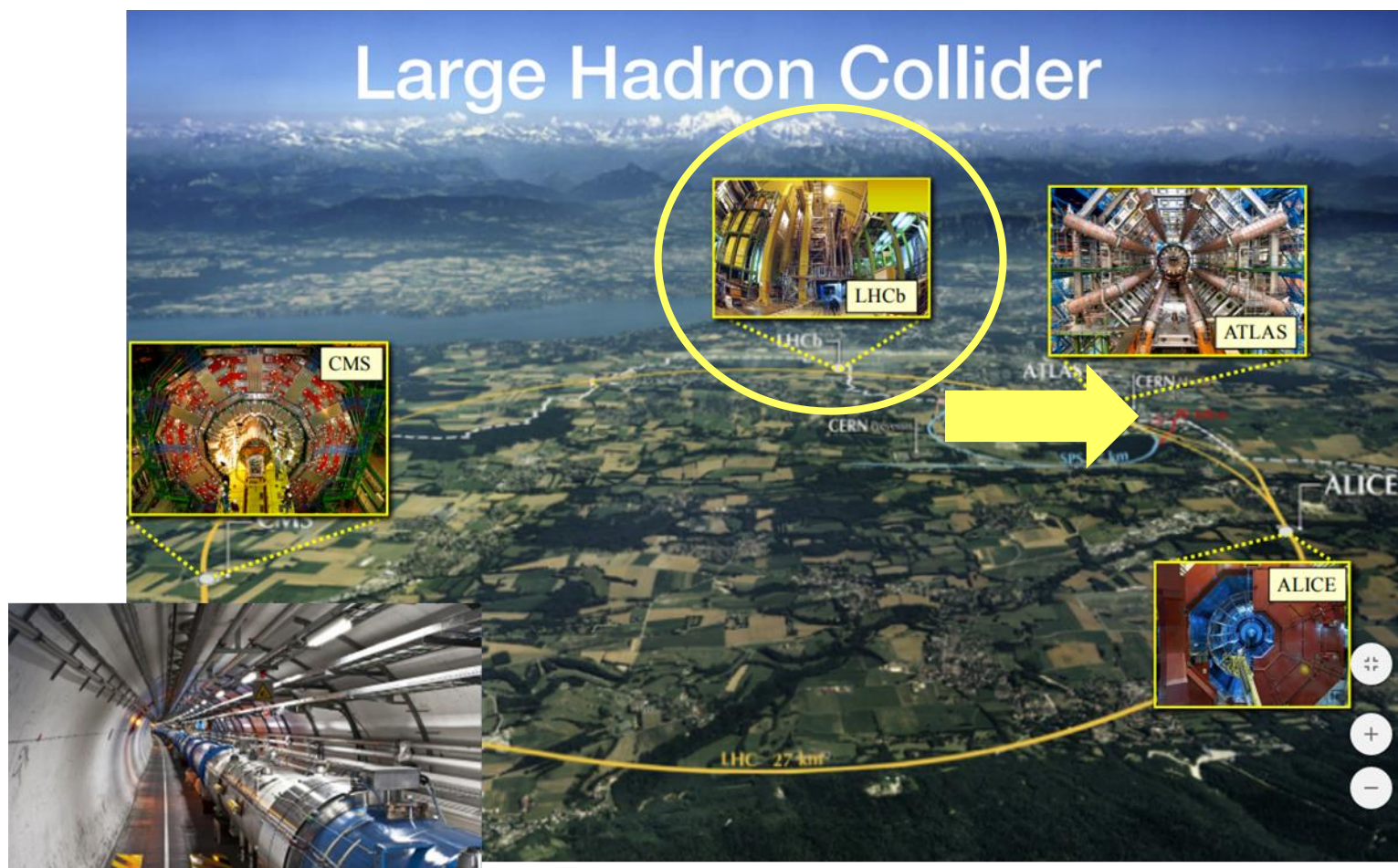


Misura della vita media della particella D^0
con i dati raccolti all'acceleratore LHC
dall'esperimento LHCb





Due fasci di protoni, accelerati a velocità prossime a quella della luce, collidono in quattro punti lungo un anello di 27 km di circonferenza, costruito a circa 100 m sotto terra.

LHCb è uno degli esperimenti operanti all'acceleratore LHC e studia in particolare le proprietà delle (anti-)particelle contenenti i quark beauty (b) e charm (c) prodotte nelle collisioni p-p.

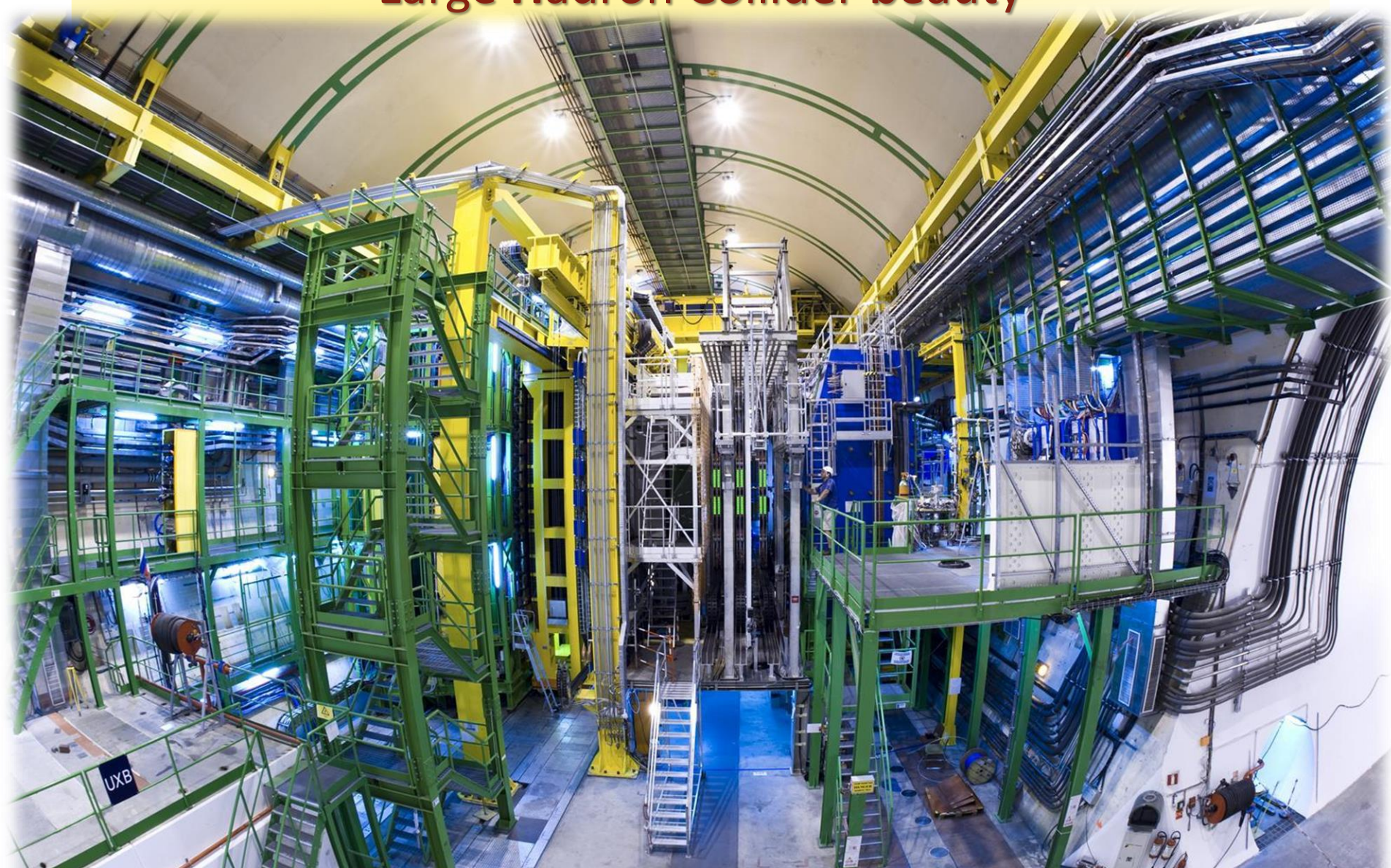
L'esperimento LHCb: Large Hadron Collider beauty



*Il nostro universo è costituito essenzialmente da materia.
Sappiamo peraltro che, al momento del Big Bang, circa 14 miliardi di anni fa,
materia e anti-materia sono state prodotte in egual quantità.
Dove è finita l'anti-materia?*

*L'esperimento LHCb è stato progettato per studiare se vi siano differenze
nel comportamento di particelle ed antiparticelle contenenti i quark b e c
tali da spiegare perché la natura preferisca la materia all'antimateria
e far luce così su uno dei misteri fondamentali del nostro universo.*

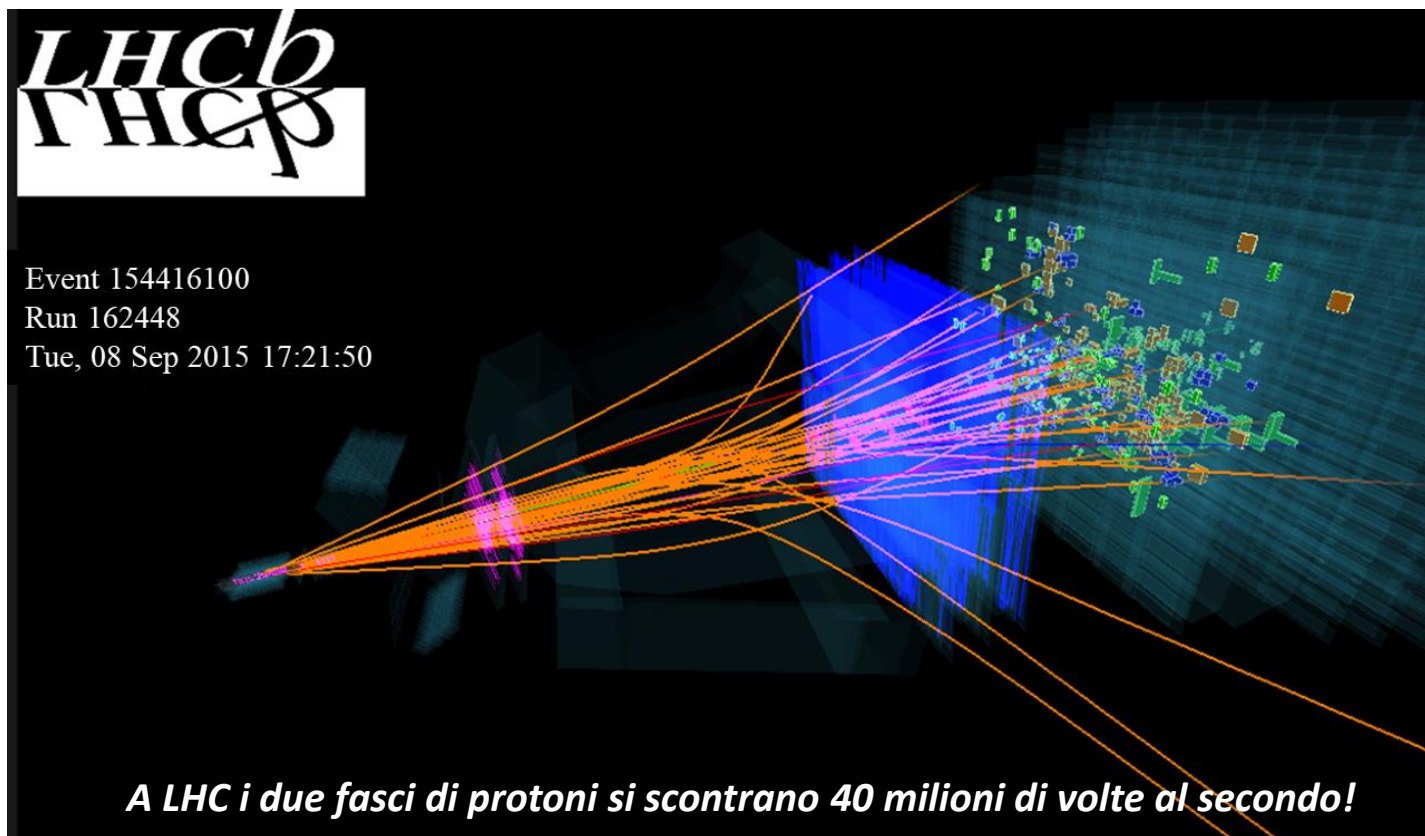
L'esperimento LHCb: Large Hadron Collider beauty



Apparato sperimentale: lunghezza circa 20 m, altezza 10 m, ha una massa di circa 5600 tonnellate!



Cosa succede quando due fasci di protoni di altissima energia vengono fatti collidere?

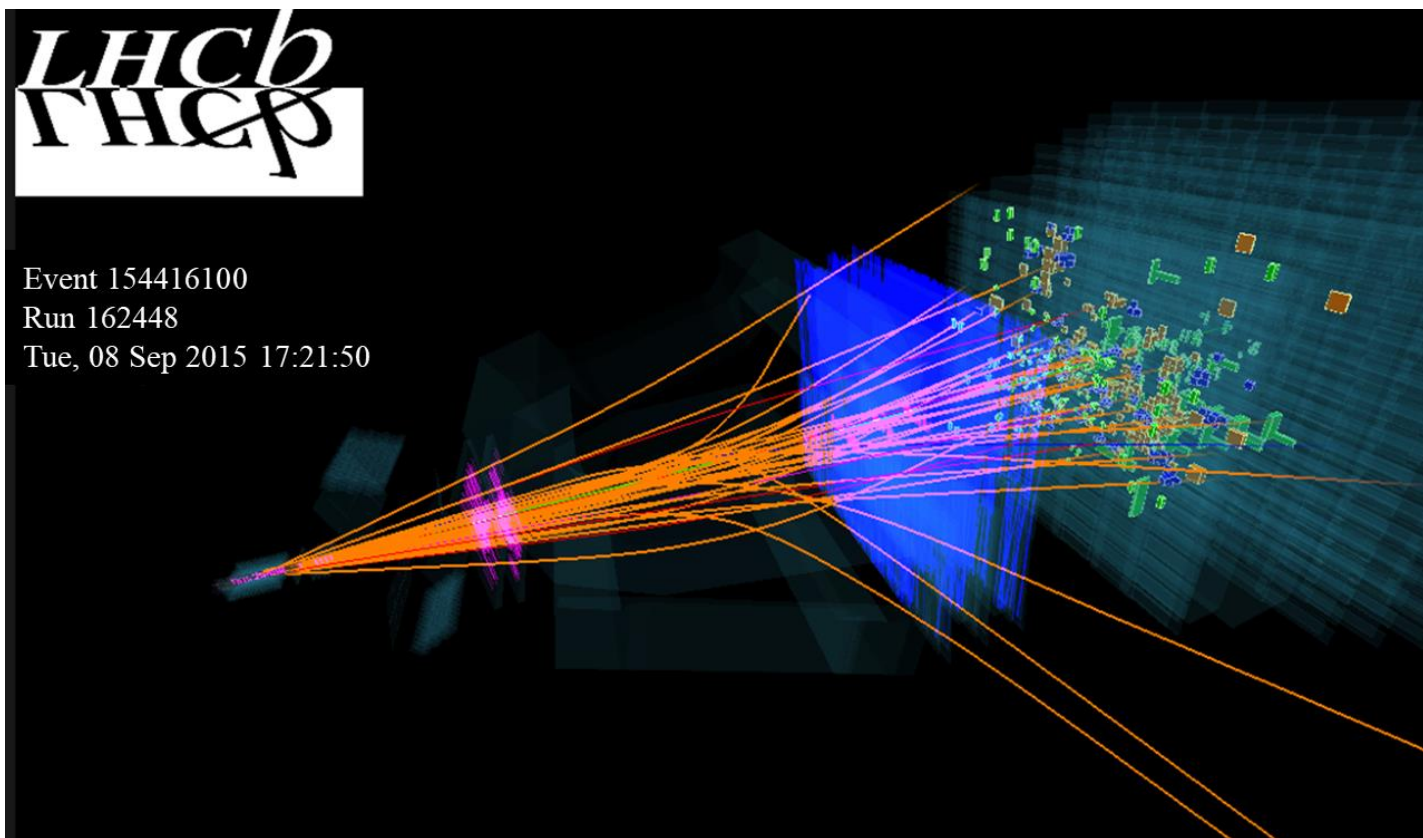


Si producono tantissime particelle! Molte di queste particelle possono essere rivelate grazie alle tracce da esse lasciate in uno o più rivelatori che compongono l'apparato sperimentale.

In figura, è rappresentato un tipico evento (collisione protone-protone) registrato da LHCb.



Cosa succede quando due fasci di protoni di altissima energia vengono fatti collidere?

