

Masterclass 2015

Misura della vita media della particella D^0 dai dati raccolti a LHCb

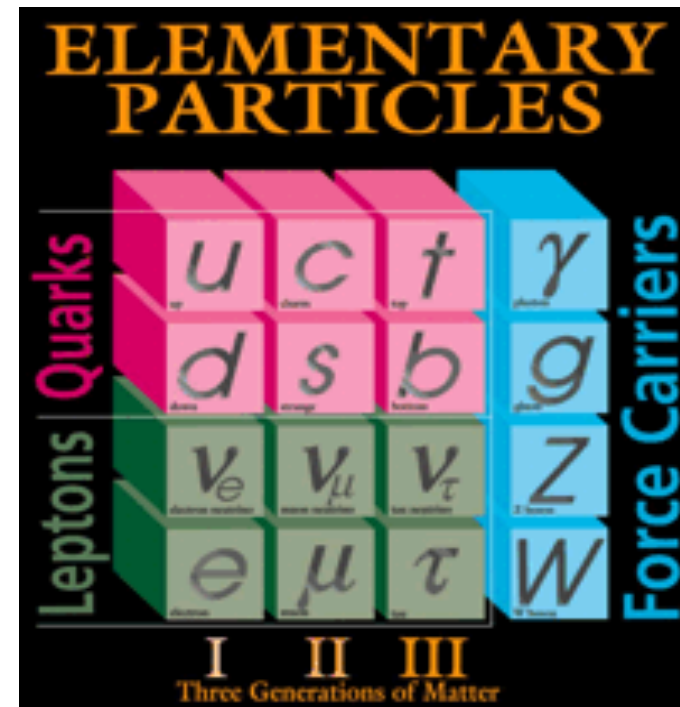
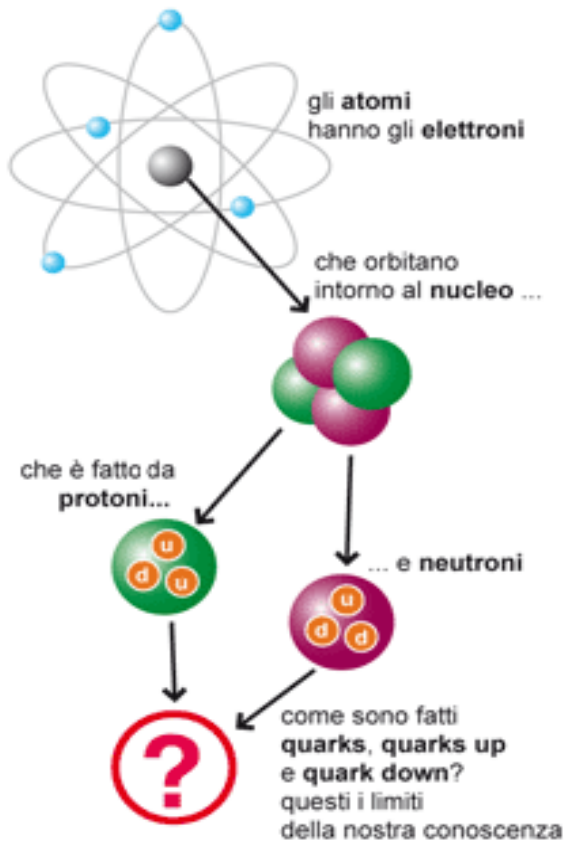
Marta Calvi

Dipartimento di Fisica, Università' di Milano Bicocca e INFN

12 marzo 2015

Il Modello Standard delle particelle

- Oggi conosciamo centinaia di **particelle diverse**, e sappiamo che ciascuna è composta da un **insieme piccolo di particelle elementari**
- Secondo la teoria del Modello Standard, le particelle fondamentali sono **6 quarks, 6 leptoni e 4 particelle mediatrici di forza** (responsabili delle interazioni tra le particelle) e **1 bosone di Higgs**.



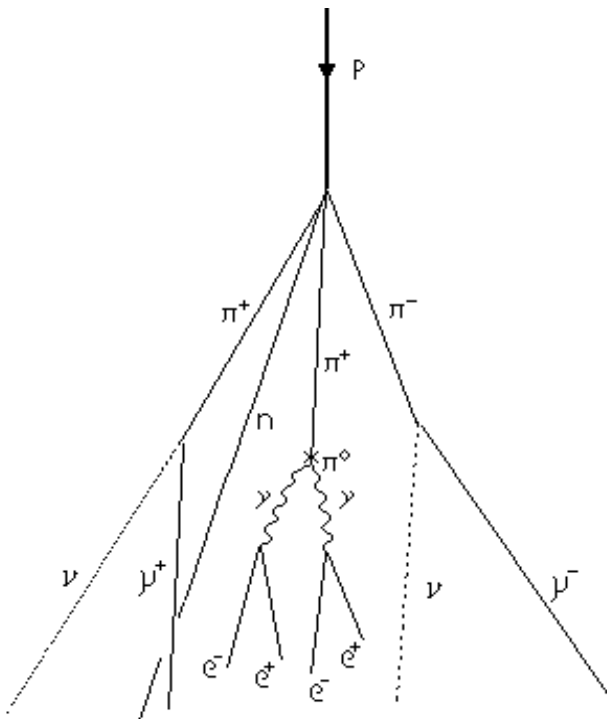
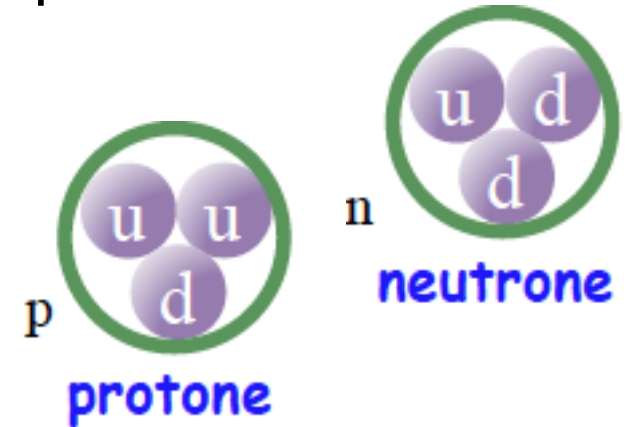
Quarks e adroni

I **quark non si osservano individualmente**, ma soltanto in combinazione tra loro.

Gli **adroni** sono particelle composite formate da quarks.

Gli adroni si suddividono in

- **Barioni**: formati da **tre quarks**
- **Mesoni**: formati da **un quark e un anti-quark**.

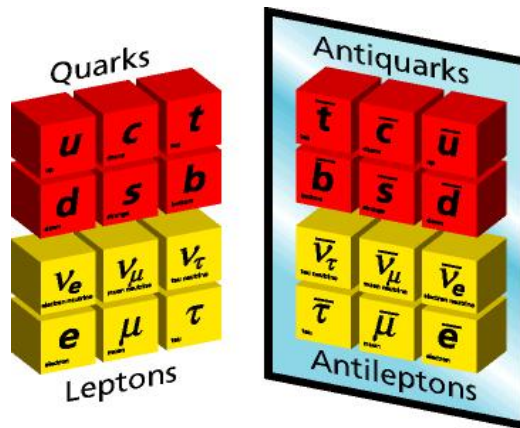


Nelle interazioni con **scambi elevati di energia**, (raggi cosmici o acceleratori), vengono prodotti diversi tipi di adroni e leptoni.

La maggior parte delle particelle sono **instabili**, vivono un tempo molto breve e si trasformano *decadono* in particelle più leggere.

Possiamo studiarle solo in condizioni particolari. 3

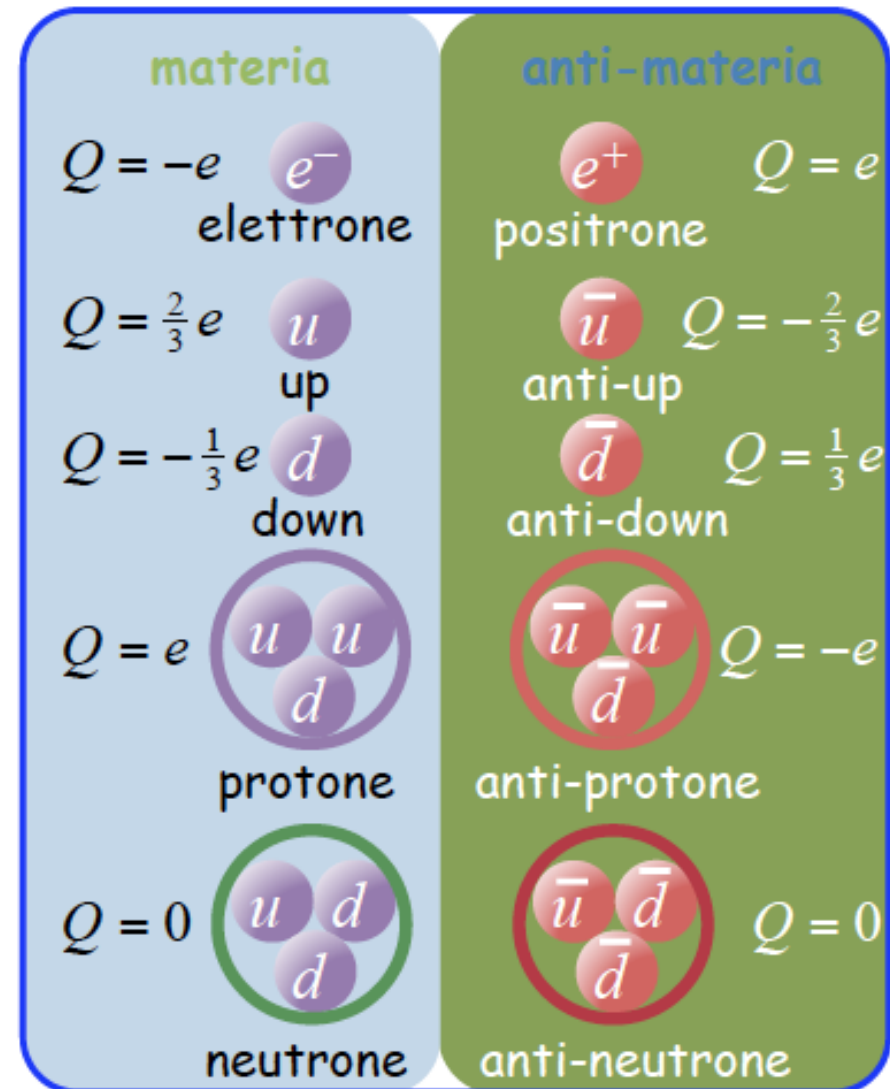
Materia e anti-materia



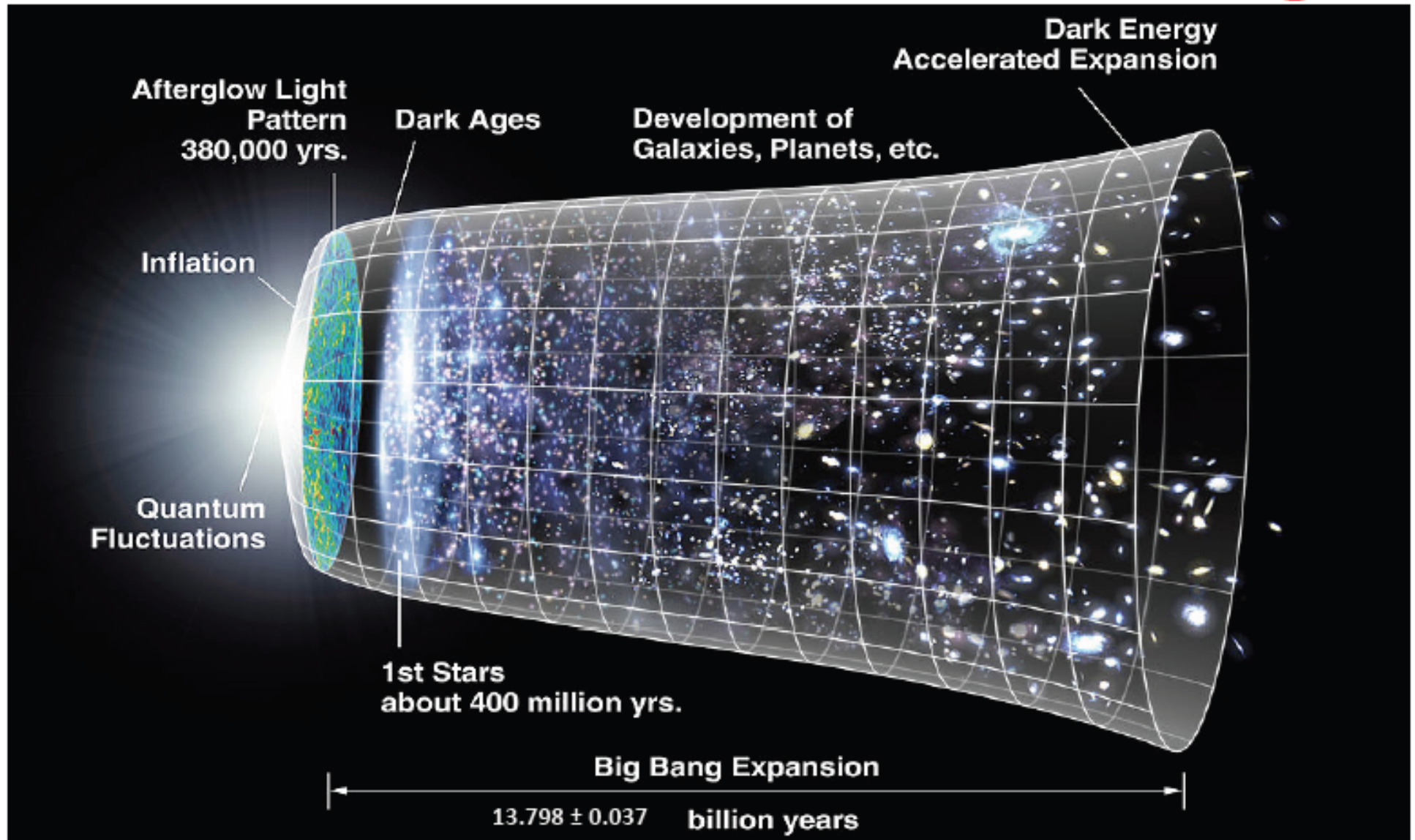
Per ogni particella esiste un'anti-particella

Le anti-particelle sono identiche alle particelle, hanno la **stessa massa** ma **carica elettrica opposta**

Esempio: il protone ha carica positiva, l'anti-protone ha carica negativa.



Il Modello Standard (della Cosmologia)



- La teoria del Big Bang, con l'aggiunta in una fase iniziale di espansione esponenziale (inflazione), costituisce la base della cosmologia moderna
- Ci sono molte fasi interessanti nell'evoluzione dell'Universo, alcune delle quali sono rappresentate in questa immagine

Materia e anti-materia

All'origine dell'Universo

- Immediatamente dopo il Big Bang (circa 14 miliardi di anni fa) l'Universo era costituito da **particelle di materia e di anti-materia in eguale misura**.

Adesso pero' noi osserviamo un Universo costituito solo da materia.

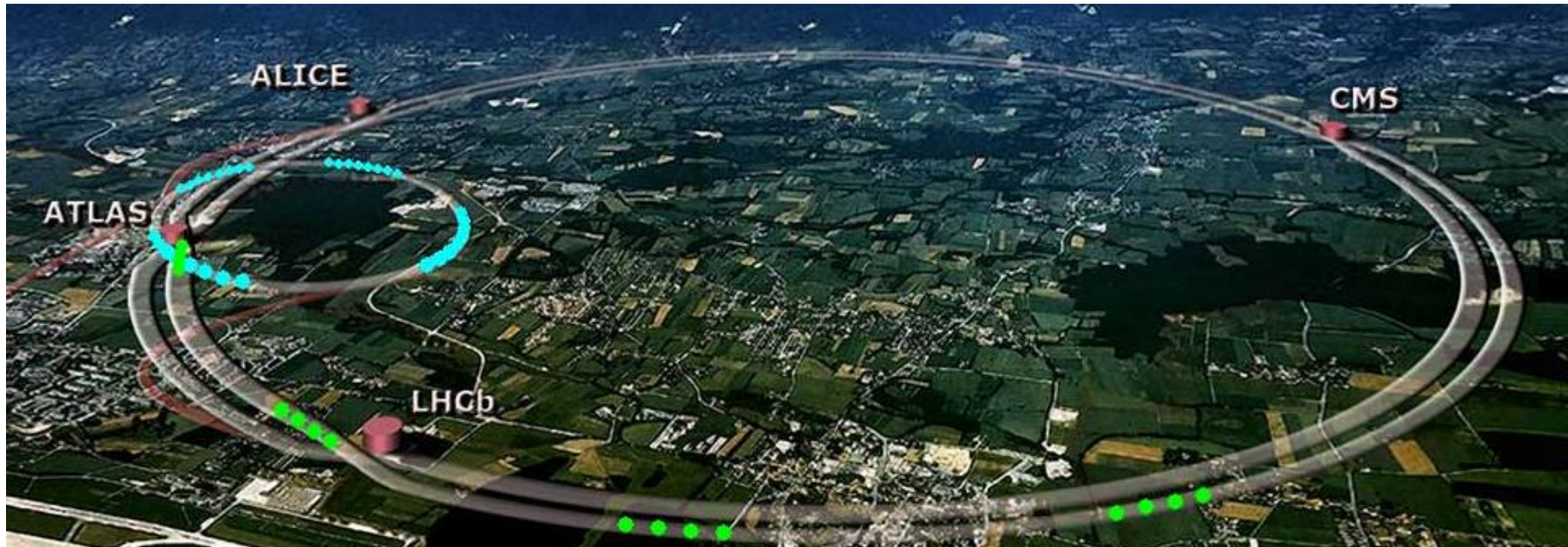
Come e perché l'anti-materia è scomparsa durante l'evoluzione dell'universo? ... ad oggi non abbiamo una risposta

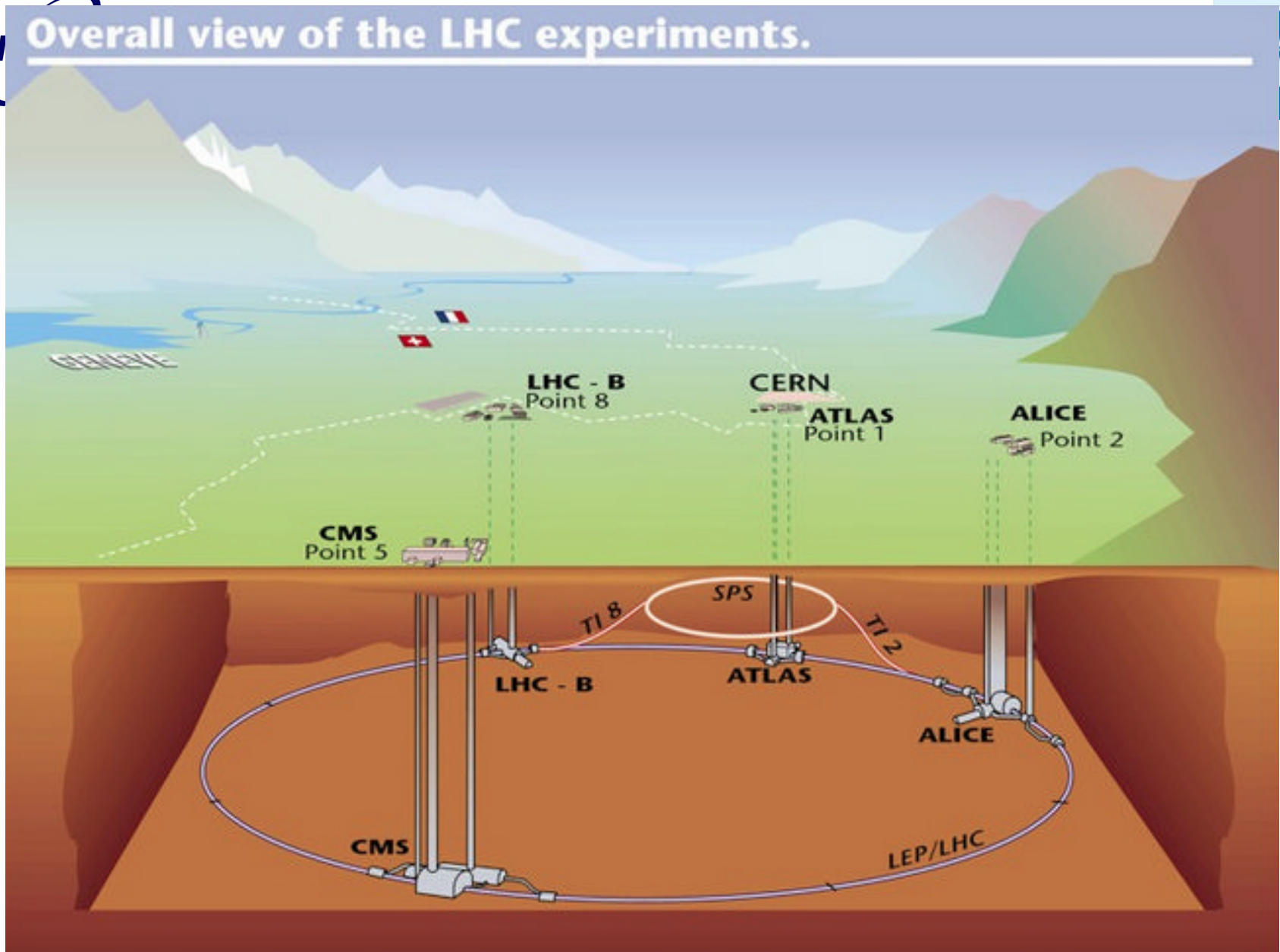
- Una strada per comprenderlo e' studiare le caratteristiche di particelle e anti-particelle.
- **L'esperimento LHCb** studia particelle e anti-particelle prodotte nelle collisioni fra i protoni del Large Hadron Collider (LHC) cercando di evidenziare possibili differenze tra loro.
- **In particolare studia gli adroni contenenti il quark beauty o il quark charm.**

Come si possono studiare le particelle?

