

# A caccia del mesone $D^0$ con i dati di LHCb

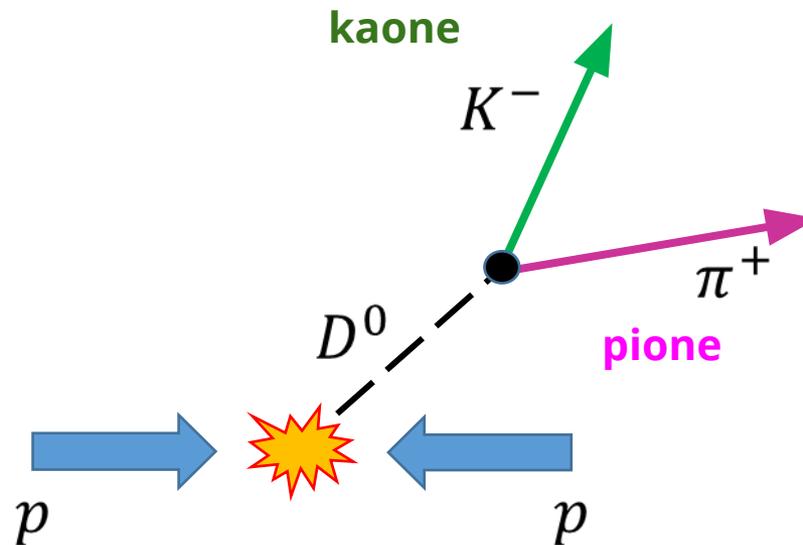
**Matteo Rama, Giulia Tuci**

**Masterclass 2021  
Pisa, 01/03/21**



# Una giornata da fisici delle particelle

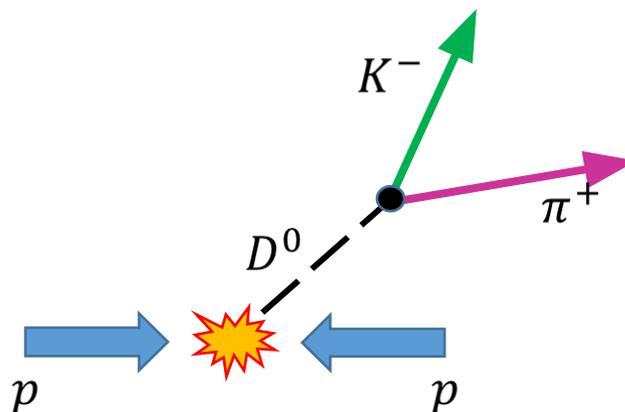
- ❖ Oggi andremo a caccia del **mesone  $D^0$**  e ne studieremo alcune proprietà
- ❖ Utilizzeremo i **dati raccolti dall'esperimento LHCb**, situato presso l'acceleratore LHC al CERN
- ❖ Come identifichiamo un  $D^0$ ?



# Identificare un mesone $D^0$

- ❖ Il mesone  $D^0$  non vive a lungo, ma si disintegra in un kaone e in un pione
- ❖ Il kaone e il pione interagiscono con il rivelatore → possiamo identificare la loro traiettoria
- ❖ Indizi:
  - osservazione di  $K^-$  e  $\pi^+$
  - intersezione delle loro traiettorie (*tracce*) in un punto comune (*vertice*)
  - vertice separato dal punto in cui collidono i due protoni
  - massa del sistema  $K^- + \pi^+$  vicina alla massa del  $D^0$

La parte difficile? Tutto questo va fatto...

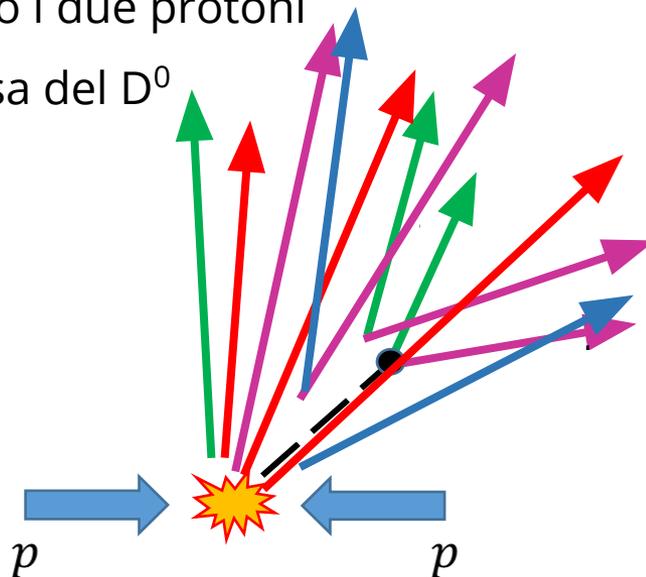


# Identificare un mesone $D^0$

- ❖ Il mesone  $D^0$  non vive a lungo, ma si disintegra in un kaone e in un pione
- ❖ Il kaone e il pione interagiscono con il rivelatore → possiamo identificare la loro traiettoria
- ❖ Indizi:
  - osservazione di  $K^-$  e  $\pi^+$
  - intersezione delle loro traiettorie (*tracce*) in un punto comune (*vertice*)
  - vertice separato dal punto in cui collidono i due protoni
  - massa del sistema  $K^- + \pi^+$  vicina alla massa del  $D^0$

La parte difficile? Tutto questo va fatto...

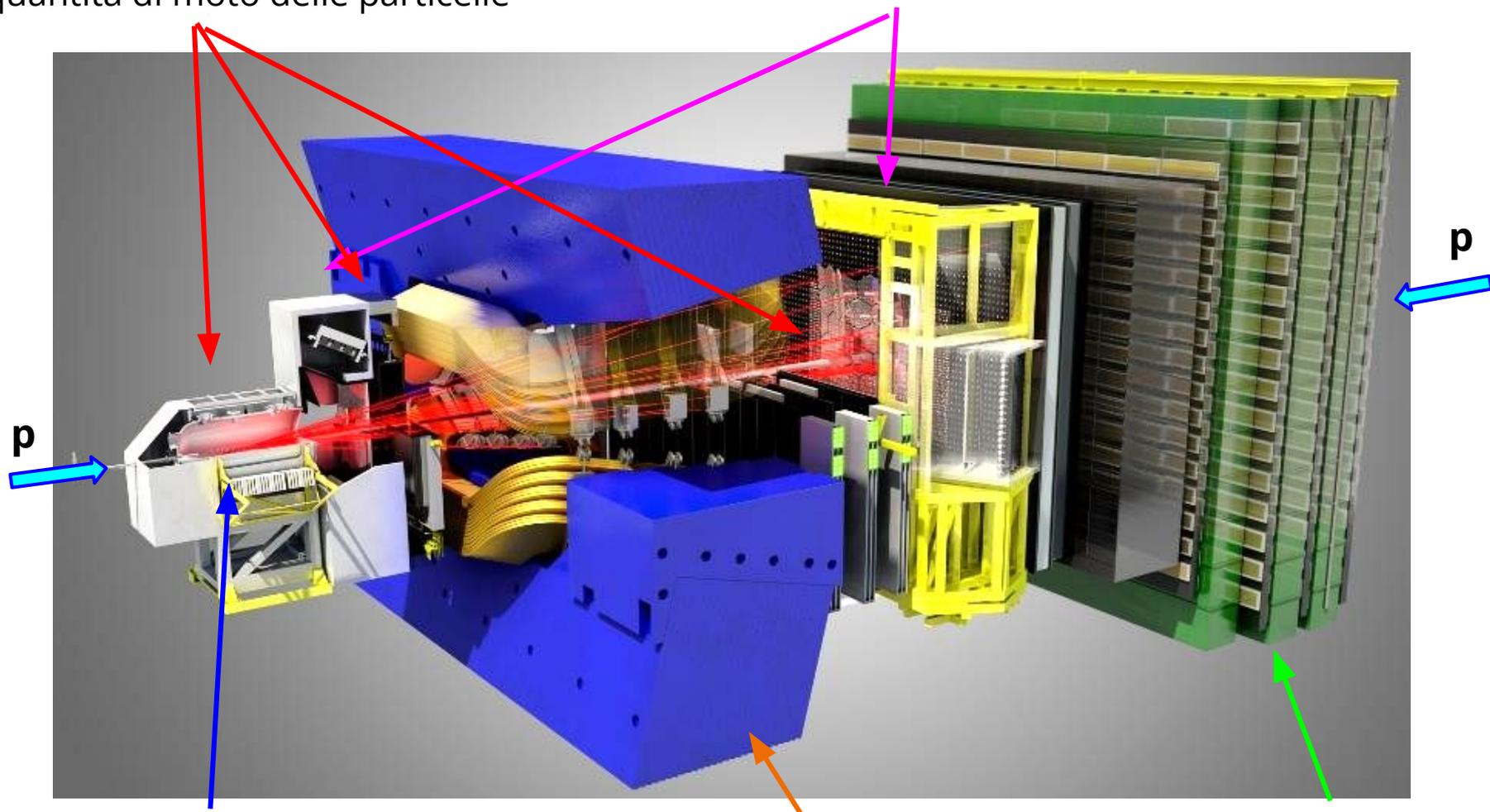
in presenza di tantissime altre tracce!



# LHCb

Misura della traiettoria e della quantità di moto delle particelle

Rivelatori che aiutano a distinguere i kaoni dai pioni

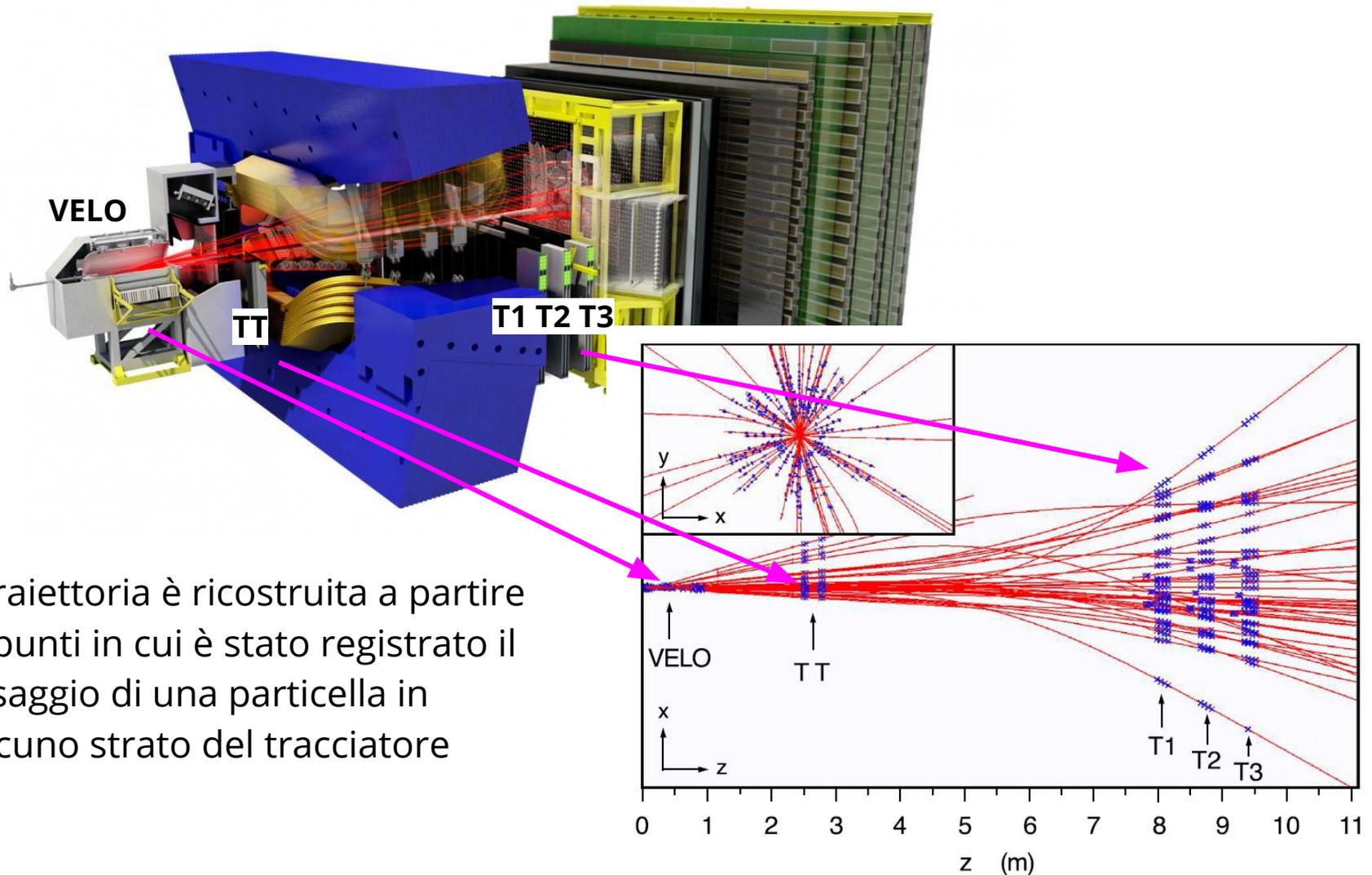


Punto di collisione tra i protoni

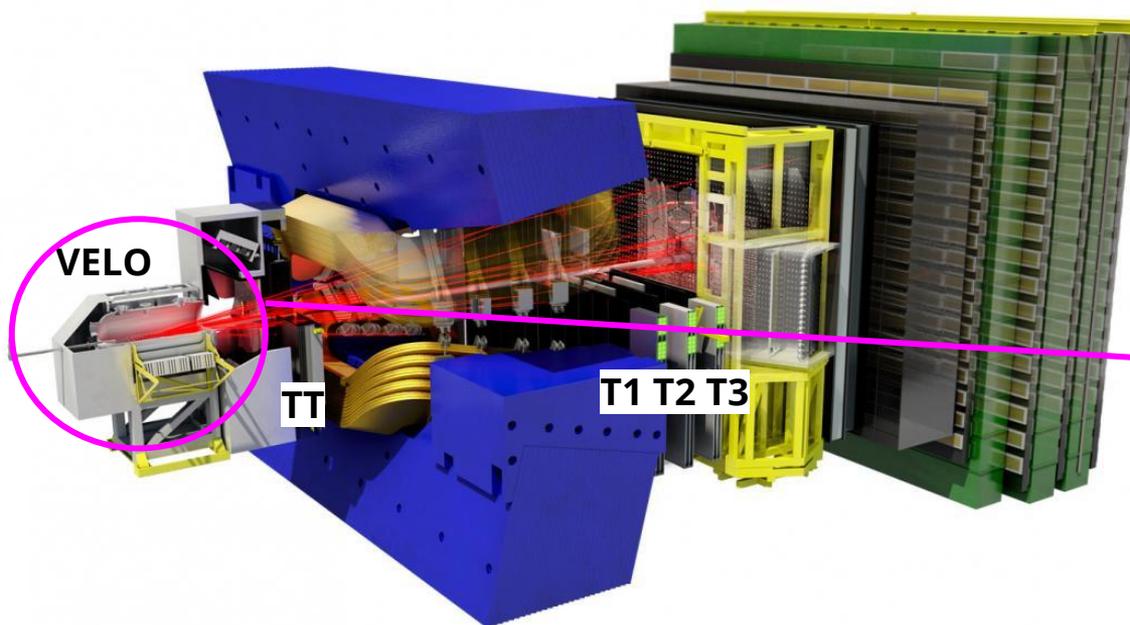
Magnete

Rivelatore di muoni

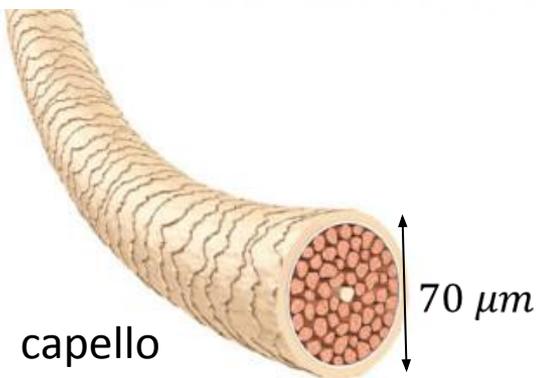
# Misura della traiettoria delle particelle



