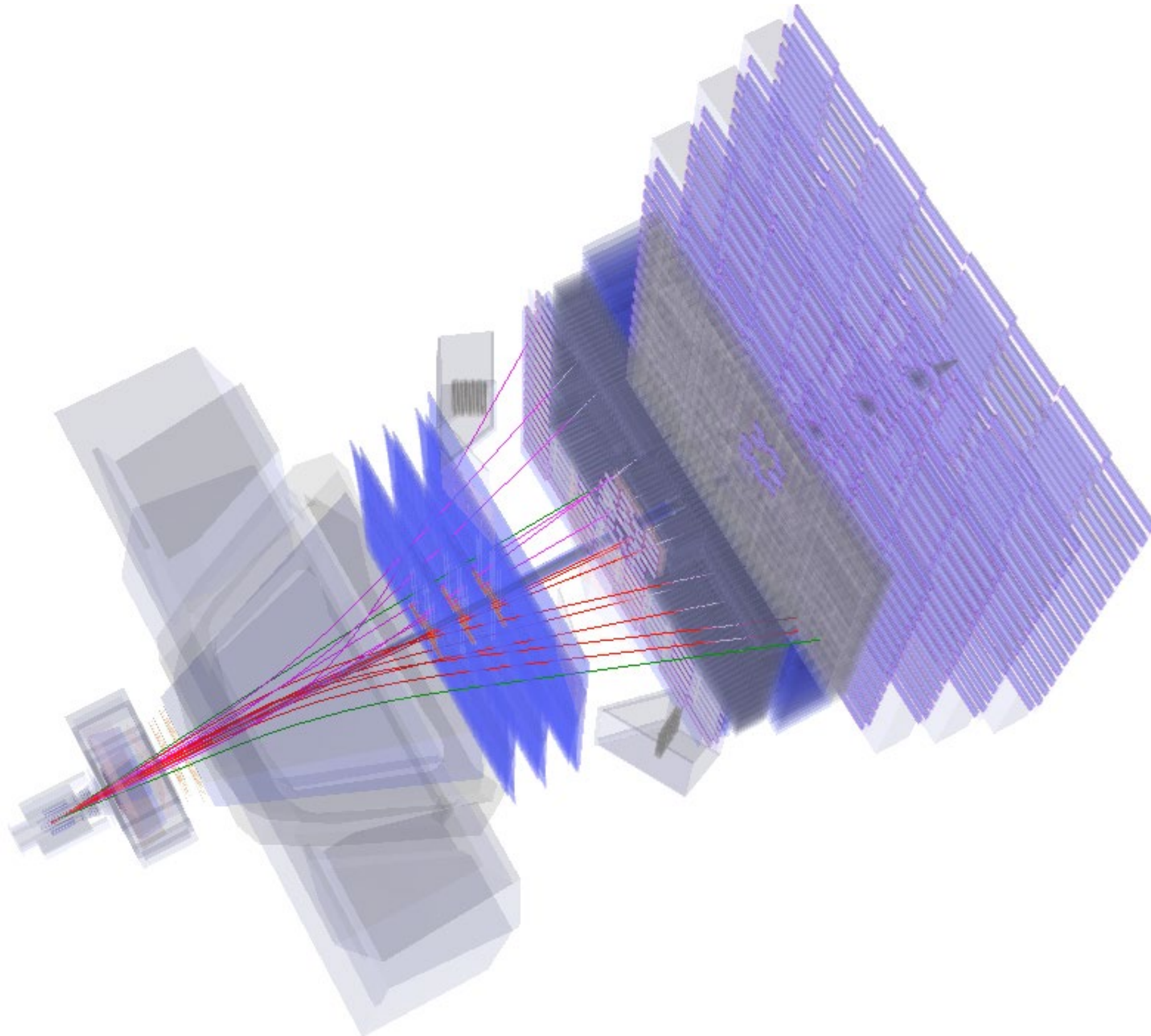


# Introducción al ejercicio masterclass LHCb

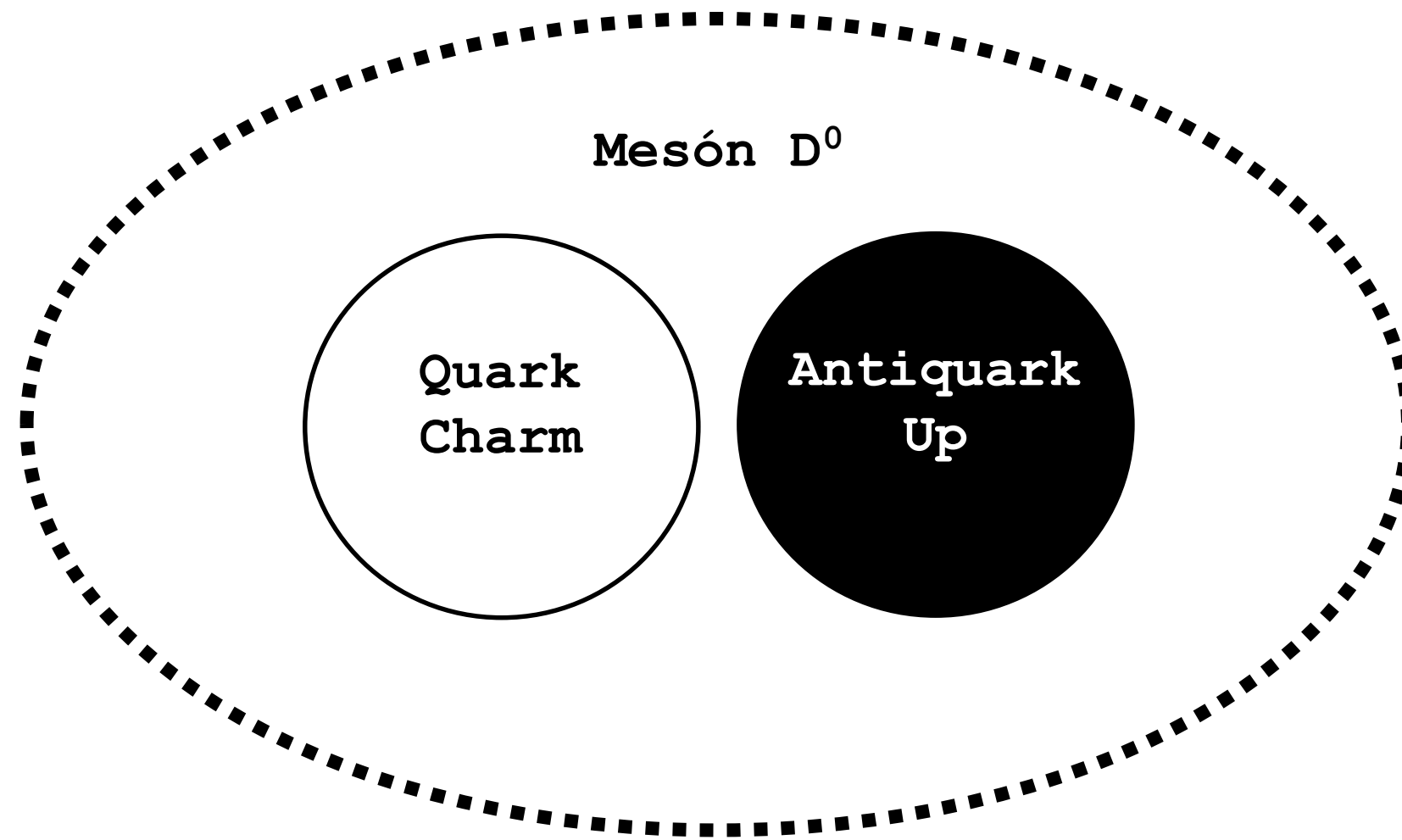


# ¿Qué es lo que vamos a observar y medir hoy?