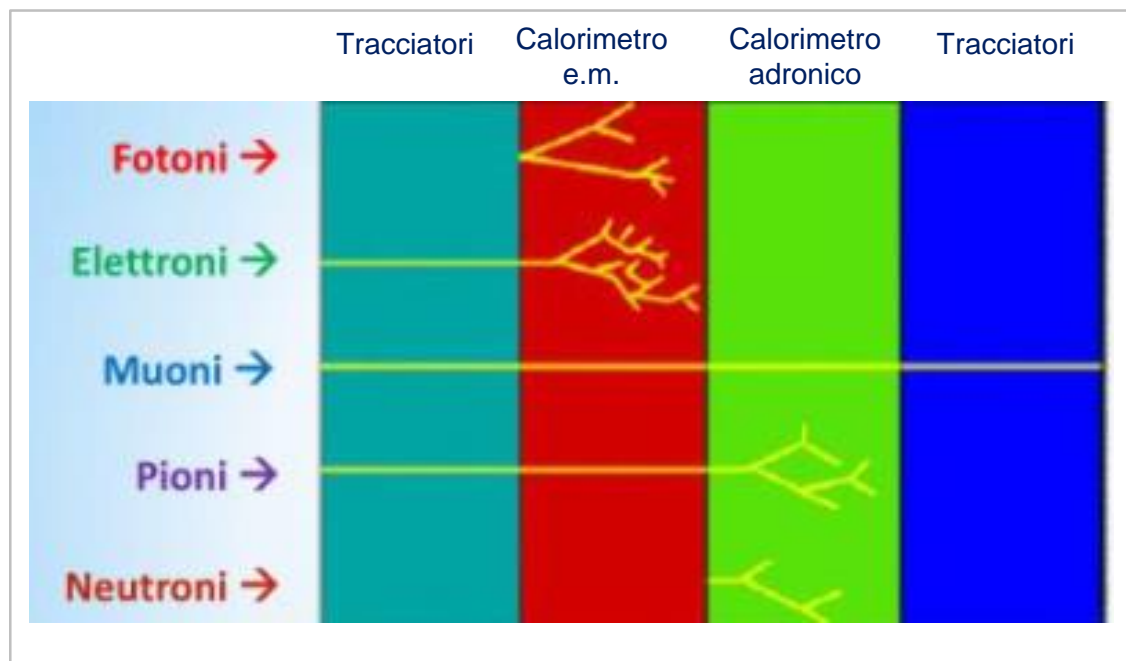


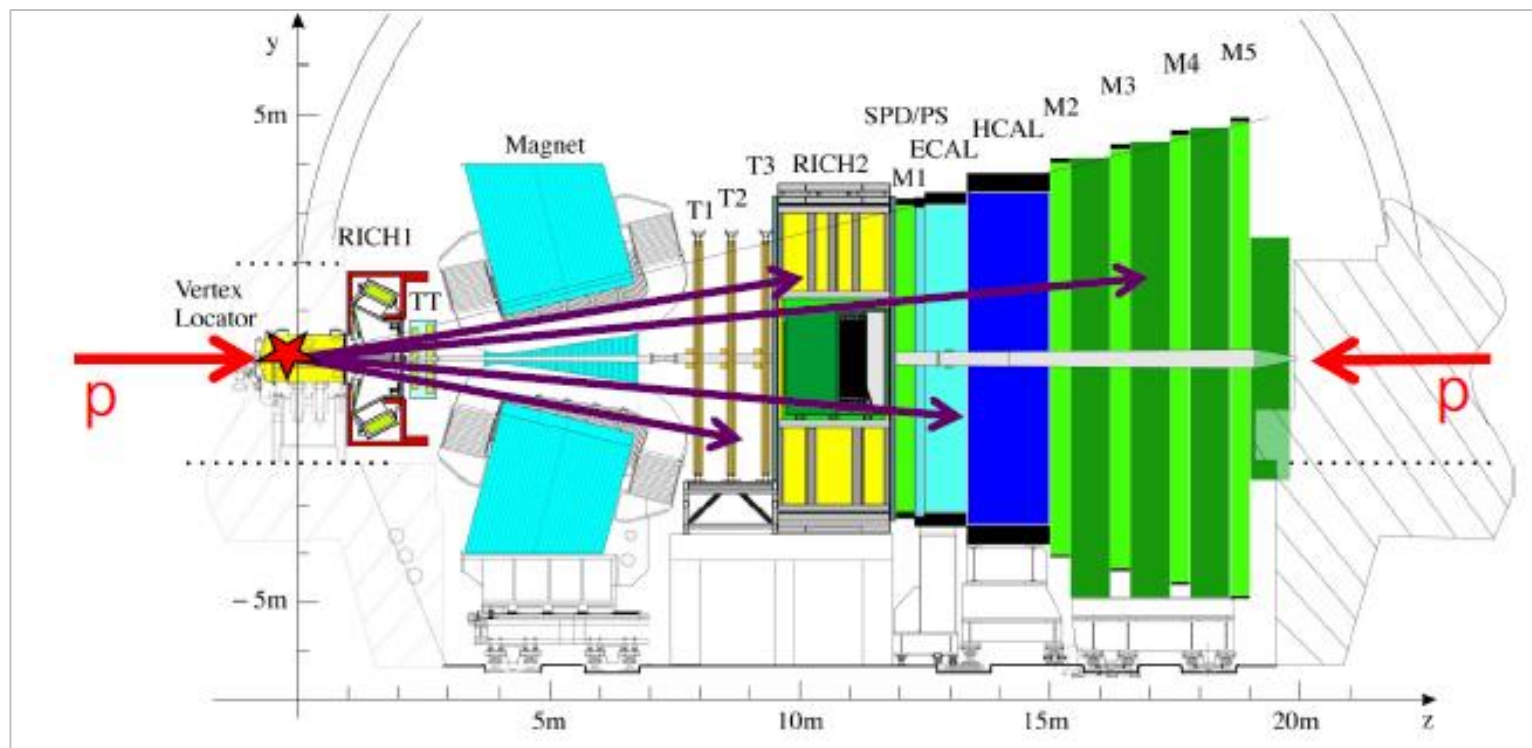
Per ricostruire un evento, è necessario combinare le informazioni registrate da diversi rivelatori che ci permettono di misurare le proprietà delle particelle prodotte nelle interazioni.

Come si rivelano le particelle?



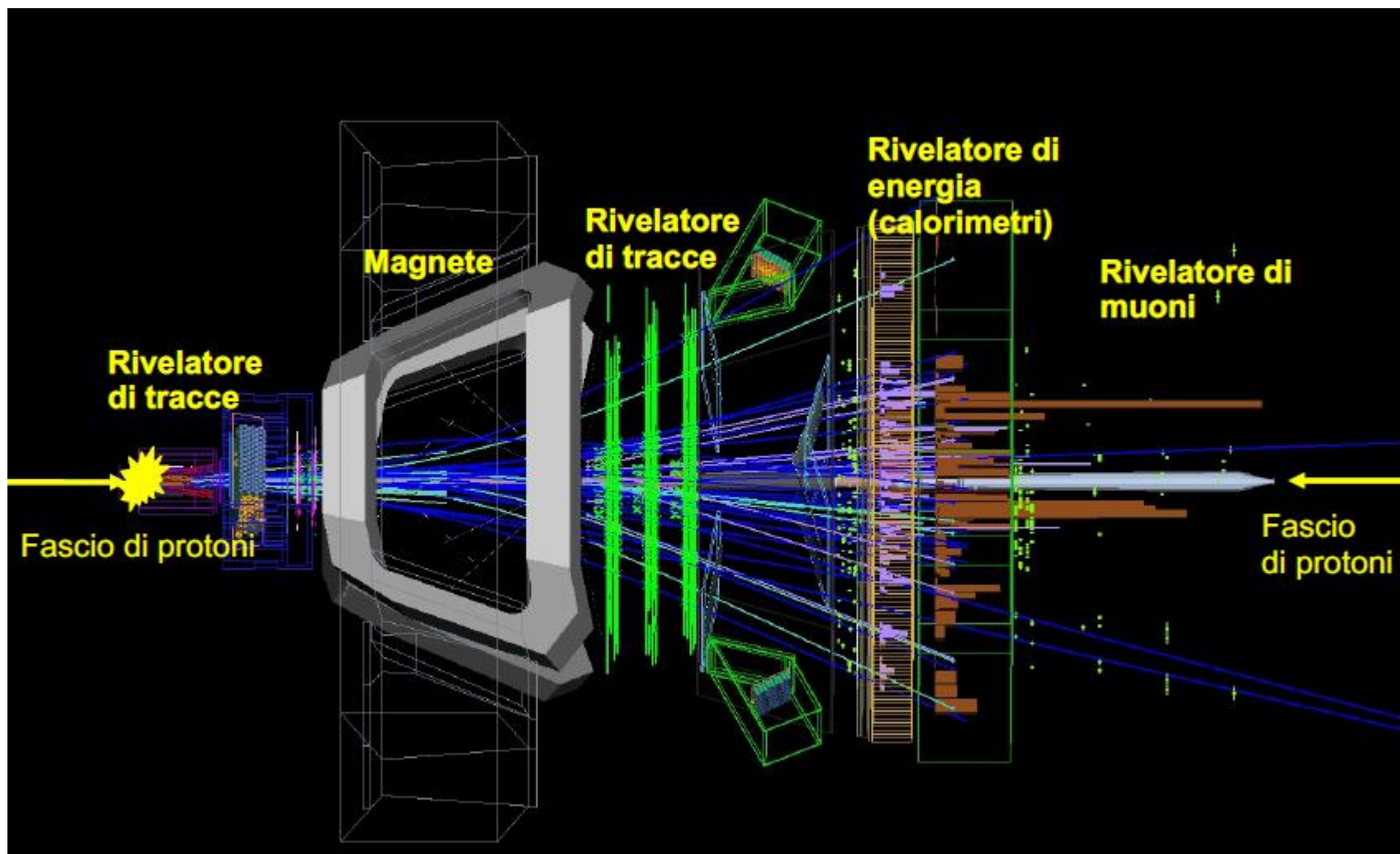
- Le particelle vengono rivelate e identificate grazie ai diversi meccanismi di interazione con la materia.
- Un apparato sperimentale come LHCb è tipicamente costituito da tanti rivelatori, ciascuno sensibile ad una particolare caratteristica delle particelle che lo attraversano.





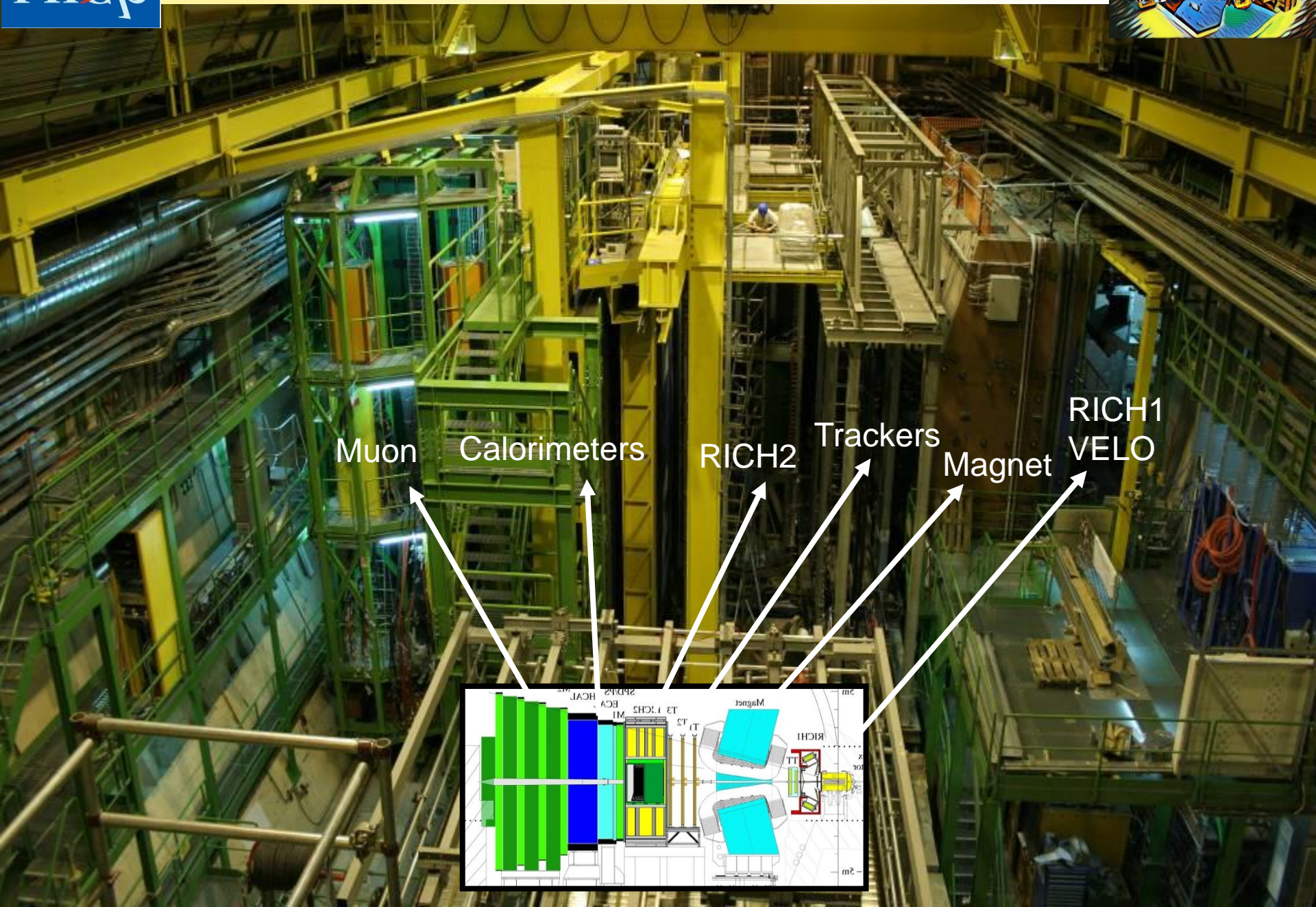
Spettrometro in avanti

***in grado di misurare particelle prodotti ad angoli relativamente piccoli (entro $\sim 15^\circ$)
rispetto alla direzione dei fasci collidenti***



Il rivelatore LHCb è costituito da una serie di sotto-rivelatori di diverso tipo, posizionati in successione al di là del punto di interazione.

L'esperimento LHCb



Muon

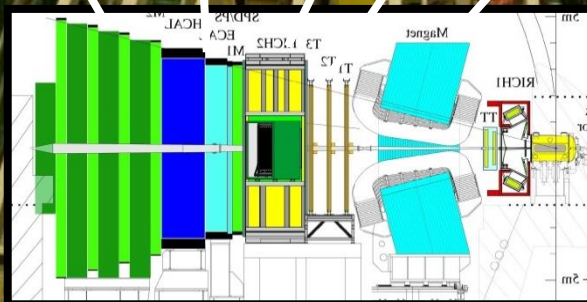
Calorimeters

RICH2

Trackers

Magnet

RICH1
VELO





Oggi utilizzerete un campione di dati raccolti dall'esperimento LHCb in collisioni protone-protone all'acceleratore LHC.

L'esercizio sarà diviso in due parti.

- **PRIMA PARTE: selezionare le particelle D^0 prodotte nelle interazioni**
- **SECONDA PARTE: misurare la vita media della particella D^0**

La particella D^0

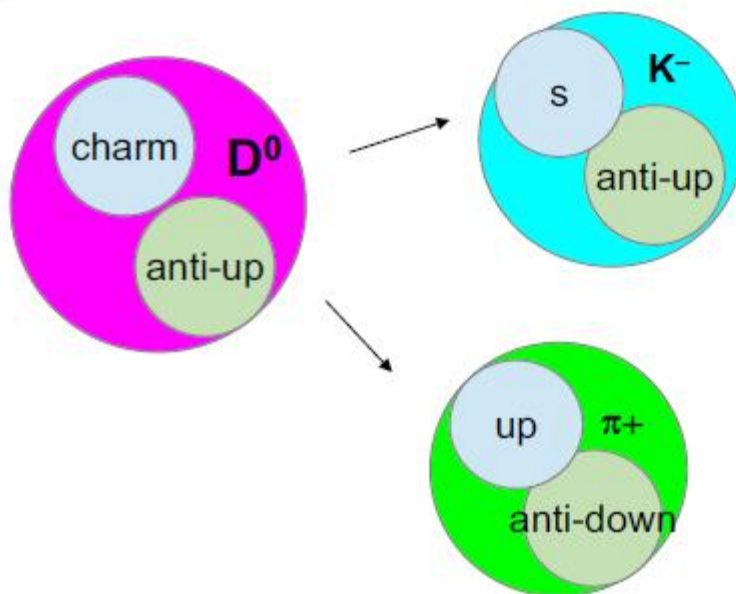


La particella D^0 è un mesone (=adrone composto da quark e antiquark) prodotto copiosamente nelle interazioni protone-protone ad LHC.