# Vicino al punto di interazione...



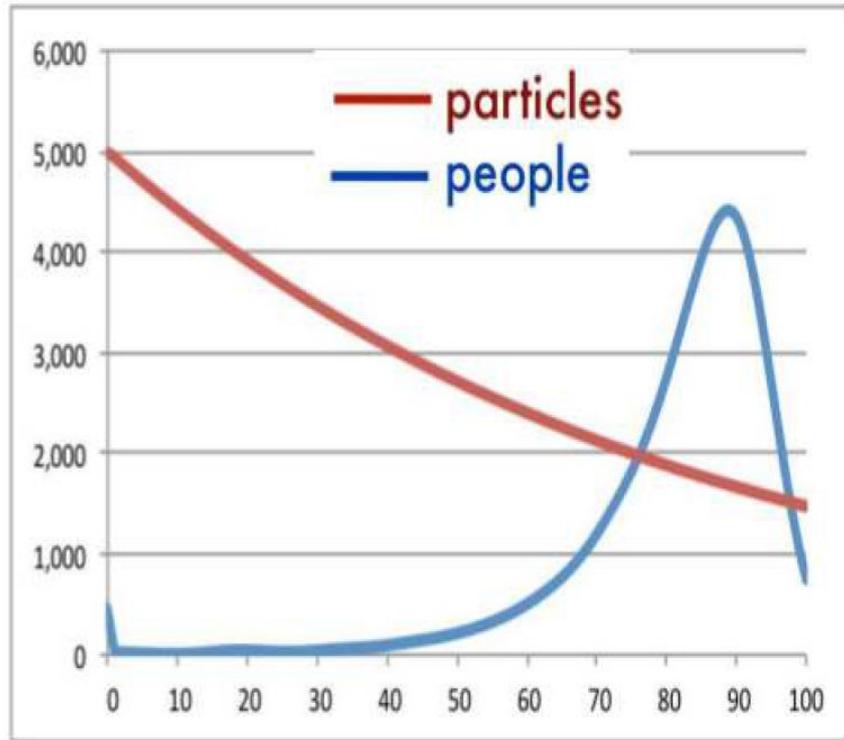
Una metà del VELO



Alta precisione necessaria vicino al punto di interazione protone-protone per distinguere le diverse tracce.

La precisione raggiunta nel VELO per determinare il punto in cui passa una particella è di circa  **$20 \mu\text{m}$**

# La vita media di una particella



Il tempo che intercorre tra la produzione di una particella e la sua disintegrazione è la “vita” della particella.

Se prendessimo un insieme di particelle tutte uguali e guardassimo dopo quanto tempo decadono, osserveremmo un andamento simile a questo.

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

- $t$  = tempo trascorso tra la creazione e la disintegrazione della particella
- $\tau$  = vita media della particella

$$\tau_{umano} \sim 80 \text{ anni}$$

$$\tau_{D^0} = 0.00000000000004 \text{ s !}$$

# La vita media del $D^0$

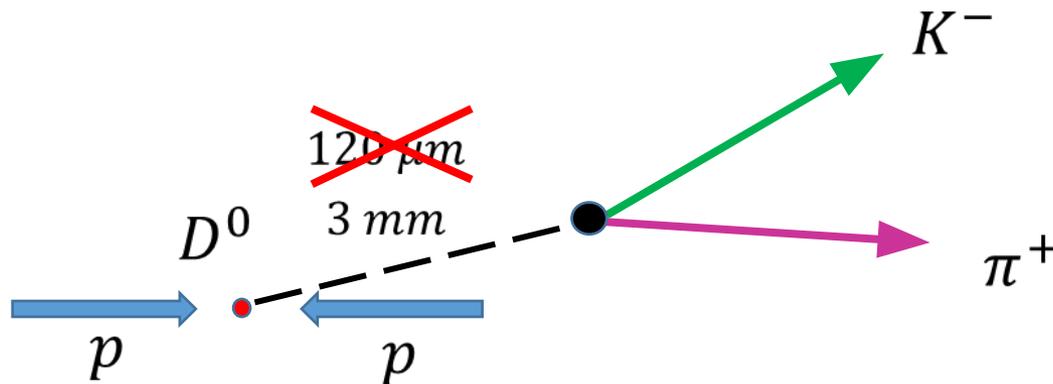
Per una particella, una vita di 0.00000000000004 s è considerata lunga. Alla velocità della luce, la distanza percorsa in questo tempo è  $120\mu\text{m}$ .

$120\mu\text{m}$  non sono tanti, ma non ci dobbiamo dimenticare della teoria della relatività ristretta di Einstein

***“Per i corpi che si muovono a velocità prossime a quella della luce il tempo si dilata”***

Questo porta ad una lunghezza media di decadimento di circa 3 mm

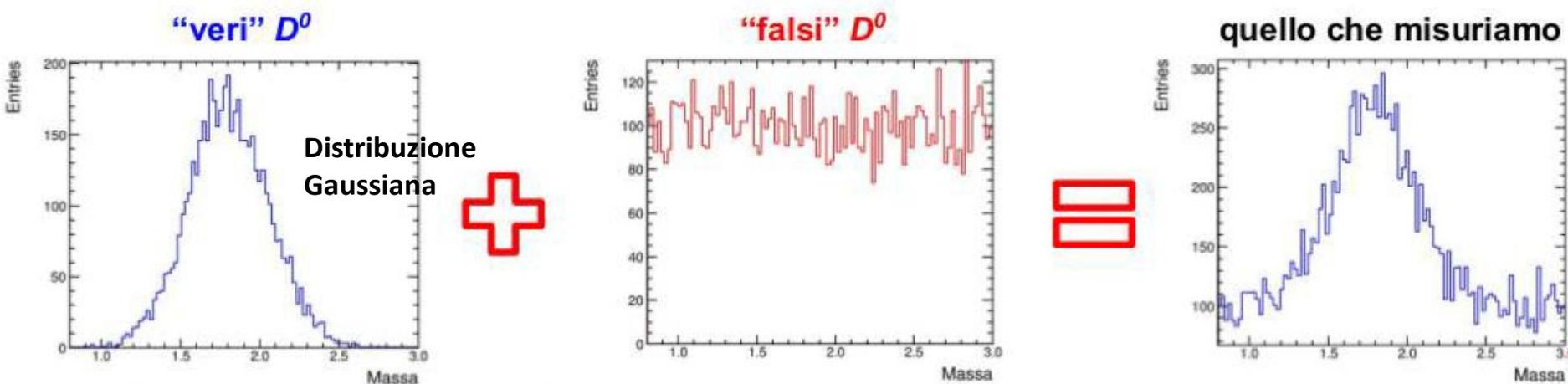
Quindi per scovare il  $D^0$  bisogna cercare un vertice secondario, spostato dal vertice primario



# La massa invariante

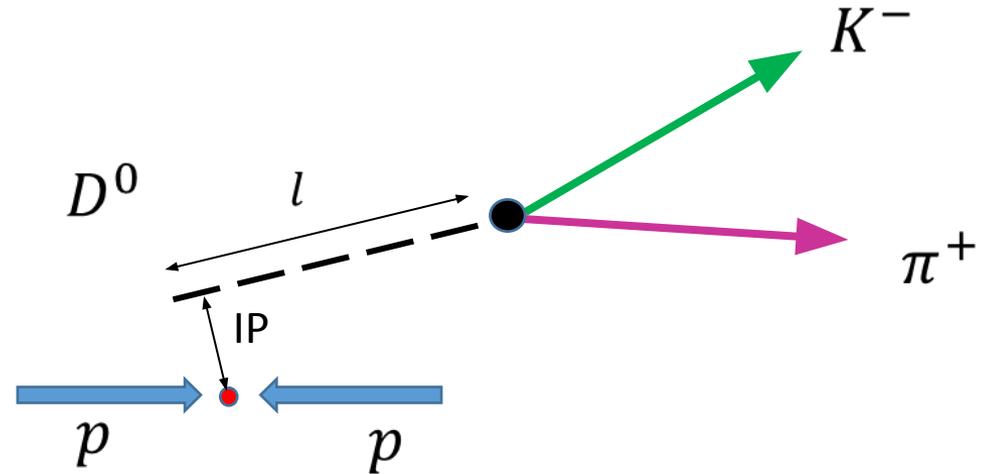
$$1 \text{ GeV} = 1.8 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

- ❖ La massa del mesone  $D^0$  è 1.86 GeV, circa due volte la massa del protone
- ❖ La massa del  $D^0$  è misurata in LHCb con una precisione di circa 0.4% e la distribuzione delle misure ha una forma “a campana”
- ❖ Quando ricostruiamo una particella che ci sembra un  $D^0$  possiamo sbagliare. Quindi selezioniamo sia veri  $D^0$  (segnale) che falsi  $D^0$  (fondo)
- ❖ I falsi  $D^0$  sono due tracce che casualmente si trovano vicine e hanno la massa simile a quella del vero  $D^0$ , ma una distribuzione “piatta”



# Quantità da utilizzare per selezionare i mesoni $D^0$

$D^0$  IP = Impact Parameter del  $D^0$   
(parametro d'impatto)



In ogni decadimento si conserva l'energia e la quantità di moto:

$$E_{D^0} = E_K + E_\pi \quad \text{conservazione dell'energia}$$

$$\vec{p}_{D^0} = \vec{p}_K + \vec{p}_\pi \quad \text{conservazione della quantità di moto}$$

$D^0$   $p_T$  = componente della quantità di moto del  $D^0$  perpendicolare alla linea dei fasci

$D^0$   $t$  =  $l m_{D^0} / p_{D^0}$  tempo di decadimento del candidato  $D^0$

$$D^0 m = \sqrt{\frac{E_{D^0}^2}{c^4} - \frac{p_{D^0}^2}{c^2}} \quad c = \text{velocità della luce}$$

# Quantità da utilizzare per selezionare i mesoni $D^0$

$D^0$  IP = Impact Parameter del  $D^0$   
(parametro d'impatto)

La distribuzione di IP dei mesoni  $D^0$  provenienti dal punto di interazione ha una media più vicina a zero rispetto alla distribuzione degli eventi di fondo

In ogni decadimento si conserva l'energia

$$E_{D^0} = E_K + E_\pi \quad \text{conservazione dell'energia}$$

$$\vec{p}_{D^0} = \vec{p}_K + \vec{p}_\pi \quad \text{conservazione della quantità di moto}$$

La distribuzione di  $p_T$  dei mesoni  $D^0$  ha un valor medio maggiore rispetto alla distribuzione degli eventi di fondo

$D^0$   $p_T$  = componente della quantità di moto del  $D^0$  perpendicolare alla linea dei fasci

$D^0$   $t$  =  $l m_{D^0} / p_{D^0}$  tempo di decadimento

$$D^0 \gamma = \sqrt{\frac{E_{D^0}^2}{c^4} - \frac{p_{D^0}^2}{c^2}} \quad c = \text{velocità della luce}$$

Gli eventi di fondo hanno un valor medio del tempo di decadimento inferiore perchè solitamente formati da particelle che hanno origine nel vertice primario

$\pi^+$



# L'analisi dei dati di LHCb

- ❖ Collegatevi al sito <https://lhcb-d0-preprod.web.cern.ch>
- ❖ Inserite i vostri dati

Firstname

Frodo

Surname

Baggins

Grade

Compagnia dell'Anello

Combination

Combination 1

Save



Il lavoro si svolge in due fasi:

Fase 1: selezione di circa 30 candidati  $D^0$  usando il visualizzatore di eventi

