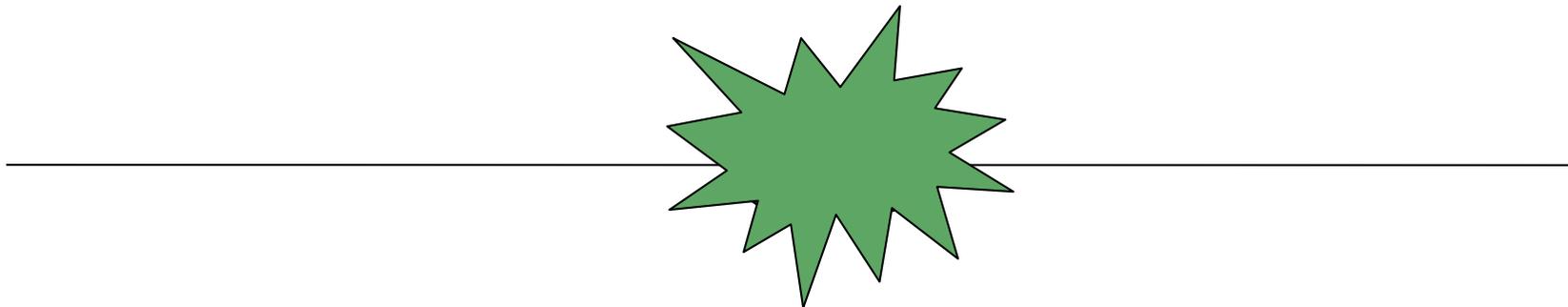
Alla ricerca di D^0



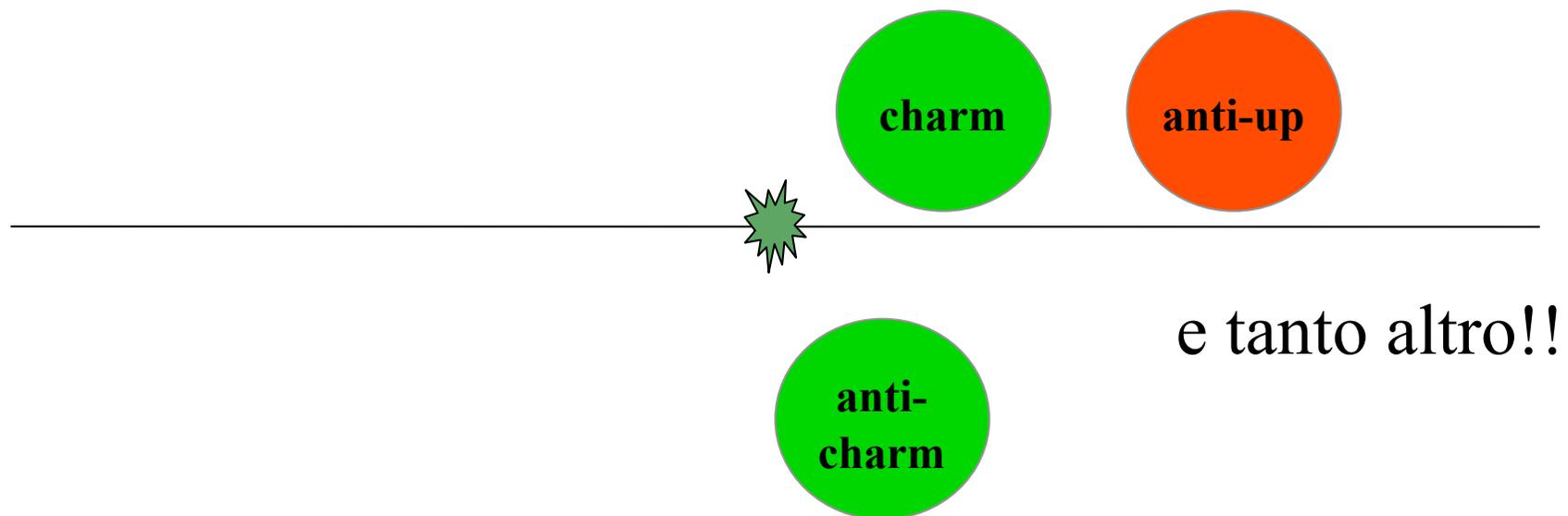
Alla ricerca di D^0