E' una particella elettricamente neutra.

E' una particella instabile: dopo aver percorso distanze \sim mm, decade (si disintegra) in particelle più leggere, per esempio un kaone e un pione.

$$D^0 \rightarrow K^- \pi^+$$

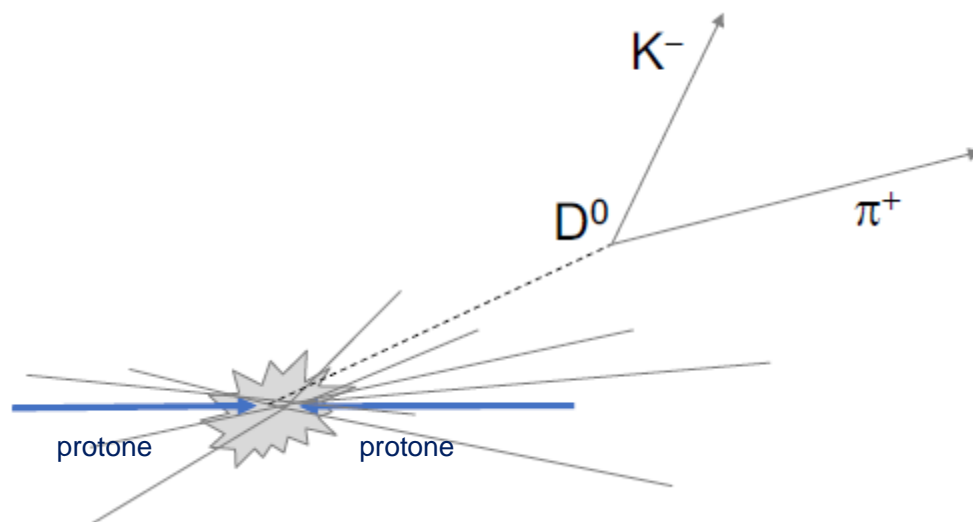


La particella D^0 : come rivelarla



La particella D^0 non lascia traccia nell'apparato sperimentale di LHCb.
Essa può essere rivelata a partire dalle tracce delle due particelle
(kaone e pione) in cui decade.

Kaone e pione sono particelle elettricamente cariche e percorrono una distanza sufficiente per essere rivelate e identificate nel rivelatore LHCb.



Poiché la particella D^0 è elettricamente neutra,
il kaone e il pione devono avere carica elettrica opposta.



Dalla fisica *classica* (la fisica che si studia a scuola), sappiamo che un corpo di massa m e velocità v possiede un'energia cinetica pari a:

$$E = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{p^2}{2m}$$

con $p = mv$ impulso (o momento o quantità di moto).

La massa della particella può quindi essere calcolata come:

$$m = \frac{p^2}{2E}$$

a partire dalla misura della sua energia e del suo impulso.

Queste relazioni non sono più valide per particelle che viaggiano a velocità prossime alla velocità della luce nel vuoto $c \sim 300,000$ km/s.

La particella D^0 : come rivelarla



**Per particelle che viaggiano a velocità prossime alla velocità della luce
 $c \sim 300,000 \text{ km/s}$, l'energia risulta pari a:**

$$E^2 = p^2 c^2 + (mc^2)^2$$

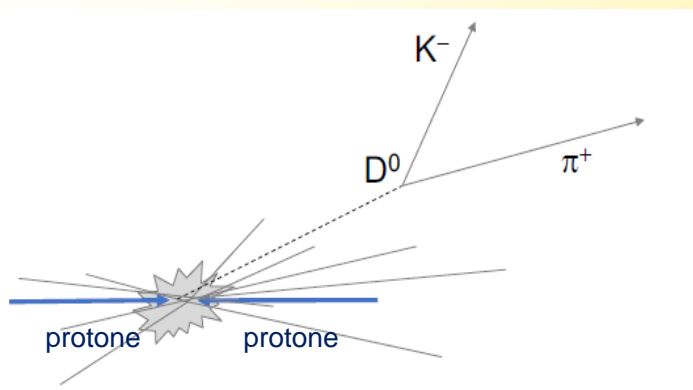
La massa della particella può quindi essere calcolata come:

$$mc^2 = \sqrt{E^2 - p^2 c^2}$$

La particella D^0 : come rivelarla



La particella D^0 può essere rivelata a partire dalla misura dell'energia e dell'impulso del kaone e del pione prodotti nel decadimento:



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

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

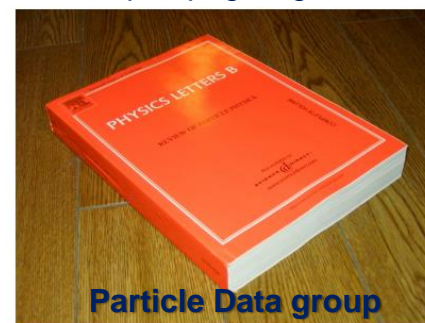
$$m_{D^0}c^2 = \sqrt{E_{D^0}^2 - p_{D^0}^2c^2}$$

Il valore della massa della particella D^0 , misurata da diversi esperimenti, è:

$$m_{D^0} = (1864.83 \pm 0.05) \text{ MeV}/c^2$$

<https://pdg.lbl.gov/>

Incertezza sulla misura



Cosa è l'elettronVolt?



Si definisce elettronVolt l'energia acquistata da una particella con carica elettrica pari a quella dell'elettrone ($e = 1.6 \times 10^{-19} \text{C}$), accelerata da una differenza di potenziale elettrico pari a 1 Volt:

$$1eV = 1.6 \times 10^{-19} J$$

In fisica spesso si utilizzano multipli dell'eV:

$$1 \text{ keV} = 10^3 \text{ eV}$$

$$1 \text{ MeV} = 10^6 \text{ eV}$$

$$1 \text{ GeV} = 10^9 \text{ eV}$$



Il valore della massa della particella D^0 è

$$m_{D^0} = 1864.8 \text{ MeV}/c^2$$

A quanti kg corrisponde?





Il valore della massa della particella D^0 è

$$m_{D^0} = 1864.8 \text{ MeV}/c^2$$

A quanti kg corrisponde?

$$m_{D^0} \approx 3.3 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

**Per confronto, la massa di un protone è pari a $1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$ ($938 \text{ MeV}/c^2$),
la massa di un elettrone è $9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$ ($511 \text{ keV}/c^2$).**



Oggi utilizzerete un campione di dati raccolti dall'esperimento LHCb in collisioni protone-protone all'acceleratore LHC.

L'esercizio sarà diviso in due parti.

- **PRIMA PARTE:** selezionare le particelle D^0 prodotte nelle interazioni
- **SECONDA PARTE:** misurare la vita media della particella D^0



ESERCIZIO MASTERCLASS: PARTE I

- Collegarsi all'indirizzo <https://lhcb-d0.web.cern.ch/>

Firstname

Surname

Grade

Combination



Save

- Inserire i propri dati
- Selezionare la combinazione
- Cliccare il tasto *Save*

- Cliccare su *Event Display*



Event Display



D0 Lifetime



Event Display Exercise

Event handler
event_5_0.json

previous

next

View

- ☐ Zoom
- ☒ Detector
- ☐ Help

View

☐ Auto rotate

Legend

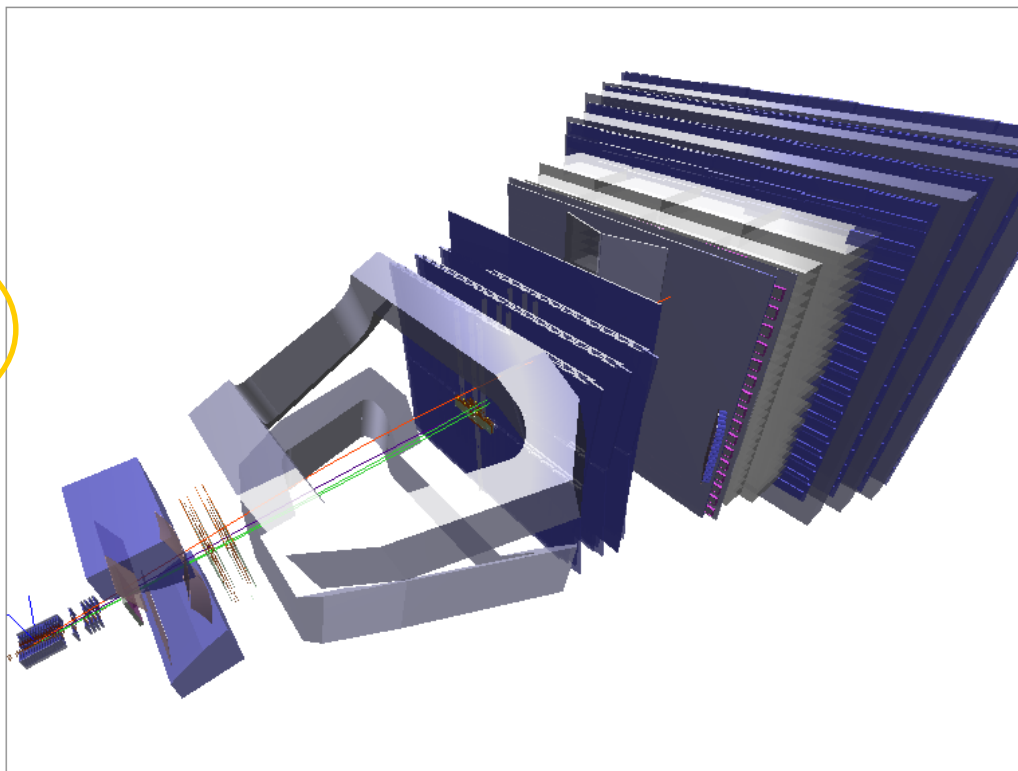
K⁻ —

K⁺ —

pi⁺ —

pi⁻ —

D⁰ —



Particle information

E MeV

chi2

ipchi2

mass MeV/c²

name

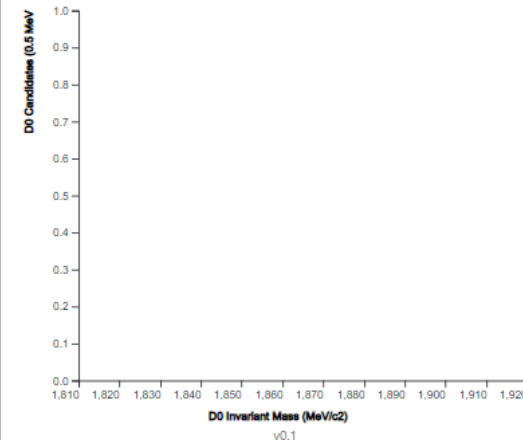
ZFstM

My particles

Mass

MeV/c²

Add



Copyright © 2019 CERN



Event Display Exercise

Event handler
event_5_0.json

previous

next

View

- ☐ Zoom
- ☐ Detector
- ☐ Help

View ▼

☐ Auto rotate

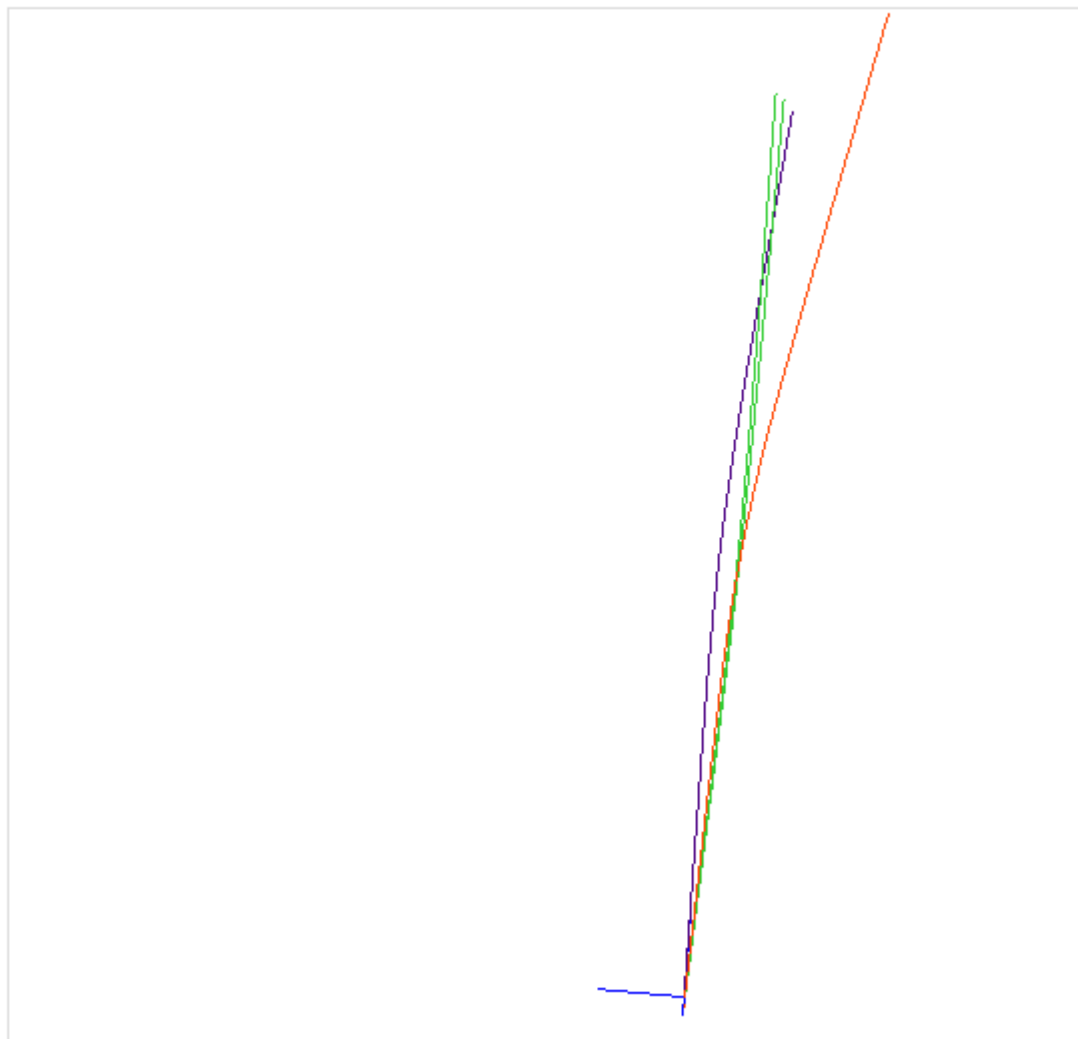


Legend

- K^- —
- K^+ —
- π^+ —
- π^- —
- D^0 —

Read instructions

Download JSON





Posizionando il mouse sulla traccia di una particella,
ne compaiono le proprietà nel box a destra.
Cliccando sulla traccia, la particella viene selezionata.

[About](#)
[Language](#)

Event Display Exercise

Event handler
event_5_0.json

previous

next

View

☐ Zoom

☐ Detector

☐ Help

View ▼

☐ Auto rotate

—●—

Legend

K⁻ —

K⁺ —

pi⁺ —

pi⁻ —

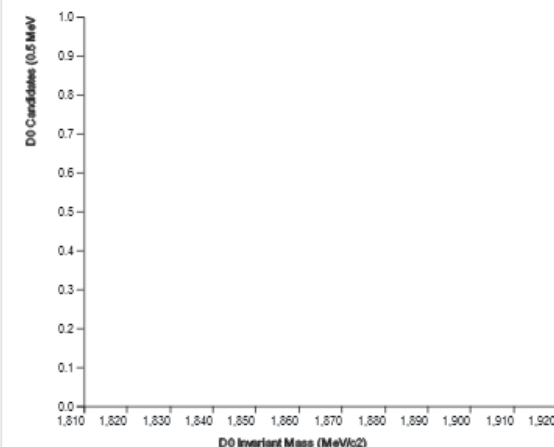
D⁰ —

Read instructions

Download JSON



Particle information			My particles	
E	7887.708	MeV	K-	
chi2	1.041			
ipchi2	12.935			
mass	493.677	MeV/c ²	Mass	
name	K-		MeV/c ²	
ZFstM	-70.502		Add	



v0.1

Copyright © 2019 CERN



Posizionando il mouse sulla traccia di una particella,
ne compaiono le proprietà nel box a destra.
Cliccando sulla traccia, la particella viene selezionata.