# Event display

LHCb Masterclass

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

## Event Display Exercise

Event handler  
event\_1\_0.json

previous

next

View

Zoom

Detector

Help

View ▾

Auto rotate

Legend

K<sup>-</sup>

K<sup>+</sup>

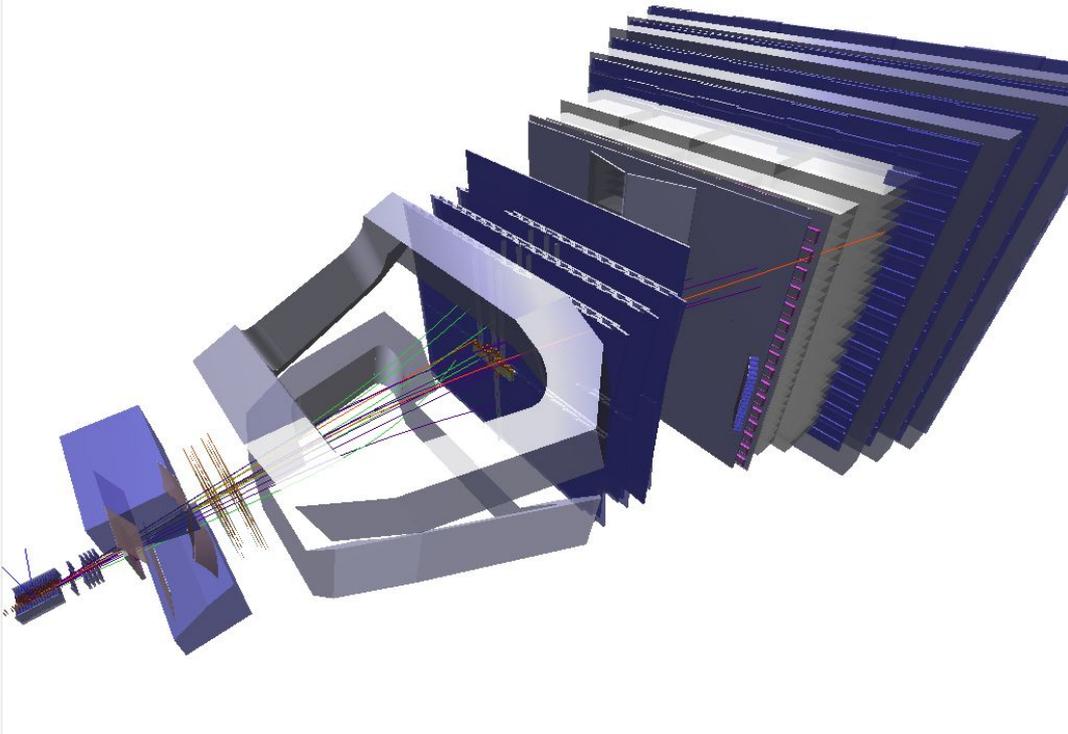
pi<sup>+</sup>

pi<sup>-</sup>

D<sup>0</sup>

Read instructions

Download JSON



Particle information

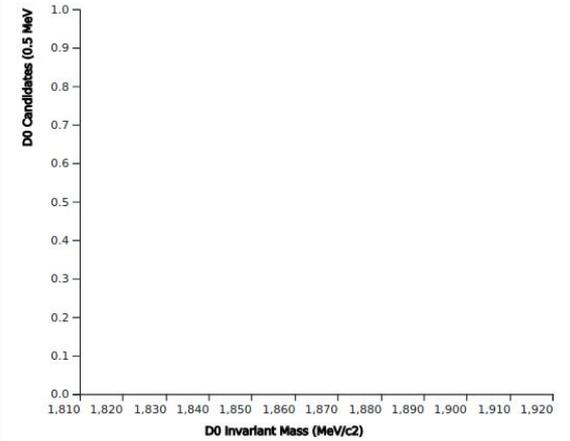
E	MeV
chi2	
ipchi2	
mass	MeV/c <sup>2</sup>
name	
ZFstM	

My particles

Mass

MeV/c<sup>2</sup>

Add



v0 1

# Event display

LHCb Masterclass

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

## Event Display Exercise

Event handler  
event\_1\_0.json

previous

next

View

Zoom

Detector

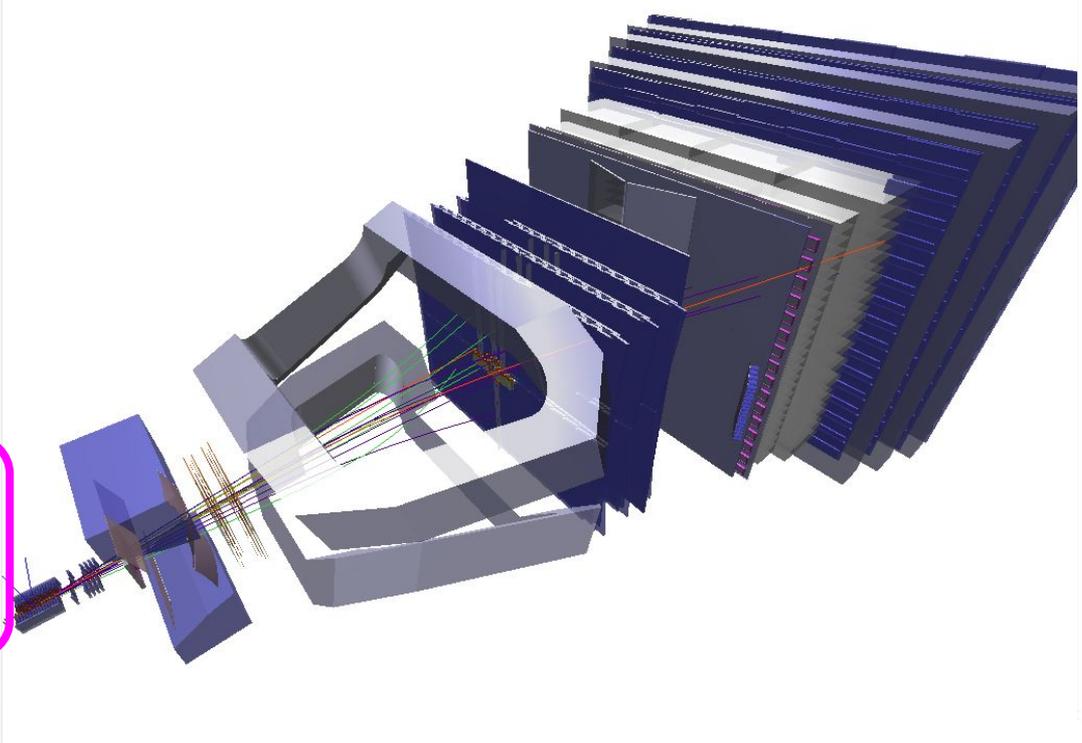
Help

View

Auto rotate

Legend

- $K^-$  (orange line)
- $K^+$  (blue line)
- $\pi^+$  (green line)
- $\pi^-$  (purple line)
- $D^0$  (grey line)



Particle information

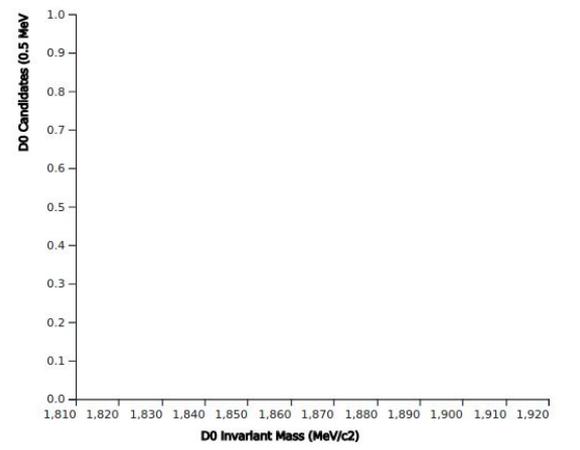
E	MeV
chi2	
ipchi2	
mass	MeV/c <sup>2</sup>
name	
ZFstM	

My particles

Mass

MeV/c<sup>2</sup>

Add



Tracce di colore diverso corrispondono ad una particella diversa. Ricordatevi che il vostro scopo è identificare un  $K^-$  e un  $\pi^+$  provenienti dal decadimento del  $D^0$

# Event display

LHCb Masterclass

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

## Event Display Exercise

Event handler  
event\_1\_0.json

previous

next

View

Zoom

Detector

Help

View

Auto rotate

Legend

K<sup>-</sup> —

K<sup>+</sup> —

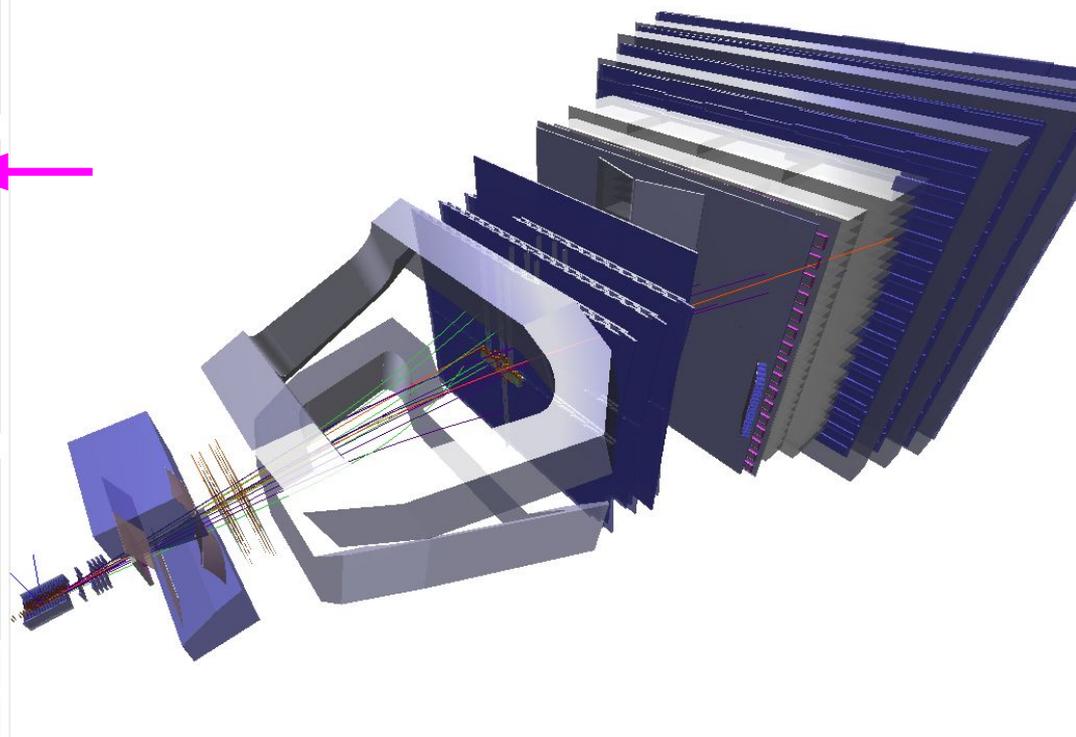
pi<sup>+</sup> —

pi<sup>-</sup> —

D<sup>0</sup> —

Read instructions

Download JSON



Particle information

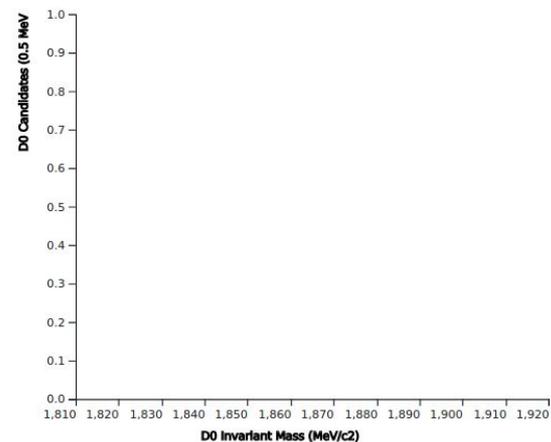
E	MeV
chi2	
ipchi2	
mass	MeV/c <sup>2</sup>
name	
ZFstM	

My particles

Mass

MeV/c<sup>2</sup>

Add



Zoom vicino al punto di interazione protone-protone

# Event display

LHCb Masterclass

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

## Event Display Exercise

Event handler  
event\_1\_0.json

previous

next

View

Zoom

Detector

Help

View

Auto rotate

Legend

K<sup>-</sup> —

K<sup>+</sup> —

pi<sup>+</sup> —

pi<sup>-</sup> —

D<sup>0</sup> —

Read instructions

Download JSON

Particle information

E	MeV
chi2	
ipchi2	
mass	MeV/c <sup>2</sup>
name	
ZFstM	

My particles

Mass

MeV/c<sup>2</sup>

Add

D0 Invariant Mass (MeV/c <sup>2</sup> )	Count
1.810	0.00
1.820	0.00
1.830	0.00
1.840	0.00
1.850	0.00
1.860	0.00
1.865	0.95
1.870	0.00
1.880	0.00
1.890	0.00
1.900	0.00
1.910	0.00
1.920	0.00

Disabilita la visualizzazione del rivelatore.  
Consigliato quando dovete selezionare le tracce.

# Event display

LHCb Masterclass

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

## Event Display Exercise

Event handler  
event\_1\_0.json

previous

next

View

Zoom

Detector

Help

View

Auto rotate

Legend

K<sup>-</sup> —

K<sup>+</sup> —

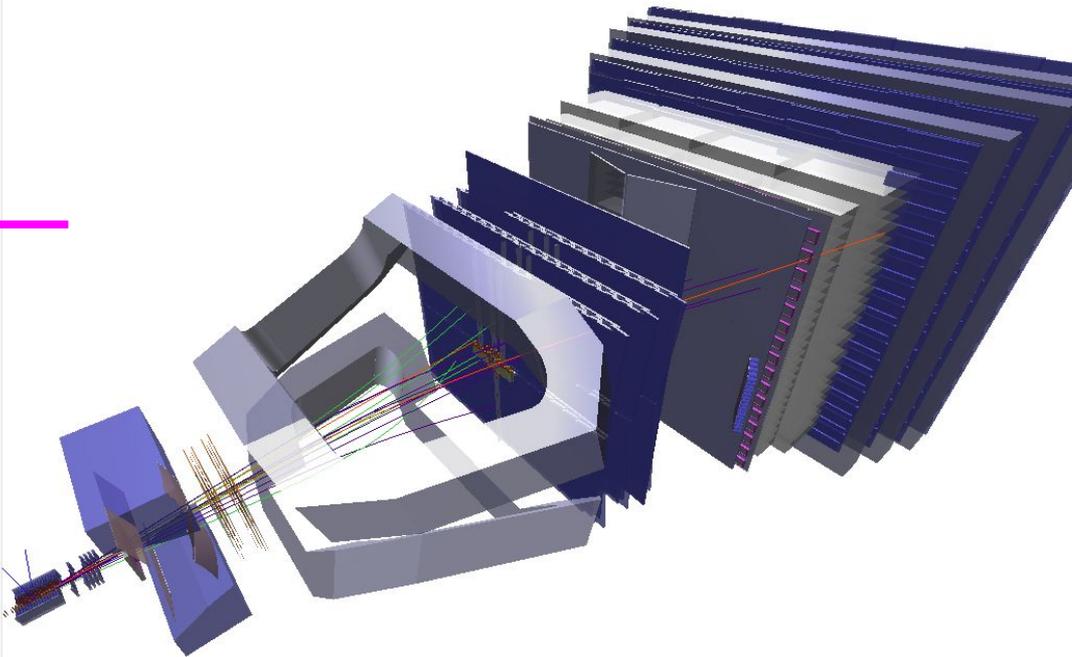
pi<sup>+</sup> —

pi<sup>-</sup> —

D<sup>0</sup> —

Read instructions

Download JSON



Particle information

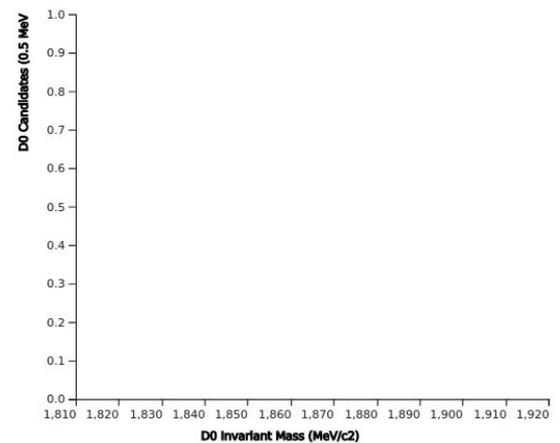
E	MeV
chi2	
ipchi2	
mass	MeV/c <sup>2</sup>
name	
ZFstM	

My particles

Mass

MeV/c<sup>2</sup>

Add



Tasto spoiler: vi viene mostrato il candidato D<sup>0</sup>. Se lo usate subito e sempre però non vi divertirete.