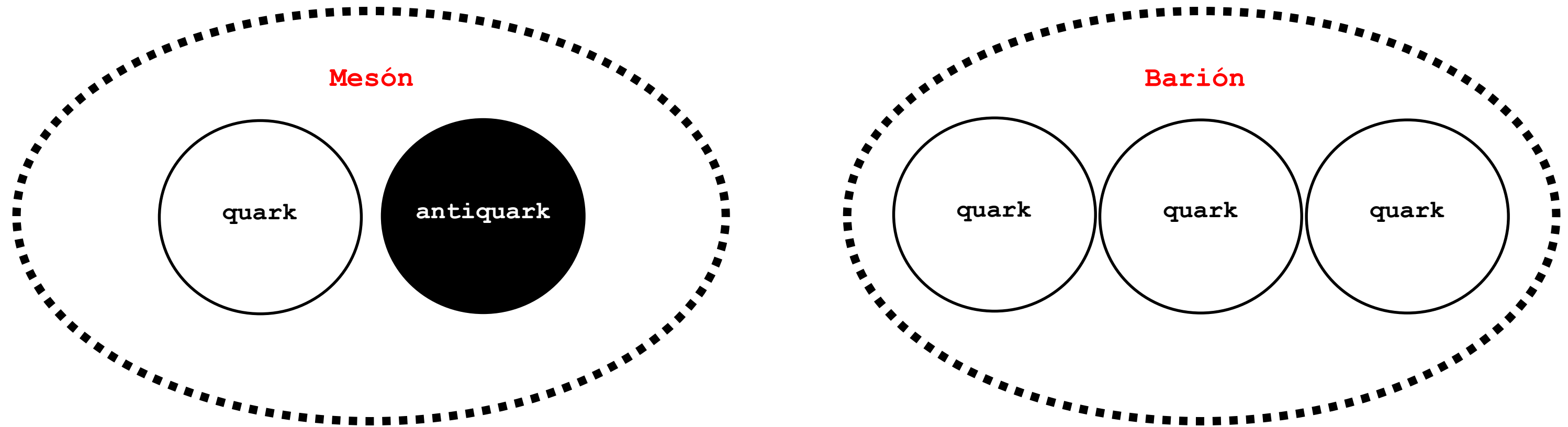
El objetivo de este ejercicio es observar un tipo de partícula que se produce y desintegra en el LHC y medir su **tiempo de vida** (vida media)