LHCb Masterclass

Event Display Exercise

Event handler
event_5_0.json

previous

next

View

☐ Zoom

☐ Detector

☐ Help

View ▼

☐ Auto rotate

—●—

Legend

K⁻ —

K⁺ —

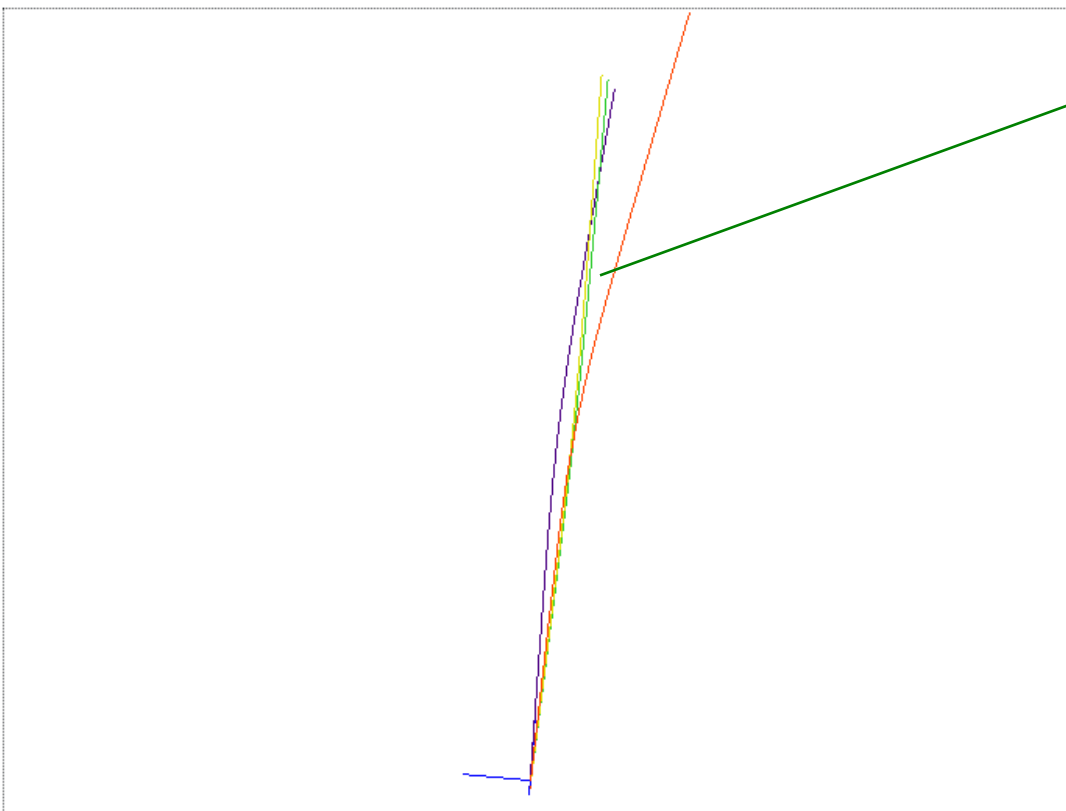
pi⁺ —

pi⁻ —

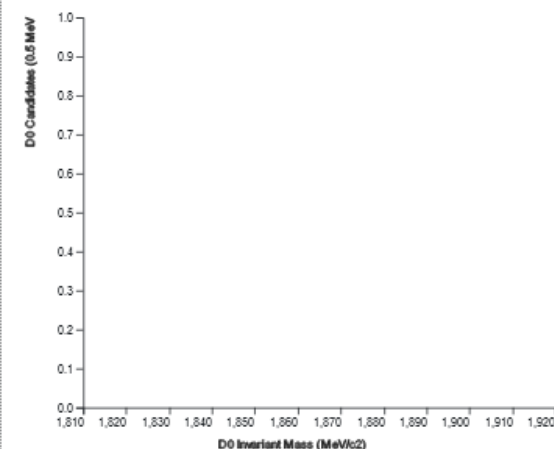
D⁰ —

[Read instructions](#)

[Download JSON](#)



Particle information			My particles	
E	28002.204	MeV	K ⁻	
chi2	0.996		pi ⁺	
ipchi2	0.319			
mass	139.570	MeV/c ²	Mass	
name	pi ⁺		1854.675	MeV/c ²
ZFstM	-40.634			
			Add	



v0.1

Copyright © 2019 CERN



Event Display Exercise

Event handler
event_5_0.json

previous

next

View

☐ Zoom

☐ Detector

☐ Help

View ▼

☐ Auto rotate

—●—

Legend

K⁻ —

K⁺ —

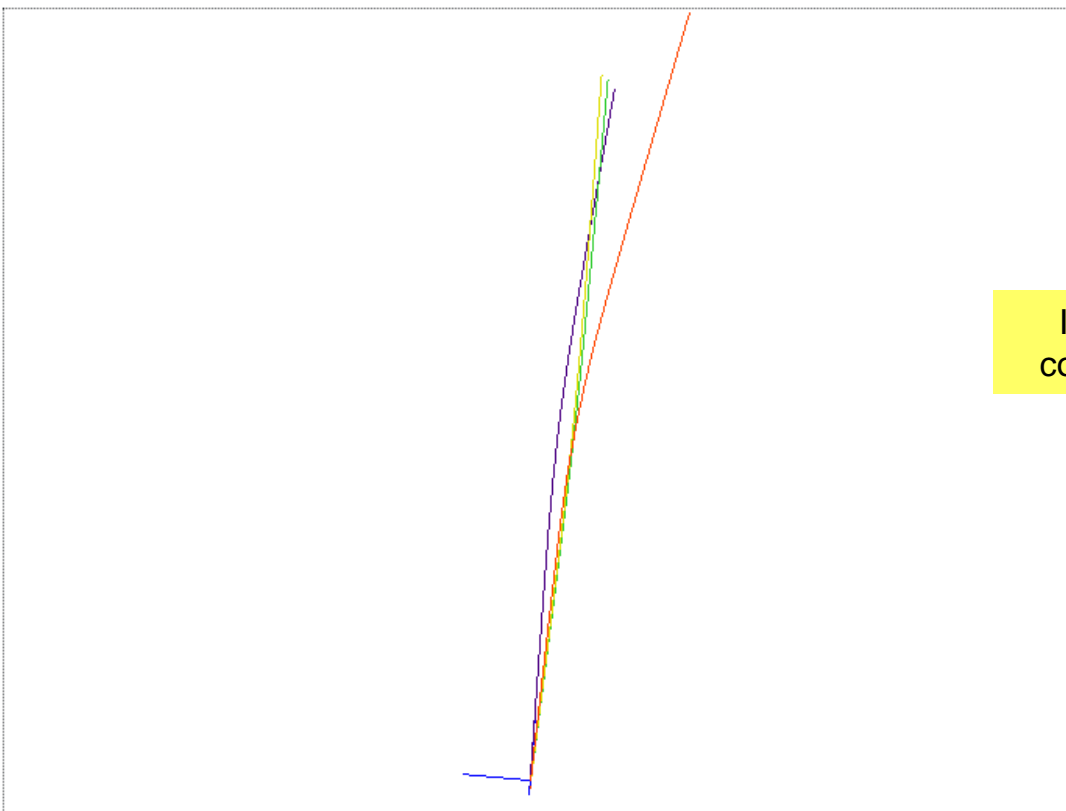
pi⁺ —

pi⁻ —

D⁰ —

[Read instructions](#)

[Download JSON](#)



v0.1

Copyright © 2019 CERN

Particle information

E	28002.204	MeV
chi2	0.996	
ipchi2	0.319	
mass	139.570	MeV/c ²
name	pi ⁺	
ZFstM	-40.634	

My particles

K⁻
pi⁺

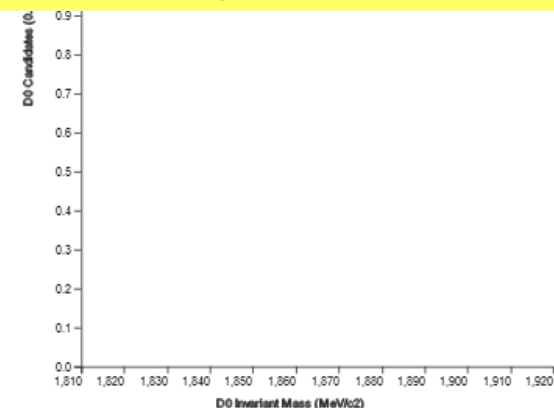
Mass

1854.675

MeV/c²

Add

Il programma calcola la massa della combinazione di particelle selezionate.





Event Display Exercise

Event handler
event_5_0.json

previous

next

View

☐ Zoom

☐ Detector

☐ Help

View ▼

☐ Auto rotate

—●—

Legend

K⁻ —

K⁺ —

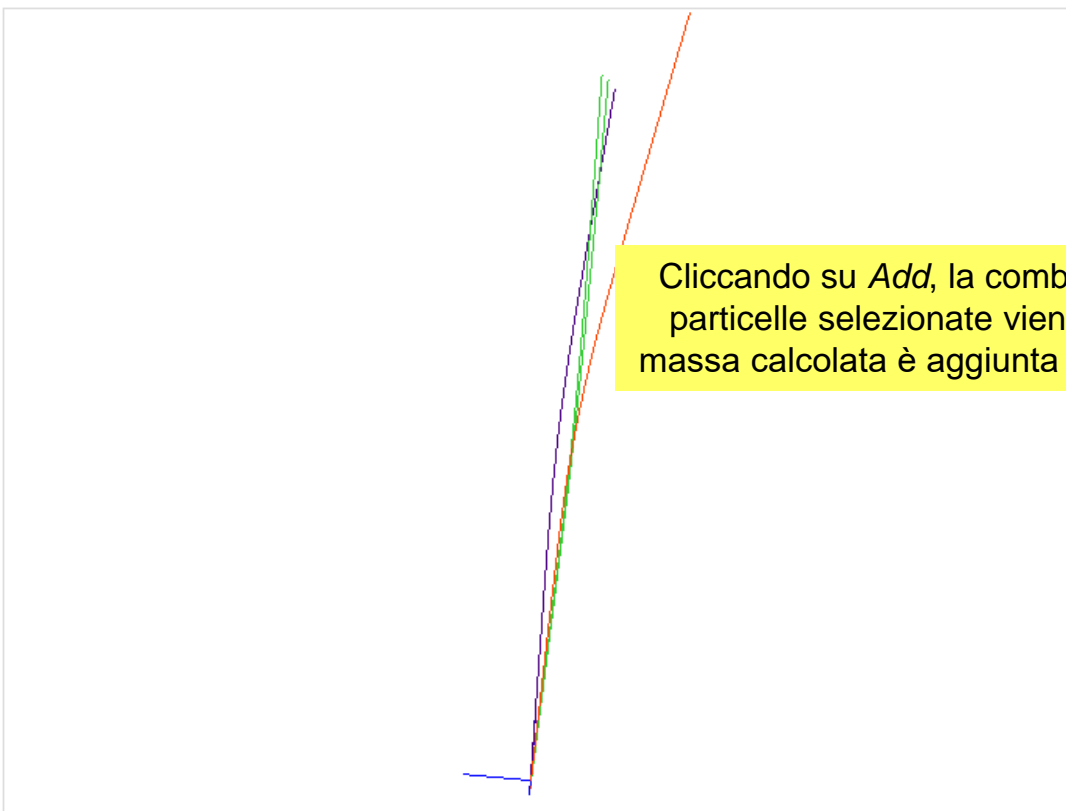
pi⁺ —

pi⁻ —

D⁰ —

[Read instructions](#)

[Download JSON](#)



Particle information

E	28002.204	MeV
chi2	0.996	
ipchi2	0.319	
mass	139.570	MeV/c ²
name	pi ⁺	
ZFstM	-40.634	

My particles

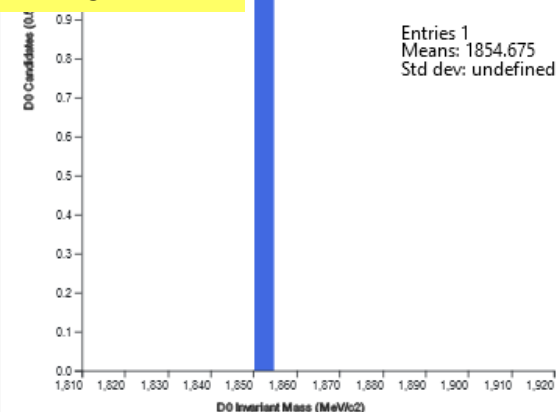
K⁻

pi⁺

Mass

1854.675 MeV/c²

Add



v0.1

Copyright © 2019 CERN



Event Display Exercise

Cliccando su *Next*, si passa all'evento successivo.

Event handler
event_5_1.json

previous

next

View

☐ Zoom

☐ Detector

☐ Help

View

☐ Auto rotate

Legend

K⁻ —

K⁺ —

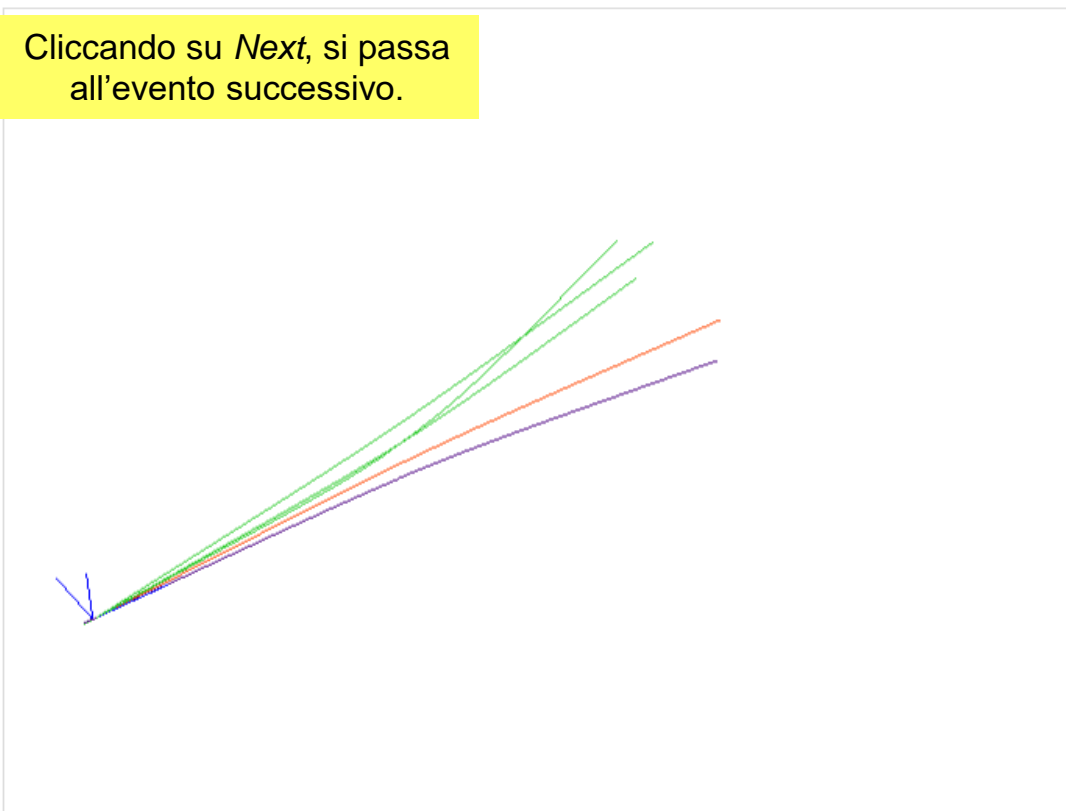
pi⁺ —

pi⁻ —

D⁰ —

[Read instructions](#)

[Download JSON](#)



v0.1

Copyright © 2019 CERN

Particle information

E MeV

chi2

ipchi2

mass MeV/c²

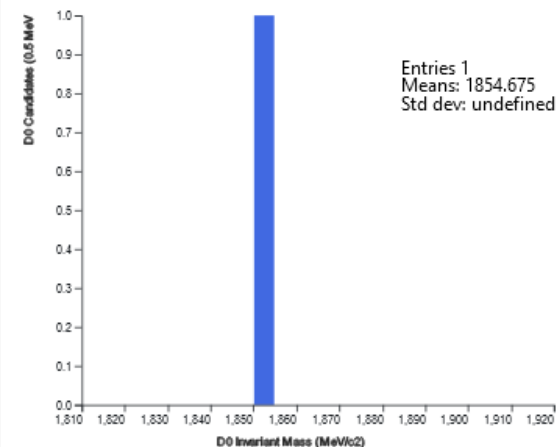
name

ZFstM

My particles

Mass MeV/c²

Add





Event Display Exercise

Se la massa della combinazione di particelle selezionate si discosta in modo significativo dalla massa della D^0 , cliccando su *Add*, compare un messaggio di errore.

Event handler
event_5_1.json

previous

next

View

- ☐ Zoom
- ☐ Detector
- ☐ Help

View

☐ Auto rotate

Legend

K^- —

K^+ —

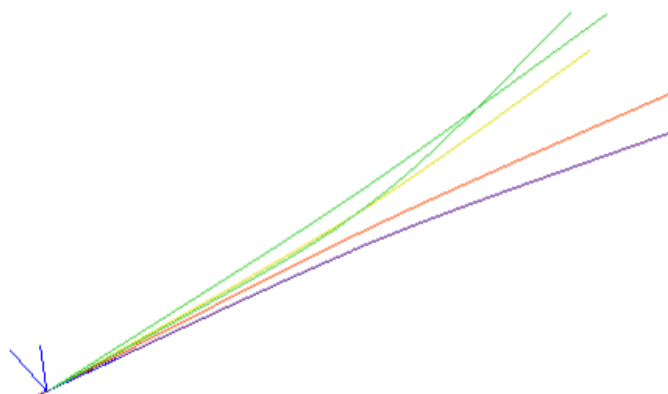
π^+ —

π^- —

D^0 —

Read instructions

Download JSON



v0.1

Copyright © 2019 CERN

✖ Mass is not in range. Please, try again.