# Event display

LHCb Masterclass

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

## Event Display Exercise

Event handler  
event\_1\_0.json

previous

next

View

Zoom

Detector

Help

View

Auto rotate

Legend

K<sup>-</sup> —

K<sup>+</sup> —

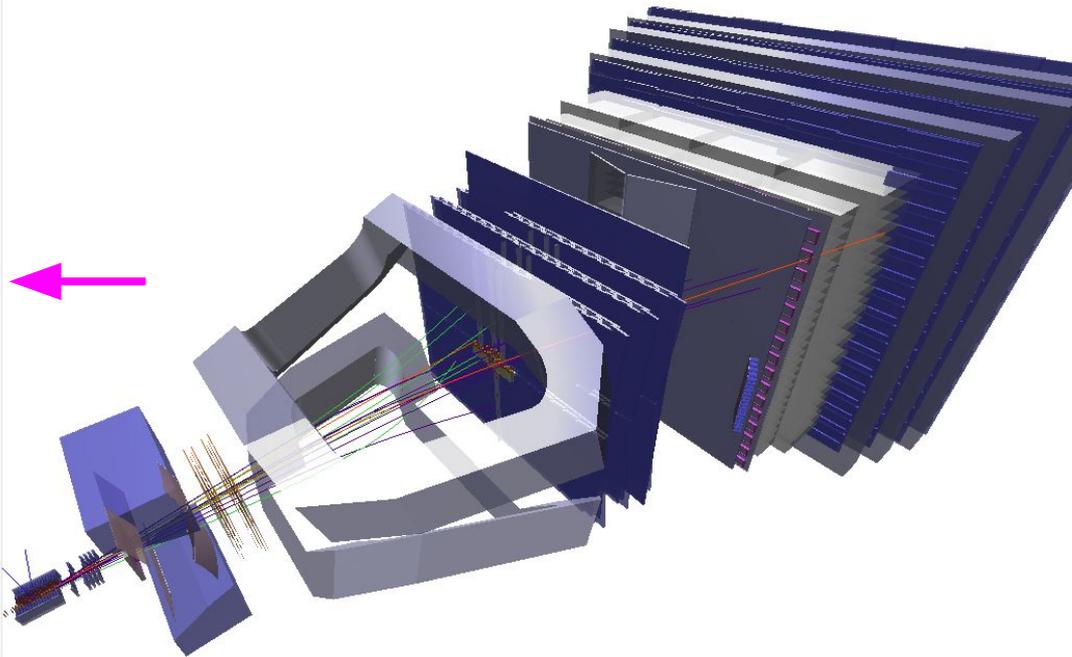
pi<sup>+</sup> —

pi<sup>-</sup> —

D<sup>0</sup> —

Read instructions

Download JSON



Particle information

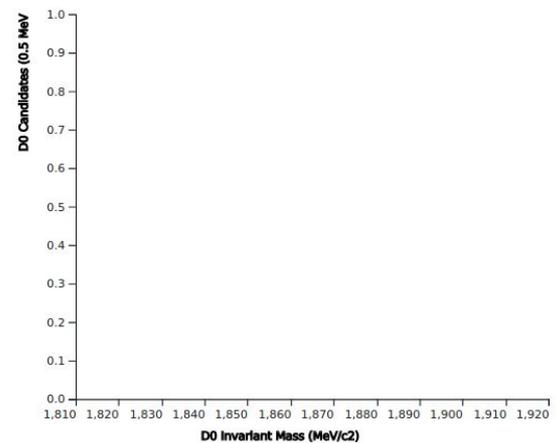
E	MeV
chi2	
ipchi2	
mass	MeV/c <sup>2</sup>
name	
ZFstM	

My particles

Mass

MeV/c<sup>2</sup>

Add



D0 Candidates (0.5 MeV)

D0 Invariant Mass (MeV/c<sup>2</sup>)

Potete cambiare il punto di vista da cui osservate l'esperimento e le tracce: da sopra, di lato, da davanti e in prospettiva.

# Event display

LHCb Masterclass

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

## Event Display Exercise

Event handler  
event\_1\_0.json

previous

next

View

Zoom

Detector

Help

View

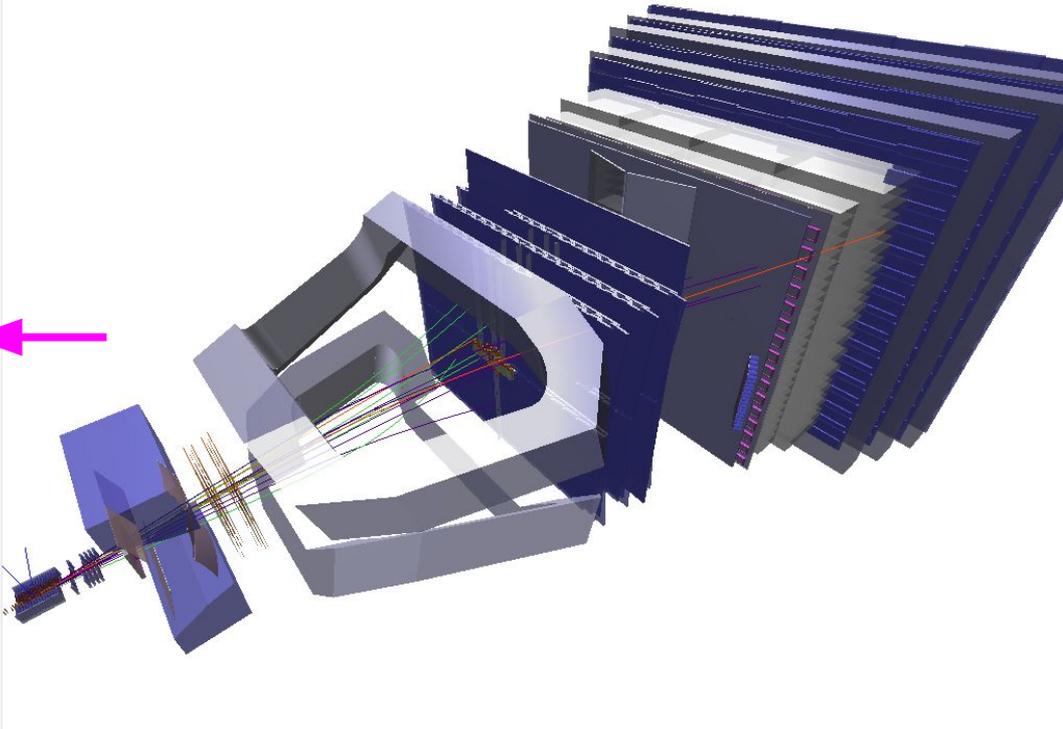
Auto rotate

Legend

- K<sup>-</sup>
- K<sup>+</sup>
- pi<sup>+</sup>
- pi<sup>-</sup>
- D<sup>0</sup>

Read instructions

Download JSON



Particle information

E	MeV
chi2	
ipchi2	
mass	MeV/c <sup>2</sup>
name	
ZFstM	

My particles

Mass

MeV/c<sup>2</sup>

Add

D0 Candidates (0.5 MeV)

D0 Invariant Mass (MeV/c<sup>2</sup>)

The histogram shows the distribution of D0 invariant masses. The x-axis ranges from 1.810 to 1.920 MeV/c<sup>2</sup>, and the y-axis ranges from 0.0 to 1.0. A peak is visible around 1.865 MeV/c<sup>2</sup>.

Rotazione automatica

v0.1

# Event display

LHCb Masterclass

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

## Event Display Exercise

Event handler  
event\_1\_0.json

previous

next

View

Zoom

Detector

Help

View

Auto rotate

Legend

K<sup>-</sup> —

K<sup>+</sup> —

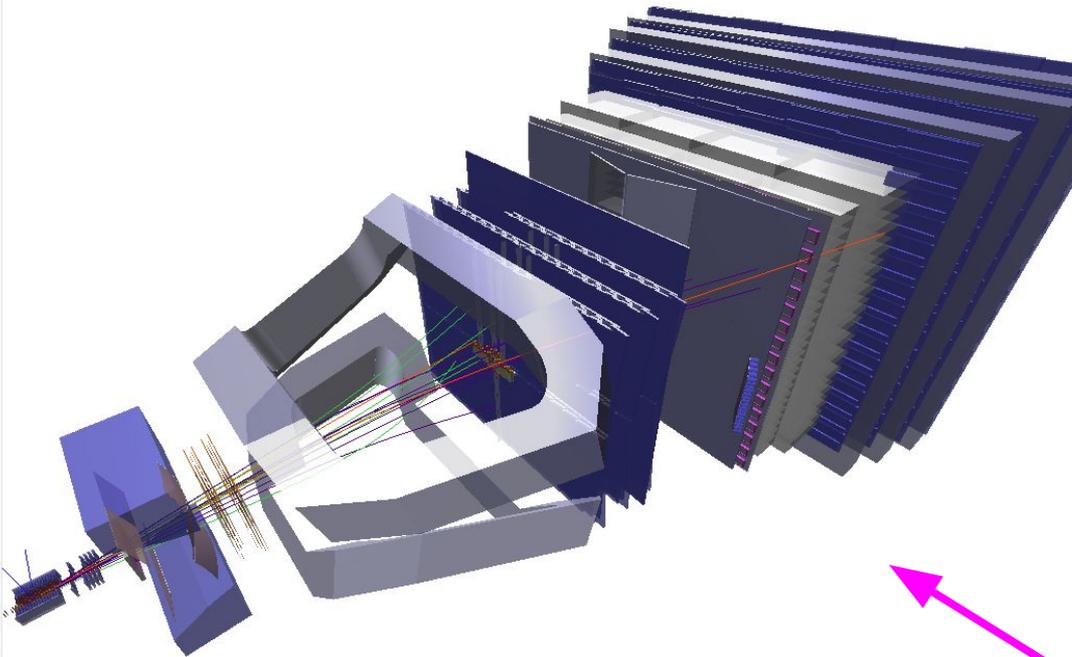
pi<sup>+</sup> —

pi<sup>-</sup> —

D<sup>0</sup> —

Read instructions

Download JSON



Particle information

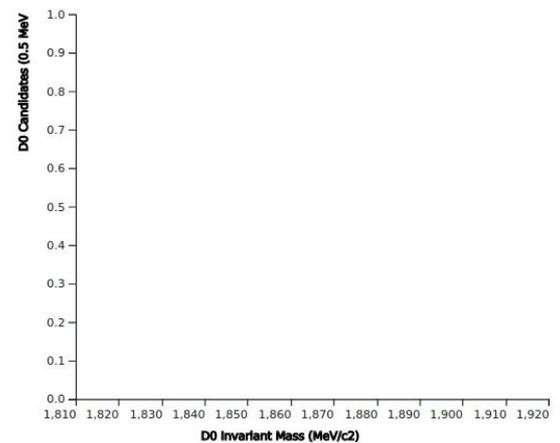
E	MeV
chi2	
ipchi2	
mass	MeV/c <sup>2</sup>
name	
ZFstM	

My particles

Mass

MeV/c<sup>2</sup>

Add



Potete ruotare la vista semplicemente cliccando e trascinando l'event display. Usando la rotellina del mouse potete anche zommare.