Un modo artificiale di produrre particelle e' con collisioni ad alta energia di elettroni o protoni negli **acceleratori**

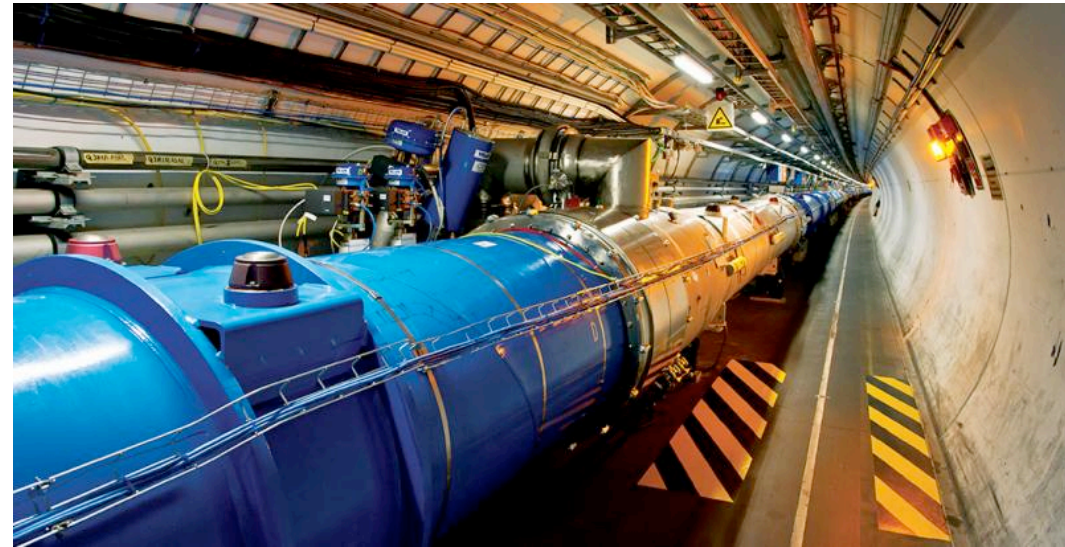
Al Large Hadron Collider fasci di protoni vengono accelerati e fatti collidere in 4 punti dove ci sono gli esperimenti CMS, ATLAS, ALICE e LHCb: essenzialmente dei **rivelatori di particelle** che permettono di osservare i prodotti di queste collisioni



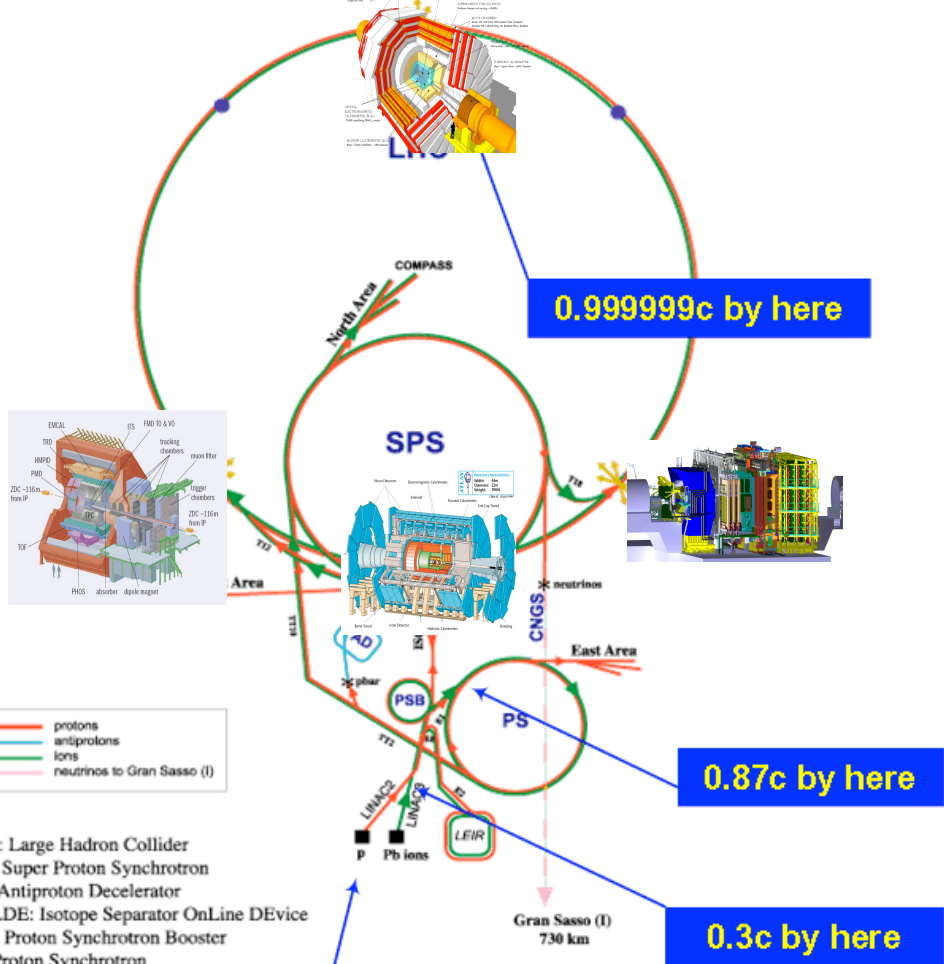


LHC e' un anello sotterraneo, a una profondita' di 100-150 m, una circonferenza di ~ 27 km

Large Hadron Collider



CERN Accelerators
(not to scale)



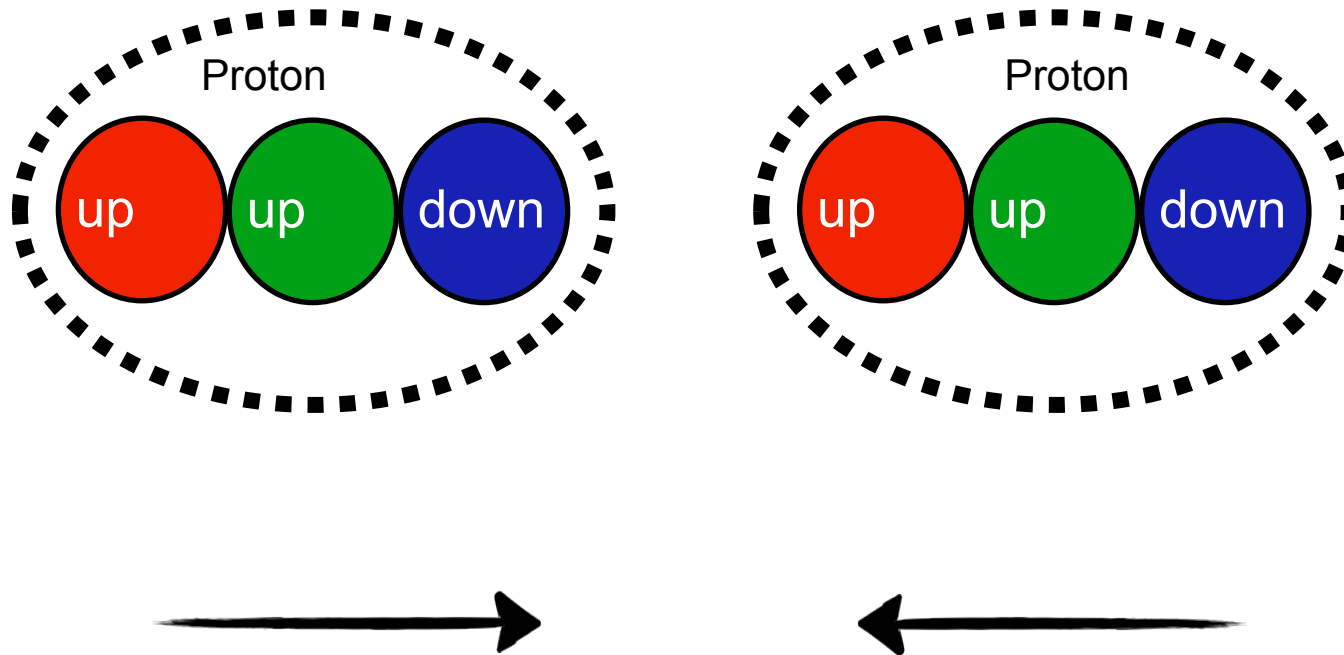
LHC: Large Hadron Collider
 SPS: Super Proton Synchrotron
 AD: Antiproton Decelerator
 ISOLDE: Isotope Separator OnLine DEvice
 PSB: Proton Synchrotron Booster
 PS: Proton Synchrotron
 LINAC: LINear ACcelerator
 LEIR: Low Energy Ion Ring
 CNGS: Cern Neutrinos to Gran Sasso

Radolf LEIR, PS Division, CERN, 02.09.96
 Revised and adapted by Antonella Del Rosso, ETT Div.,
 in collaboration with B. Desforges, SE Div., and
 D. Manglani, PS Div, CERN, 23.05.01

- I protoni viaggiano dentro tubi a vuoto contenuti in magneti superconduttori e vengono accelerati durante il percorso fino all'energia di 7-13 TeV
- I magneti servono a dirigere i protoni lungo l'anello e sono mantenuti alla temperatura di -271.3°C da un flusso di elio liquido.

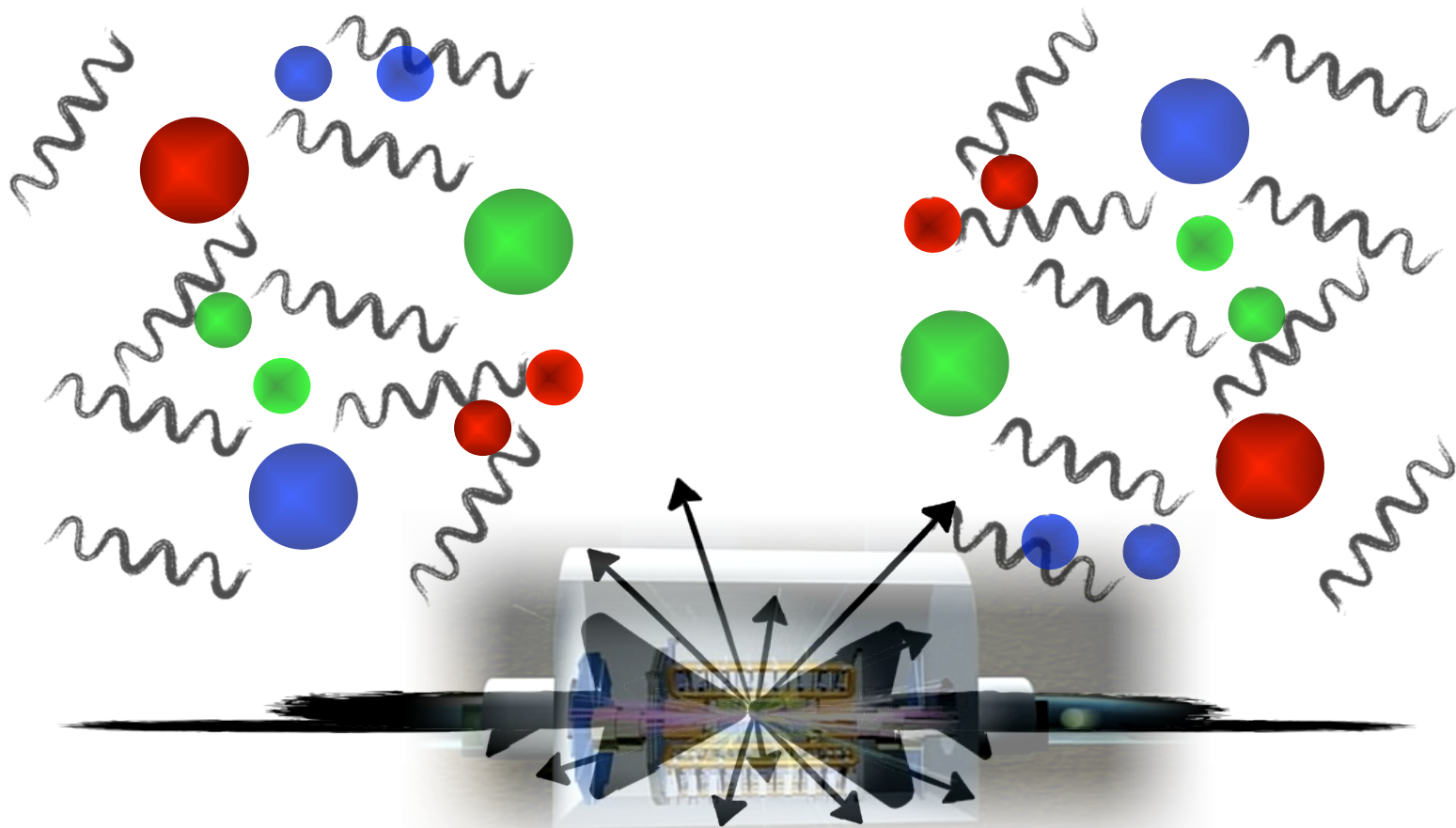
Collisioni di protoni

- Due fasci di protoni **viaggiano in direzioni opposte** in tubi separati.
- In 4 punti di LHC i fasci vengono fatti scontrare.



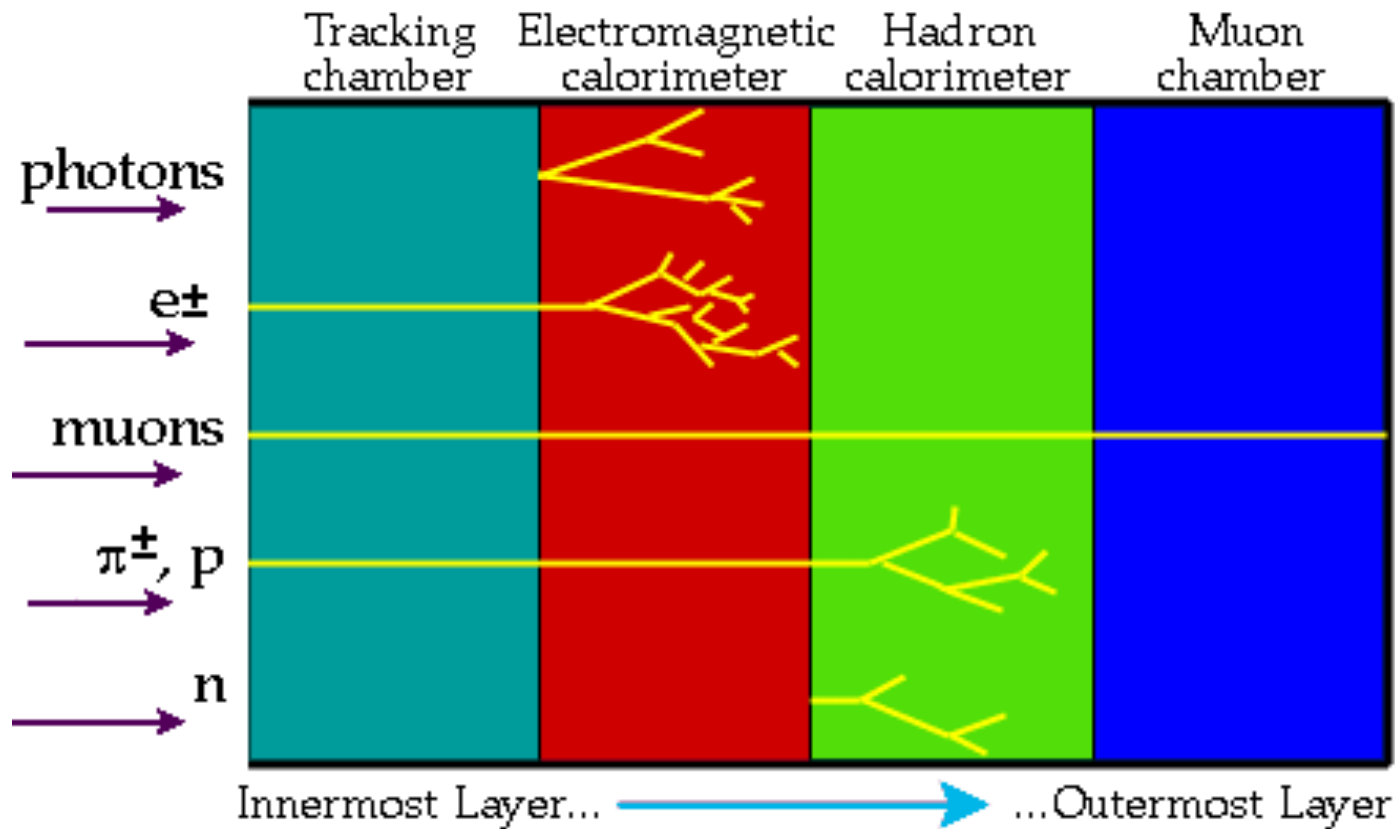
Collisioni di protoni

- Nella regione di collisione (dove si trovano i rivelatori di particelle) i protoni scontrandosi producono molte altre particelle.



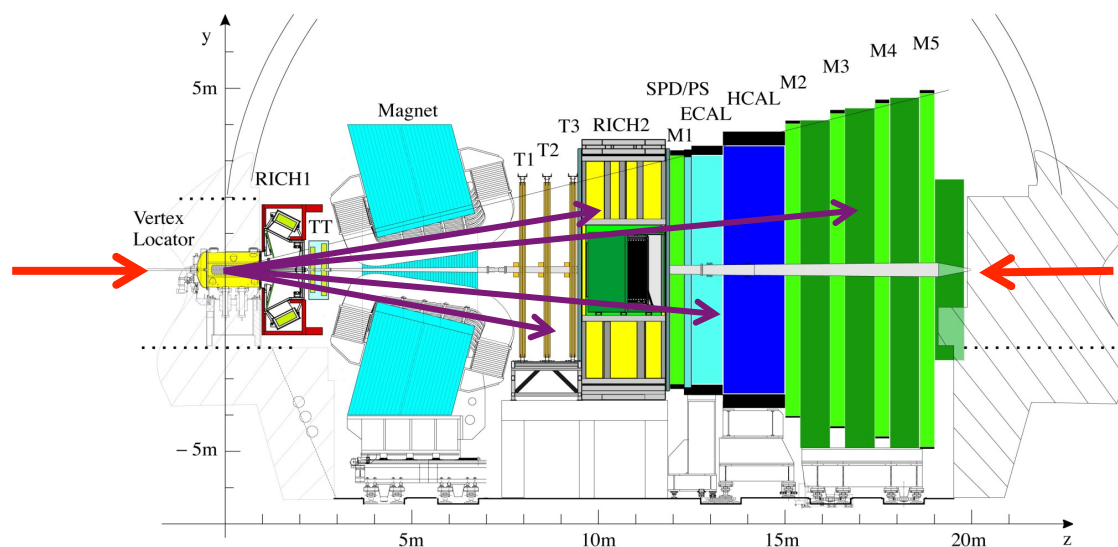
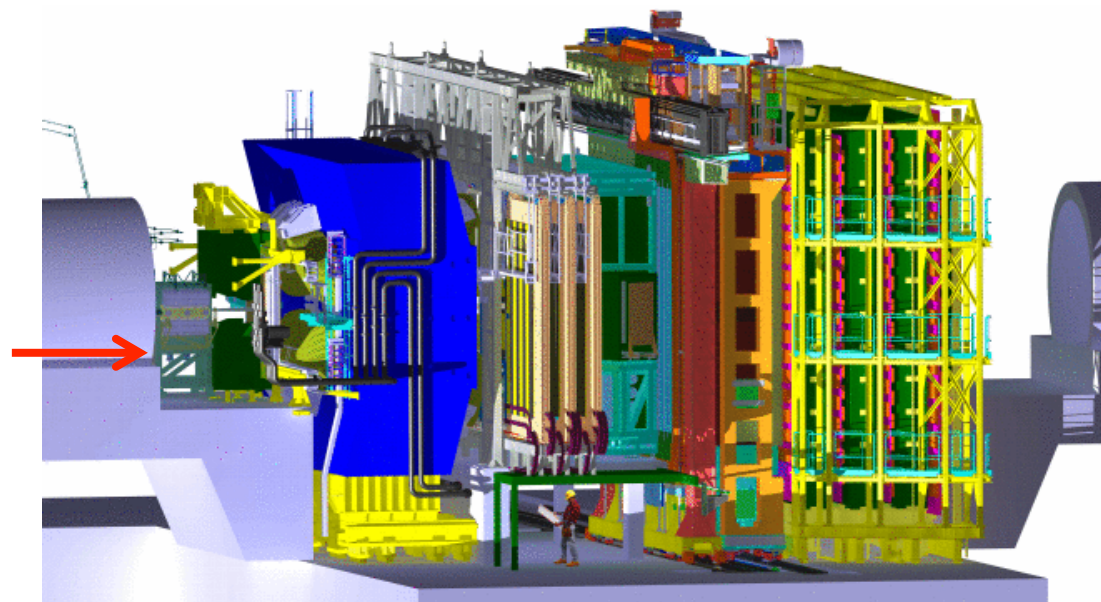
Come si rivelano le particelle ?

- Le particelle vengono *rivelate e identificate* nei rivelatori di particelle, **grazie al loro diverso modo di interagire con la materia**.
- Un **rivelatore di particelle** è costituito da più strati, ciascuno sensibile ad una particolare caratteristica della particella e quindi in grado di rivelare particelle di tipo diverso.