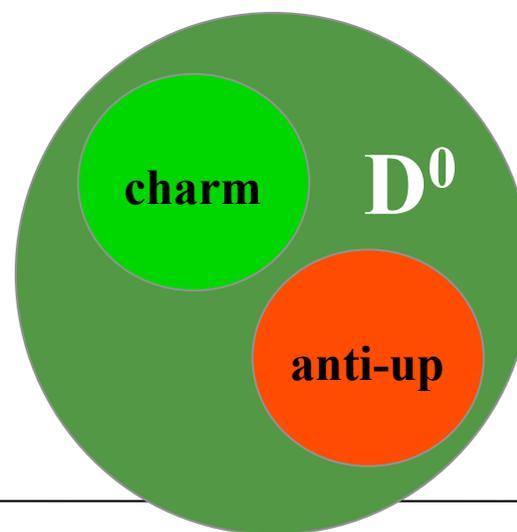
Alla ricerca di D^0



Alla ricerca di D^0



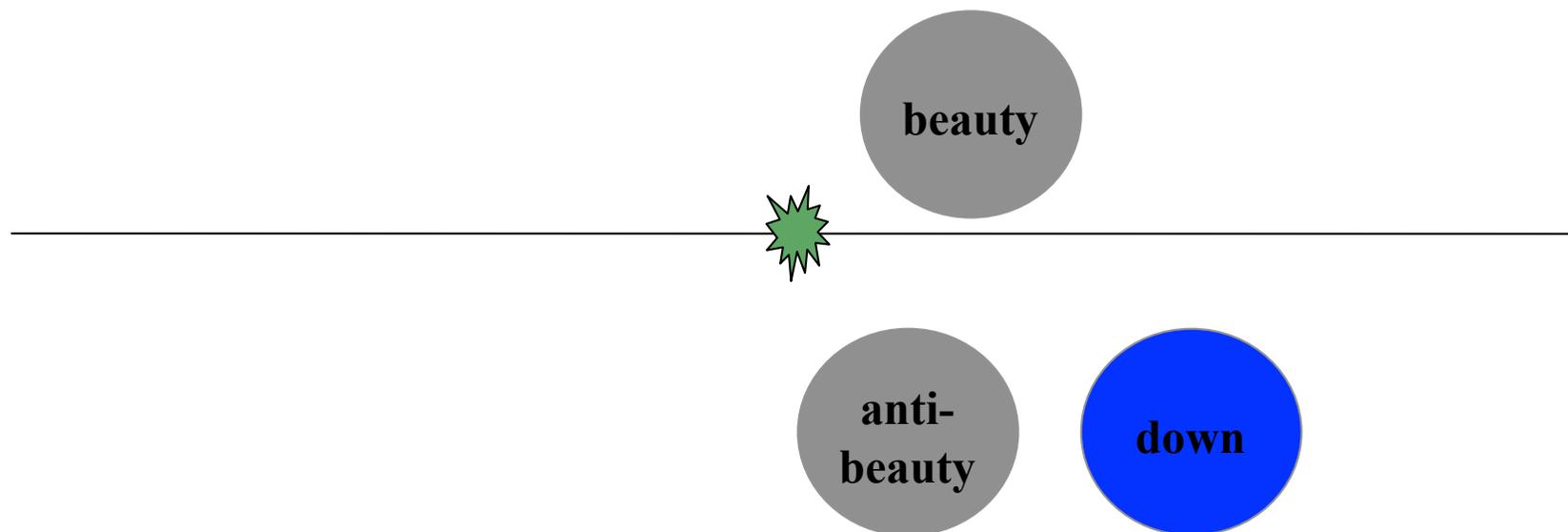
Alla ricerca di D^0



e tanto altro!!