# Event display

LHCb Masterclass

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

## Event Display Exercise

Event handler  
event\_1\_0.json

previous

next

View

Zoom

Detector

Help

View

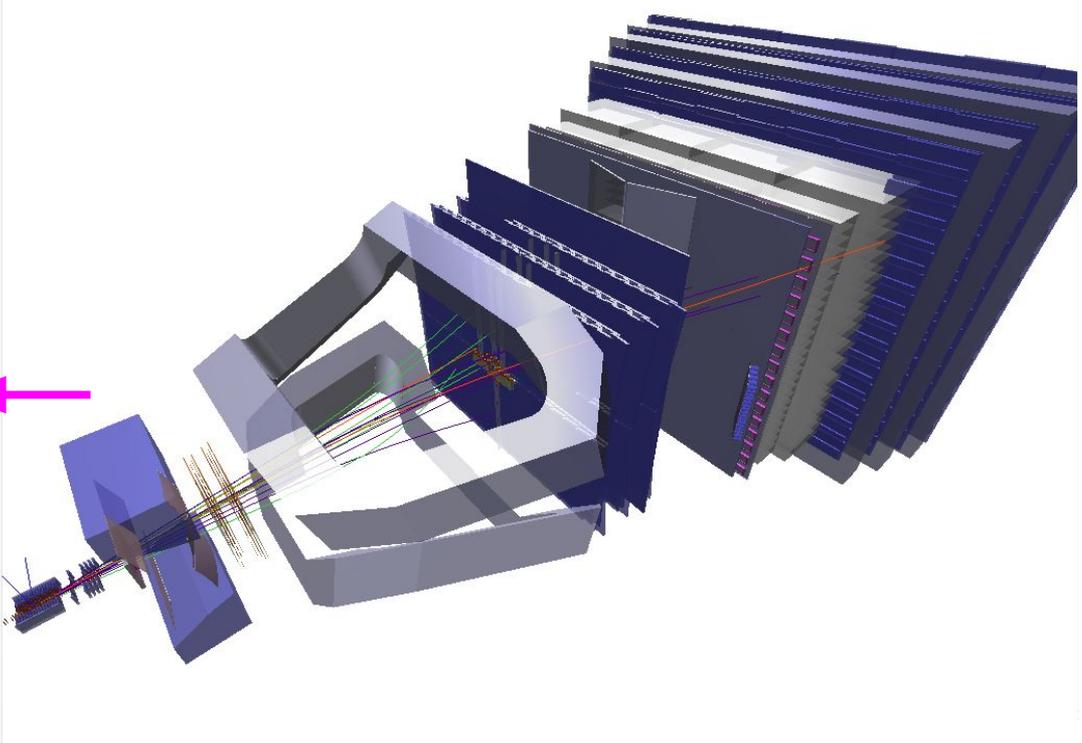
Auto rotate

Legend

- K<sup>-</sup> (red line)
- K<sup>+</sup> (blue line)
- pi<sup>+</sup> (green line)
- pi<sup>-</sup> (purple line)
- D<sup>0</sup> (grey line)

Read instructions

Download JSON



Particle information

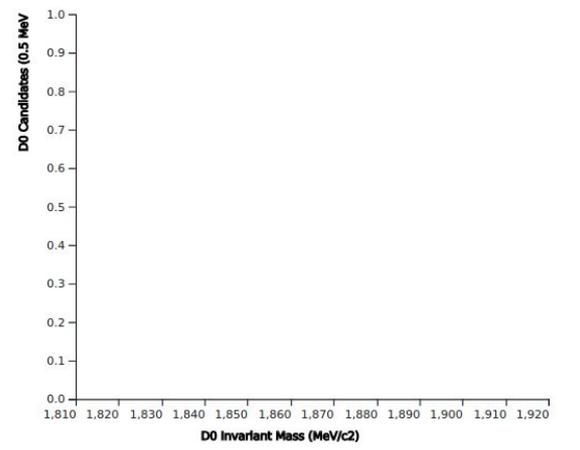
E	MeV
chi2	
ipchi2	
mass	MeV/c <sup>2</sup>
name	
ZFstM	

My particles

Mass

MeV/c<sup>2</sup>

Add



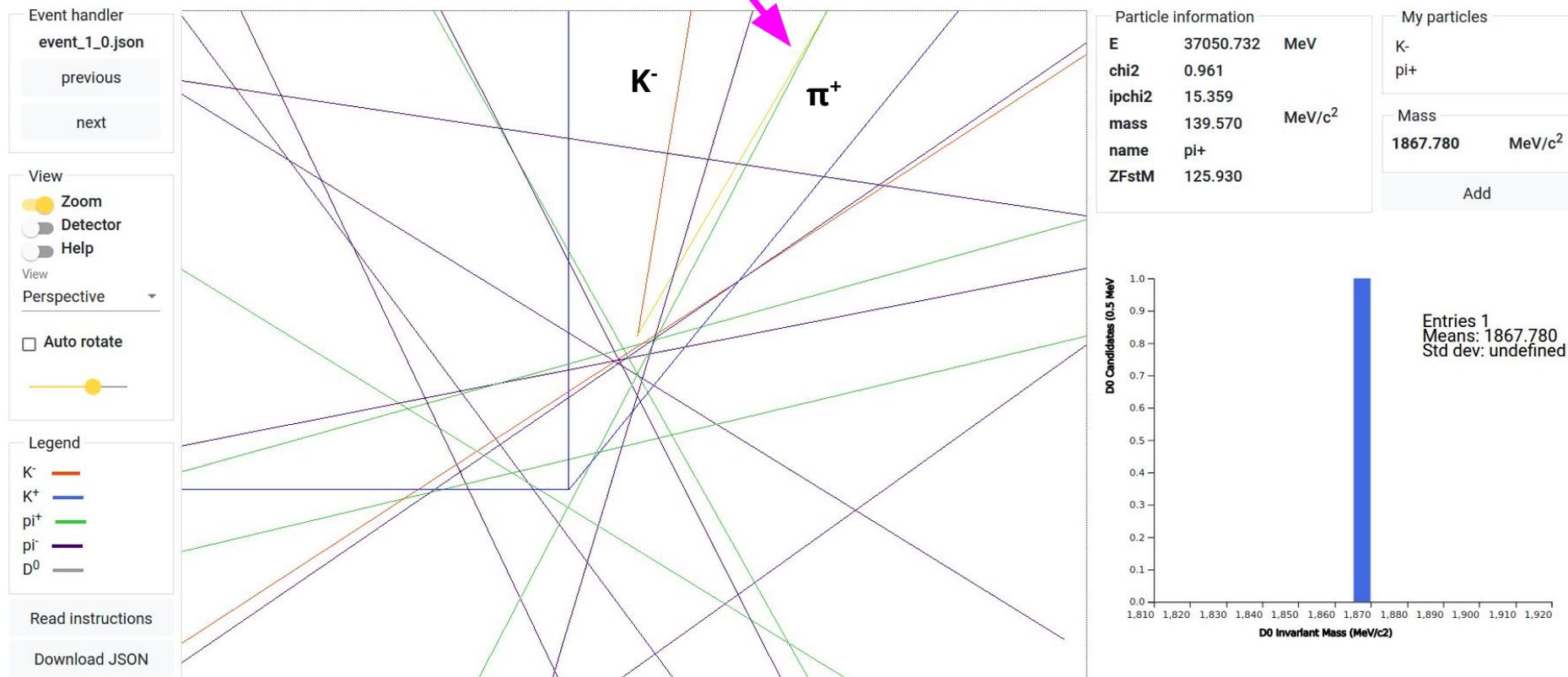
Cambia la trasparenza del rivelatore.

# Event display

LHCb Masterclass

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

## Event Display Exercise



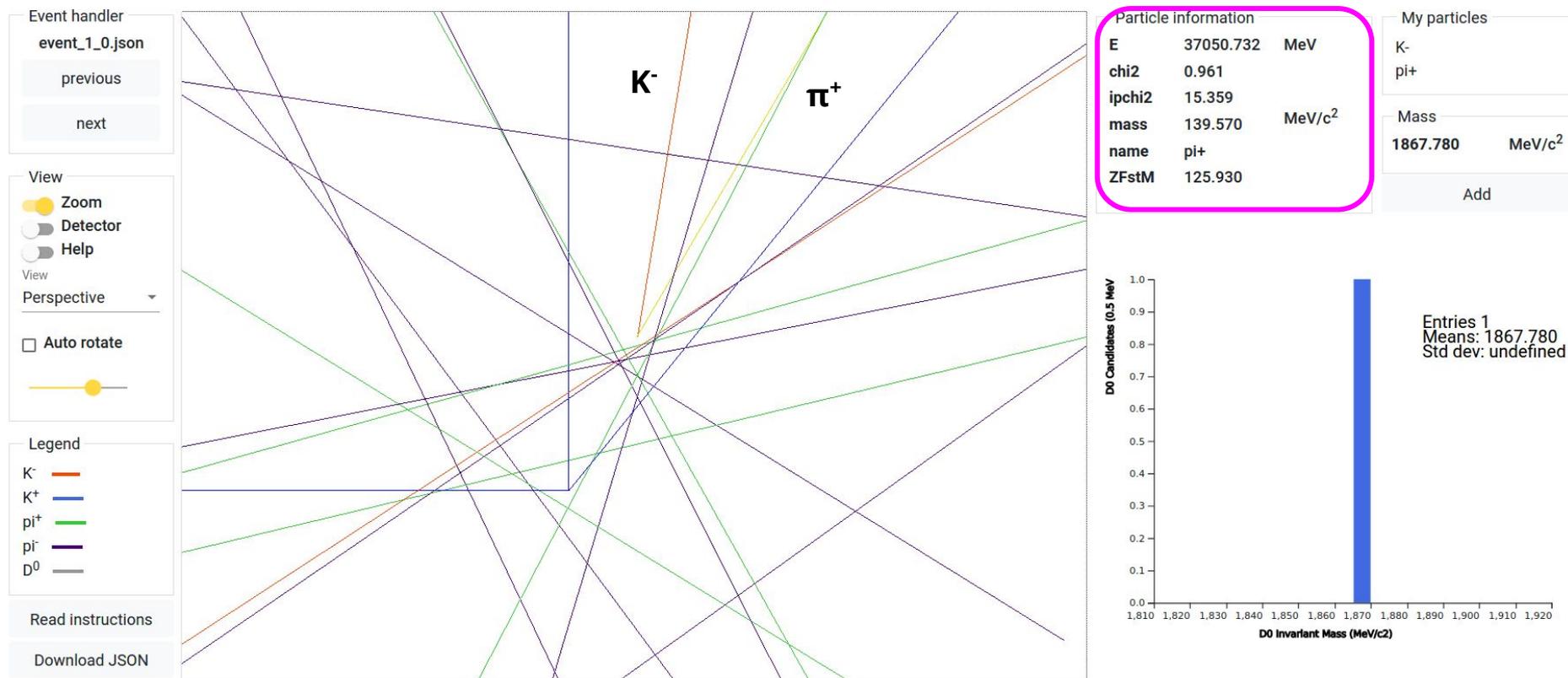
La traccia che state selezionando si evidenzia in giallo.

# Event display

LHCb Masterclass

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

## Event Display Exercise



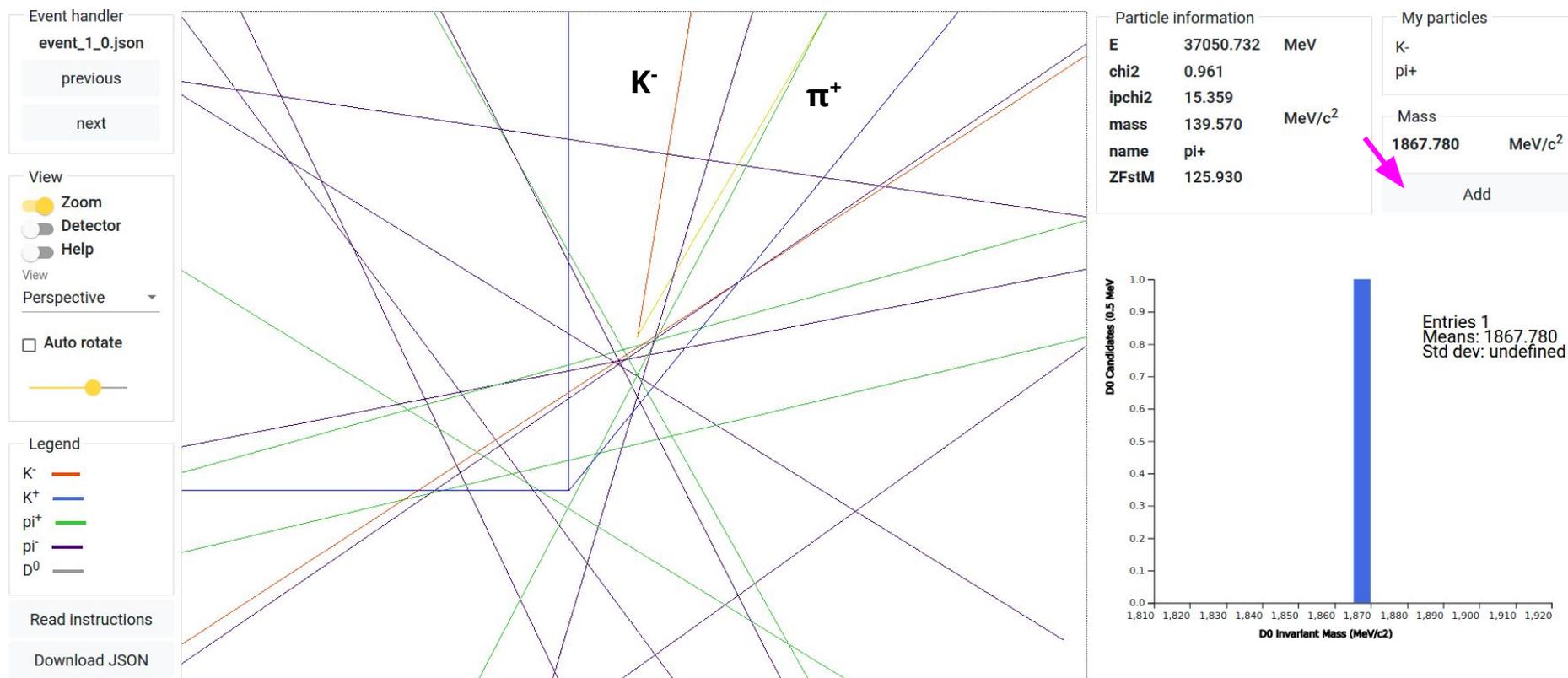
Informazioni relative alla particella selezionata.

# Event display

LHCb Masterclass

About  
Language

## Event Display Exercise



Una volta selezionati  $K^-$  e  $\pi^+$  cliccate su "Add". Se la massa del sistema  $K^-\pi^+$  è compatibile con quella del  $D^0$  verrà aggiunto l'evento all'istogramma sotto.

# Event display

LHCb Masterclass

## Event Display Exercise

Event handler: event\_1\_0.json

previous next

View

Zoom  Detector  Help

View: Top

Auto rotate

Legend

- K<sup>-</sup> (red)
- K<sup>+</sup> (blue)
- pi<sup>+</sup> (green)
- pi<sup>-</sup> (purple)
- D<sup>0</sup> (grey)

Read instructions Download JSON



Particle information

E	4398.795	MeV
chi2	0.983	
ipchi2	6.276	
mass	139.570	MeV/c <sup>2</sup>
name	pi+	
ZFstM	124.088	

My particles

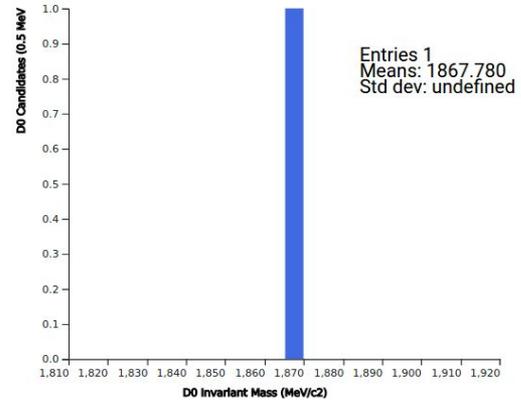
- pi+
- pi+

Mass

384.577 MeV/c<sup>2</sup>

Add

Mass is not in range. Please, try again.