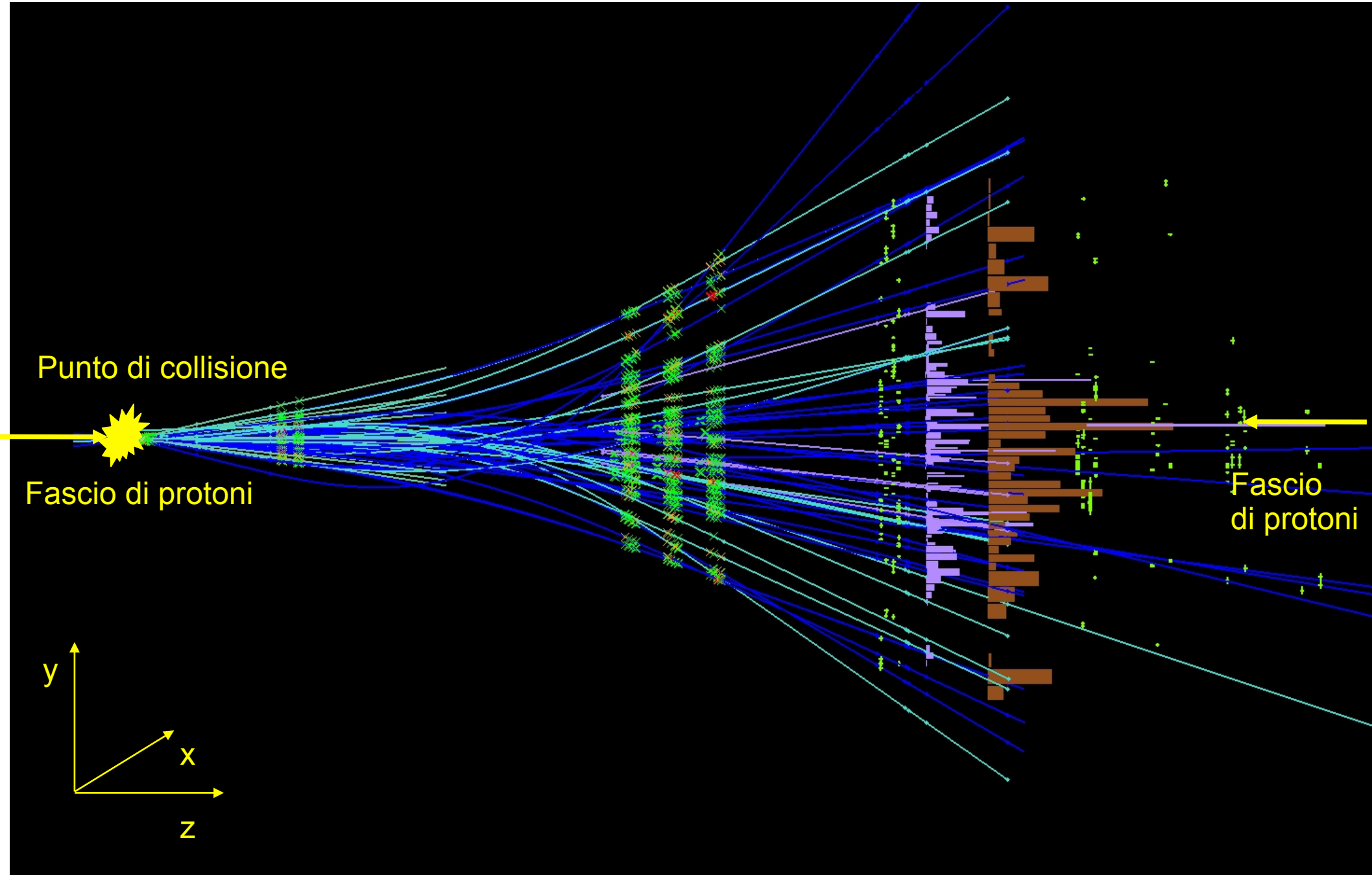


Il rivelatore LHCb

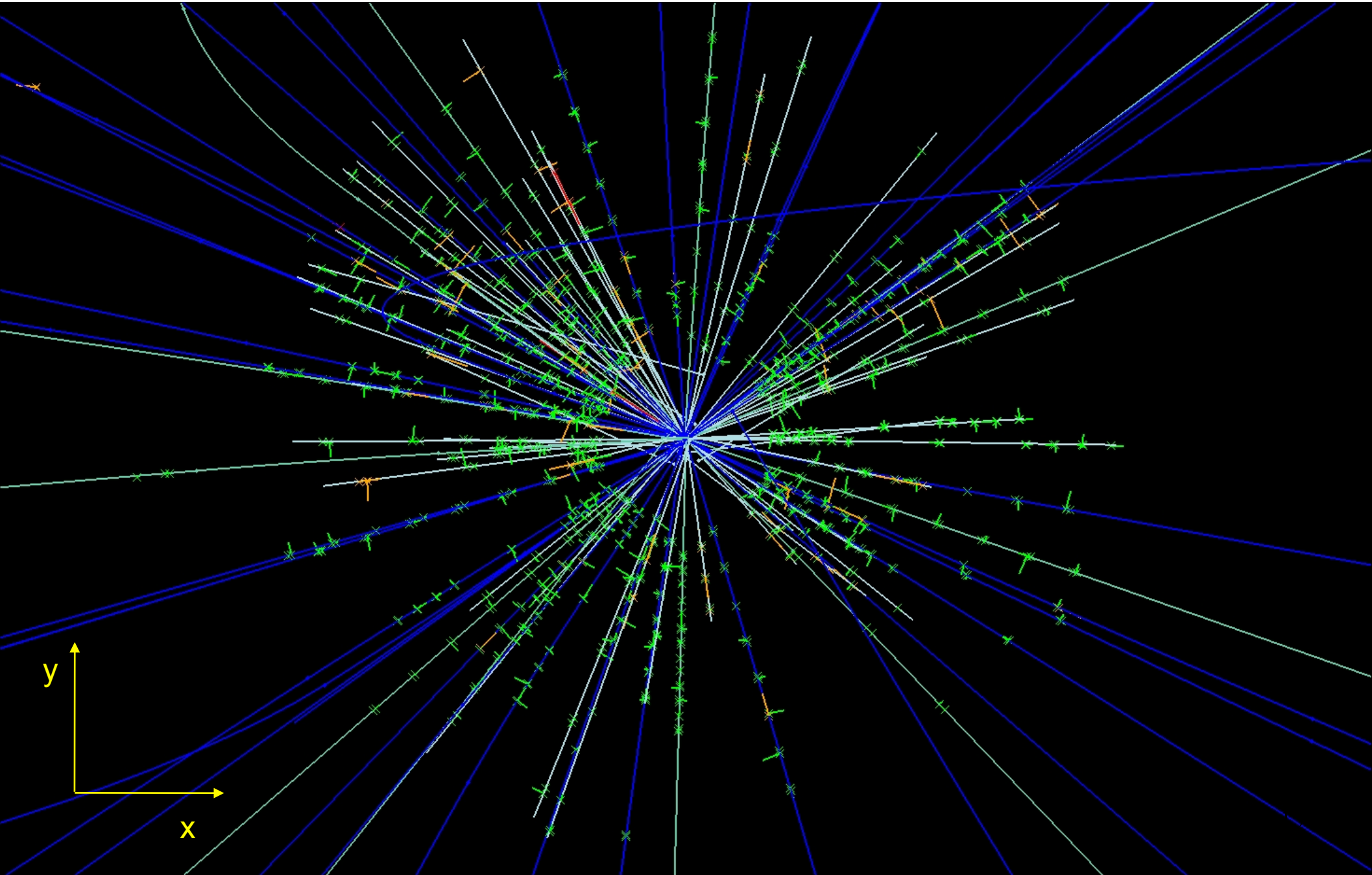
- LHCb e' uno *spettrometro in avanti* (una fetta di torta)
- Le collisioni avvengono ad un estremo e si osserva il flusso di particelle che si propaga da un lato