Particle information

E 8305.193 MeV

chi2 1.486

ipchi2 16.301

mass 139.570 MeV/c²

name pi+

ZFstM 124.088

My particles

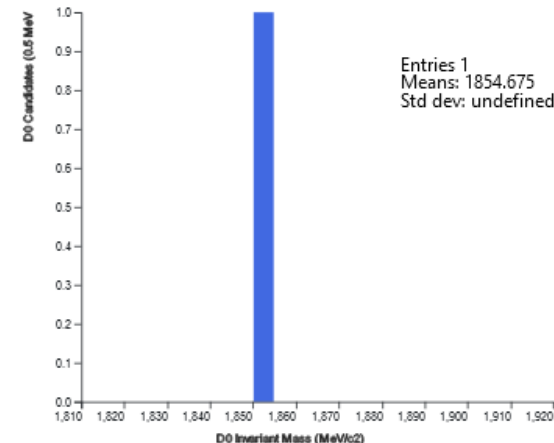
K-

pi+

Mass

1035.987 MeV/c²

Add





Event Display Exercise

Event handler
event_5_30.json

previous

next

View

Zoom

Detector

Help

View

Auto rotate

Legend

K⁻

K⁺

pi⁺

pi⁻

D⁰

Read instructions

Download JSON

Selezionando combinazioni di particelle con massa prossima a quella della D⁰ per i diversi eventi del campione scelto, l'istogramma delle masse si aggiorna.

Particle information

E MeV

chi2

ipchi2

mass MeV/c²

name

ZFstM

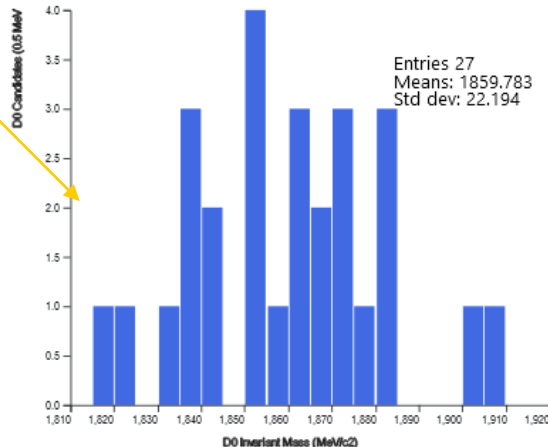
My particles

Mass

MeV/c²

Add

Entries 27
Means: 1859.783
Std dev: 22.194



D0 Candidates (0.5 MeV)

D0 Invariant Mass (MeV/c2)



Event Display Exercise

- Analizzare i 30 eventi del campione selezionato.
- Salvare uno *screenshot* dell'istogramma ottenuto.



Particle information

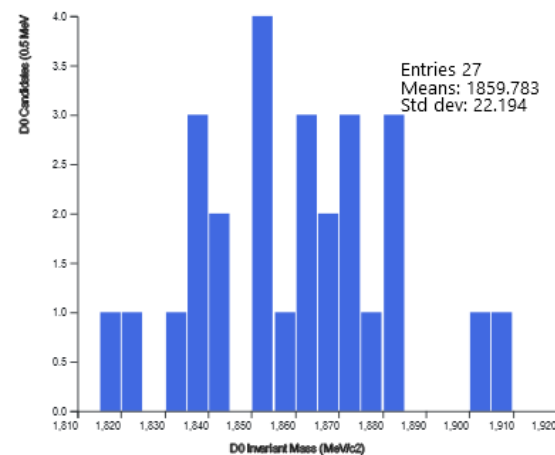
E MeV
chi2
ipchi2
mass MeV/c²
name
ZFstM

My particles

Mass

MeV/c²

Add



v0.1



ADESSO TOCCA A VOI!
BUON LAVORO!!



Oggi utilizzerete un campione di dati raccolti dall'esperimento LHCb in collisioni protone-protone all'acceleratore LHC.

L'esercizio sarà diviso in due parti.

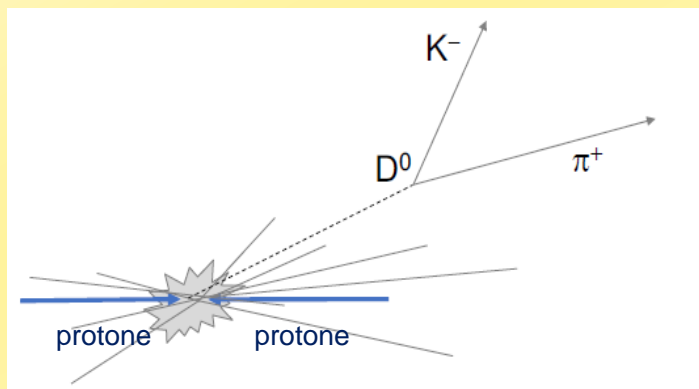
- **PRIMA PARTE: selezionare le particelle D^0 prodotte nelle interazioni**
- **SECONDA PARTE: misurare la vita media della particella D^0**

La particella D^0 : come misurarne la vita media



La D^0 è una particella instabile e, dopo un certo tempo, ovvero dopo aver percorso una certa distanza dal punto di produzione, decade in particelle più leggere
(nel campione di dati che stiamo esaminando, in pioni e kaoni).

Quanto tempo sopravvive prima di decadere?



La particella D^0 : come misurarne la vita media



Il decadimento di una particella instabile è descritto da una legge esponenziale:

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

dove N_0 e $N(t)$ rappresentano il numero di particelle rispettivamente all'istante iniziale e all'istante t .

Il numero di particelle (nel nostro caso, D^0) diminuisce esponenzialmente nel tempo e, dopo un tempo pari a τ (**vita media**), si riduce di un fattore $1/e = 0.37$.

NOTA: Non è possibile stabilire quando decadrà la singola particella, ma è nota la legge che descrive il decadimento di un certo numero di particelle!

La particella D^0 : come misurarne la vita media



Il decadimento di una particella instabile è descritto da una legge esponenziale:

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

dove N_0 e $N(t)$ rappresentano il numero di particelle rispettivamente all'istante iniziale e all'istante t .

Il numero di particelle (nel nostro caso, D^0) diminuisce esponenzialmente nel tempo e, dopo un tempo pari a τ (**vita media**), si riduce di un fattore $1/e = 0.37$.

La vita media della D^0 è pari a:

$$\tau_{D^0} = (410.1 \pm 1.5) \times 10^{-15} \text{ s}$$

In media una D^0 sopravvive $\sim 0.4 \times 10^{-12} \text{ s}$, meno di un picosecondo!

La particella D^0 : come misurarne la vita media



Dalla fisica *classica*, sappiamo che la distanza L percorsa da un corpo che si muova di moto rettilineo uniforme a velocità v è legata al tempo impiegato per percorrerla dalla relazione:

$$L = vt$$

Questa relazione si modifica per particelle che viaggiano a velocità prossime alla velocità della luce:

$$L = \gamma vt \quad \text{dove} \quad \gamma = 1 / \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

Per una particella D^0 prodotta a LHC, $v \sim 0.99919 c \Rightarrow \gamma \sim 25$.

In media, una D^0 percorre una distanza $L = \gamma v \tau \approx 3mm$ prima di decadere.

La particella D^0 : come misurarne la vita media



Come possiamo misurare la vita media della particella D^0 ?

- Selezionare un campione di D^0
- Dalla lunghezza di decadimento (distanza percorsa) può essere calcolato il tempo di decadimento.
- Dalla distribuzione dei tempi di decadimento, si può ricavare la vita media τ interpolando i dati con la funzione $N(t) = N_0 e^{-t/\tau}$.

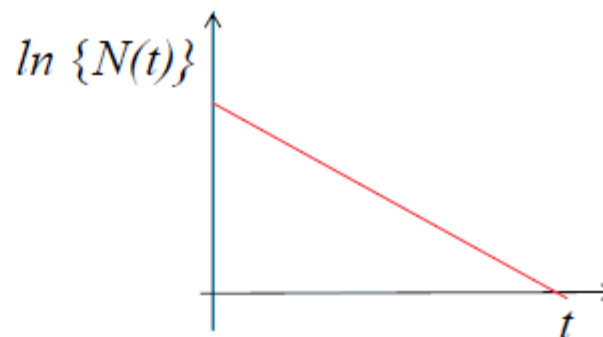
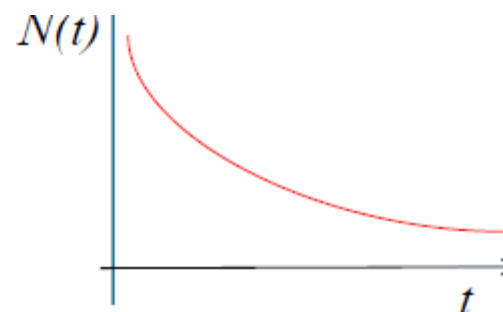
La particella D^0 : come misurarne la vita media



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

$$\begin{aligned} \ln \{N(t)\} &= \ln \{N(0) e^{-t/\tau}\} \\ &= \ln \{N(0)\} - t/\tau \end{aligned}$$

La pendenza della retta (coefficiente angolare)
è $-1/\tau \Rightarrow$ dalla pendenza si può ricavare τ



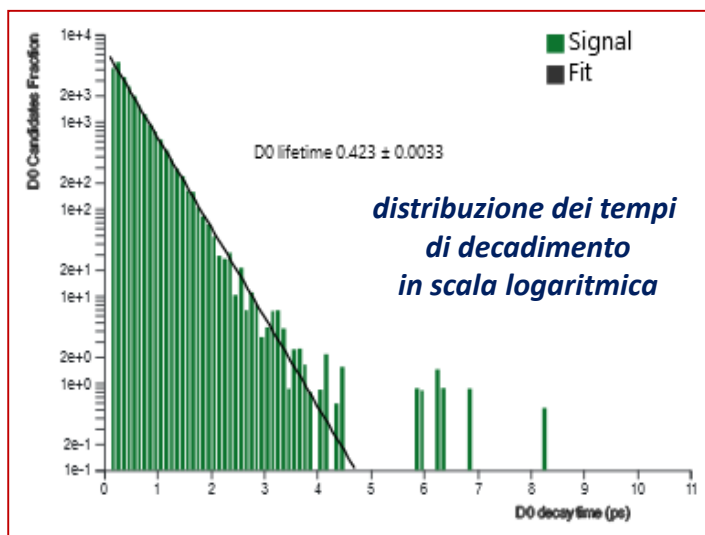
In un piano cartesiano in cui l'asse delle ordinate è in scala logaritmica,
una funzione esponenziale risulta una retta.

La particella D^0 : come misurarne la vita media



Come possiamo misurare la vita media della particella D^0 ?

- Selezionare un campione di D^0
- Dalla lunghezza di decadimento (distanza percorsa) può essere calcolato il tempo di decadimento.
- Dalla distribuzione dei tempi di decadimento, si può ricavare la vita media τ interpolando i dati (fit) con la funzione $N(t) = N_0 e^{-t/\tau}$.





ESERCIZIO MASTERCLASS: PARTE II



LHCb Masterclass

https://lhcb-d0.web.cern.ch/

- Collegarsi all'indirizzo <https://lhcb-d0.web.cern.ch/>

LHCb Masterclass

About
Language

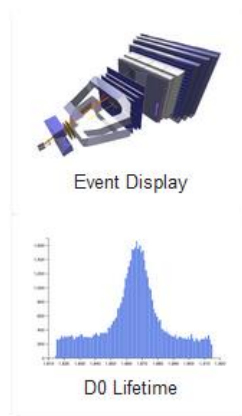
Firstname
m

Surname
d

Grade
1

Combination
Combination 5

Save

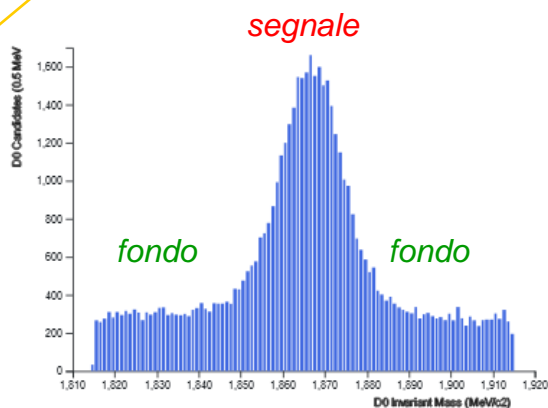


- Cliccare su *D0 Lifetime*



D⁰ lifetime Exercise

- Cliccare su *Plot D⁰ mass*



Notiamo un picco (*segnale*) su una distribuzione piatta (*fondo*).

Il fondo è dovuto a combinazioni casuali di tracce (pione e kaone) che non provengono dal decadimento di una D⁰, ma hanno una massa prossima a quella della D⁰.

Il *picco* è ben descritto da una funzione matematica detta **gaussiana**, la cui media corrisponde al valore misurato della massa della D⁰ e la cui larghezza (σ) dipende dalla risoluzione sperimentale del rivelatore.

Una distribuzione gaussiana contiene il 99.7% degli eventi entro tre σ dal valor medio (valore di picco).

Analysis tools

Plot D⁰ mass

Fit mass distribution

Background substr.

Signal range

1810 1915

Plot distributions

Variable range

D⁰ PT

2.5 20

D⁰ TAU

0 10

D⁰ IP

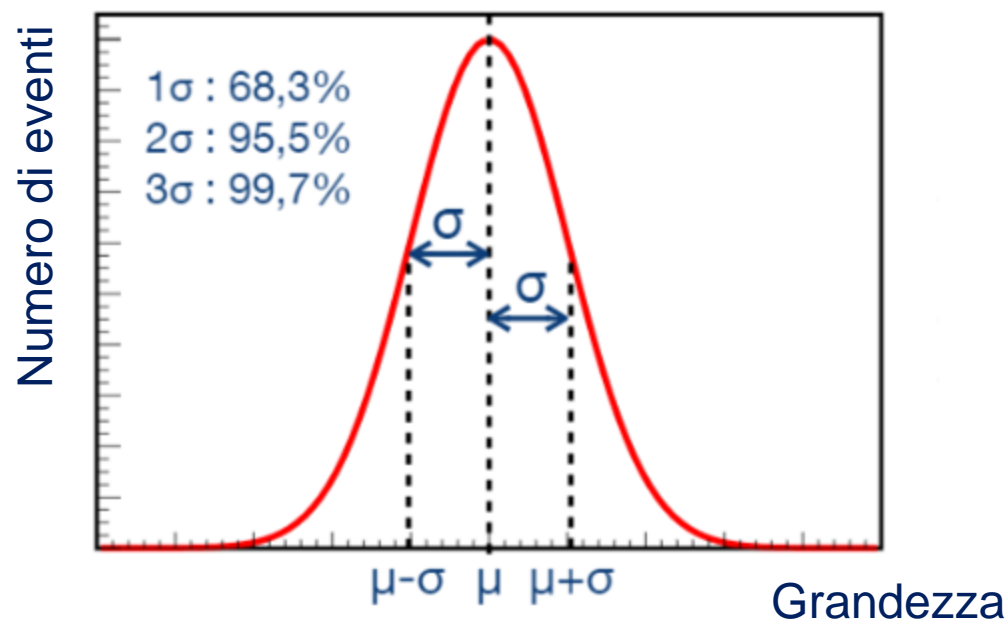
-4 1.5

Refresh

Time fit

Fit result (ps) Fit Error

Save result

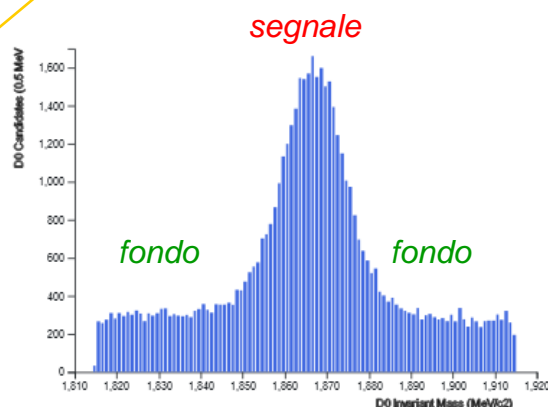


$$N(T) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{T-\mu}{\sigma}\right)^2}$$



D⁰ lifetime Exercise

- Cliccare su *Plot D⁰ mass*



Notiamo un picco (*segnale*) su una distribuzione piatta (*fondo*).