Entries 1  
Means: 1867.780  
Std dev: undefined

v0.1

In caso contrario significa che non avete selezionato le tracce giuste e dovete continuare a cercare.

# Event display

LHCb Masterclass

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

## Event Display Exercise

Event handler  
event\_1\_0.json

previous

next

View

Zoom

Detector

Help

View  
Perspective

Auto rotate

Legend

K<sup>-</sup>

K<sup>+</sup>

pi<sup>+</sup>

pi<sup>-</sup>

D<sup>0</sup>

Read instructions

Download JSON

Particle information

E	37050.732	MeV
chi2	0.961	
ipchi2	15.359	
mass	139.570	MeV/c <sup>2</sup>
name	pi+	
ZFstM	125.930	

My particles

K-

pi+

Mass

1867.780	MeV/c <sup>2</sup>
----------	--------------------

Add

K<sup>-</sup>

π<sup>+</sup>

D0 Candidates (0.5 MeV)

Entries 1  
Means: 1867.780  
Std dev: undefined

D0 Invariant Mass (MeV/c<sup>2</sup>)

Per passare all'evento successivo cliccate su "next".

# Event display

LHCb Masterclass

About  
Language

## Event Display Exercise

Event handler  
event\_1\_0.json  
previous  
next

View  
Zoom  
Detector  
Help  
View  
Perspective  
Auto rotate

Legend  
K<sup>-</sup>  
K<sup>+</sup>  
pi<sup>+</sup>  
pi<sup>-</sup>  
D<sup>0</sup>

Read instructions  
Download JSON

Particle information

E	37050.732	MeV
chi2	0.961	
ipchi2	15.359	
mass	139.570	MeV/c <sup>2</sup>
name	pi+	
ZFstM	125.930	

My particles  
K-  
pi+

Mass  
1867.780 MeV/c<sup>2</sup>  
Add

D0 Candidates (0.5 MeV)

Entries 1  
Means: 1867.780  
Std dev: undefined

Una volta completato l'esercizio (ovvero dopo aver trovato i 30 candidati D<sup>0</sup>), scaricate il file JSON e inviatelo per mail a [giulia.tuci@cern.ch](mailto:giulia.tuci@cern.ch)

# Problemi noti del software

- ❖ A volte risulta difficile selezionare le tracce:
  - La traccia viene evidenziata in giallo non quando si è sopra di essa, ma magari quando il cursore è leggermente spostato a destra o a sinistra
  - Ci potrebbero essere un paio di casi in cui non si riescono proprio a selezionare le tracce
- ❖ Cosa fare?
  - Provate con calma a muovere il cursore per vedere se riuscite ad effettuare la selezione
- ❖ Non è possibile deselezionare una traccia
  - una volta selezionata una coppia di tracce, potete annullare la scelta semplicemente cliccando su una nuova traccia
- ❖ Se premete “Auto rotate” dopo aver effettuato lo zoom non si vede più l’event display, ma la finestra appare riempita di un colore uniforme
  - Deselezionate “Detector”
- ❖ Potete chiedere aiuto a noi in qualunque momento!

# La misura della vita media del $D^0$

Firstname

Frodo

Surname

Baggins

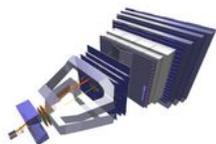
Grade

Compagnia dell'Anello

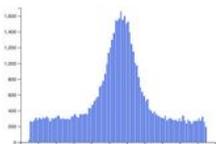
Combination

Combination 1

Save



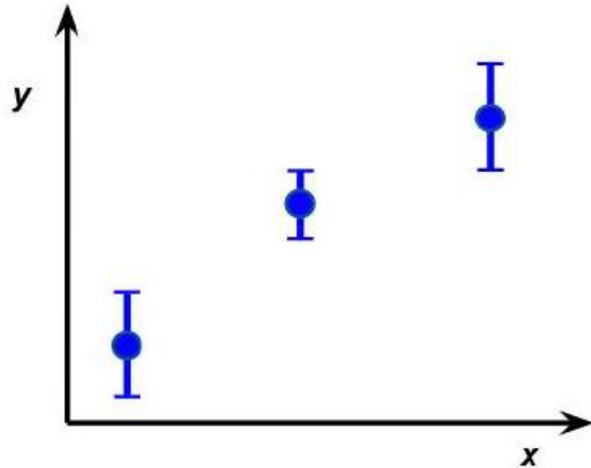
Event Display



$D^0$  Lifetime

Fase 2: misura della vita media del  $D^0$  usando un campione più abbondante di dati. La misura viene effettuata facendo un fit alla distribuzione del tempo di decadimento dei candidati selezionati

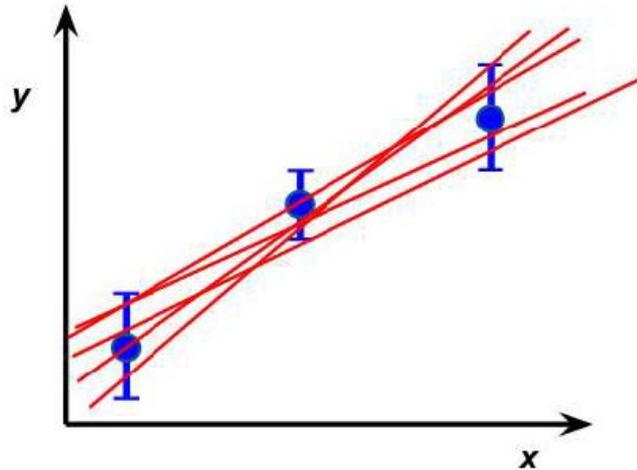
# Cos'è un fit?



**Ogni misura ha un errore associato.**

- C'è una relazione tra questi punti del grafico?
- Qual è?

# Cos'è un fit?



**Ogni misura ha un errore associato.**

- C'è una relazione tra questi punti del grafico?
- Qual è?

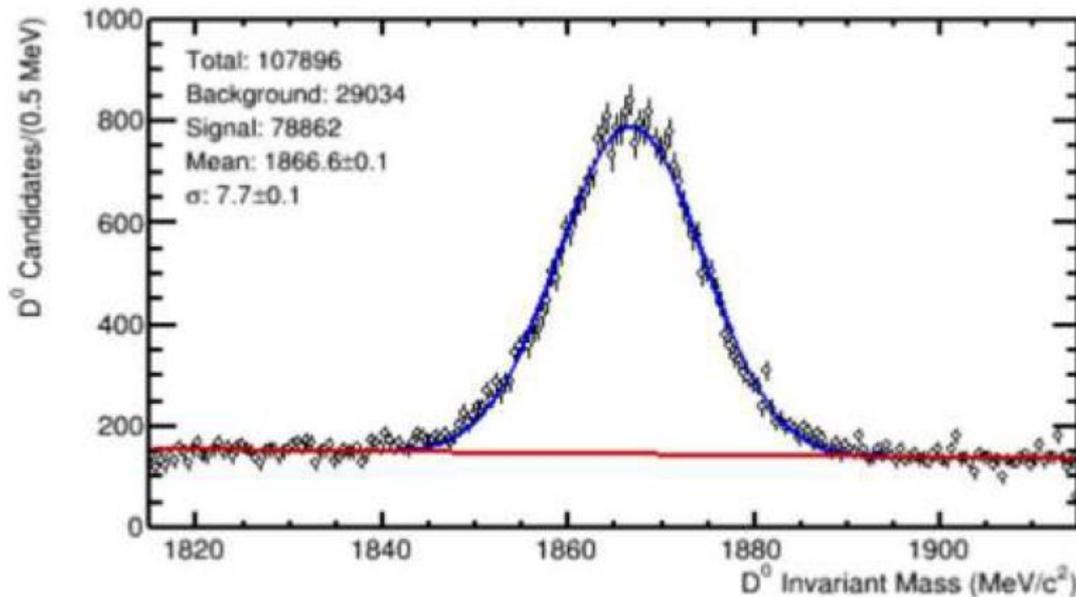
Ci sono tante rette possibili, quale scegliere?

Ci sono delle tecniche matematiche che forniscono la “migliore retta” (o in generale la “migliore funzione”) compatibile con i dati

# Fit per separare il segnale dal fondo

Per separare il segnale dal fondo si fa un fit in cui si utilizza una funzione per il segnale (una Gaussiana) e una per il fondo (una retta)

$$f_{\text{SEGNALE}} \text{Gauss}(\mu, \sigma) + (1-f_{\text{SEGNALE}}) \text{Pol}(m, q)$$



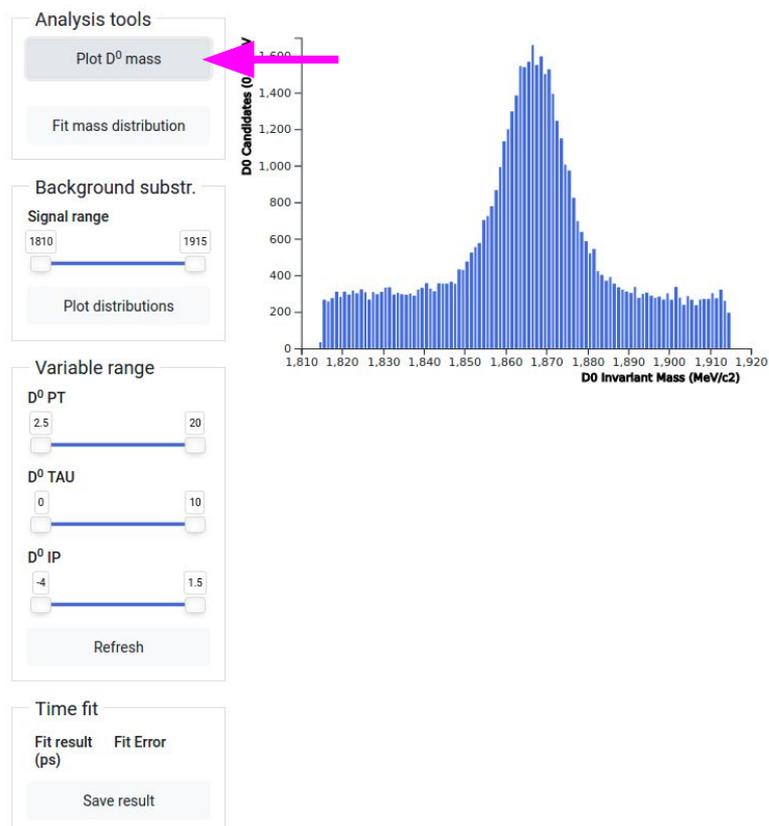
In questo modo è possibile determinare la frazione del segnale, ovvero **quanti mesoni  $D^0$  abbiamo ricostruito**

# La misura della vita media del $D^0$

LHCb Masterclass

About  
Language

## $D^0$ lifetime Exercise



Disegnate l'istogramma della massa del  $D^0$ , dove saranno presenti sia segnale, sia fondo.

# La misura della vita media del $D^0$

LHCb Masterclass

About  
Language

## $D^0$ lifetime Exercise

### Analysis tools

Plot  $D^0$  mass

Fit mass distribution

### Background substr.

#### Signal range

1810 1915

Plot distributions

### Variable range

#### $D^0$ PT

2.5 20

#### $D^0$ TAU

0 10

#### $D^0$ IP

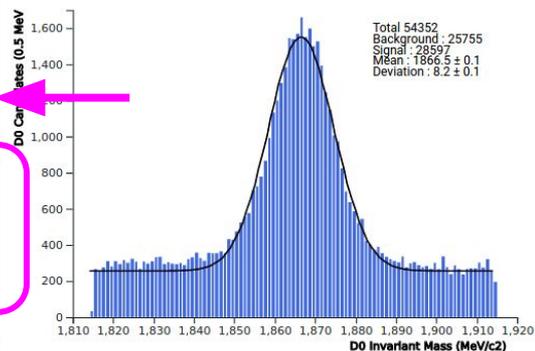
-4 1.5

Refresh

### Time fit

Fit result Fit Error  
(ps)

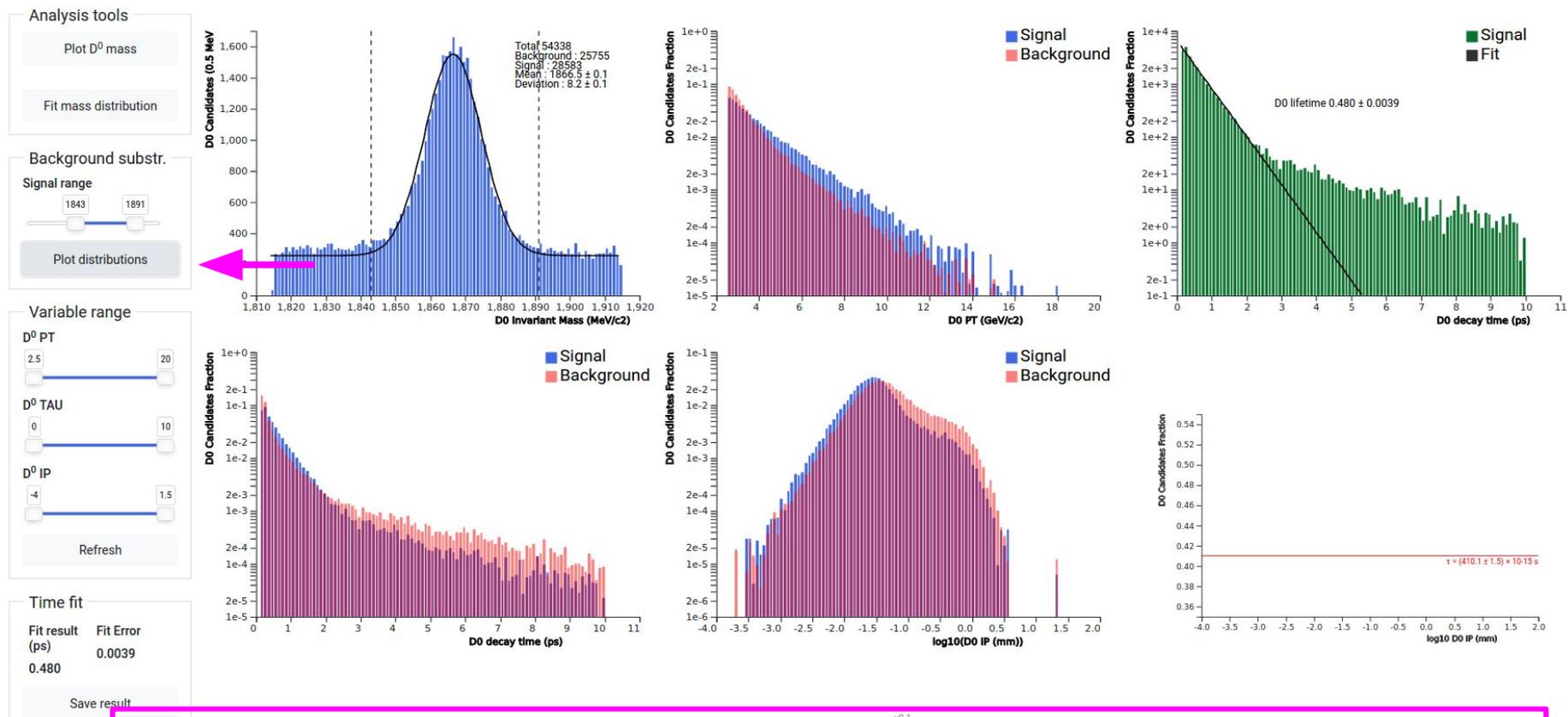
Save result



Eseguite un fit di questi dati e selezionate una finestra di massa del segnale. Il programma userà una procedura matematica per ottenere, dal campione totale, la distribuzione separatamente per il **segnale** e il **fondo**

# La misura della vita media del $D^0$

## $D^0$ lifetime Exercise



Disegnate le distribuzioni di PT, TAU e IP e misurate il valore della vita media del  $D^0$  ottenuto dal fit.