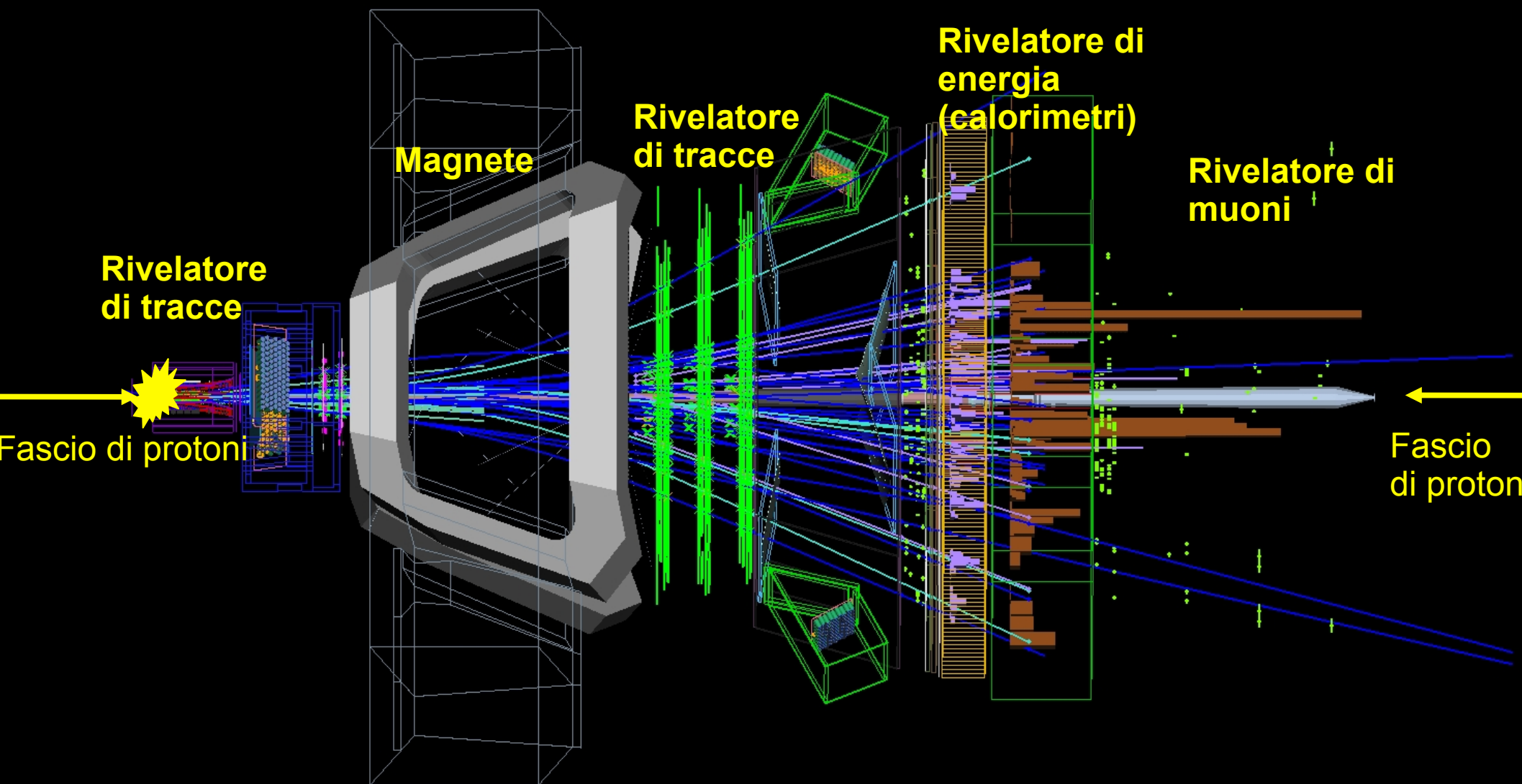


Una collisione in LHCb



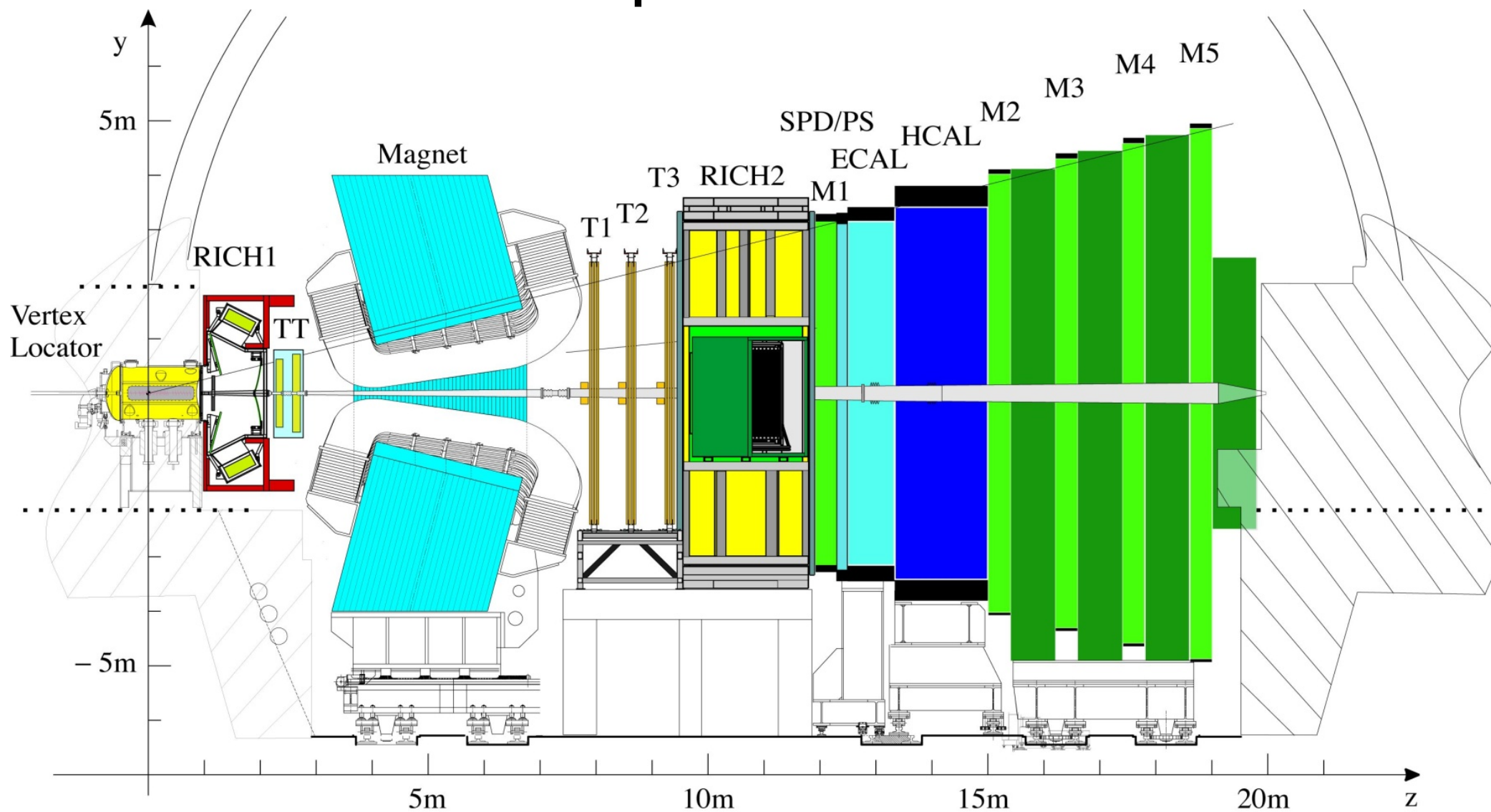
Una collisione in LHCb



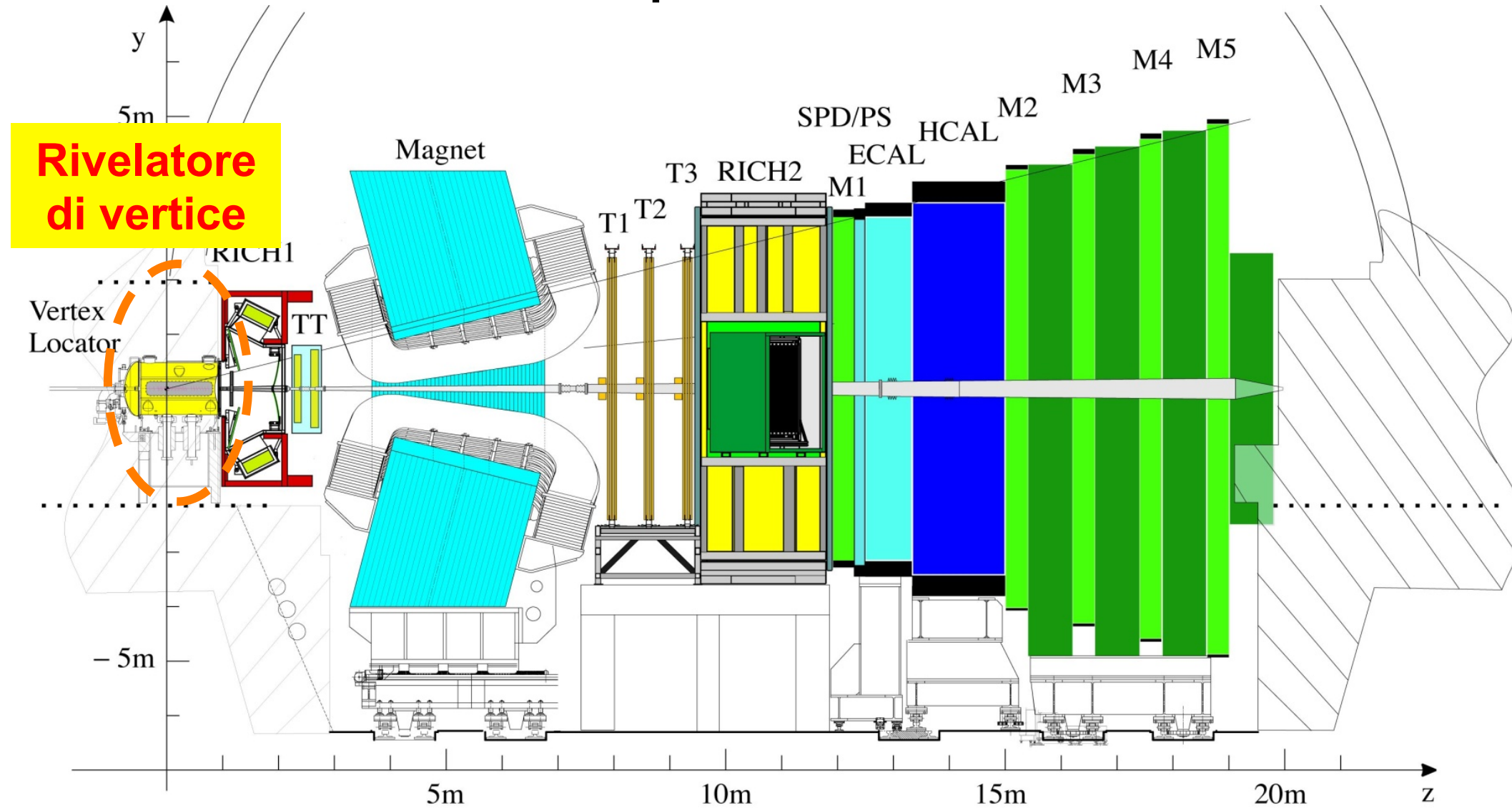




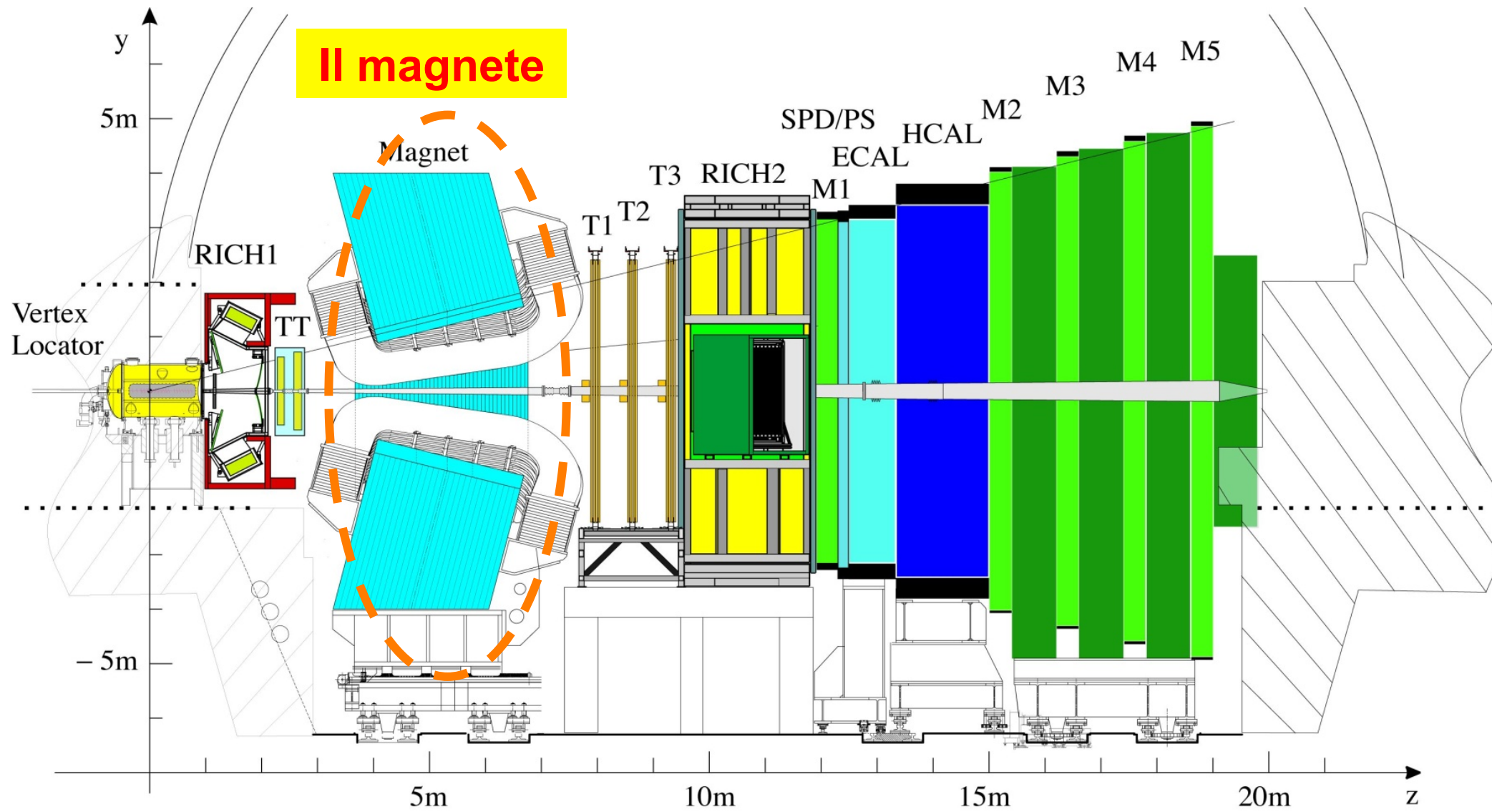
LHCb: LHC beauty experiment

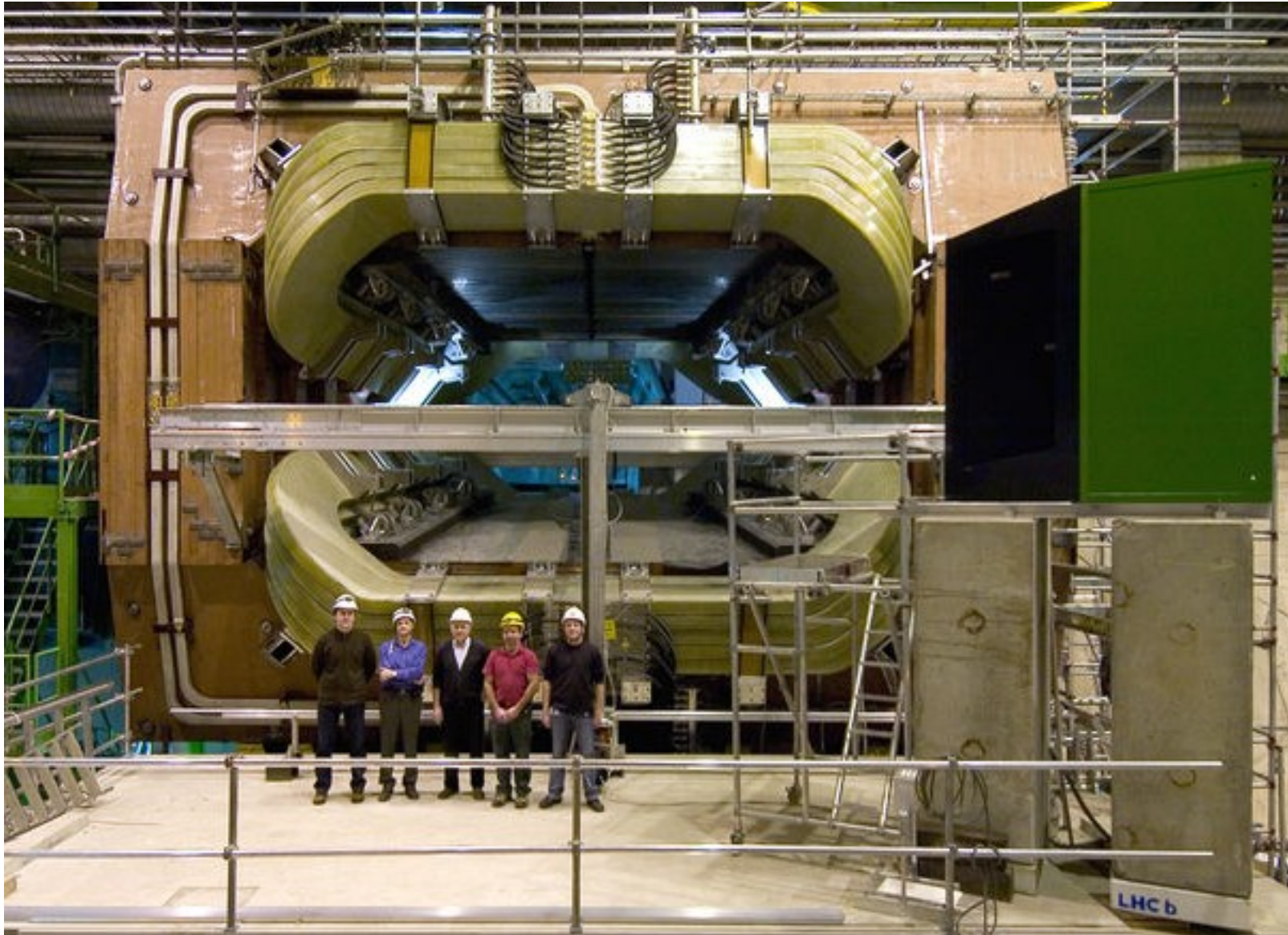


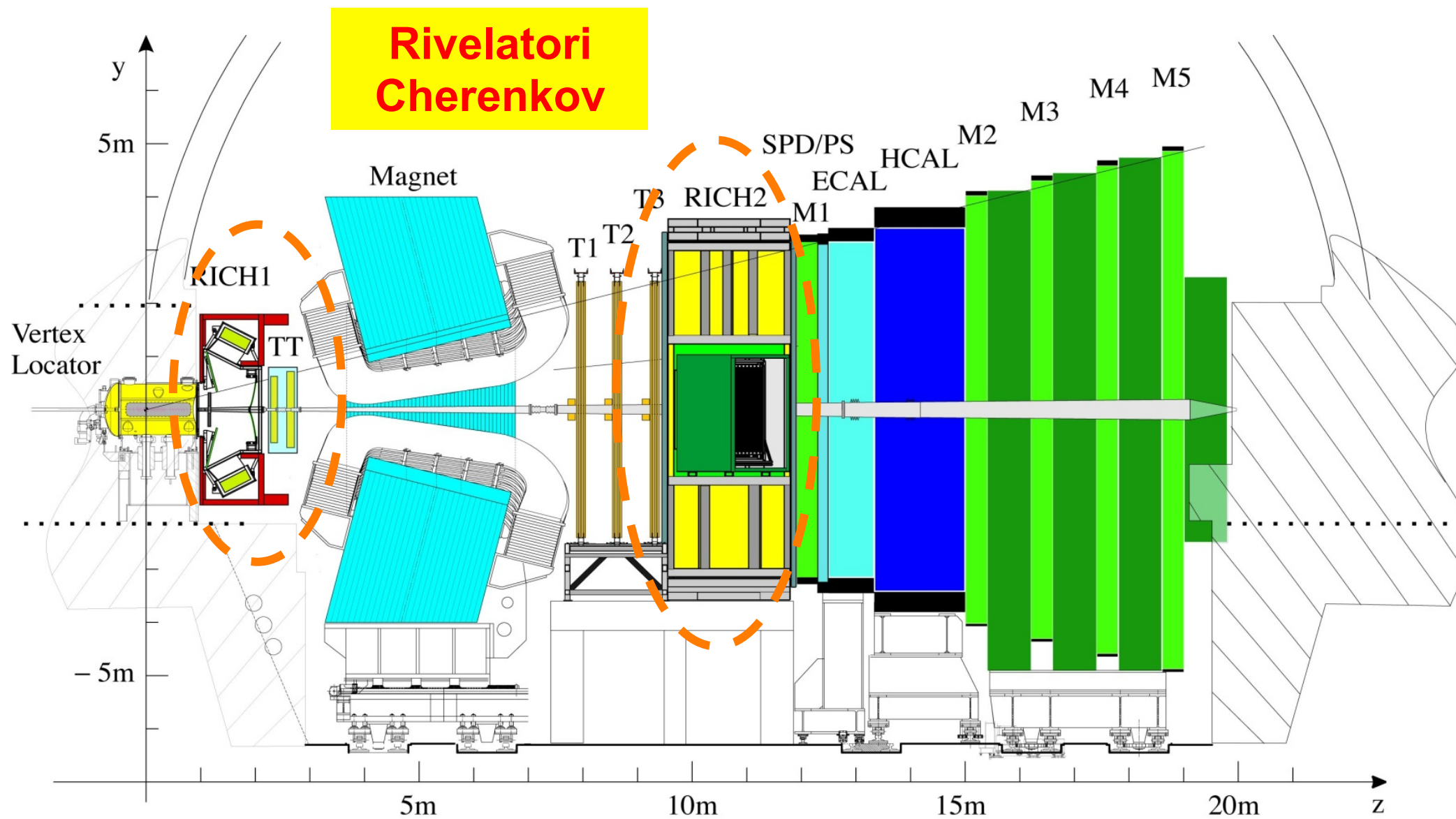
LHCb: LHC beauty experiment

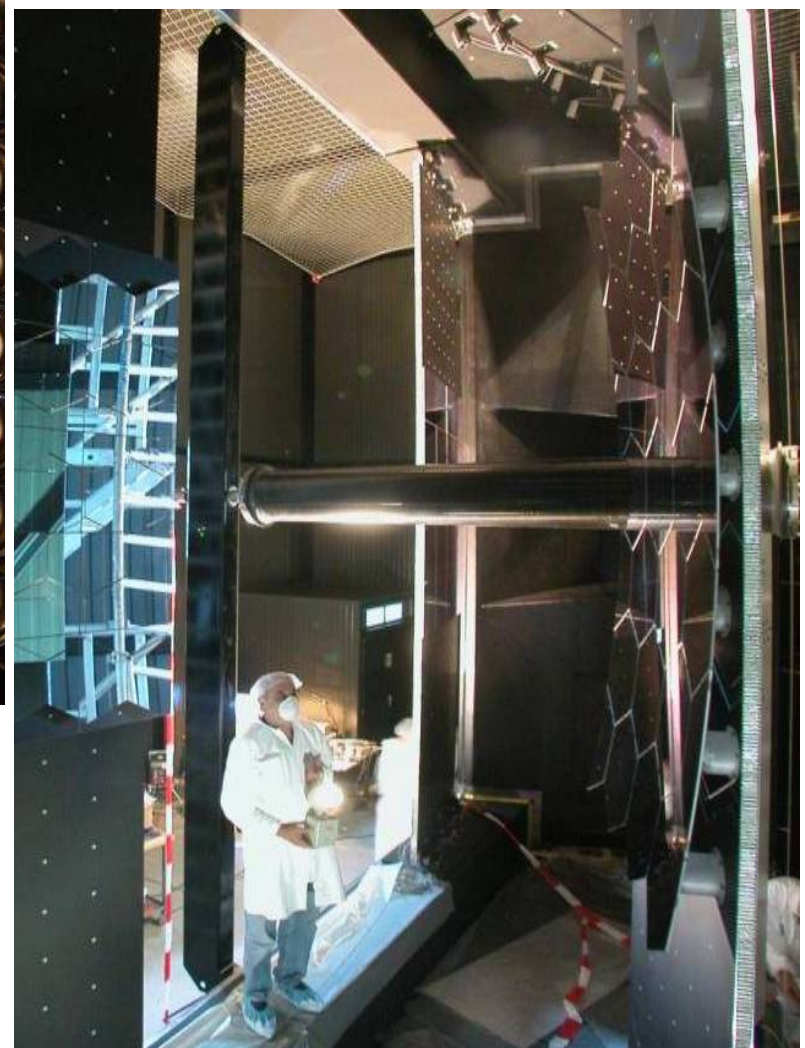


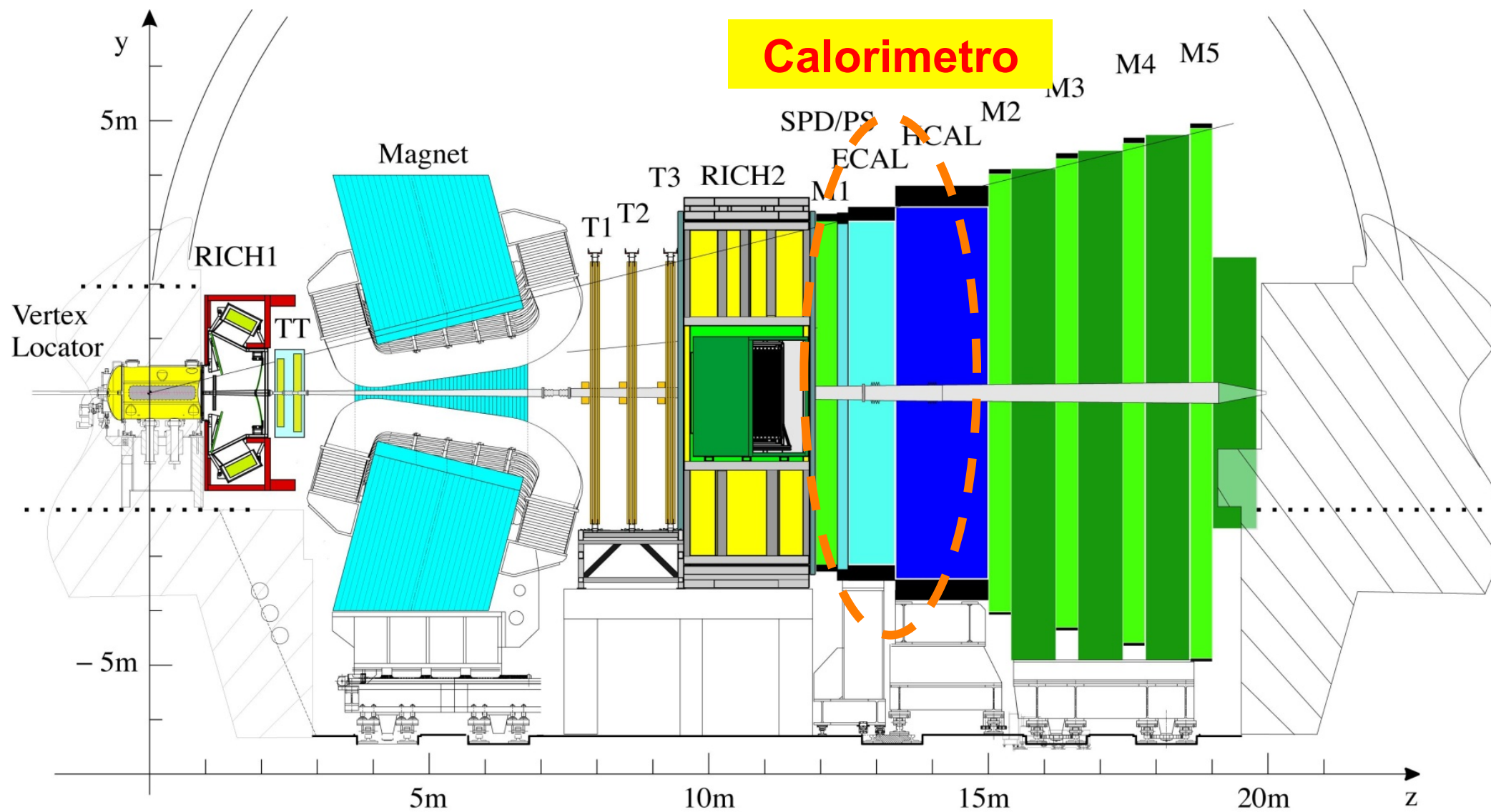


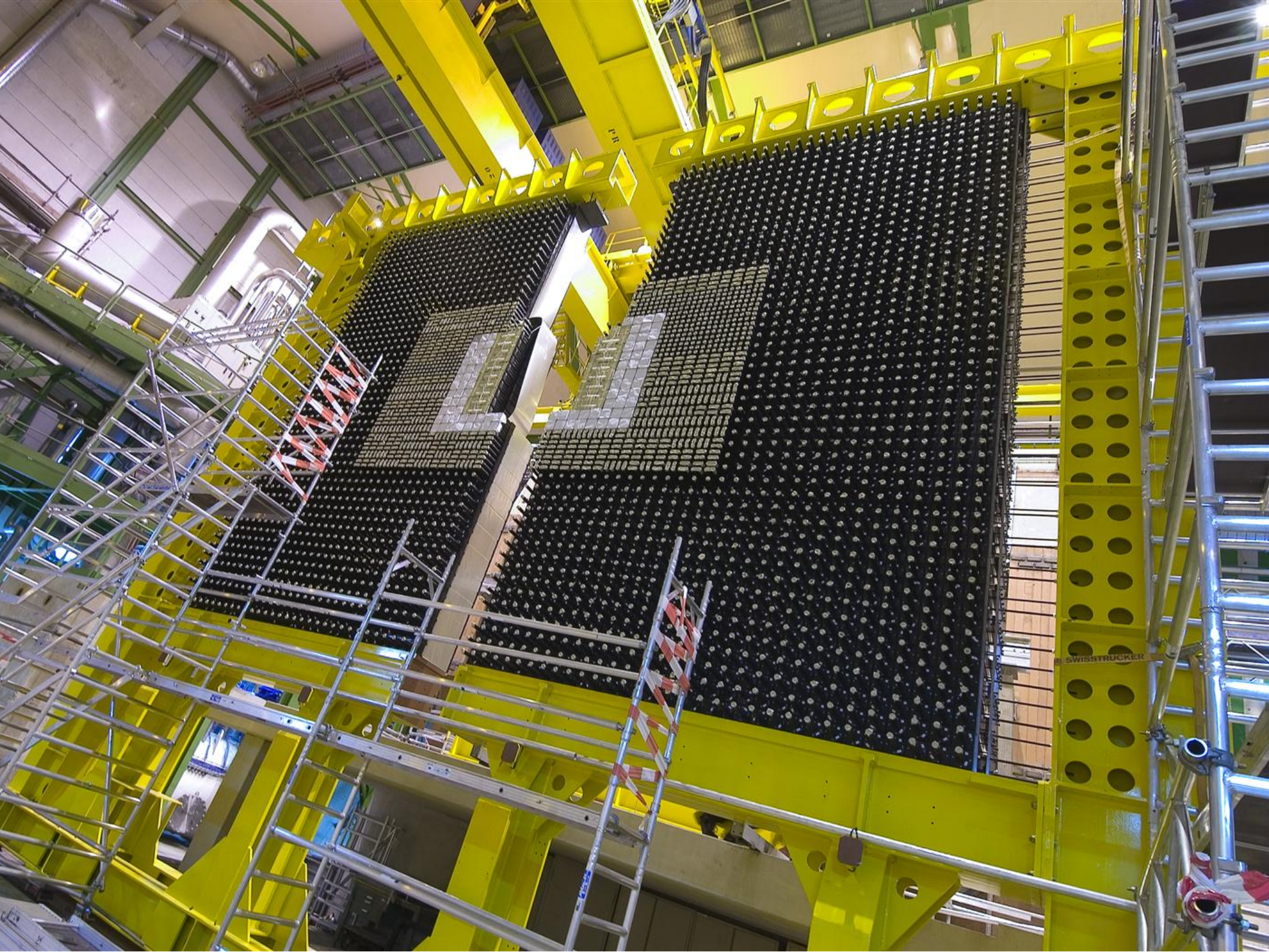






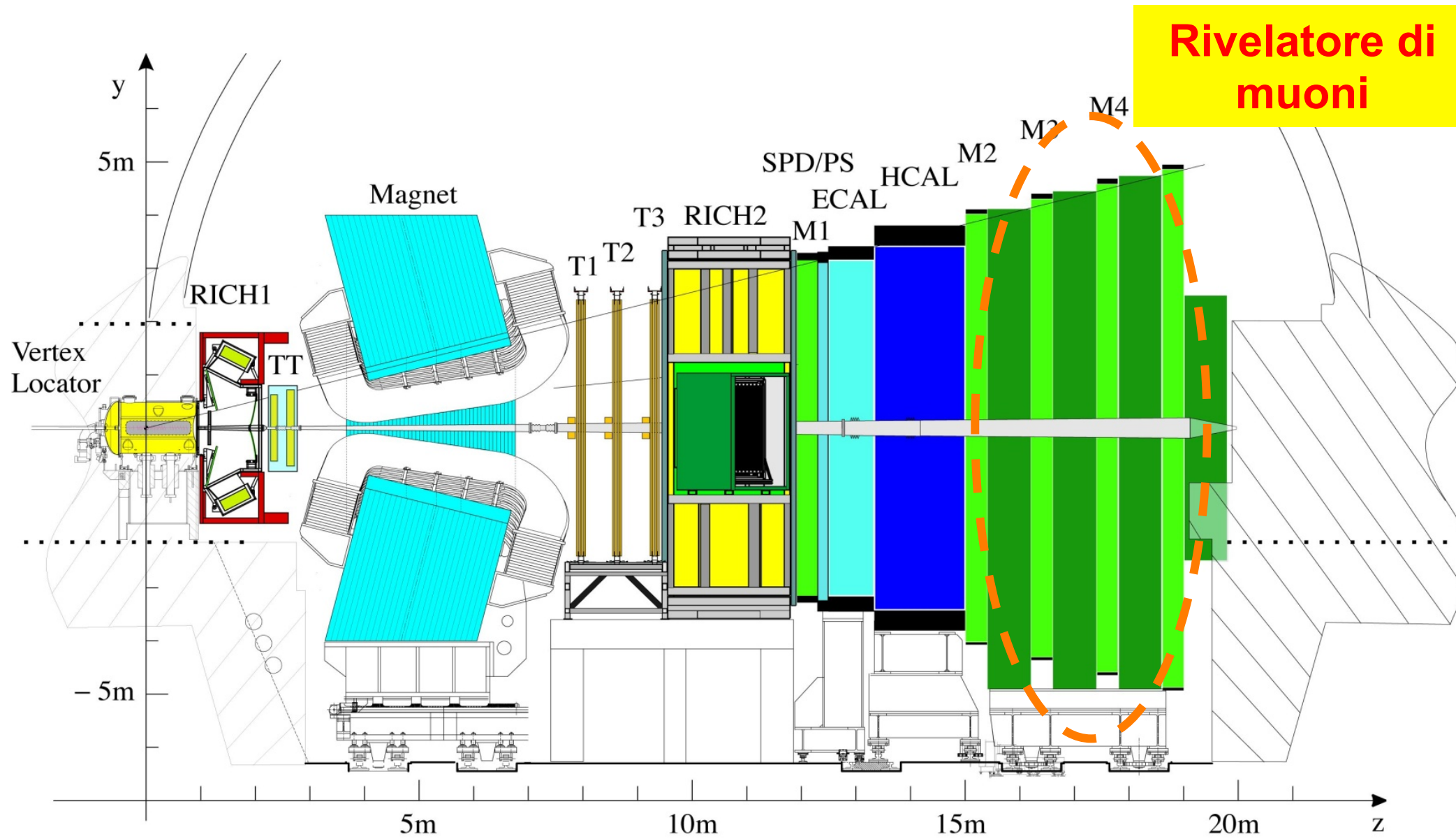






P. 11

SWISSSTRUCKER



Esercizio Masterclass

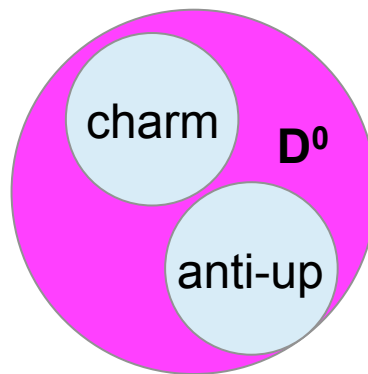
- Nell'esercizio che farete userete un **campione di dati reali raccolti nel 2011 dall'esperimento LHCb** in collisioni p-p all'acceleratore LHC.
- Cercherete la **particella D^0** e ne misurerete una proprietà: **la vita media**.
- La particella D^0 è un **mesone elettricamente neutro**, prodotto molto copiosamente ad LHC, insieme alla sua anti-particella e' studiato in LHCb nella ricerca di differenze materia e anti-materia.
- In particolare i ricercatori di LHCb studiano le possibili differenze nei decadimenti e nelle "oscillazioni" di questi mesoni.