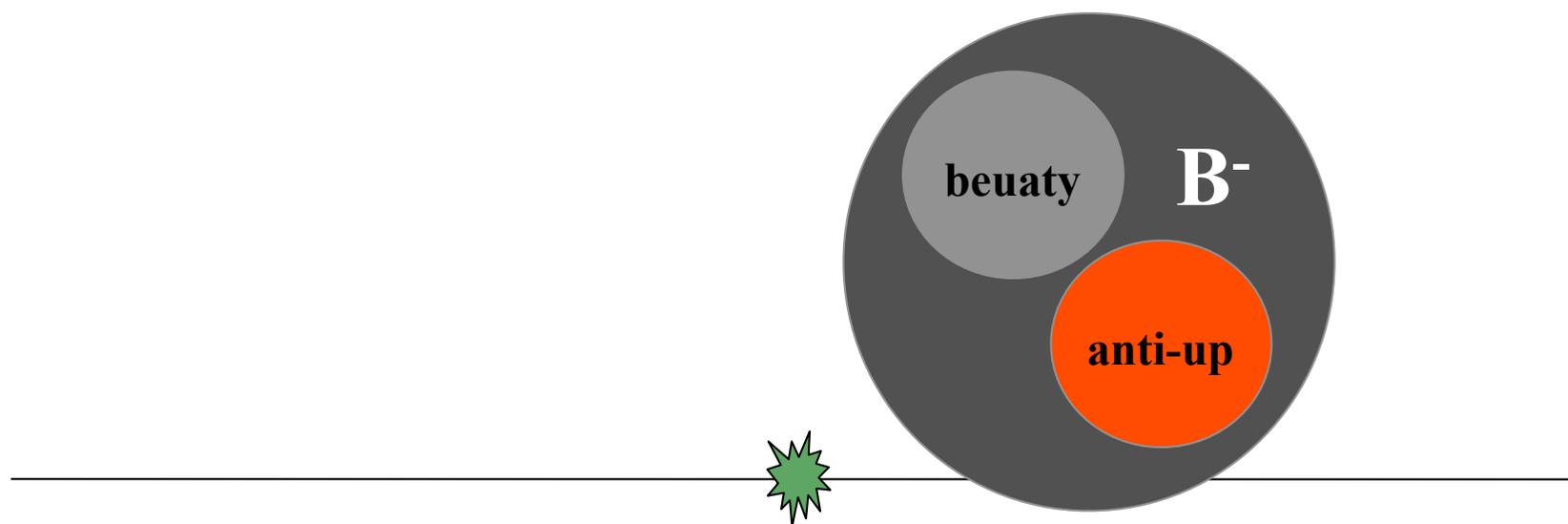
... è il resto della storia lo conosciamo!

Alla ricerca di D^0



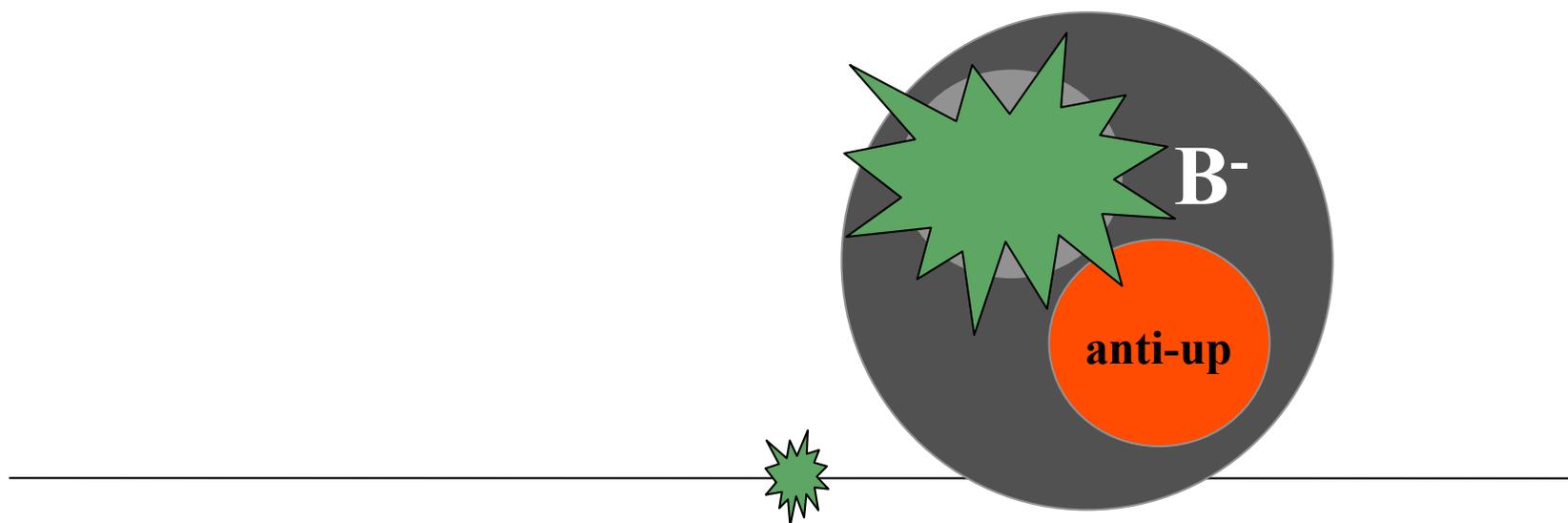
può anche accadere questo!