Il fondo è dovuto a combinazioni casuali di tracce (pione e kaone) che non provengono dal decadimento di una D⁰, ma hanno una massa prossima a quella della D⁰.

Il *picco* è ben descritto da una funzione matematica detta **gaussiana**, la cui media corrisponde al valore misurato della massa della D⁰ e la cui larghezza (σ) dipende dalla risoluzione sperimentale del rivelatore.

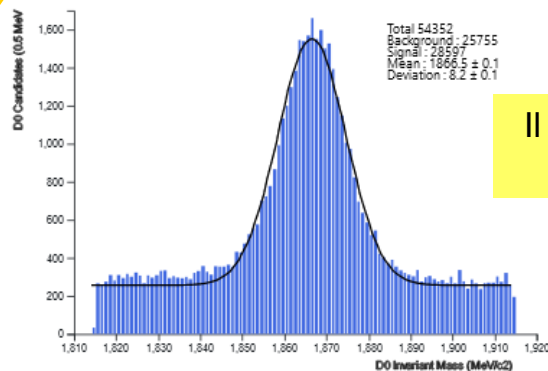
Una distribuzione gaussiana contiene il 99.7% degli eventi entro tre σ dal valor medio (valore di picco).

Il *fondo* è ben descritto da una funzione lineare (*retta*).



D⁰ lifetime Exercise

- Cliccare su *Fit mass distribution*



Il programma calcola i parametri della *miglior* gaussiana che descrive il picco centrale e della *miglior* retta che descrive il fondo.

Analysis tools

Plot D⁰ mass

Fit mass distribution

Background subtr.

Signal range

1810

1915

Plot distributions

Variable range

D⁰ PT

2.5

20

D⁰ TAU

0

10

D⁰ IP

-4

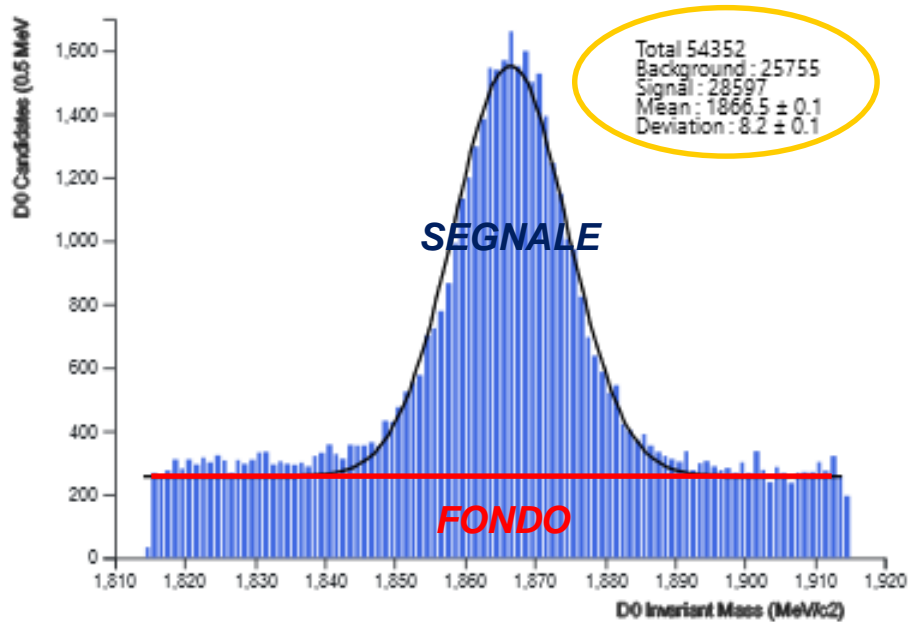
1.5

Refresh

Time fit

Fit result (ps) Fit Error

Save result

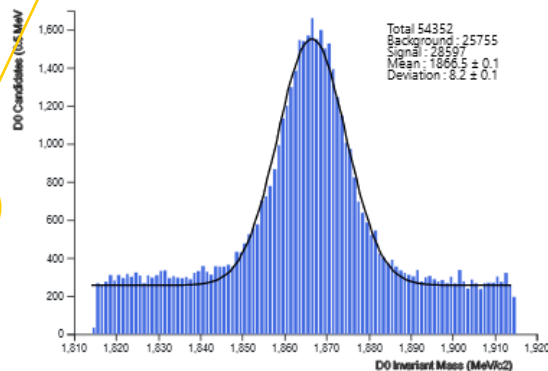


Il *fit* dei dati ci consente di stimare la frazione di eventi di segnale/fondo.



D⁰ lifetime Exercise

- Selezionare la regione del segnale mediante il cursore



Mediante il cursore, è possibile modificare l'intervallo dei valori della massa e selezionare gli eventi che *cadono* nella regione del segnale.

Analysis tools

Plot D⁰ mass

Fit mass distribution

Background substr.

Signal range

1810 1915

Plot distributions

Variable range

D⁰ PT

2.5 20

D⁰ TAU

0 10

D⁰ IP

-4 1.5

Refresh

Time fit

Fit result (ps) Fit Error

Save result



D⁰ lifetime Exercise

- Cliccare su *Plot distributions*

Analysis tools

Plot D⁰ mass

Fit mass distribution

Background substr.

Signal range

1850 1885

Plot distributions

Variable range

D⁰ PT

2.5 20

D⁰ TAU

0 10

D⁰ IP

-4 1.5

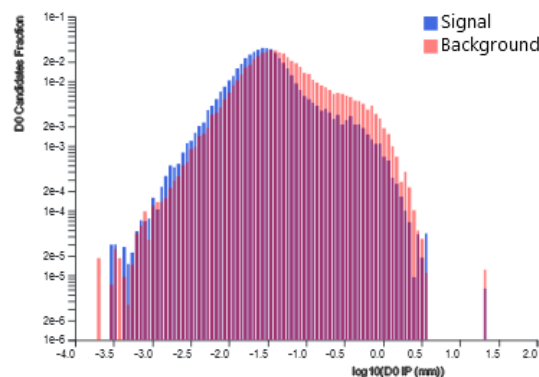
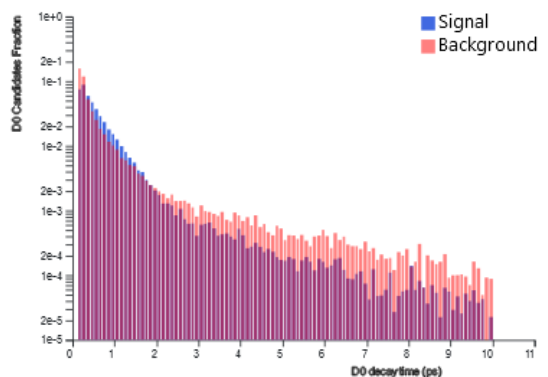
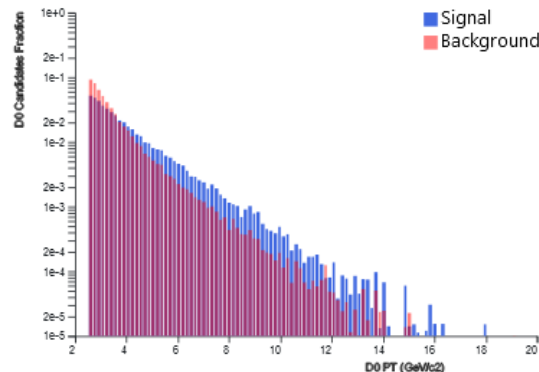
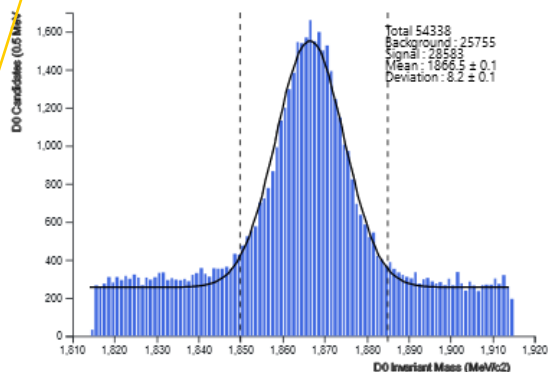
Refresh

Time fit

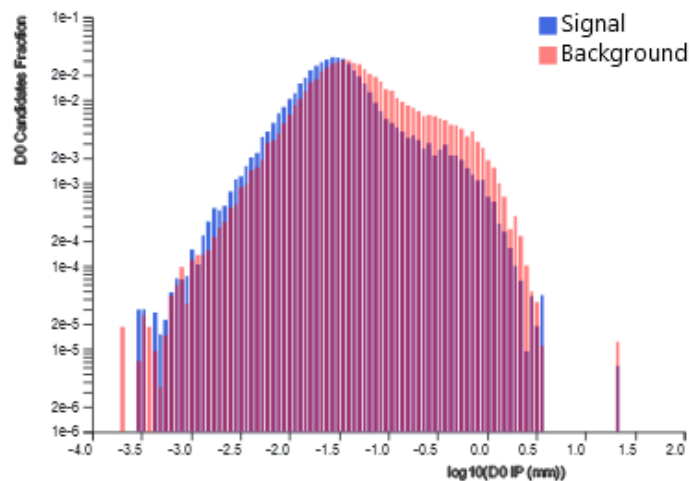
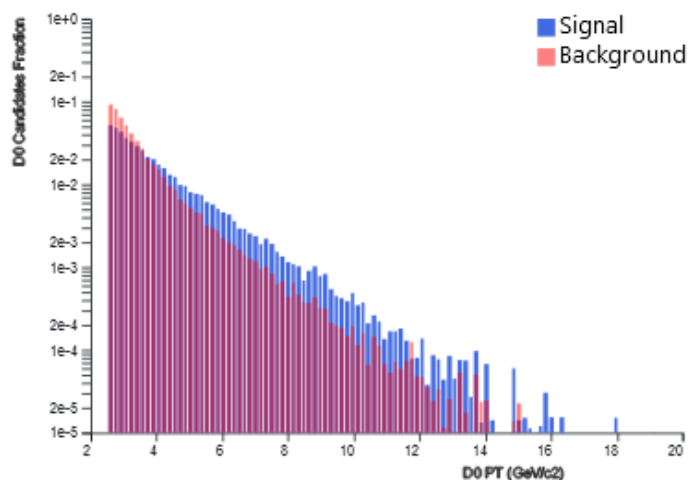
Fit result (ps) Fit Error

0.485 0.0040

Save result

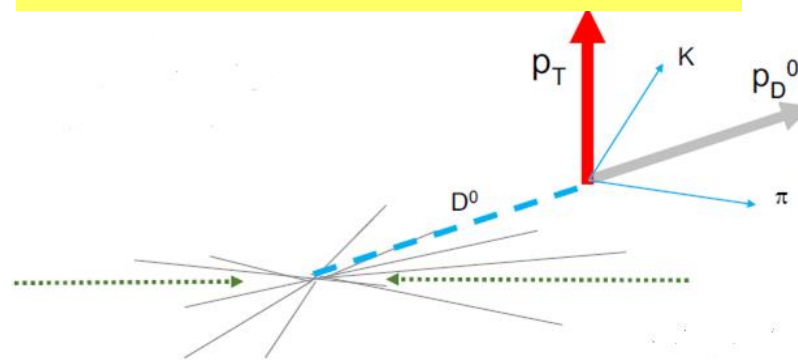


Sono visualizzati i grafici di altre 3 grandezze che caratterizzano gli eventi selezionati: Impulso trasverso, parametro d'impatto e tempo di decadimento.



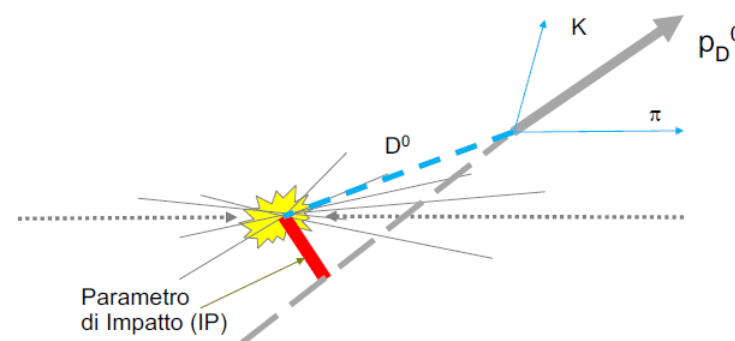
Impulso trasverso:

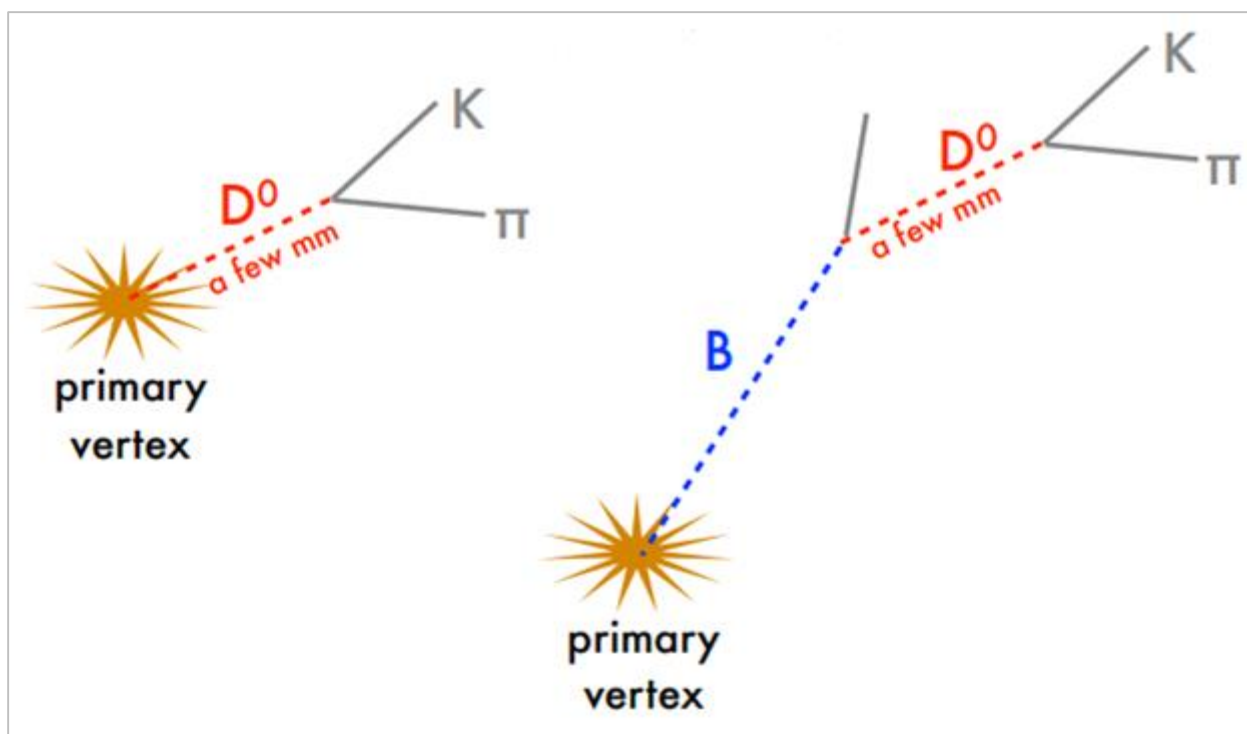
componente dell'impulso nel piano trasverso, perpendicolare alla direzione dei fasci di protoni