Esercizio Masterclass

- I dati che userete contengono *eventi* (collisioni) che sono stati “pre-selezionati” in modo da contenere una particella D^0 con alta probabilità’.
- Il vostro compito e’
 - **Individuare** tra le molte tracce prodotte in ogni evento quelle che formano un D^0 o un anti- D^0
 - In base alla **massa** misurata per il D^0 **distinguere** gli eventi dovuti a **veri D^0** da quelli di “**fondo**” (combinazioni casuali di tracce).
 - **Misurare** la **vita media della particella D^0** interpolando la distribuzione dei **tempi di decadimento** dei D^0 ricostruiti

La particella D^0

Il D^0 è costituito da un **quark charm e un quark anti-up**.

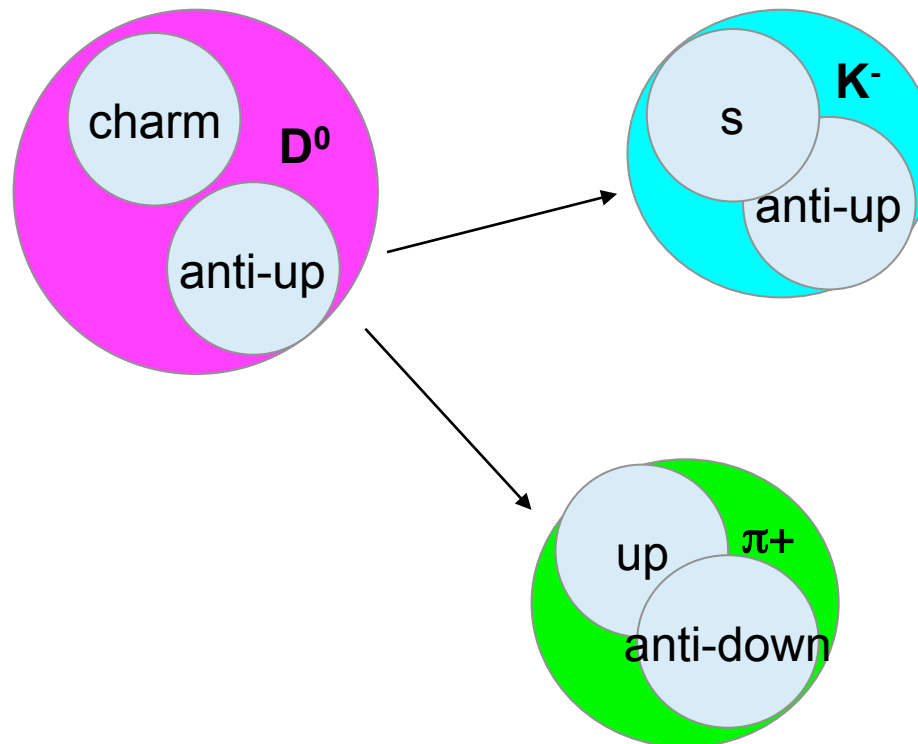


La particella D^0

Il D^0 è costituito da un **quark charm e un quark anti-up**.

È una particella instabile e dopo un certo tempo decade in altre particelle.

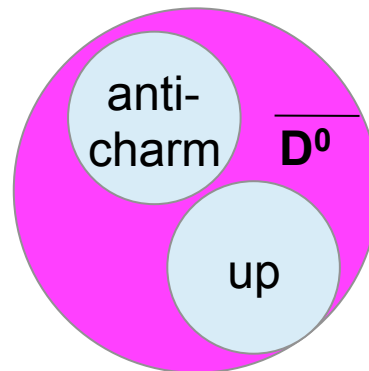
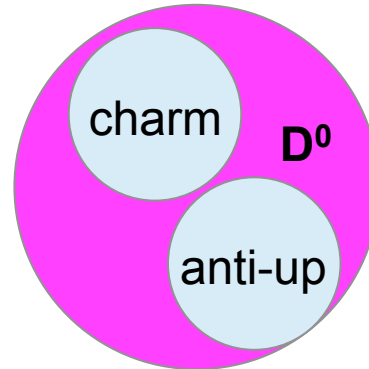
Consideriamo una delle possibilità: $D^0 \rightarrow K^- \pi^+$ il decadimento in un **kaone di** carica negativa (K^-) e un **pione** di carica positiva (π^+)



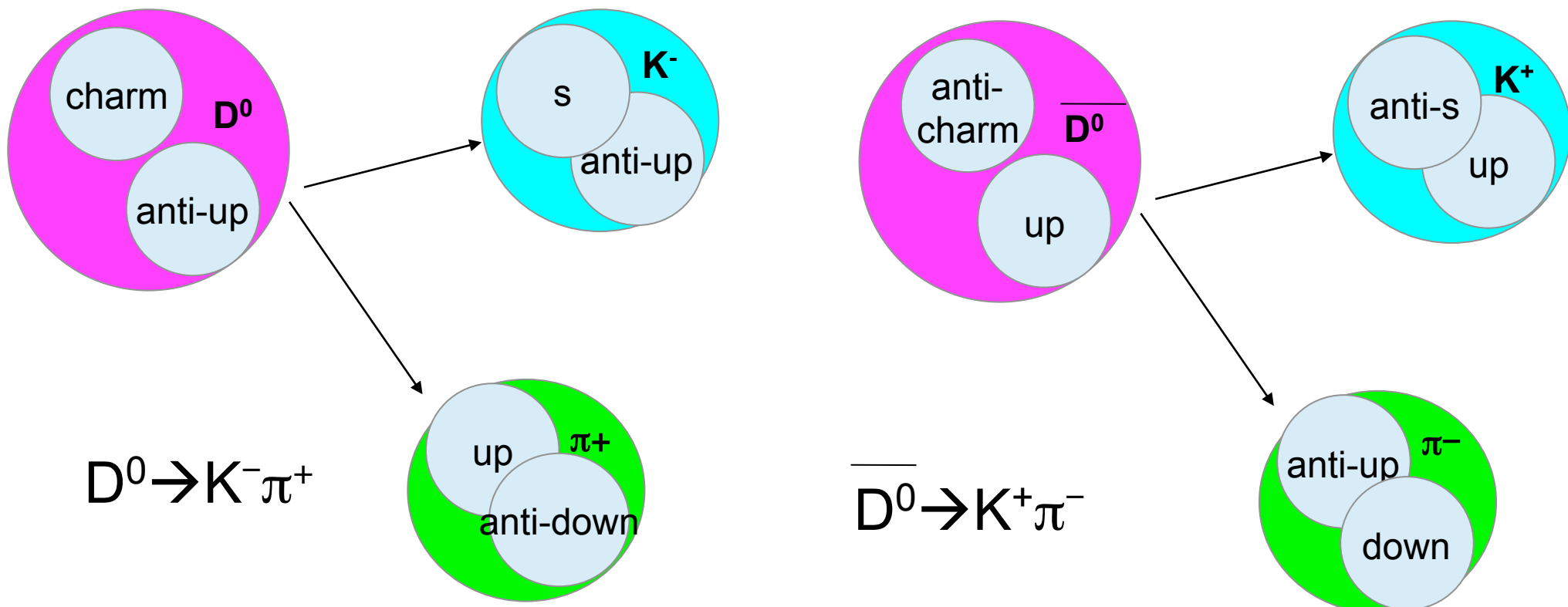
La particella e l'anti-particella

Il D^0 è costituito da un **quark charm e un quark anti-up**.

L'anti- D^0 è costituito da un **quark anti-charm e un quark up**



L'anti- D^0 decade in un **kaone** positivo (K^+) e un **pione** (π^-) negativo



Nel vostro campione troverete sia D^0 che anti- D^0

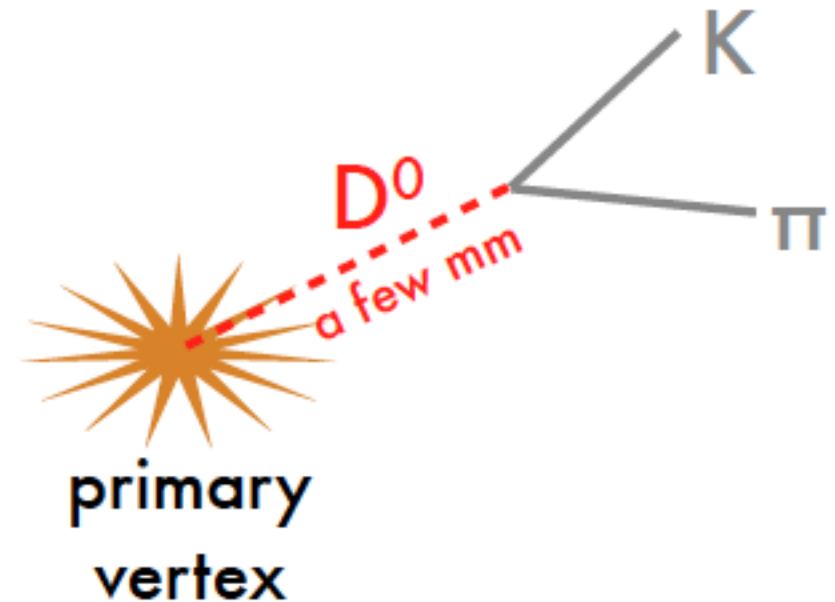
Ricostruiamo il D^0

- **Identifichiamo il mesone** e lo *ricostruiamo* se troviamo nel rivelatore le tracce delle due particelle Kaone e piane in cui e' *decaduto* poco dopo esser stato prodotto.

Quanto spazio ha percorso?

- Il mesone e' elettricamente neutro: le due tracce devono essere di carica elettrica opposta.

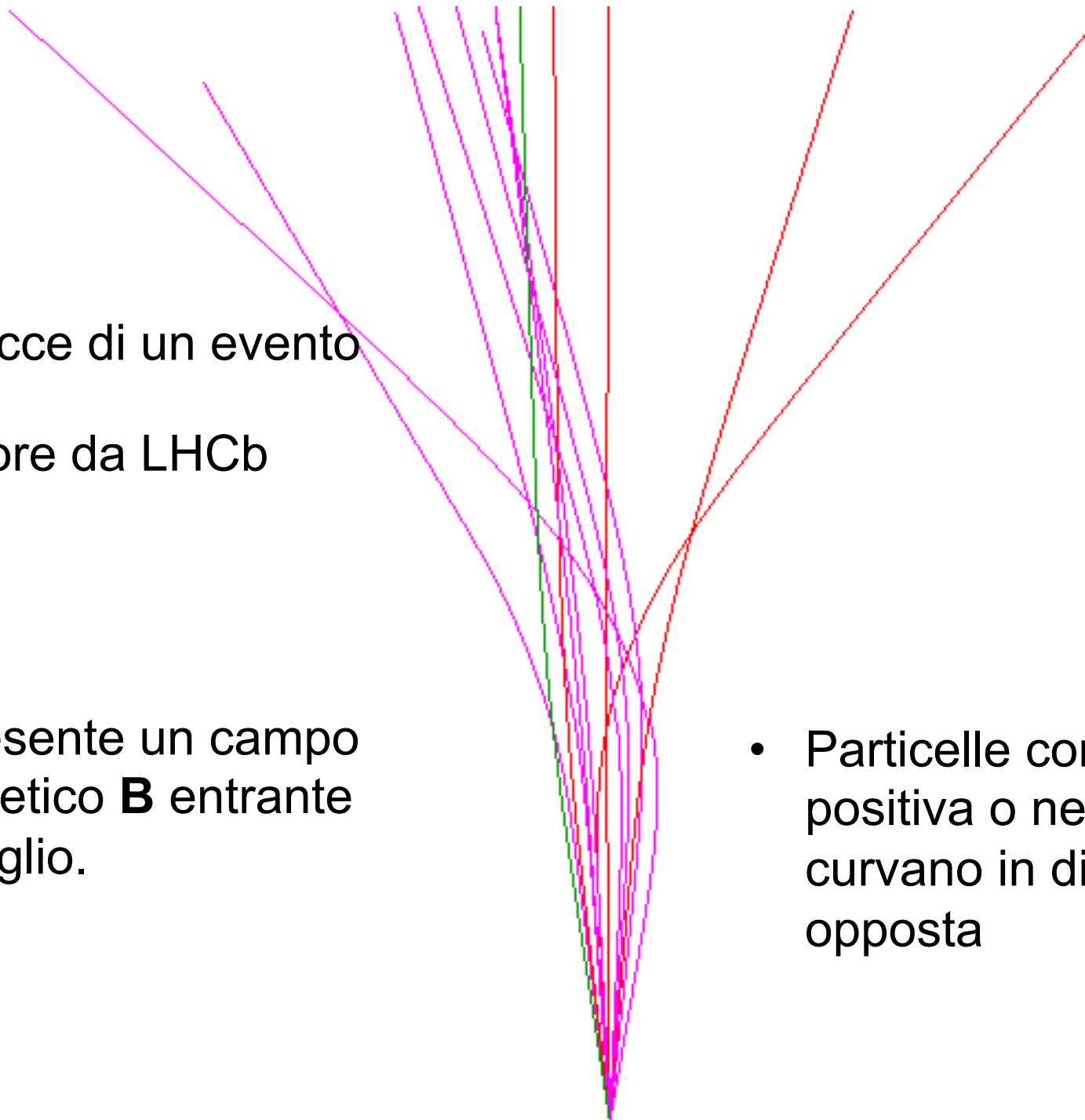
Come si conosce la carica elettrica di una particella in un rivelatore di particelle?



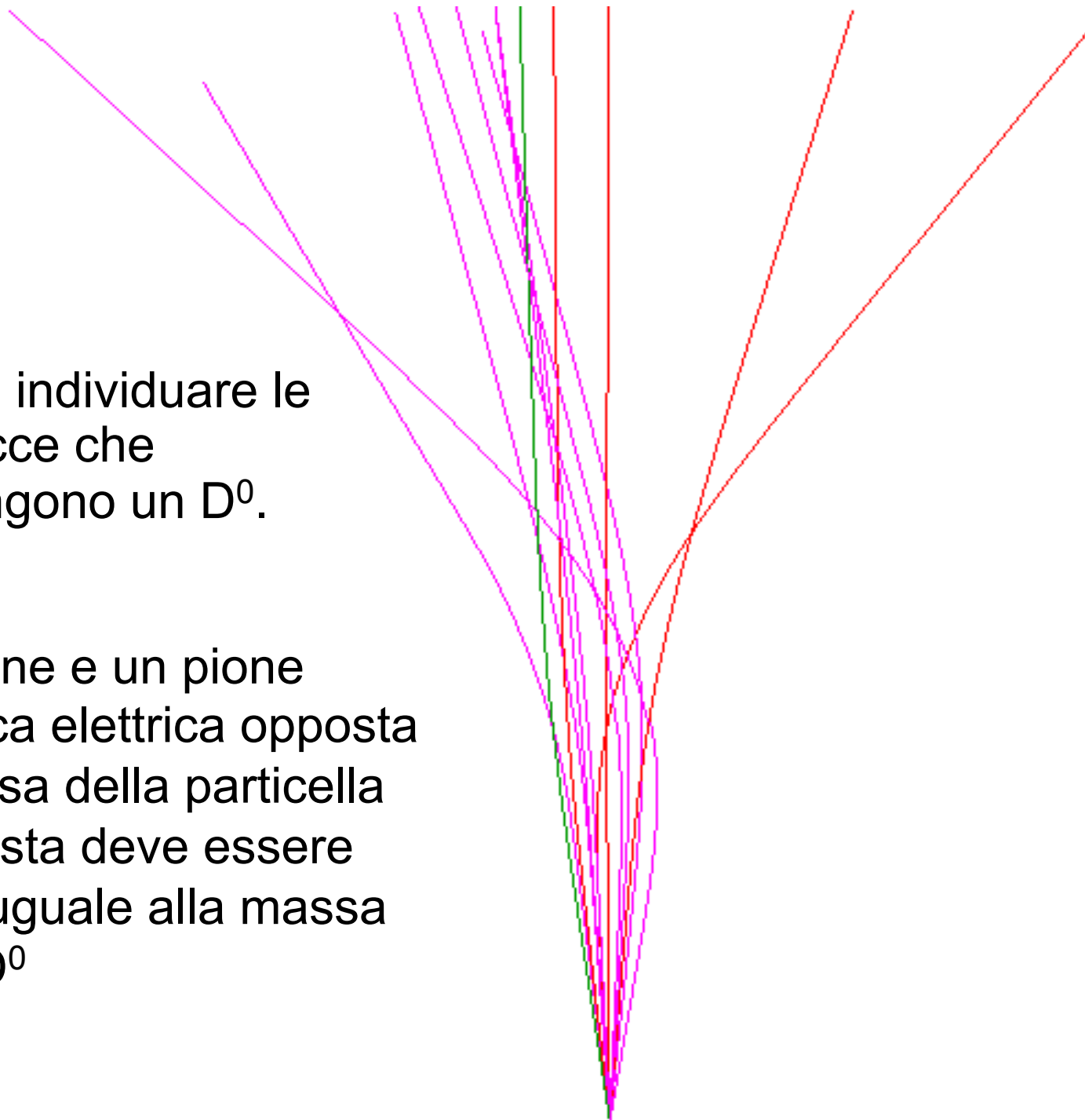
Alcune tracce di un evento
ricostruite
nel rivelatore da LHCb

- E' presente un campo magnetico \mathbf{B} entrante nel foglio.

- Particelle con carica positiva o negativa curvano in direzione opposta

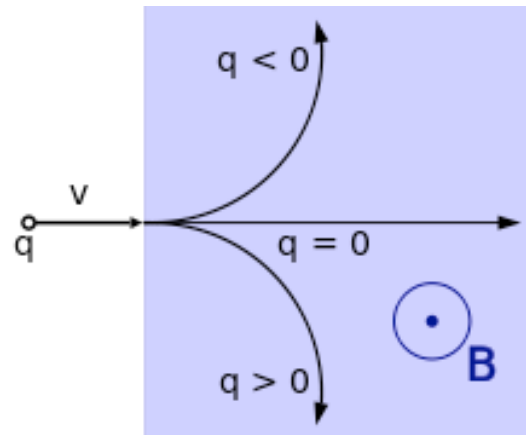
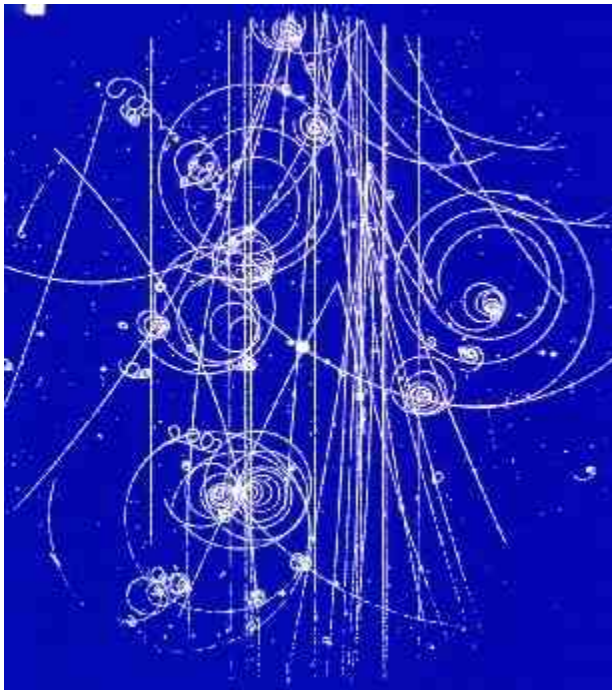


- Dovrete individuare le due tracce che compongono un D^0 .
- ✓ un kaone e un pione
- ✓ di carica elettrica opposta
- ✓ la massa della particella composta deve essere quasi uguale alla massa di un D^0



Curvatura in campo magnetico

- Una particella di carica q viene curvata da un campo magnetico.
- Ricostruita la sua traiettoria, dalla misura del raggio R si ricava la sua quantità di moto (momento p)



$$R = p / (qB)$$

Grande raggio

→ grande momento

Piccolo raggio

→ piccolo momento.