# ¿Qué es lo que vamos a observar y medir hoy?



El objetivo de este ejercicio es observar un tipo de partícula que se produce y desintegra en el LHC y medir su **tiempo de vida** (vida media)

# ¿Qué partículas forman los quarks?



Dos tipos diferentes de combinaciones : **quark-antiquark**, o **tres (anti)quarks**.

Las **antipartículas** tienen cargas opuestas a las de sus correspondientes partículas, por lo demás interaccionan del mismo modo. La mayor parte de las partículas tienen su correspondiente antipartícula (pero en ocasiones la partícula es su propia antipartícula).



# Escalas de tiempo

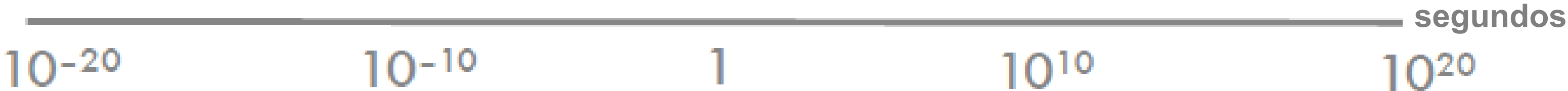
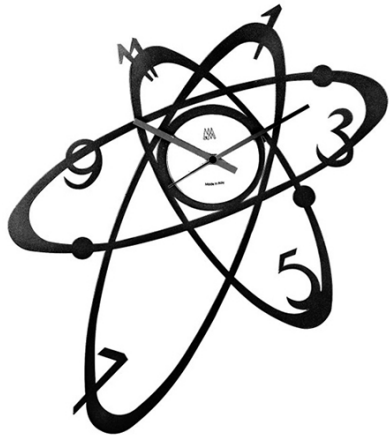
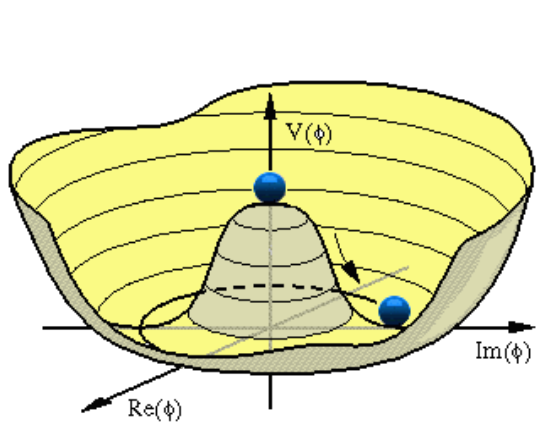
Vida media de un  
bosón de Higgs  
 $1.6 \cdot 10^{-22}$  s

$T=1/f$  de un  
reloj atómico  
 $10^{-10}$  s

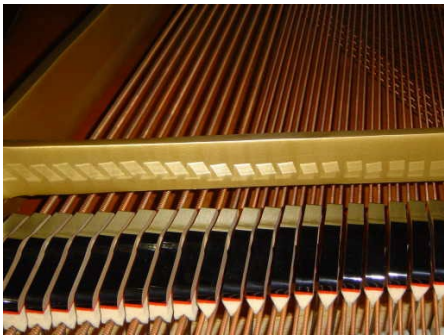
El corazón  
late cada  
1 s

La vida típica  
de una persona  
 $2.4 \cdot 10^9$  s

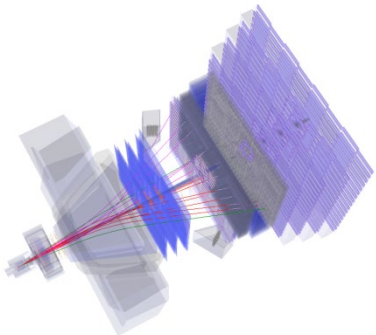
Extinción de los  
dinosaurios hace  
 $2 \cdot 10^{15}$  s



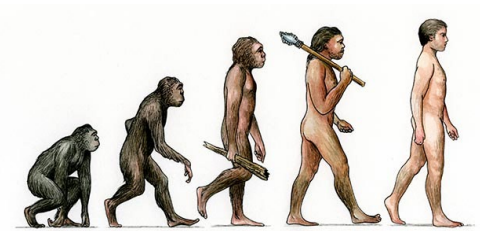
Vida media del  
mesón  $D^0$   
 $4 \cdot 10^{-13}$  s