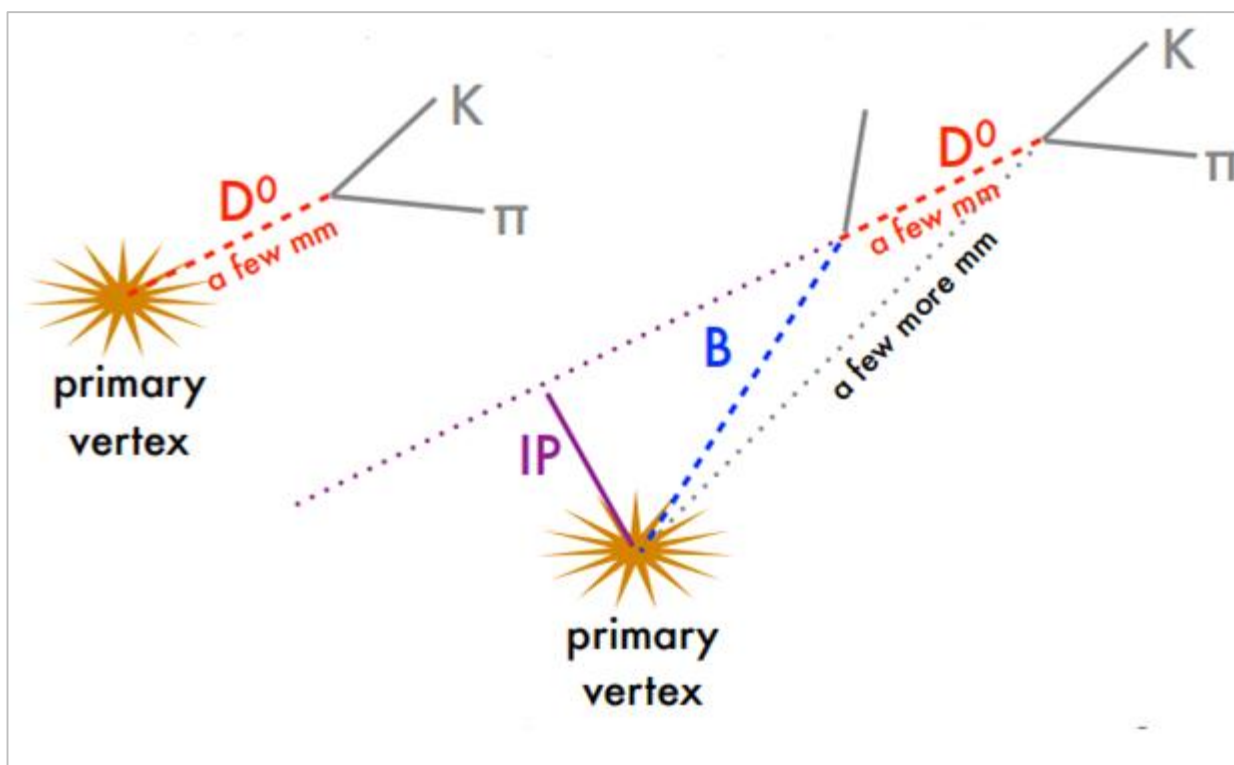


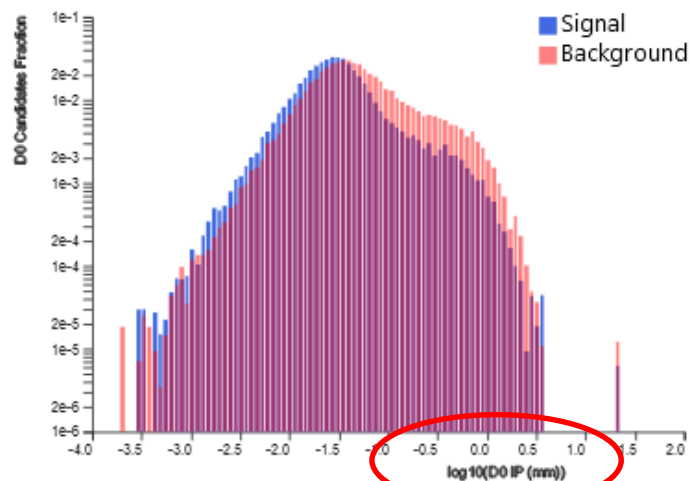
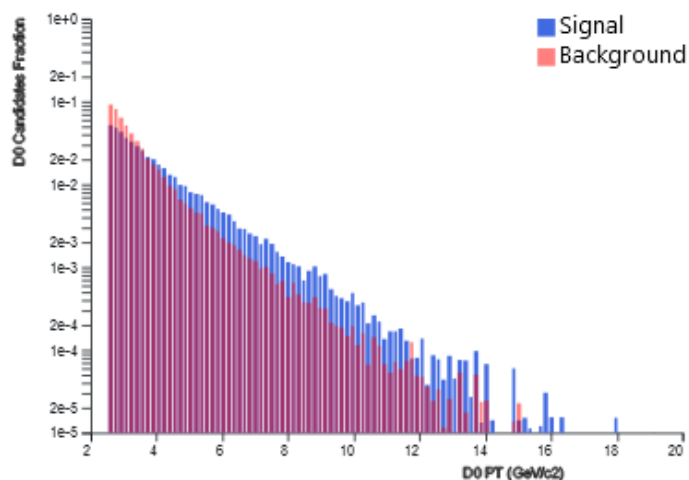
Parametro d'impatto:

minima distanza tra la direzione di volo della particella e il punto di interazione protone-protone





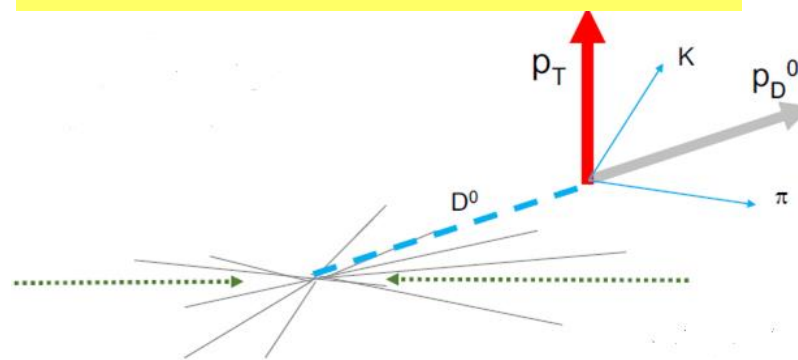




NOTA: è rappresentato il logaritmo in base 10 del parametro di impatto.

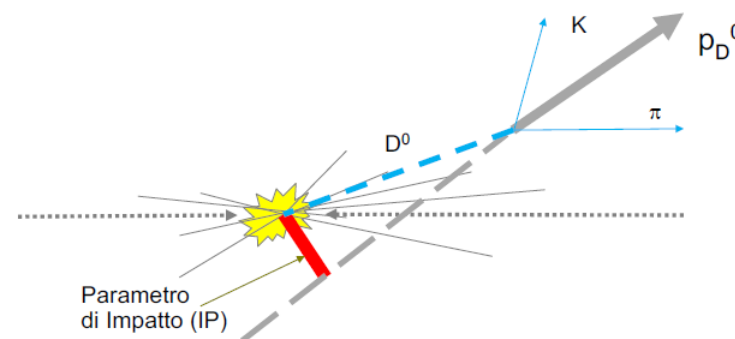
Impulso trasverso:

componente dell'impulso nel piano trasverso, perpendicolare alla direzione dei fasci di protoni

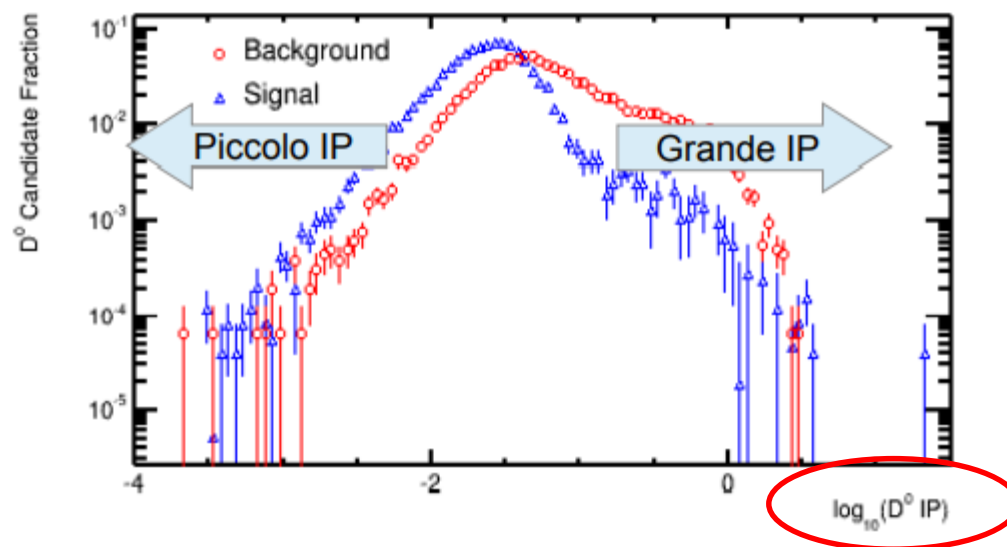


Parametro d'impatto:

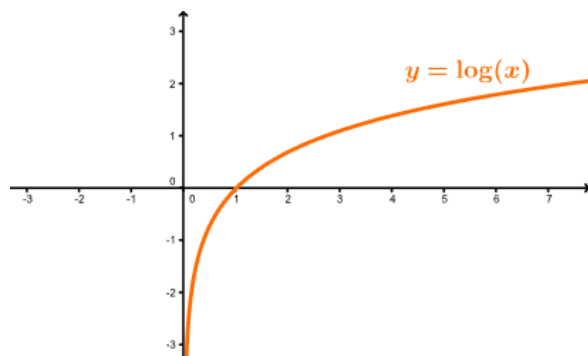
minima distanza tra la direzione di volo della particella e il punto di interazione protone-protone

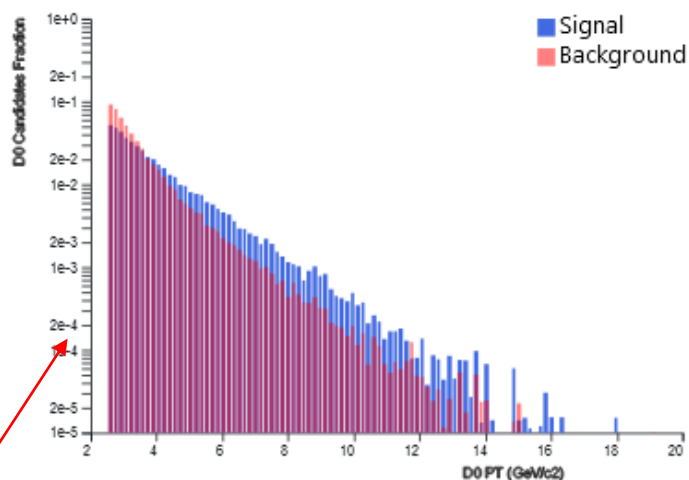


Perché utilizzare il logaritmo?

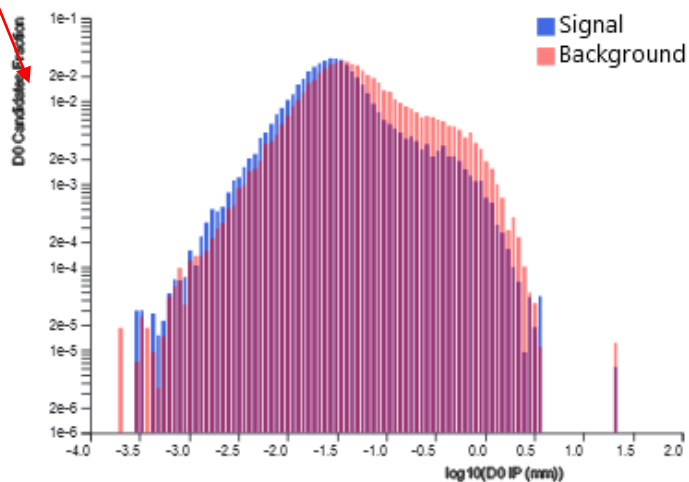


Il logaritmo di IP permette di evidenziare meglio le differenze tra segnale e fondo.



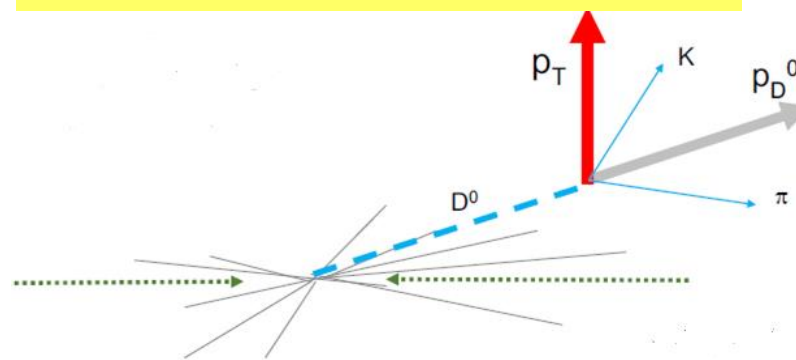


NOTA: scala logaritmica!



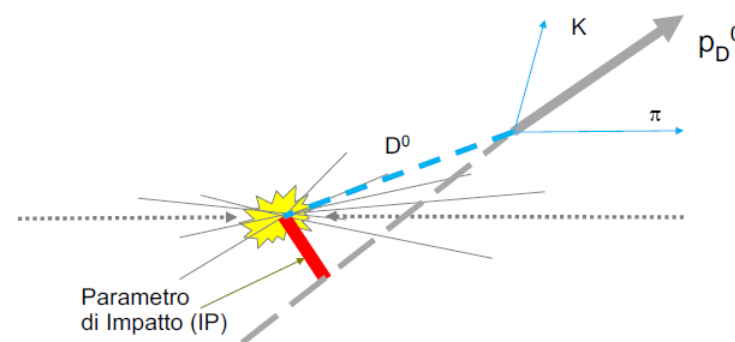
Impulso trasverso:

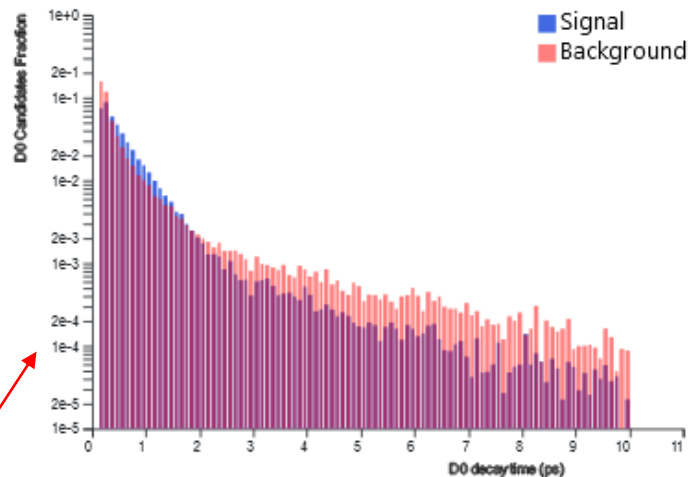
componente dell'impulso nel piano trasverso, perpendicolare alla direzione dei fasci di protoni



Parametro d'impatto:

minima distanza tra la direzione di volo della particella e il punto di interazione protone-protone





NOTA: scala logaritmica!

Tempo di decadimento:
intervallo di tempo tra l'istante di
produzione e l'istante di decadimento



D⁰ lifetime Exercise

- Cliccare su *Plot distributions*

Analysis tools

Plot D⁰ mass

Fit mass distribution

Background substr.

Signal range

1850 1885

Plot distributions

Variable range

D⁰ PT

2.5 20

D⁰ TAU

0 10

D⁰ IP

-4 1.5

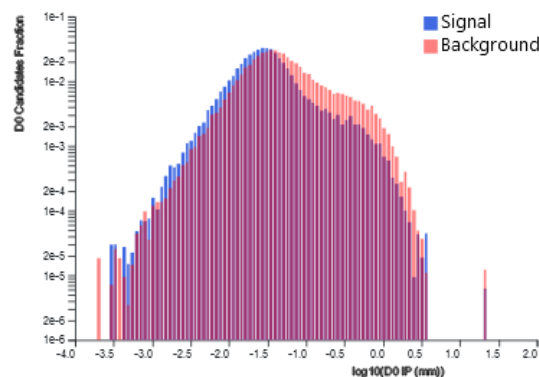
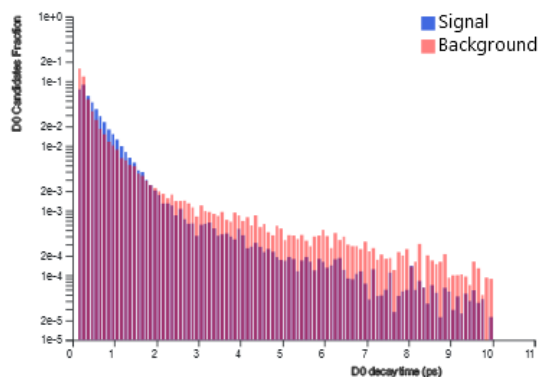
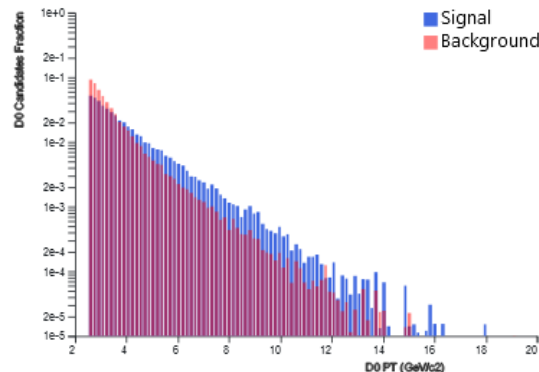
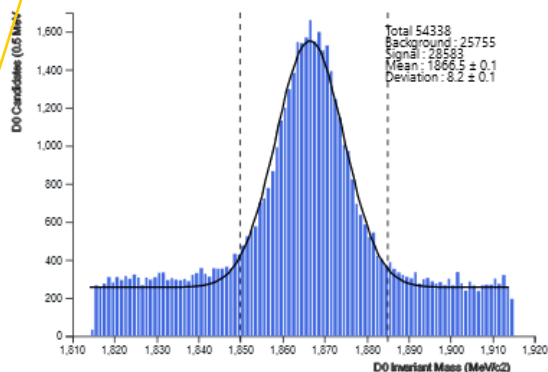
Refresh

Time fit

Fit result (ps) Fit Error

0.485 0.0040

Save result



Sono visualizzati i grafici di altre 3 grandezze che caratterizzano gli eventi selezionati:
Impulso trasverso, parametro d'impatto e tempo di decadimento.