Energia e massa di una particella

In fisica classica il momento (quantità' di moto) di una particella e' legato alla massa e alla velocità' da

$$\mathbf{p} = m\mathbf{v}$$

Per particelle che viaggiano a velocità prossime a quelle della luce, la relatività ristretta ci dice che

$$E^2 = \vec{p}^2 c^2 + (mc^2)^2$$

Per il D^0 il momento e l'energia sono dati dalla **somma dei valori misurati per i suoi prodotti di decadimento**: kaone e pione

$$\vec{p}_{D^0} = \vec{p}_K + \vec{p}_\pi$$

$$E_{D^0} = E_K + E_\pi$$

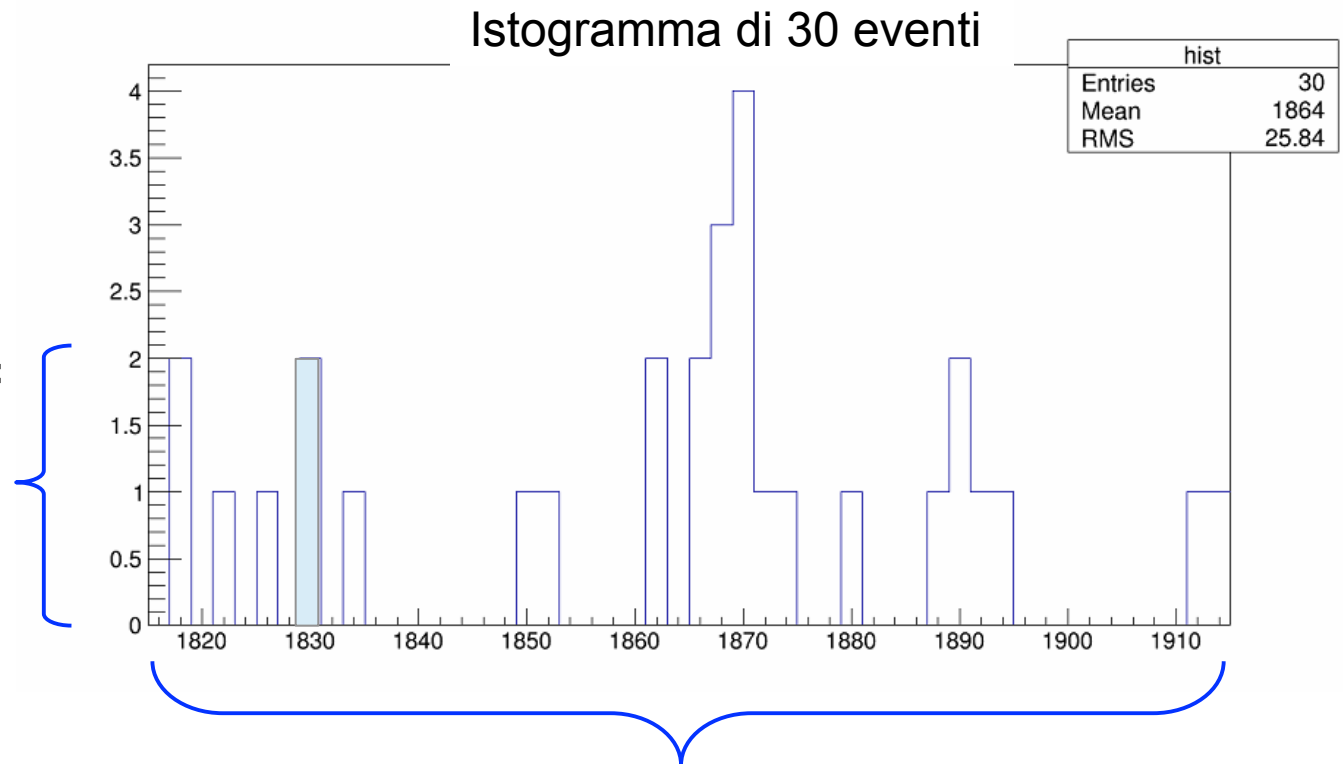
Posso ricavare la misura della massa:

$$M_{D^0} = \sqrt{E_{D^0}^2 / c^2 - \vec{p}_{D^0}^2}$$

Una parentesi: come rappresentiamo queste grandezze? Gli istogrammi

Supponiamo di avere misurato più volte una grandezza X .
Un modo conveniente per rappresentare questi valori è **l'istogramma**.

Altezza dei rettangoli =
numero di eventi
misurati in ciascun
intervallo



Base dei rettangoli = intervallo in
cui sono contenute le misure.

La massa del D^0

Per ogni D^0 vero ricostruito mi aspetto di trovare un valore della massa prossimo a quello **atteso** (misura della massa della particella effettuata da diversi esperimenti negli anni scorsi)


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

Valore che dovrete misurare!

Questo dovrebbe essere il valore centrale dell'istogramma, quando il numero di D^0 ricostruiti e' sufficientemente elevato.

Ora tocca a te...

Lingua

EN FR DE RO IT

Inserisci i tuoi dati

Nome

Cognome

Classe

Number

Salva

I

Event Display

II

D0 Exercise

Set output directory

OK

Exit

Info Esci

Selezione della lingua: clicca su *IT*

Completa con i tuoi dati personali

A ciascuno studente sarà assegnata una diversa raccolta di 30 eventi.

Dopo aver salvato, clicca sul logo di *Event Display* per iniziare l'esercizio

Lascia pure incompleto questo campo

Esercizio con il visualizzatore di eventi

Eve Main Window

Browser Eve

Event Control

Numero di evento: 1

Visualizza

Nascondi la geometria

Trasparenza

Zoom

Informazioni sulla particella

Nome	pi-	
Massa	139.57	MeV/c ²
E	4295.45	MeV
q	-1.00	
chi ²	1.08	
px	-58.57	MeV/c
py	324.34	MeV/c
pz	4280.51	MeV/c

Viewer 1

Viewer 1

Actions

Gestisci le opzioni grafiche (zoom, prospettiva, trasparenza o “nascondi geometria”) al fine di migliorare la visualizzazione dell’evento

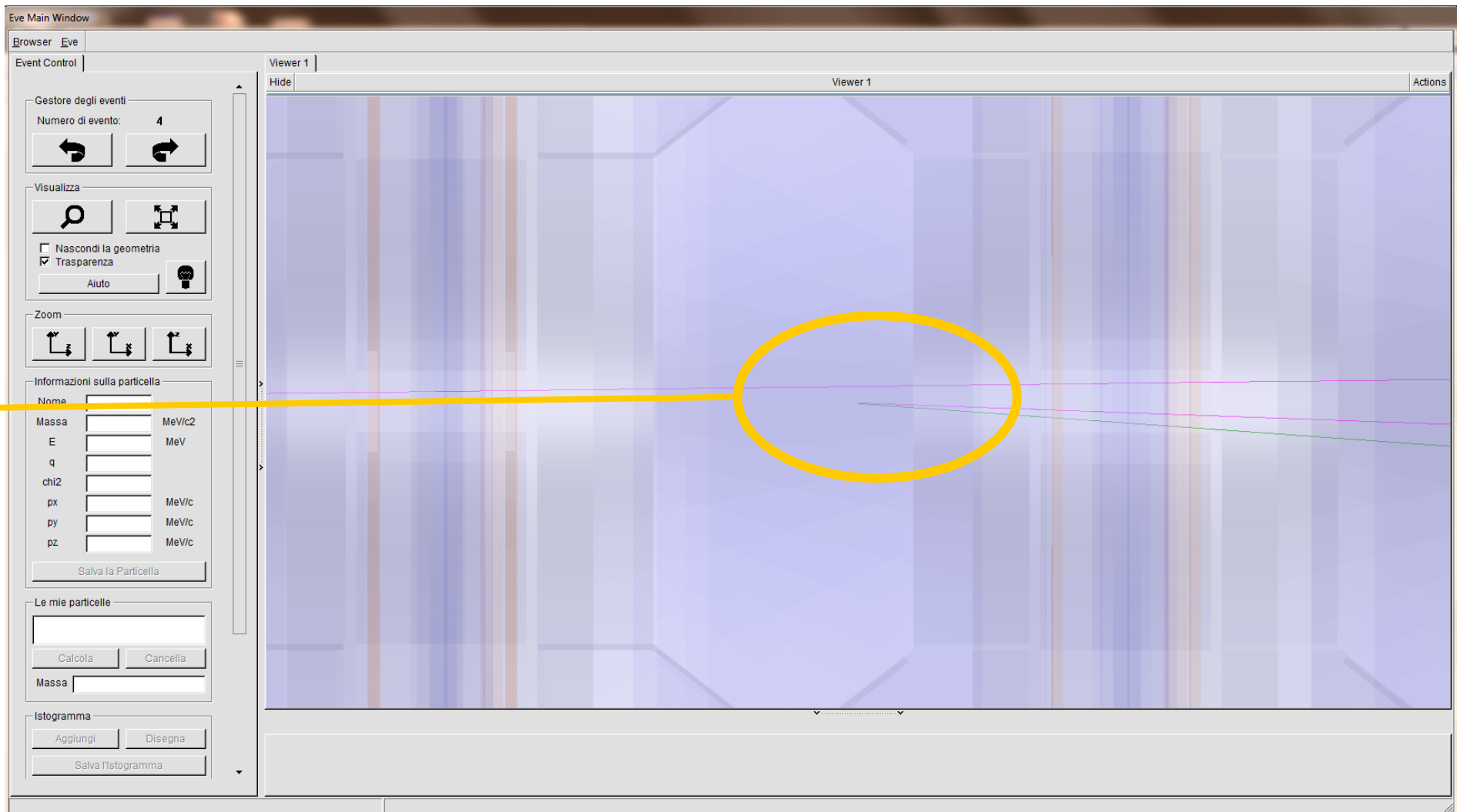
Esercizio con il visualizzatore di eventi

The screenshot displays the 'Eve Main Window' interface. On the left, the 'Event Control' panel includes a 'Numero di evento: 1' field, navigation buttons, a 'Visualizza' section with zoom and transparency controls, and a 'Zoom' section. Below this is the 'Informazioni sulla particella' panel, which is highlighted with a purple box and a purple arrow pointing to the explanatory text below. The main 'Viewer 1' window shows a 3D visualization of a particle detector with tracks and a blue arrow pointing to a specific track.

Informazioni sulla particella		
Nome	pi-	
Massa	139.57	MeV/c ²
E	4295.45	MeV
q	-1.00	
chi2	1.08	
px	-58.57	MeV/c
py	324.34	MeV/c
pz	4280.51	MeV/c

Cliccando su una traccia, selezionerai la particella che ha prodotto quella traccia e ne scoprirai le sue caratteristiche principali.

Esercizio con il visualizzatore di eventi



Individua i vertici secondari che ritieni correlati al decadimento particella D^0 . Ricorda che D^0 tende a percorrere circa 1 cm prima di decadere ($D^0 \rightarrow K + \pi$)

Esercizio con il visualizzatore di eventi

Event Control

Viewer 1

Hide Viewer 1 Actions

Informazioni sulla particella

Nome	pi+
Massa	139.57 MeV/c ²
E	73421.88 MeV
q	1.00
chi2	1.23
px	1101.52 MeV/c
py	117.60 MeV/c
pz	73413.39 MeV/c

Salva la Particella

Le mie particelle

My particle: pi+

Calcola Cancella

Istogramma

Aggiungi Disegna

Salva l'Istogramma

Esci

Se sei convinto che questa particella derivi dal decadimento D^0 salvala in *Le mie particelle*.
Ripeti per la seconda particella.

Esercizio con il visualizzatore di eventi

Eve Main Window

Browser Eve

Event Control

Viewer 1

Hide Viewer 1 Actions

Informazioni sulla particella

Nome	K-
Massa	493.68 MeV/c ²
E	32343.87 MeV
q	-1.00
chi2	1.14
px	1359.38 MeV/c
py	693.22 MeV/c
pz	32304.08 MeV/c

Salva la Particella

Le mie particelle

My particle: pi+

My particle: K-

Calcola Cancella

Massa 1869.89

Istogramma

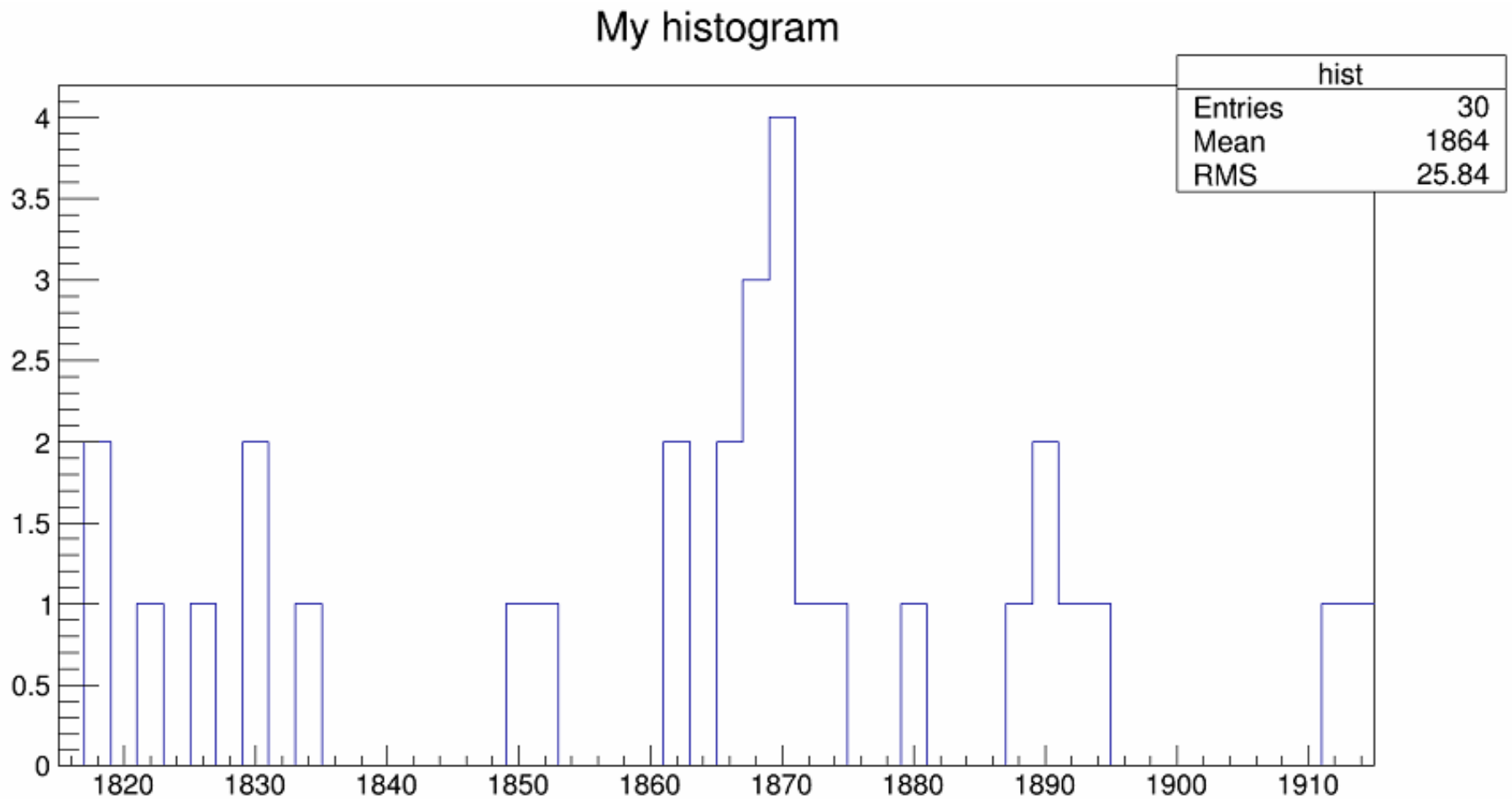
Aggiungi Disegna

Salva l'Istogramma

Esci

Clicca su *Calcola* per determinare la massa di D^0 ($\sim 1864 \text{ MeV}/c^2$) e aggiungila all'istogramma. Puoi disegnare l'istogramma cliccando su *Disegna*.

Esercizio con il visualizzatore di eventi



Ripeti l'operazione per I 30 eventi del tuo campione e salva
l'istogramma complessivo.

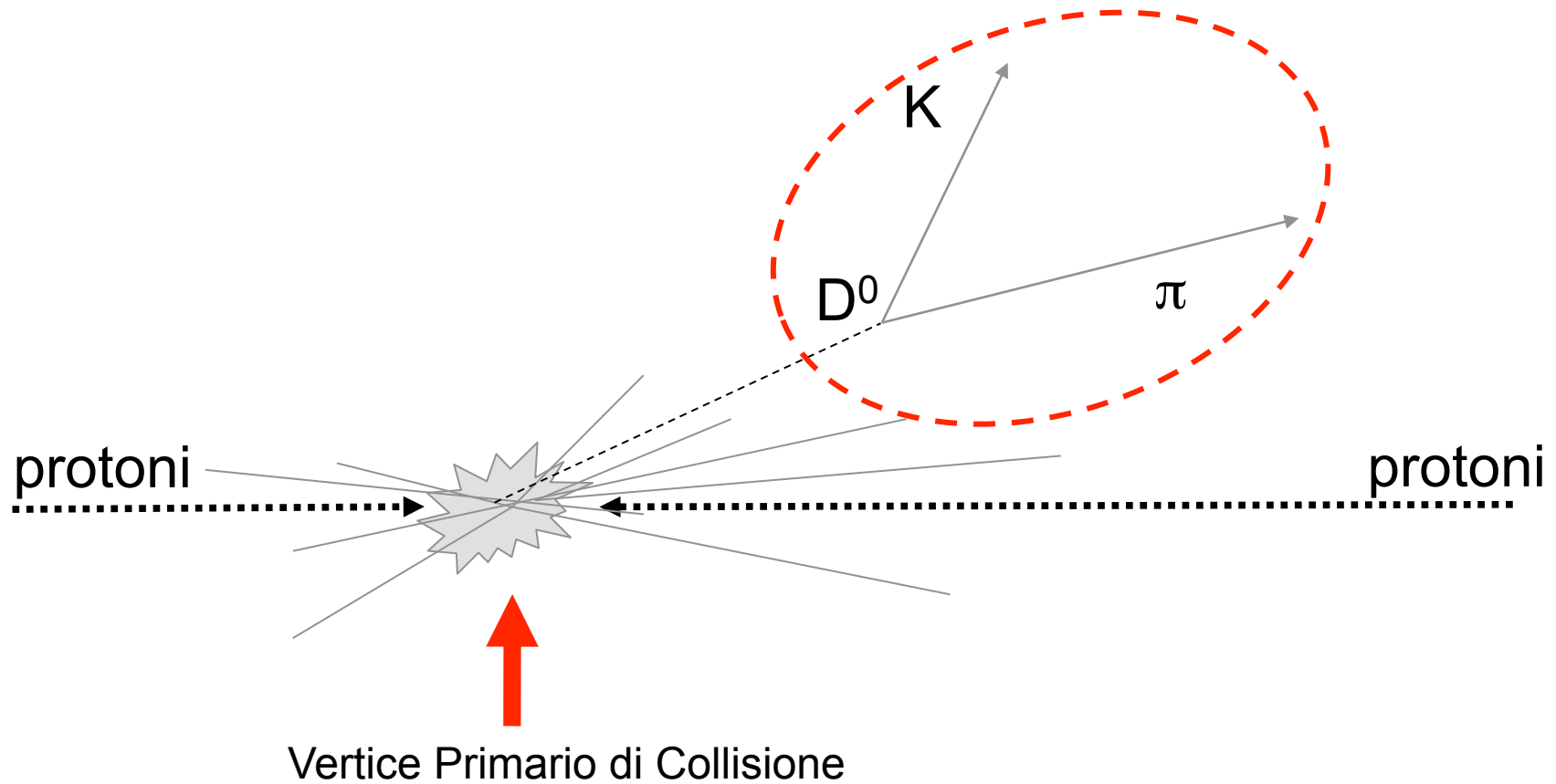
Gli istogrammi di tutti gli studenti saranno poi uniti in un unico
istogramma e piu' significativo risultato.

Seconda parte dell'esercizio

Misura della vita media della particella D^0

Misura della vita media del D^0

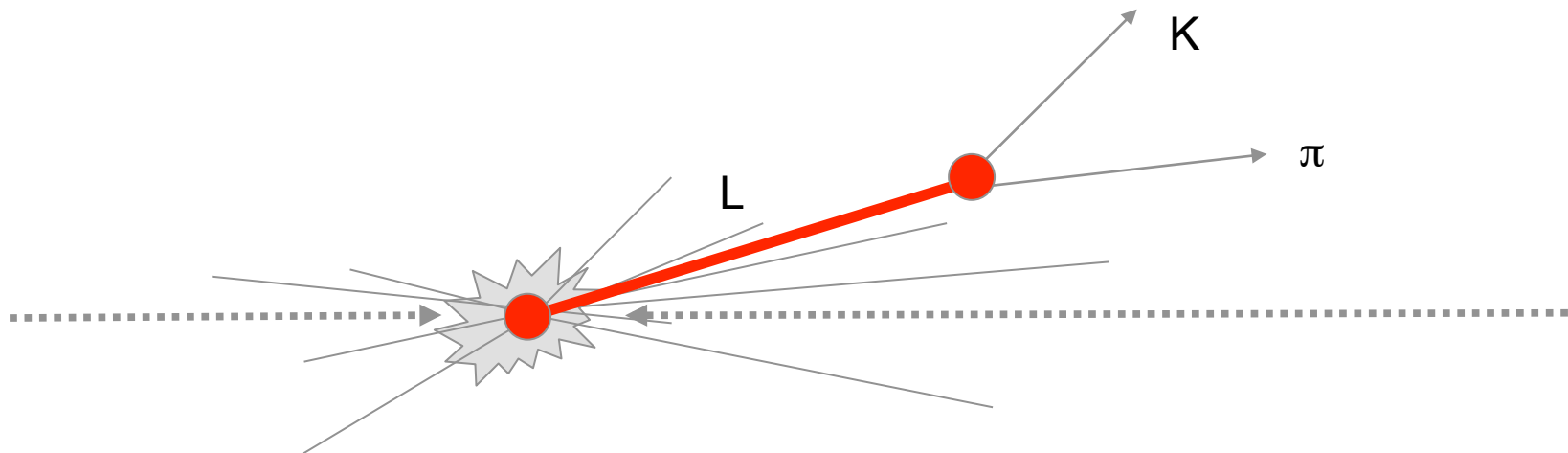
Il D^0 è una particella instabile, e dopo un certo tempo, decade in $K^- \pi^+$



Quanto e' lunga la vita di una particella?

Type	Name	Symbol	Energy (MeV)	Mean lifetime
Lepton	Electron / Positron	e^- / e^+	0.511	$> 4.6 \times 10^{26}$ years
	Muon / Antimuon	μ^- / μ^+	105.7	2.2×10^{-6} seconds
	Tau lepton / Antitau	τ^- / τ^+	1777	2.9×10^{-13} seconds
Meson	Neutral Pion	π^0	135	8.4×10^{-17} seconds
	Charged Pion	π^+ / π^-	139.6	2.6×10^{-8} seconds
Baryon	Proton / Antiproton	p^+ / p^-	938.2	$> 10^{29}$ years
	Neutron / Antineutron	n / \bar{n}	939.6	885.7 seconds
Boson	W boson	W^+ / W^-	80,400	10^{-25} seconds
	Z boson	Z^0	91,000	10^{-25} seconds

- Misuro la vita del D^0 dallo **spazio percorso** dal D^0 prima di decadere.
(spazio = velocità x tempo nel moto uniforme)



$$\tau(D_0) = (410 \pm 1.5) \times 10^{-15} \text{ s}$$

Valore che dovrete misurare!