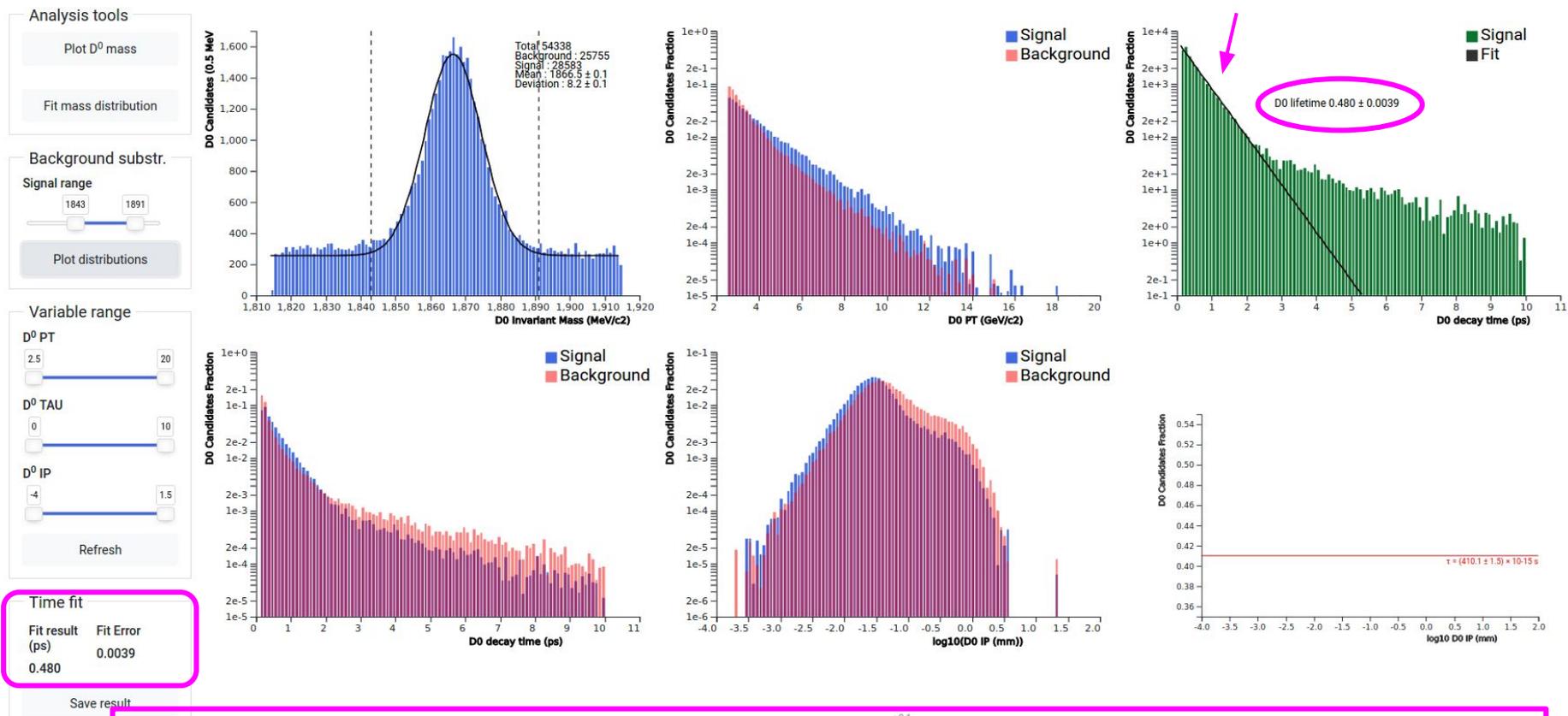
# La misura della vita media del $D^0$

LHCb Masterclass

About  
Language

In scala logaritmica: funzione esponenziale  $\rightarrow$  retta con pendenza negativa

## $D^0$ lifetime Exercise



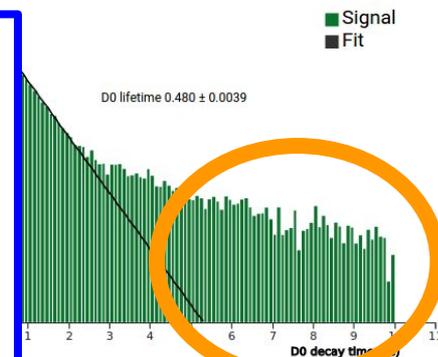
Disegnate le distribuzioni di PT, TAU e IP e misurate il valore della vita media del  $D^0$  ottenuto dal fit.

# La misura della vita media del $D^0$

## $D^0$ lifetime Exercise

Analysis tools

- ❖ Quali sono le differenze tra distribuzioni di segnale e di fondo?
- ❖ Le differenze che notate sono in accordo con le considerazioni che abbiamo fatto prima (slide 12)?
- ❖ Cosa sono quegli eventi evidenziati in **arancione**?



??

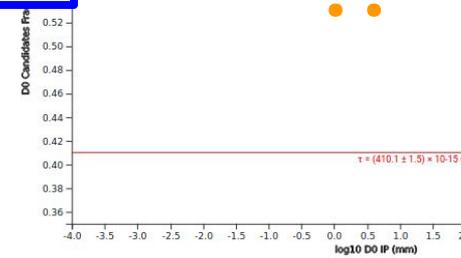
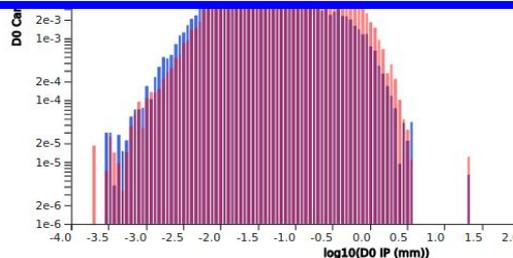
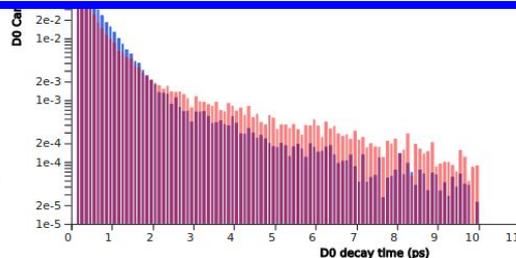
Refresh

---

Time fit

Fit result (ps)	Fit Error
0.480	0.0039

Save result



v0.1

# La misura della vita media del $D^0$

LHCb Masterclass

About  
Language

## $D^0$ lifetime Exercise

Analysis tools

Plot  $D^0$  mass

Fit mass distribution

Background substr.

Signal range

1843 1891

Plot distributions

Variable range

$D^0$  PT

2.5 20

$D^0$  TAU

0 10

$D^0$  IP

-4 1.5

Refresh

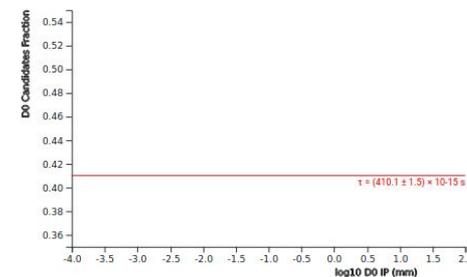
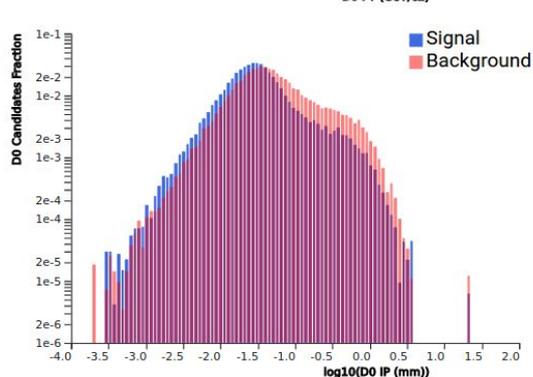
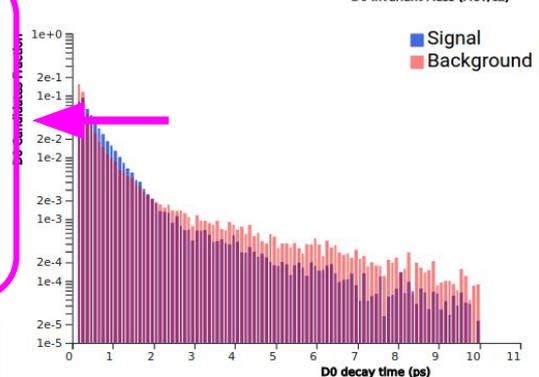
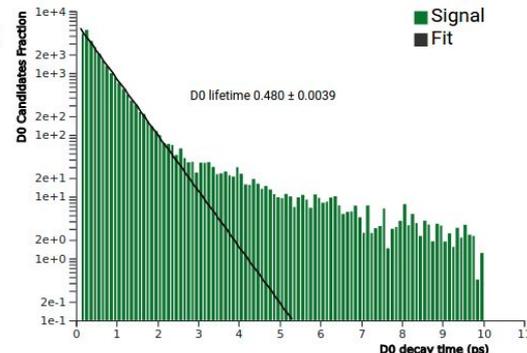
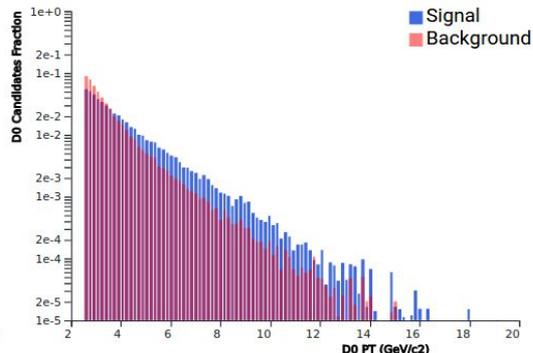
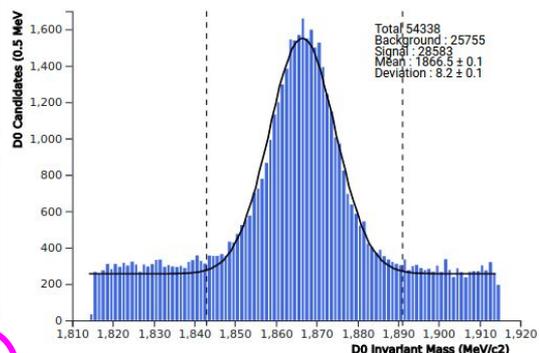
Time fit

Fit result Fit Error

(ps) 0.0039

0.480

Save result



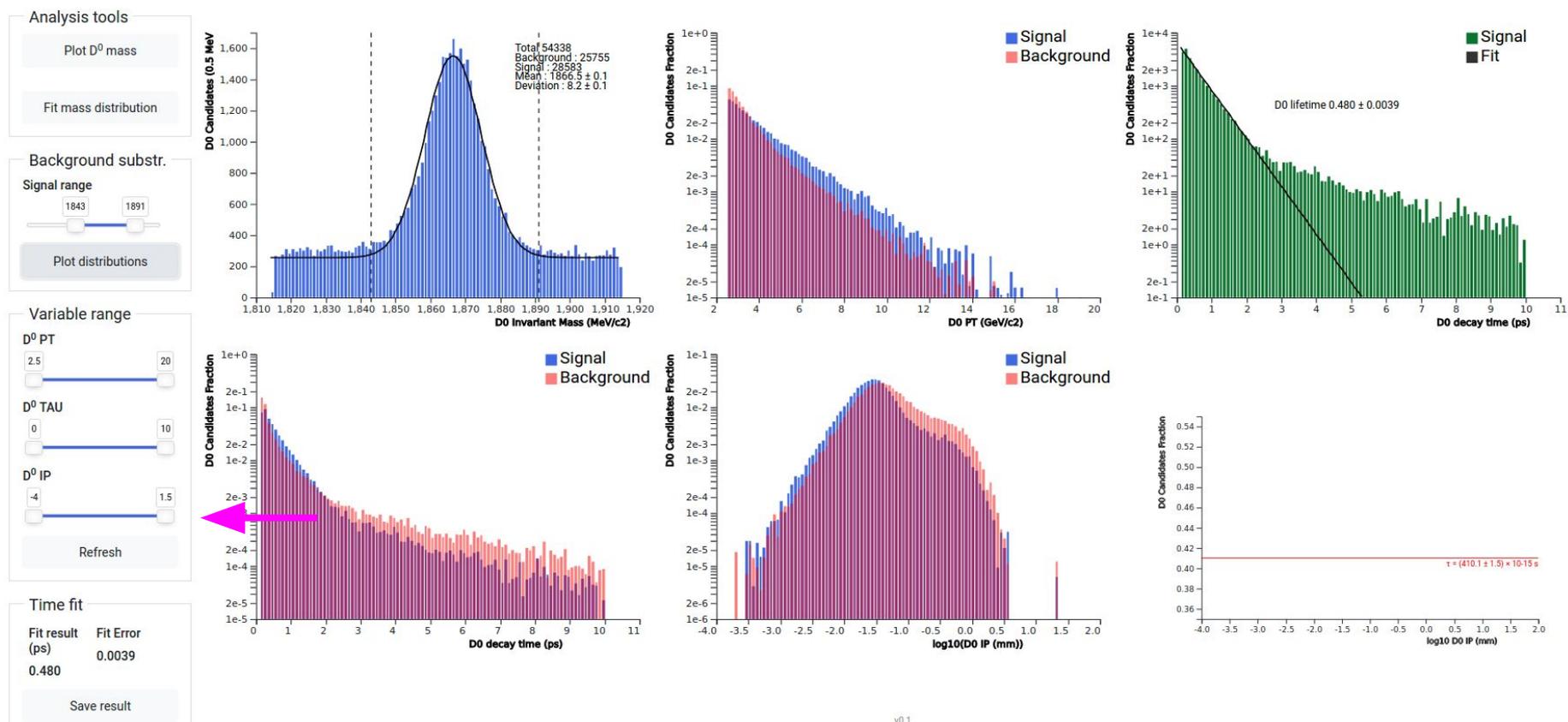
Provate a variare le selezioni su PT, TAU e IP e osservate come varia la vita media (cliccando su "Refresh").