- Variare l'intervallo di valori per Log(IP) e cliccare su *Refresh*

D⁰ lifetime Exercise

Analysis tools

Plot D⁰ mass

Fit mass distribution

Background substr.

Signal range

1850 1885

Plot distributions

Variable range

D⁰ PT

2.5 20

D⁰ TAU

0 10

D⁰ IP

-4 1.5

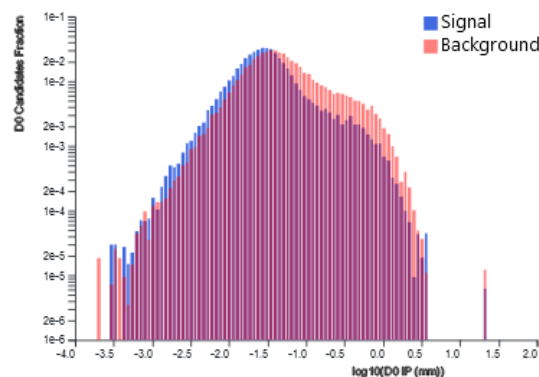
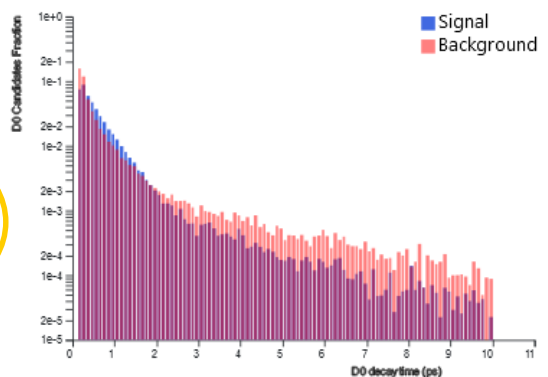
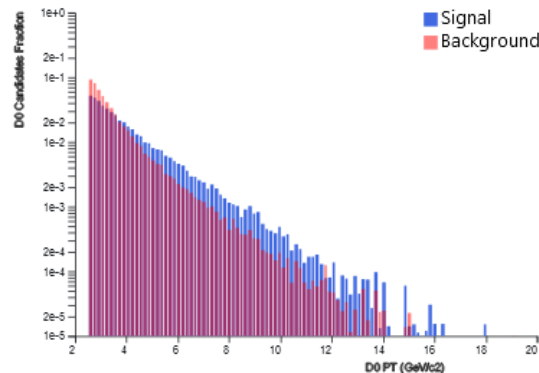
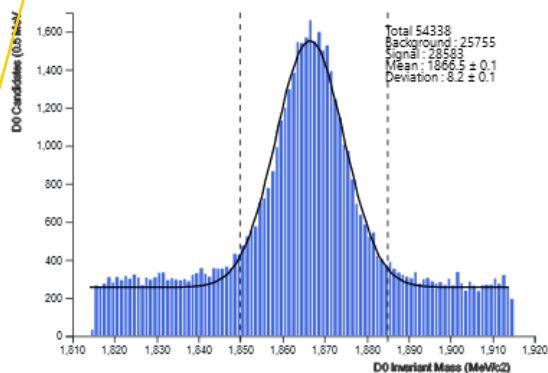
Refresh

Time fit

Fit result (ps) Fit Error

0.485 0.0040

Save result





- Variare l'intervallo di valori per Log(IP) e cliccare su *Refresh*

D⁰ lifetime Exercise

Analysis tools

Plot D⁰ mass

Fit mass distribution

Background substr.

Signal range

1850 1885

Plot distributions

Variable range

D⁰ PT

2.5 20

D⁰ TAU

0 10

D⁰ IP

-4 1.5

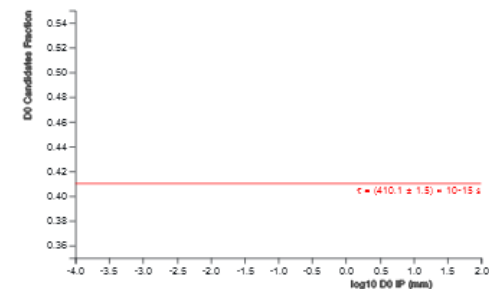
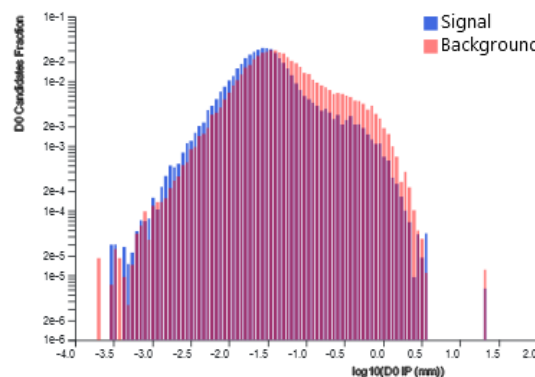
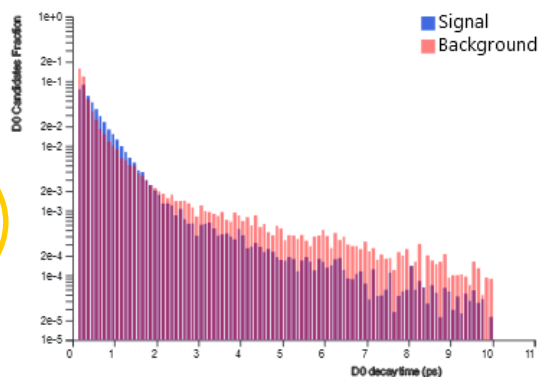
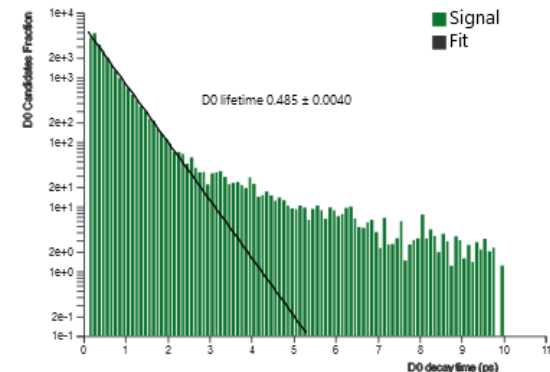
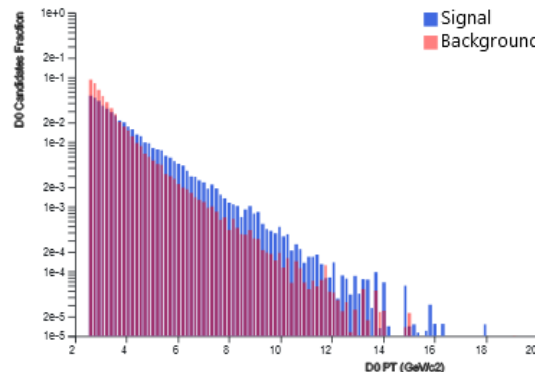
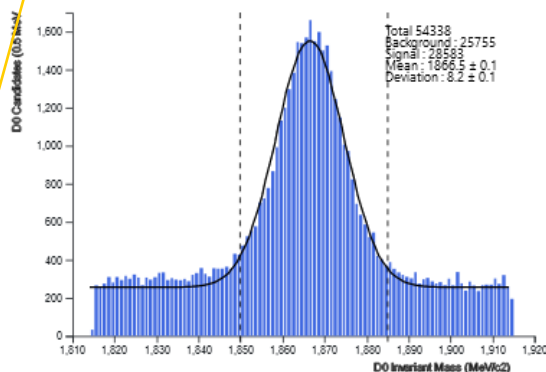
Refresh

Time fit

Fit result (ps) Fit Error

0.485 0.0040

Save result





D⁰ lifetime Exercise

Analysis tools

Plot D⁰ mass

Fit mass distribution

Background subtr.

Signal range

1850 1885

Plot distributions

Variable range

D⁰ PT

2.5 20

D⁰ TAU

0 10

D⁰ IP

-4 1.5

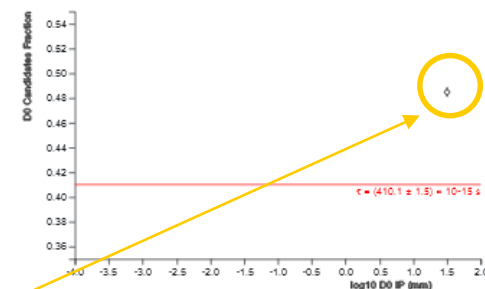
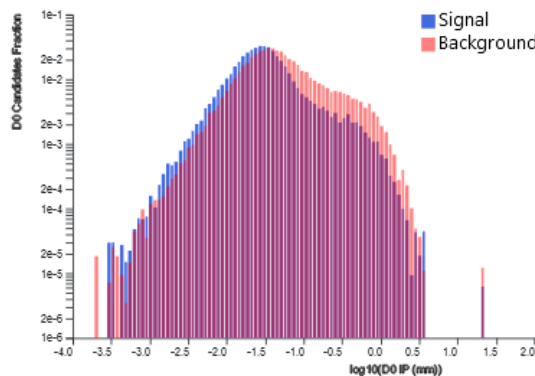
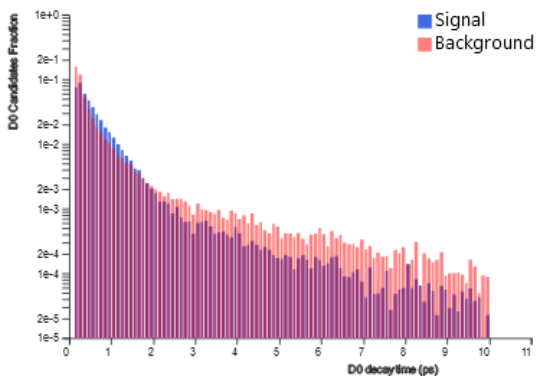
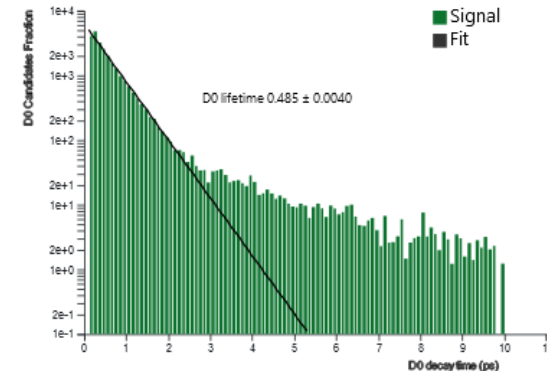
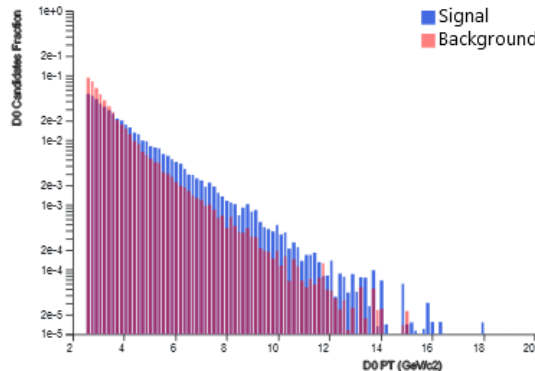
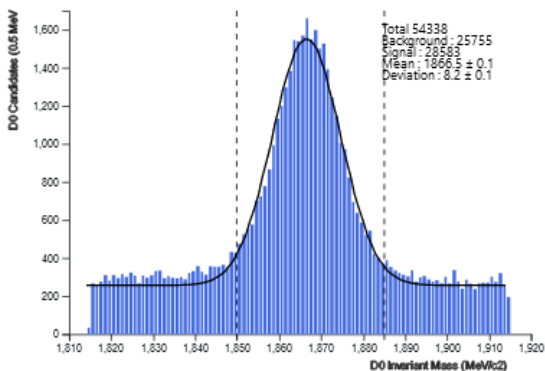
Refresh

Time fit

Fit result (ps) Fit Error

0.485 ± 0.0040

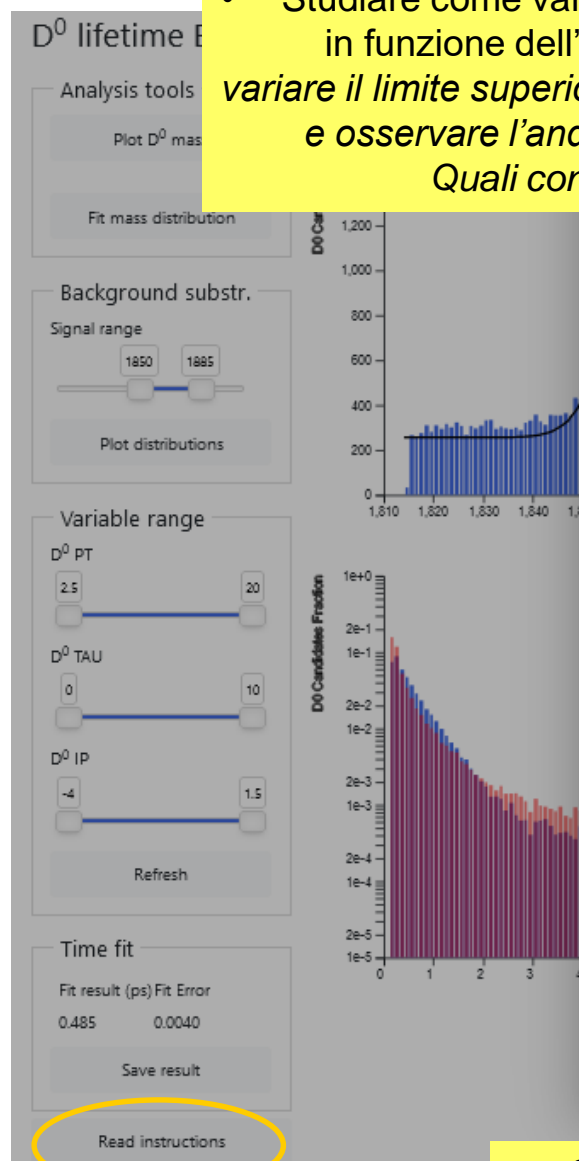
Save result



- Cliccare su *Save result*



- Studiare come varia la vita media misurata della D^0 in funzione dell'intervallo di valori per Log(IP):
variare il limite superiore dell'intervallo da 1.5 a -2 in passi di 0.2 e osservare l'andamento della vita media misurata.
Quali considerazioni possiamo fare?



Welcome to the LHCb masterclass exercise on measuring the lifetime of the D^0 meson.

The goal of this exercise is to measure the lifetime of the D^0 meson, a fundamental particle made of a charm quark and an up anti-quark. In order to do so, you will first learn how to separate signal D^0 mesons from backgrounds. Finally, you will compare your results to the values found by the Particle Data Group (<http://pdgLive.lbl.gov>).

Step-by-step instructions :

1. Plot the D^0 mass distribution. The mass of the D^0 is a fundamental variable which separates signal (the peaking structure in the middle) from the flat background.
2. Read the results of the fit and use them to determine the signal range. The function being fitted to the signal is a Gaussian, whose width, indicated by the greek letter σ , is related to how far the signal extends from the mean for most probable) value. In particular, an interval of $\pm 1 \sigma$ around the mean value contains 68% of the signal, while $\pm 3 \sigma$ contains 99.7% of the signal. Use the slider to set the signal range to be $\pm 3 \sigma$ around the mean value.
3. Plot the variable distributions. You will see three further plots appearing, and in each one the blue points represent the distribution of the signal in that variable while the red points represent the distribution of the background. The plot is logarithmic in the Y axis, and each point represents the fraction of the total signal in that bin. Which regions of each variable contain mostly signal? Which contain mostly background ?
4. Fit the lifetime distribution. Save the results of your fit and compare them to the PDG value. Do they agree ?
5. Repeat step 4 but now varying the upper D^0 log(IP) variable range from 1.5 to -2 in steps of 0.2. Do you notice a pattern? Talk to a demonstrator about your results. Does the D^0 lifetime with an log(IP) cut of -1.5 agree better or worse with the PDG than the lifetime with an log(IP) cut of 1.5 ?

Close

- Salvare uno *screenshot* dei grafici finali.



ADESSO TOCCA A VOI!
BUON LAVORO!!

$$m_{D^0} = (1864.83 \pm 0.05) \text{ MeV}/c^2$$

$$\tau_{D^0} = (410.1 \pm 1.5) \times 10^{-15} \text{ s}$$