Ma lo spazio percorso da una particella in 10^{-12} s è una lunghezza misurabile sperimentalmente?

Come si puo' misurare la vita (breve) di una particella?

- Quanto spazio percorre una particella che vive $t = 0.4 \cdot 10^{-12}$ secondi se si muove ad una velocita' prossima alla velocita' della luce ?

$$L = v t \sim (3 \times 10^8 \text{ m/s}) \times (0.4 \times 10^{-12} \text{ s}) = 1.2 \times 10^{-4} \text{ m}$$

→ 0.12 mm non e' molto!

- Fortunatamente il calcolo e' sbagliato, dimentica la relativita' ristretta che ci dice il tempo si dilata per chi si muove ad alta velocita'

$$t' = \frac{t}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} = t\gamma$$

$$L = vt\gamma$$

- Ad LHC una particella D^0 ha velocita' $v \sim 0.99919 c$ quindi $\gamma \sim 25$ cioe' il D^0 vive 25 volte piu' a lungo e nel rivelatore percorre in media 3 mm!

La legge di decadimento

- Il **decadimento** di una particella instabile è descritto dalla **legge esponenziale**

$$N(t) = N(0)e^{-t/\tau}$$

- La **vita media** τ indica il tempo che deve trascorrere perché il numero di D^0 presenti si riduca di circa il 60%.
- La legge esponenziale esprime il fatto che la **probabilità di decadimento**, in un certo intervallo di tempo, **è costante**.

Legge di decadimento

Processo statistico controllato da un singolo parametro

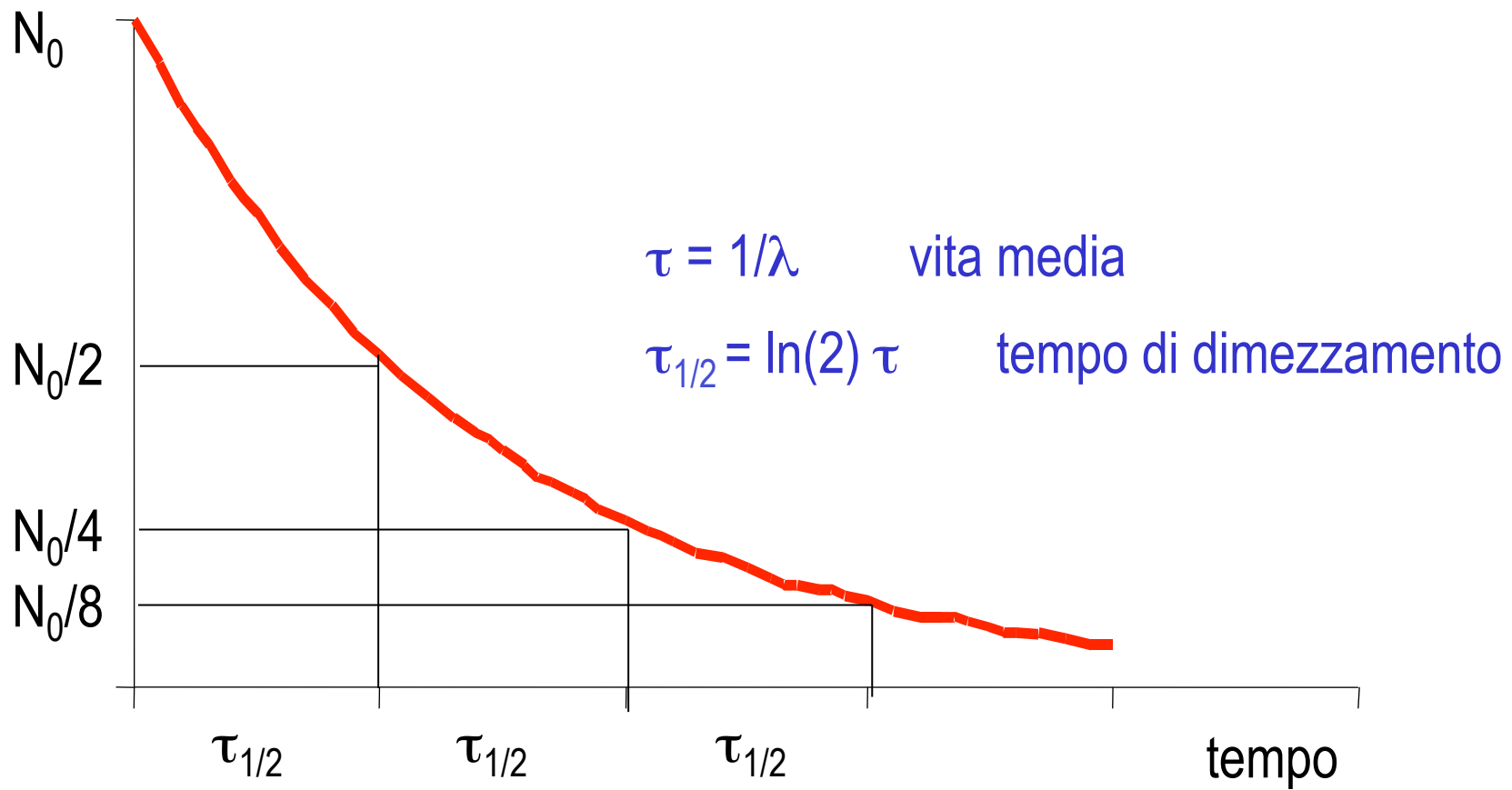
λ = costante di decadimento

$\lambda \Delta t$ probabilità di decadimento nell'intervallo Δt , costante
(indipendente dal tempo trascorso)

$\Delta N / N = - \lambda \Delta t$ *Variazione relativa del numero di nuclei costante,
in intervalli di tempo costanti*

→ Legge esponenziale:

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$$



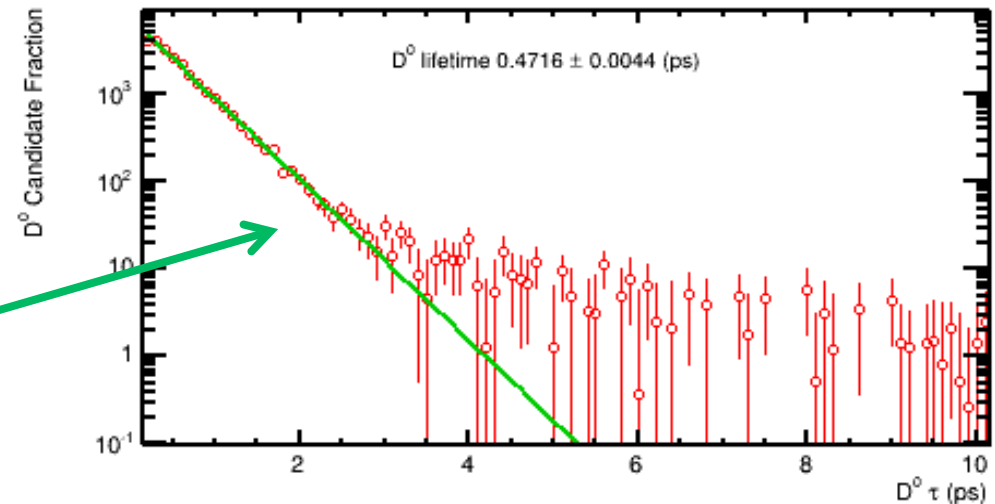
Come misurare la vita media del D^0 ?

- ✓ Raccolgo un campione di particelle D^0 .
- ✓ Di ciascuno misuro la lunghezza di decadimento e calcolo il tempo di decadimento.
- ✓ Dalla distribuzione del tempo di decadimento di tutte le particelle raccolte **ricavo la vita media del D^0 interpolando con la funzione**

$$N(t) = N(0)e^{-t/\tau}$$

Distribuzione degli eventi rappresentata in una **scala di ordinate logaritmica**

$$y = \ln\left(\frac{N(t)}{N(0)}\right) = -\frac{t}{\tau}$$



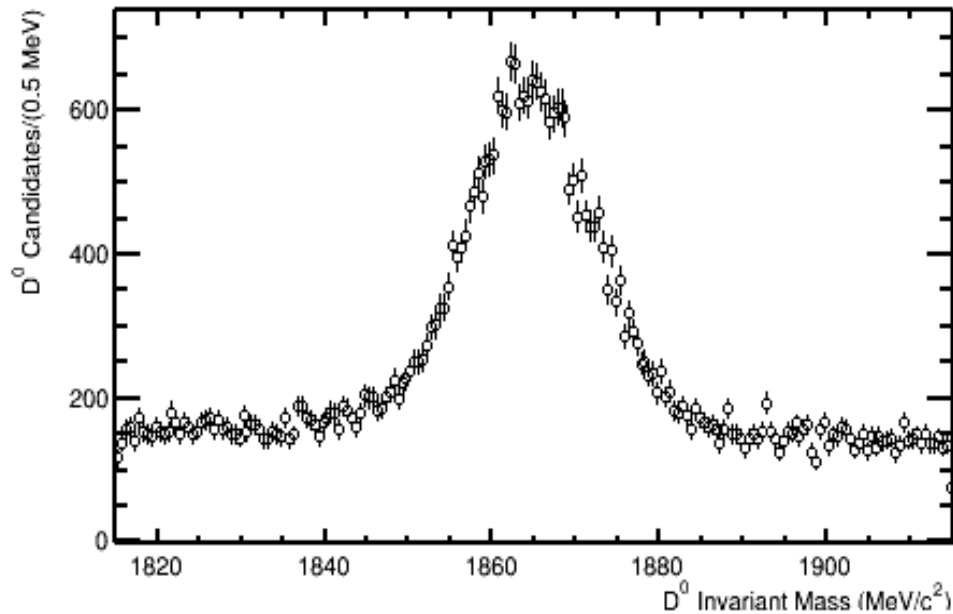
*NB: interpolare =
trovare la curva che meglio approssima la distribuzione*

Attenzione! Segnale e Fondo

- Nelle collisioni NON sempre viene prodotta la particella che stiamo cercando! Essa viene prodotta solo in un sottoinsieme delle collisioni che vengono registrate.
- Chiamiamo:
 - Particella che stiamo cercando → **SEGNALE**
 - Tutto il resto → **FONDO**
- Avete selezionato tracce che combinate danno una massa simile a quella del D^0 . Ma probabilmente avete selezionato anche tracce che non provengono dal D^0 e che per caso danno un valore di massa simile a quello del D^0 .

Come distinguere nel campione i veri D^0 ?

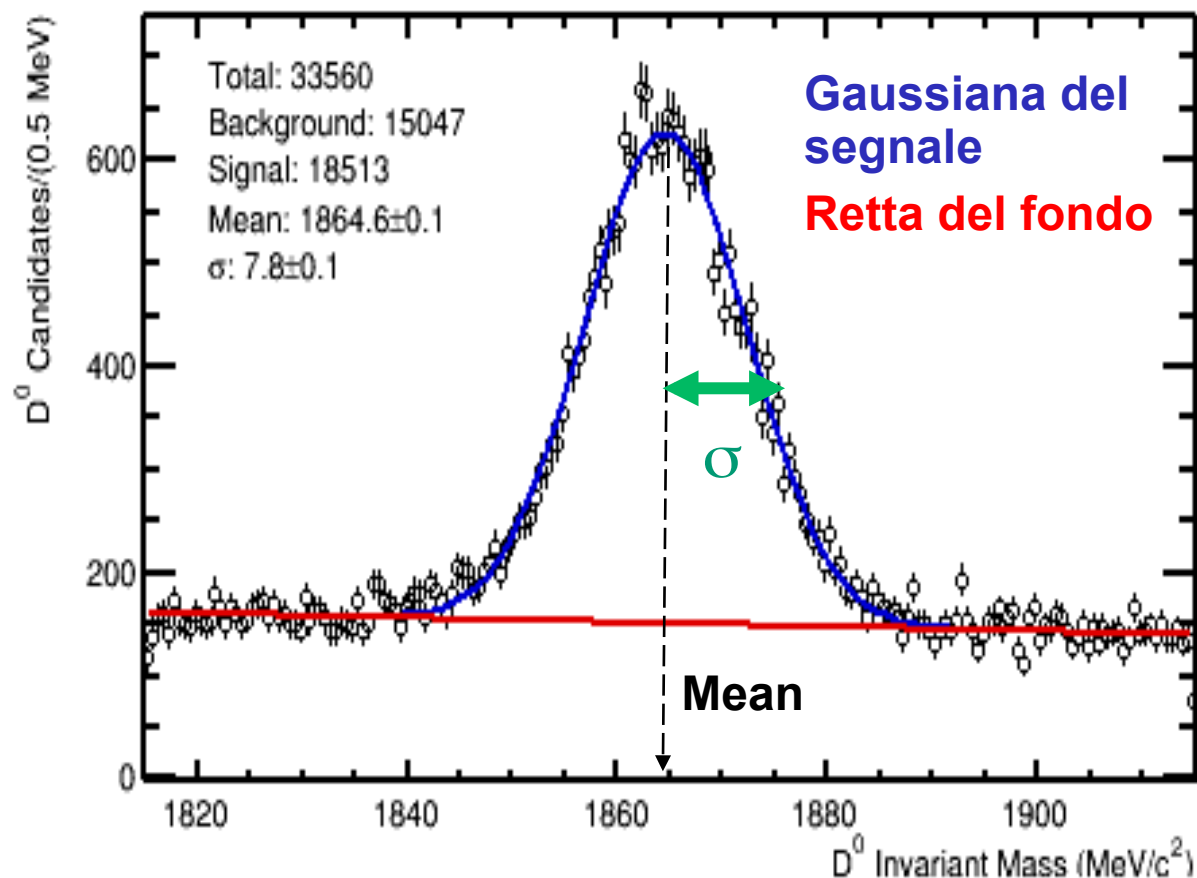
Non si può individualmente ma si può fare “in media”



Per gli eventi di **segnale** la massa ha valori più frequenti in corrispondenza del valore vero. La forma del segnale sarà pertanto un picco dalla **forma a campana centrato sul valore medio**.

Per gli eventi di **fondo** invece, che derivano da combinazioni casuali di tracce dell'evento, la massa può assumere qualsiasi valore, la sua distribuzione è uniforme, descrivibile con **una retta**.

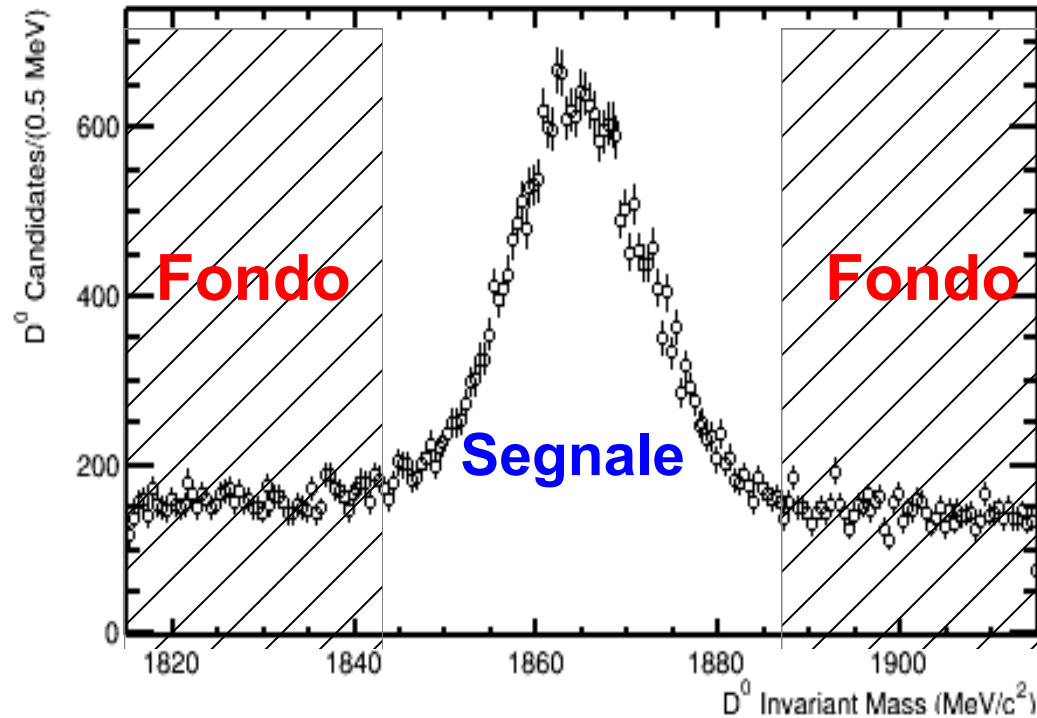
La sovrapposizione dei due contributi determina il segnale misurato sperimentalmente.



Interpoliamo la distribuzione della massa con due funzioni, una che rappresenta **il segnale (funzione gaussiana o curva a campana)** e una che approssima il contributo del **fondo (retta)**. Con la tecnica del fit (interpolazione) troviamo le due curve che meglio approssimano la distribuzione.

Nell'interpolazione il numero di eventi di segnale e fondo non sono fissati a priori: la combinazione che meglio approssima la distribuzione è il risultato del fit. Inoltre il valor medio (Mean) della gaussiana ci darà una stima della massa e la sigma (σ) una stima dell'incertezza sulla misura.

Interpolazione (Fit) della distribuzione di massa.



Si possono pertanto individuare due regioni:

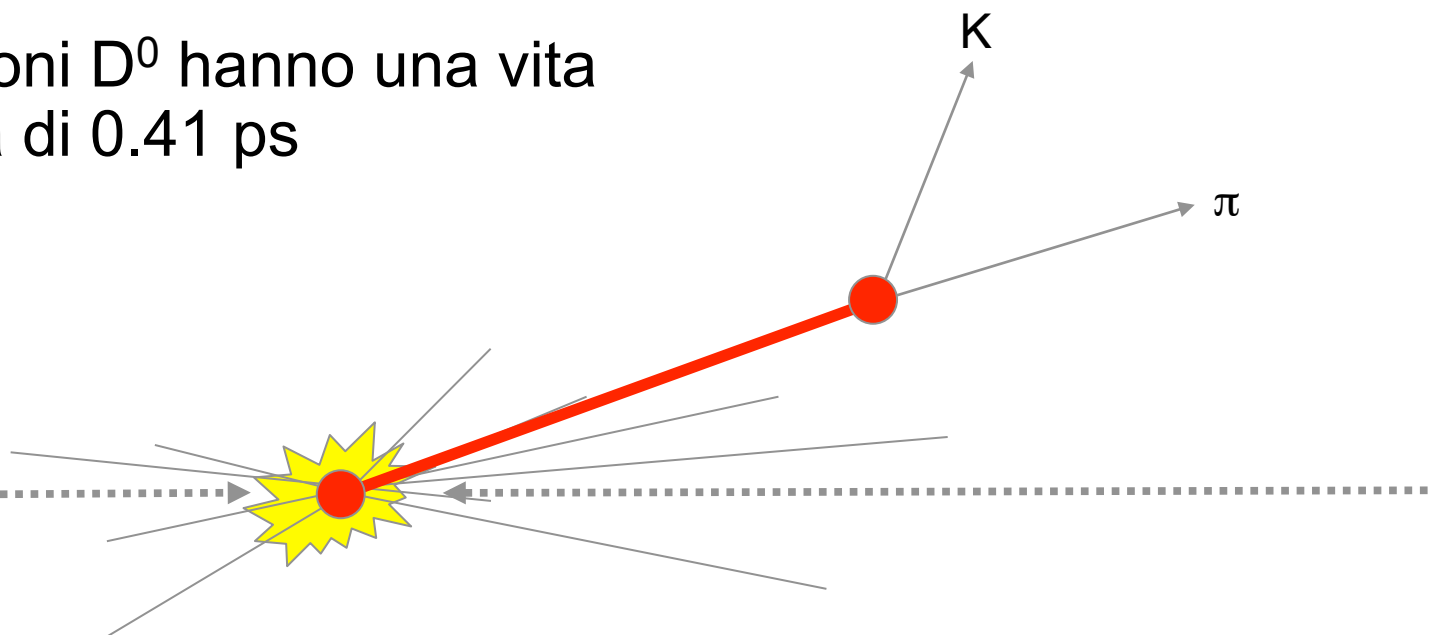
regione dominata dal segnale (attorno al picco)

regione dominata dal fondo (bande laterali piatte attorno al picco)

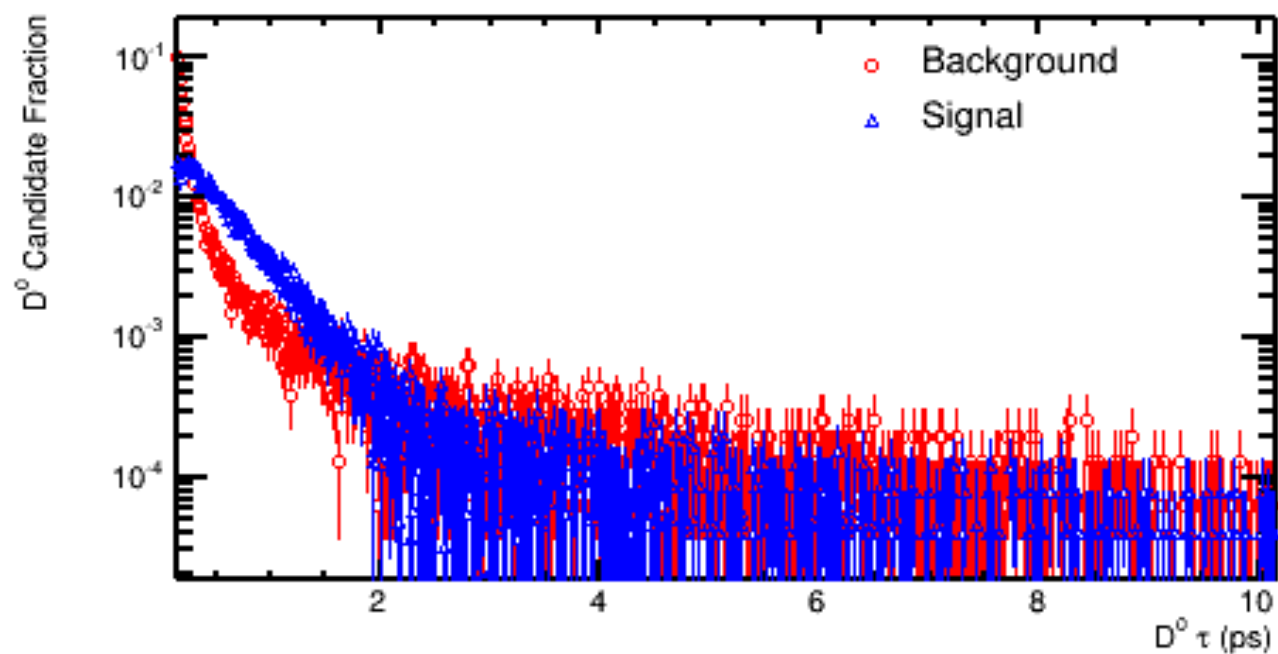
Le caratteristiche degli eventi che stanno nelle due regioni e che saranno diverse. Osserveremo nei grafici alcune di queste proprietà'.