Alla ricerca di D^0



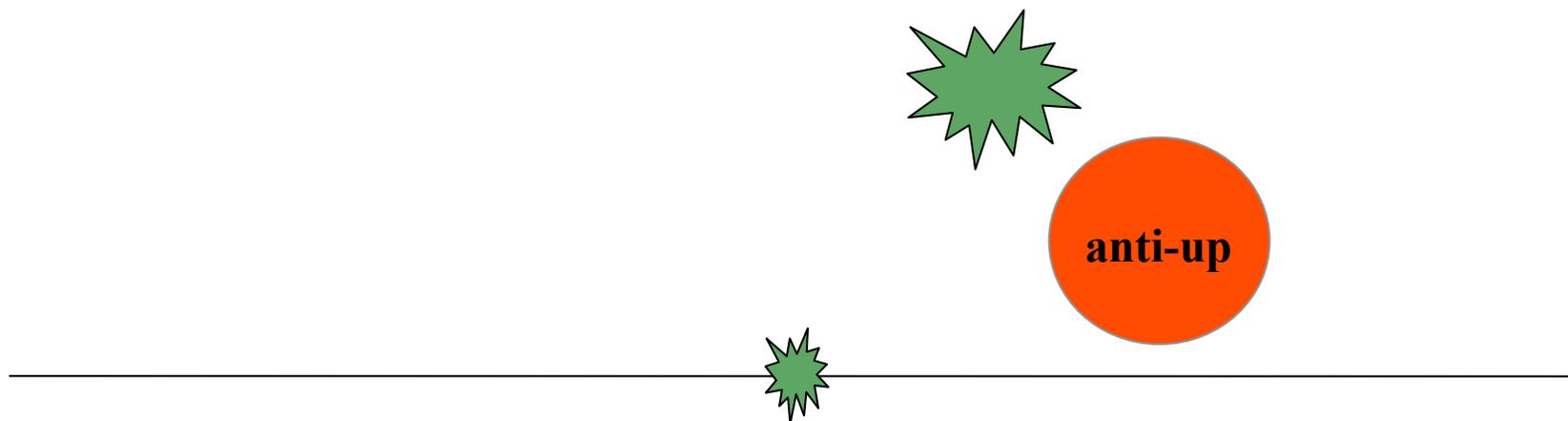
dalla interazione protone-protone si produce una
particella chiamata B^- ...