# La misura della vita media del $D^0$

LHCb Masterclass

About  
Language

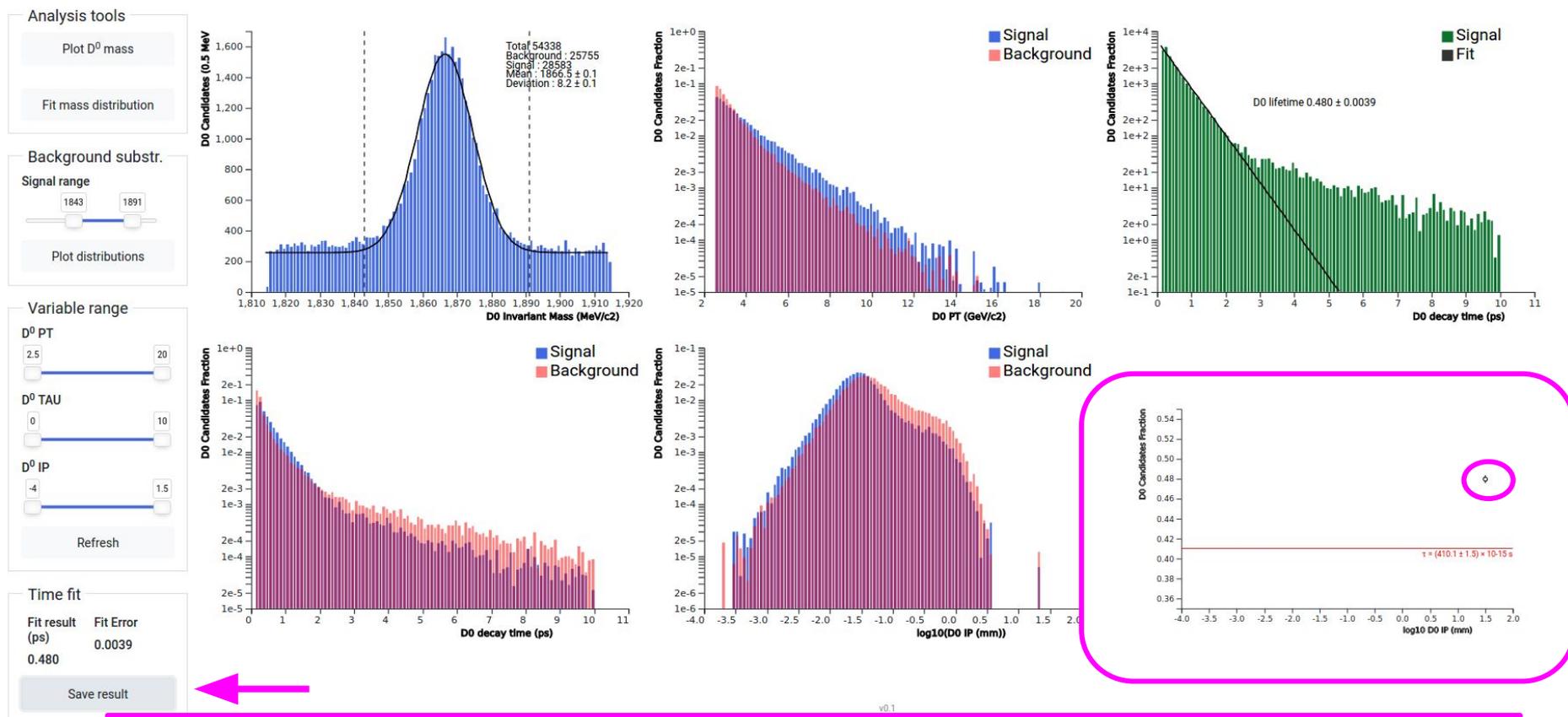
## $D^0$ lifetime Exercise



Tenendo fisse le selezioni su PT e TAU, **variate il taglio superiore in IP tra 1,5 e -2 a passi di 0.2**. Ogni volta salvate il risultato del fit.

# La misura della vita media del $D^0$

## $D^0$ lifetime Exercise



Tenendo fisse le selezioni su PT e TAU, **variate il taglio superiore in IP tra 1,5 e -2 a passi di 0.2**. Ogni volta salvate il risultato del fit.

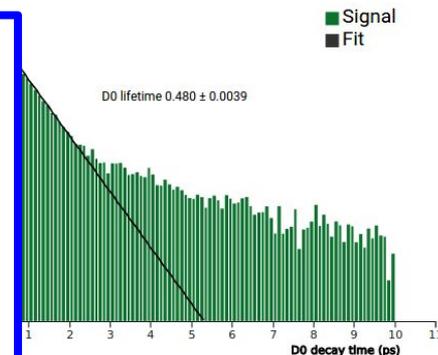
# La misura della vita media del $D^0$

## $D^0$ lifetime Exercise

Analysis tools

- ❖ Che andamento osservate nel grafico?
- ❖ Come si potrebbe spiegare?

→ Le risposte a tutte queste domande verranno discusse dopo pranzo

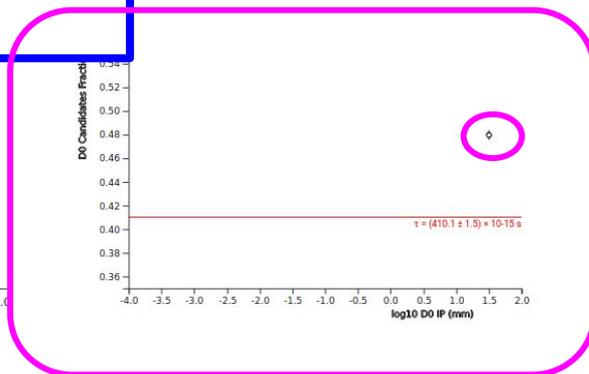
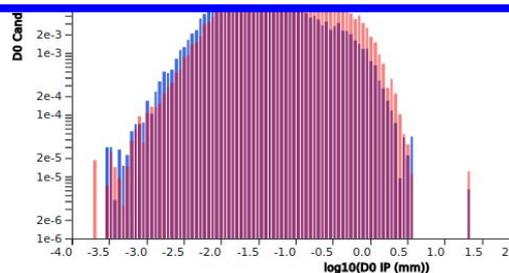
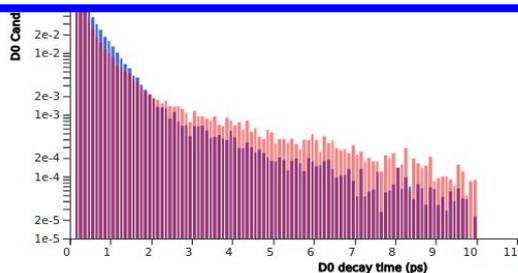


$D^0$  IP

Slider: 0 to 10

Slider: -4 to 1.5

Refresh



Time fit

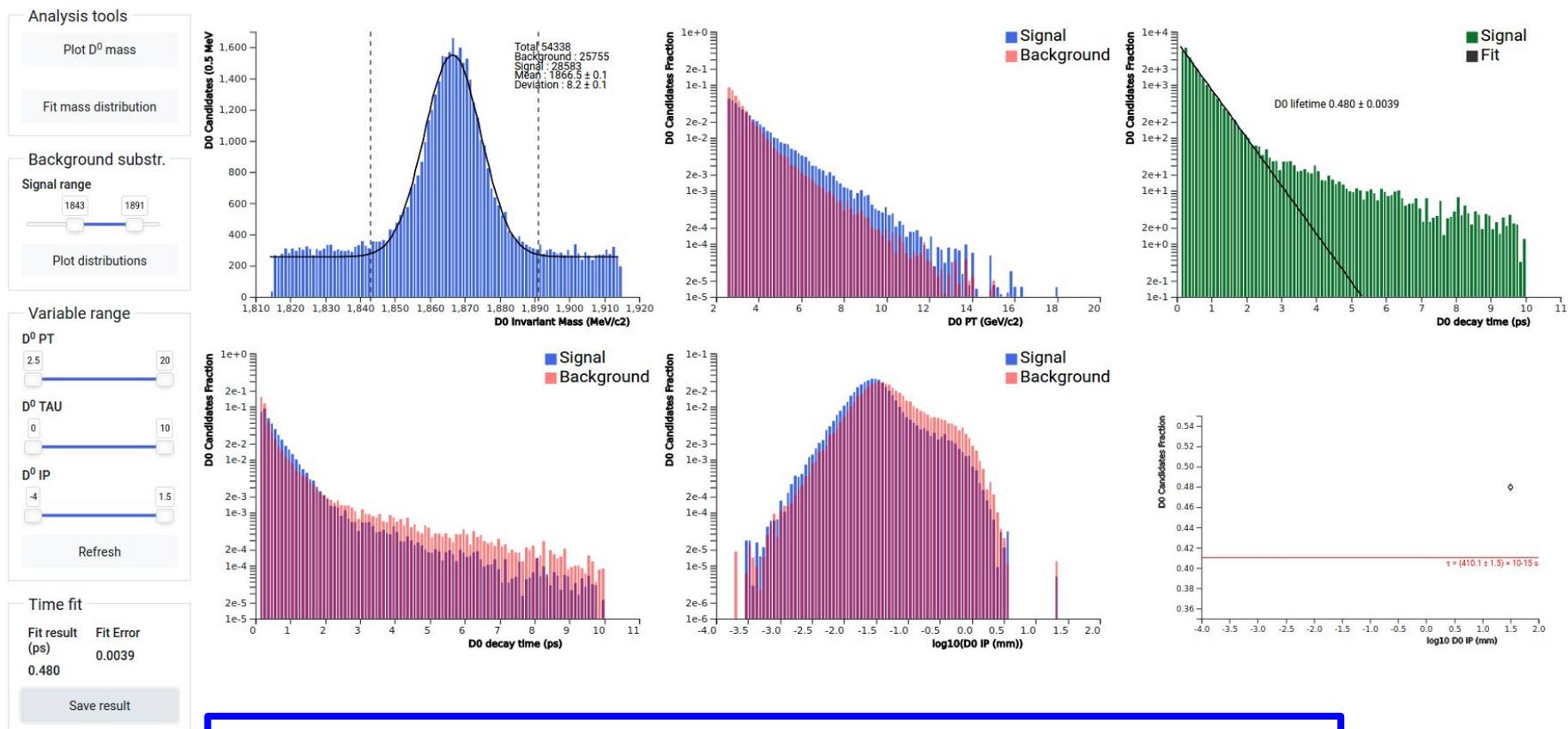
Fit result (ps)	Fit Error
0.480	0.0039

Save result

v0.1

# La misura della vita media del $D^0$

## $D^0$ lifetime Exercise



Prima di chiudere il software non dimenticatevi di fare uno screenshot alla pagina e mandarlo a [giulia.tuci@cern.ch](mailto:giulia.tuci@cern.ch)

# Importante

- ❖ **Il taglio inferiore su  $D^0$  TAU non deve essere mai inferiore a 0.2 (di default è 0, quindi lo dovete cambiare)**
- ❖ Quando variate la selezione inferiore su  $D^0$  TAU, la seconda cifra dopo la virgola deve essere 0 (quindi 0.50 va bene, 0.53 no)

The image shows a control panel titled "Variable range" with three sliders and a "Refresh" button. The sliders are for  $D^0$  PT,  $D^0$  TAU, and  $D^0$  IP. The  $D^0$  TAU slider is highlighted with a pink circle, showing a value of 0. The other sliders show values of 2.5 for  $D^0$  PT and -4 for  $D^0$  IP.

Variable	Min	Max
$D^0$ PT	2.5	20
$D^0$ TAU	0	10
$D^0$ IP	-4	1.5

# Buon lavoro!

Scuole	Cognome	Nome	Combination
Viareggio	Bazzichi	Nicola	1
	Biagi	Davide	2
	Buratti	Mattia	3
	Di Piero	Emanuele	4
	Lari	Elisa	5
	Maiolani	Michele	6
	Marchetti	Nicola	7
	Mincu	Radu	8
	Morabito	Domenico	9
	Orlandi	Giada	10
	Pardocchi	Lorenzo	11
	Pignatelli	Marta	12
	Raffi	Gioele	13
	Sebastiani	Federico	14
	Spada	Giulia	15
	Turrini	Andrea	16
Forte dei Marmi	Angeli	Ilian	17
	Di Paola	Samuele	18
	Salvadorini	Matteo	19
	Stagi	Giulia	20
Enriques Livorno	Allegri	Federico	21
	Cabizza	Benedetta	22
	De Santis	Claudio	23
	Formichi	Chiara	24
	Ienna	Gabriele	25
	Pedri	Alessandro	26
	Viola	Simone	27