Tempo di decadimento

I mesoni D^0 hanno una vita media di 0.41 ps

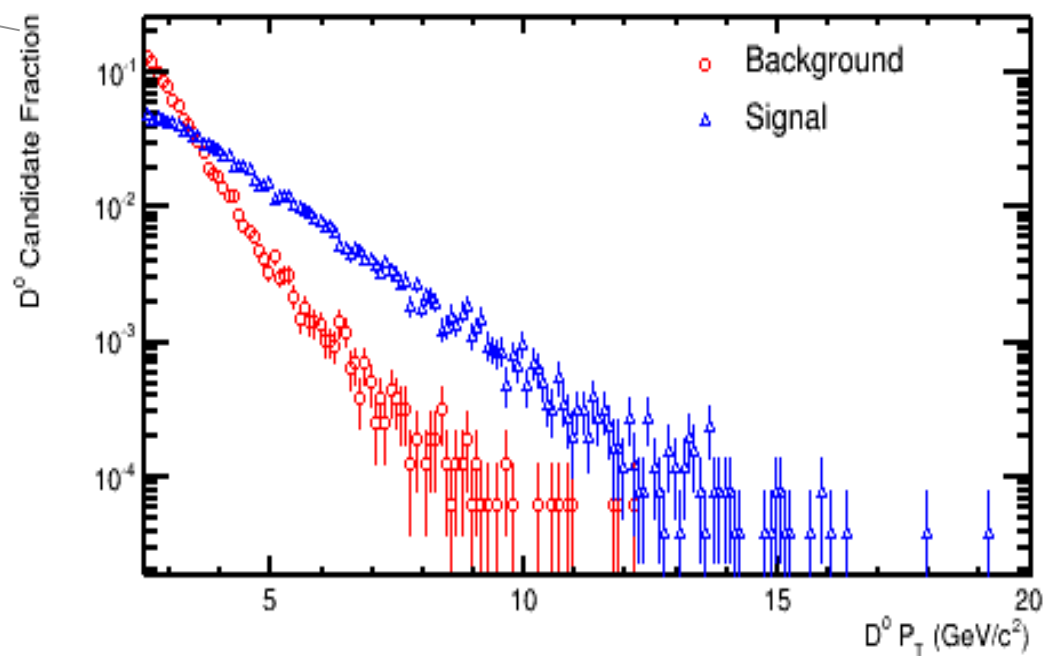
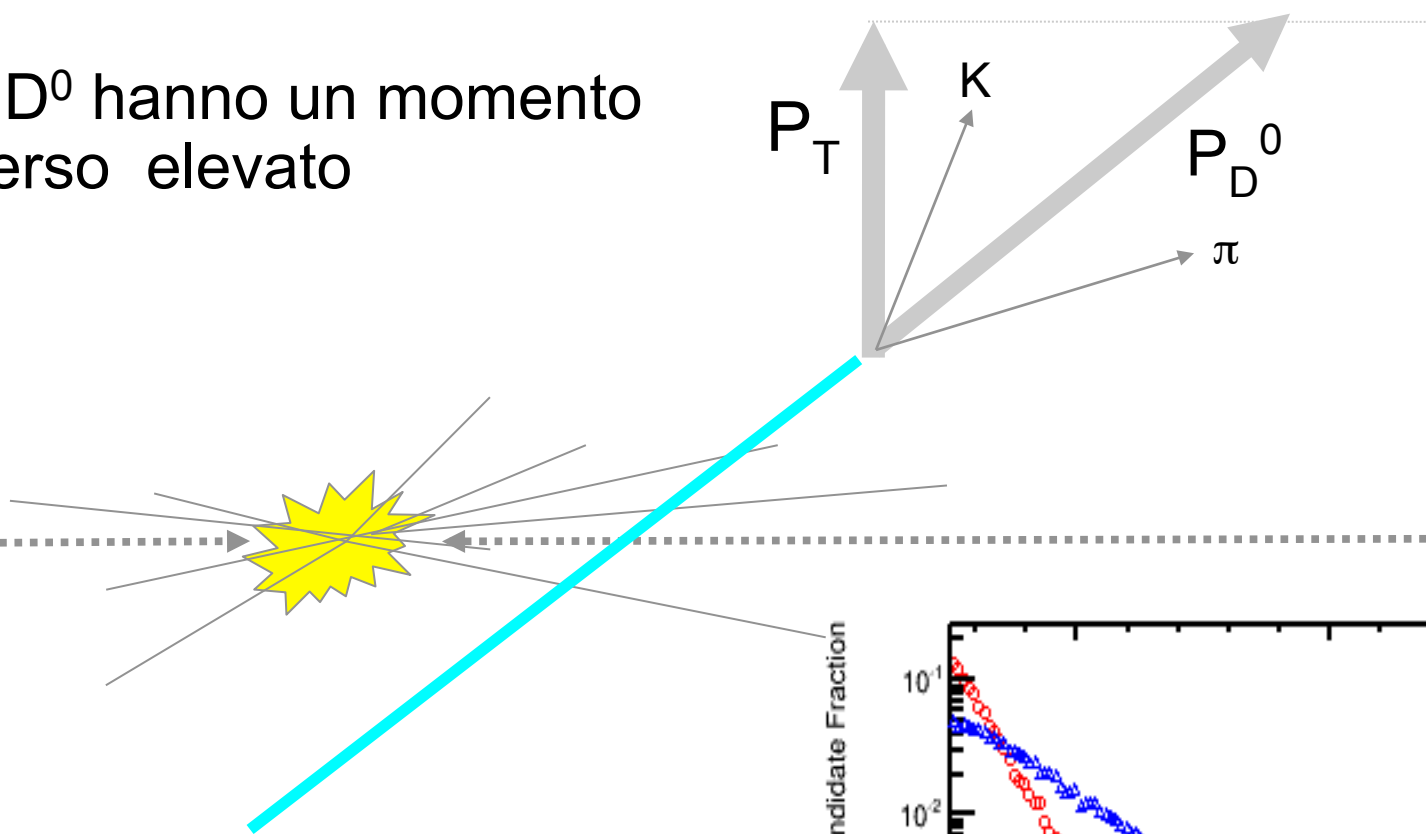


$$f(t) = e^{-t/\tau}$$



Momento trasverso P_T

I veri D^0 hanno un momento trasverso elevato



Ora tocca a te: esercizio 2

Dalla schermata d'intestazione clicca sul logo D^0 Exercise

Visualizza il grafico della massa di D^0 e esegui il fit. In blu verrà visualizzato il picco di segnale (curva gaussiana) mentre in rosso è stimato l'andamento del fondo (linea retta).

Strumenti

Intervalli delle variabili

D0 PT : 2.5 20.0

D0 TAU : 0.15 10.15

D0 IP : -4.0 1.5

Strumenti di analisi

Grafico massa D0

Fit distribuzione massa

Sottrazione del fondo

Sig range : 1815.0 1915.0

Grafici distribuzioni

Fit vita media

Fit tempo decadimento

Fit Result	Fit Error
0.0000	0.0000

Salva risultati

Trend vs. max IP

Salva risultati fit

Grafico Azzera grafico

Invariant Mass Distribution | Lifetime fit | Lifetime trend

D⁰ Candidates/(0.5 MeV)

Total: 107896
Background: 29034
Signal: 78862
Mean: 1866.6±0.1
σ: 7.7±0.1

D⁰ Invariant Mass (MeV/c²)

Salva finestra

Istruzioni

Azzera esercizio

Esci

Valori ricavati dal fit

Esercizio 2

Seleziona i limiti sulla massa entro cui è raccolto il segnale. I valori esterni a questo intervallo saranno considerati fondo.



Clicca *Grafici distribuzioni* per visualizzare gli andamenti del segnale (in blu) e del fondo (in rosso) in funzione dei diversi parametri fisici.

LHCb Masterclass : D⁰ lifetime analysis

Browser File Edit View Options Tools

Strumenti

Intervalli delle variabili

D⁰ PT : 2.5 20.0

D⁰ TAU : 0.15 10.15

D⁰ IP : -4.0 1.5

Strumenti di analisi

Grafico massa D⁰

Fit distribuzione massa

Sottrazione del fondo

Sig range : 1841.0 1887.0

Grafici distribuzioni

Fit vita media

Fit tempo decadimento

Fit Result	Fit Error
0.4714	0.0044

Salva risultati

Trend vs. max IP

Salva risultati fit

Grafico Azzera grafico

LHCb THE CP

Invariant Mass Distribution

D⁰ Candidates/(0.5 MeV)

Total: 76352
Background: 13374
Signal: 62978
Mean: 1866.6±0.1
σ: 7.7±0.1

D⁰ Invariant Mass (MeV/c²)

D⁰ Candidate Fraction

D⁰ P_T (GeV/c²)

D⁰ Candidate Fraction

D⁰ decay time (ps)

D⁰ Candidate Fraction

log₁₀(D⁰ IP)

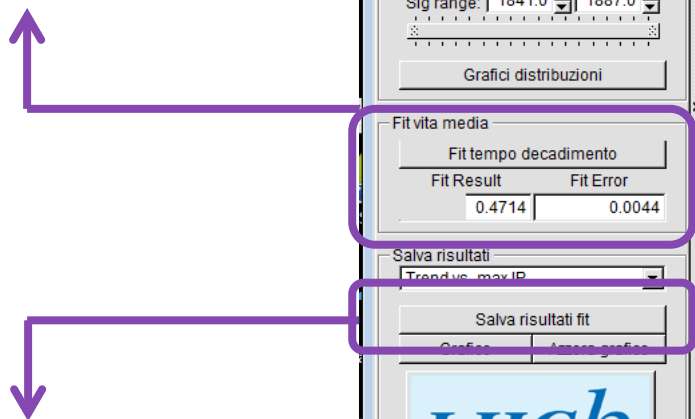
Salva finestra

Istruzioni

Azzera esercizio

Esci

Clicca
Fit tempo decadimento
 Per ricavare la tua misura
 della vita media del D^0



Salva i risultati del fit

LHCb Masterclass : D^0 lifetime analysis

Browser Ewe File Edit View Options Tools Help

Strumenti

Intervalli delle variabili

D0 PT : 2.5 20.0

D0 TAU : 0.15 10.15

D0 IP : -4.0 1.5

Strumenti di analisi

Grafico massa D^0

Fit distribuzione massa

Sottrazione del fondo

Sig range: 1841.0 1887.0

Grafici distribuzioni

Fit vita media

Fit tempo decadimento

Fit Result	Fit Error
0.4714	0.0044

Salva risultati

Trend vs. max IP

Salva risultati fit

Grafico

Assegna grafico

Invariant Mass Distribution Lifetime fit Lifetime trend

D^0 Candidate Fraction

D^0 lifetime 0.4714 ± 0.0044 (ps)

D^0 decay time (ps)

Salva finestra

Istruzioni

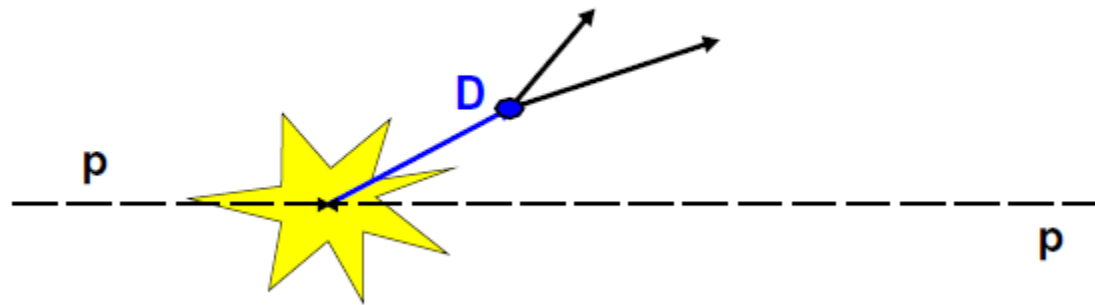
Azzerà esercizio

Esci

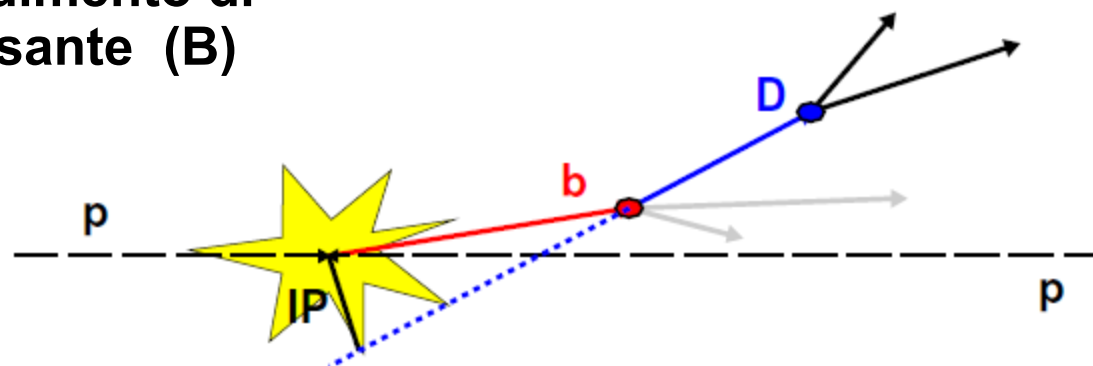
La produzione della particella D^0

La particella D^0 puo' essere prodotta in due modi:

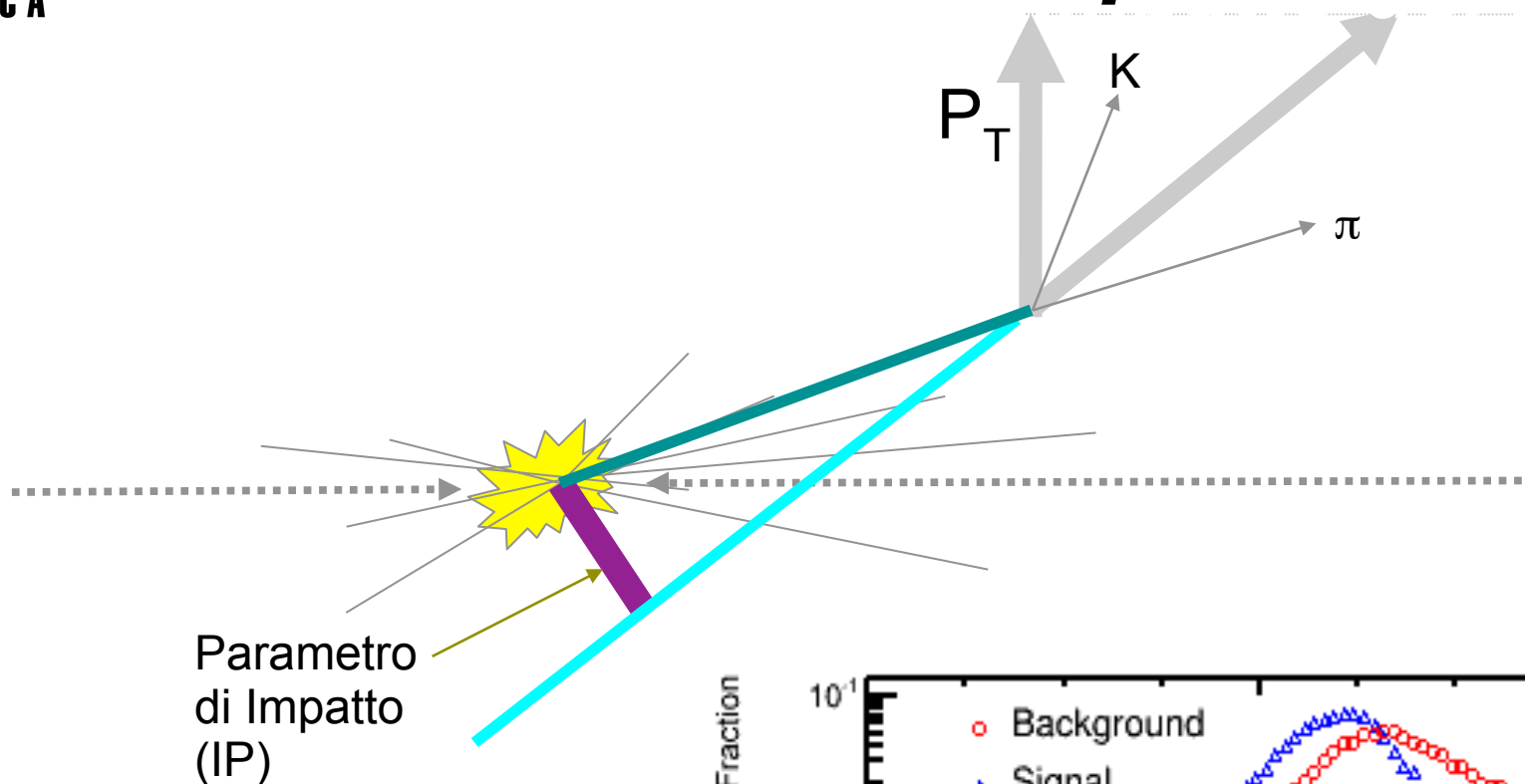
Produzione diretta



**Produzione dal decadimento di
una particella piu' pesante (B)**

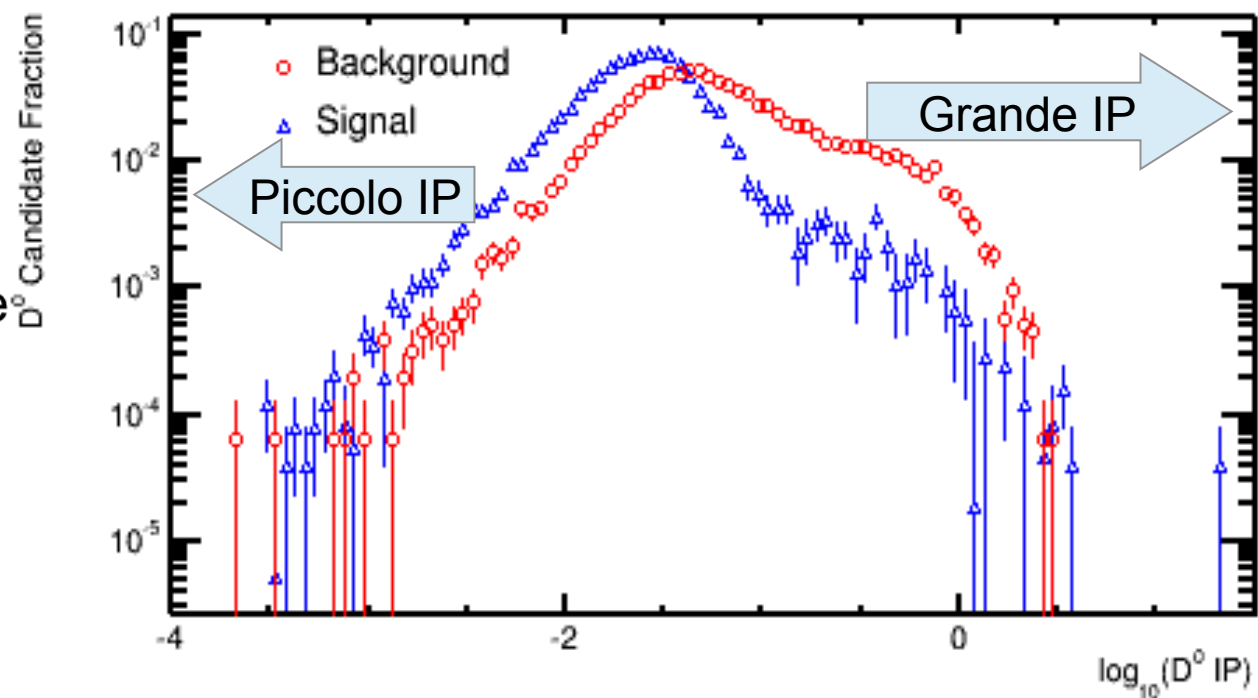


Parametro d'impatto IP



NB: in questo grafico, per evidenziare meglio le differenze tra segnale e fondo abbiamo rappresentato il logaritmo di IP .

$\text{Log}(IP) > 0 \rightarrow IP$ grande
 $\text{Log}(IP) < 0 \rightarrow IP$ piccolo



Diminuisci il limite superiore del taglio sul parametro d'impatto IP. Riducilo da 1.5 a -2 **ripetendo** le precedenti operazioni, ossia:

- Grafico e fit della massa
- Selezione del segnale
- Grafici delle distribuzioni
- Fit del tempo di vita medio
- Salvataggio dei risultati di fit.

Premi infine su *Grafico* per visualizzare il trend della vita media in funzione di IP.

Come continuerà il grafico?
 Ricavane l'andamento e confrontalo con quanto ti attendi.

Una volta concluso, salva il risultato: nomina la finestra come ?? e clicca *Salva finestra*