Alla ricerca di D^0



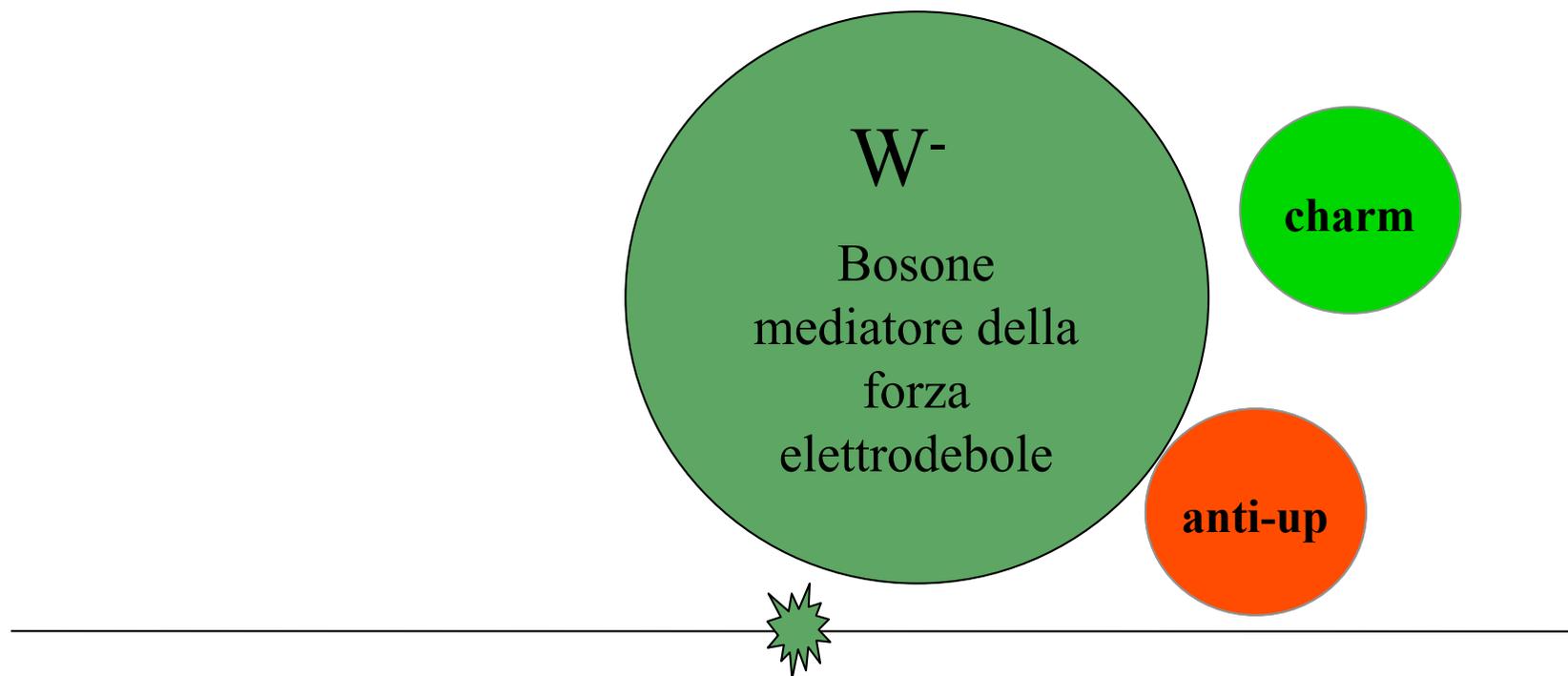
... che dopo un po' decade...

Alla ricerca di D^0



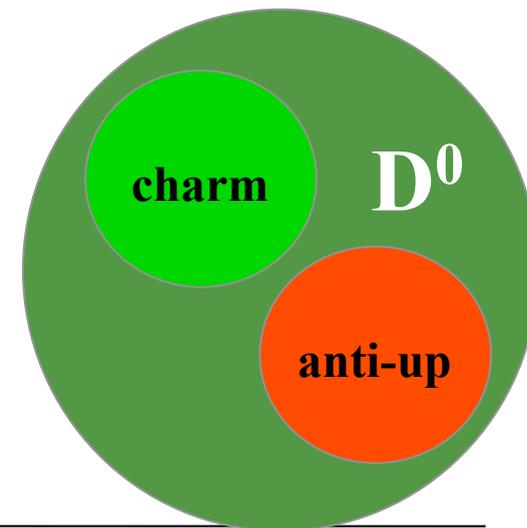
... che dopo un po' decade...

Alla ricerca di D^0



... nel bosone W^-

Alla ricerca di D^0



+ altro

si forma così il D^0