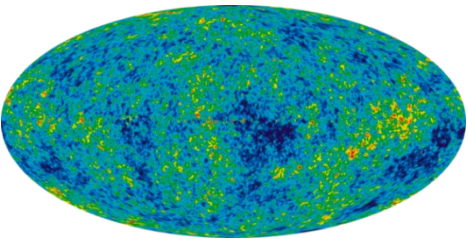
$T=1/f$  de un  
piano de cola  
 $4 \cdot 10^{-3}$  s



Esta charla  
 $10^3$  s



Primeros homo  
sapiens hace  
 $6 \cdot 10^{12}$  s



Nacimiento del  
Universo hace  
 $4 \cdot 10^{17}$  s

# ¿Cómo medir un tiempo tan pequeño?

Consideremos una **partícula que vive  $0.4 \cdot 10^{-12}$  segundos** (1 picosegundo)

# ¿Cómo medir un tiempo tan pequeño?

Consideremos una **partícula que vive  $0.4 \cdot 10^{-12}$  segundos** ( $\approx 1$  picosegundo)

Hemos de medir el tiempo de vida a partir de su recorrido,  **$t = l \text{ m} / p$**

¿Qué espacio recorrerá, en promedio, si viaja a la velocidad de la luz,  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ ? Típicamente los mesones  $D^0$  en LHCb viajan a  $v = 0.99919 \cdot c$

# ¿Cómo medir un tiempo tan pequeño?

Consideremos una **partícula que vive  $0.4 \cdot 10^{-12}$  segundos** (<1 picosegundo)

Hemos de medir el tiempo de vida a partir de su recorrido,  **$t = l \text{ m} / p$**

¿Qué espacio recorrerá, en promedio, si viaja a la velocidad de la luz,  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ ? Típicamente los mesones  $D^0$  en LHCb viajan a  $v=0.99919 \cdot c$

**$\text{Recorrerá } 3 \cdot 10^8 \text{ m/s} \times 0.4 \cdot 10^{-12} \text{ s} = 1.2 \cdot 10^{-4} \text{ m} = 0.12 \text{ mm}$**

¡Esto no es mucho!



# ¿Cómo medir un tiempo tan pequeño?

Consideremos una **partícula que vive  $0.4 \cdot 10^{-12}$  segundos** (1 picosegundo)

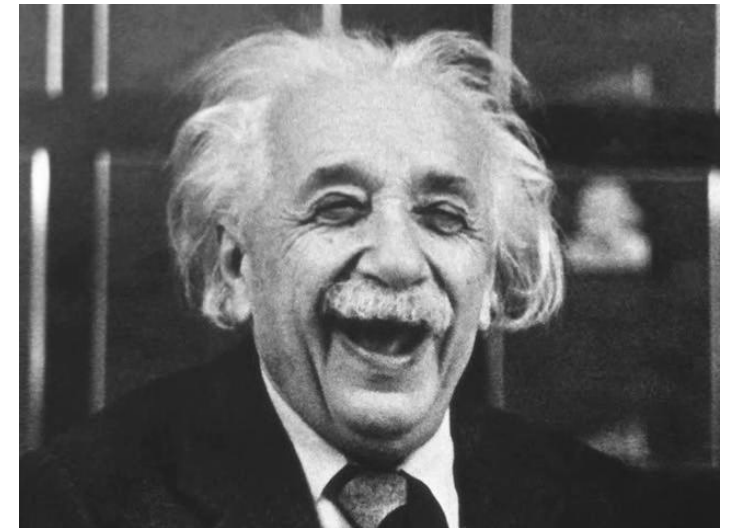
Hemos de medir el tiempo de vida a partir de su recorrido,  **$t = l \text{ m} / p$**

¿Qué espacio recorrerá, en promedio, si viaja a la velocidad de la luz,  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ ? Típicamente los mesones  $D^0$  en LHCb viajan a  $v=0.99919 \cdot c$

**Recorrerá  $3 \cdot 10^8 \text{ m/s} \times 0.4 \cdot 10^{-12} \text{ s} = 1.2 \cdot 10^{-4} \text{ m} = 0.12 \text{ mm}$**

¡Esto no es mucho! Afortunadamente este cálculo es incorrecto: no hemos tenido en cuenta la **dilatación del tiempo** de la relatividad especial:

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



# ¿Cómo medir un tiempo tan pequeño?

Consideremos una **partícula que vive  $0.4 \cdot 10^{-12}$  segundos** (1 picosegundo)

Hemos de medir el tiempo de vida a partir de su recorrido,  **$t = l \text{ m} / p$**

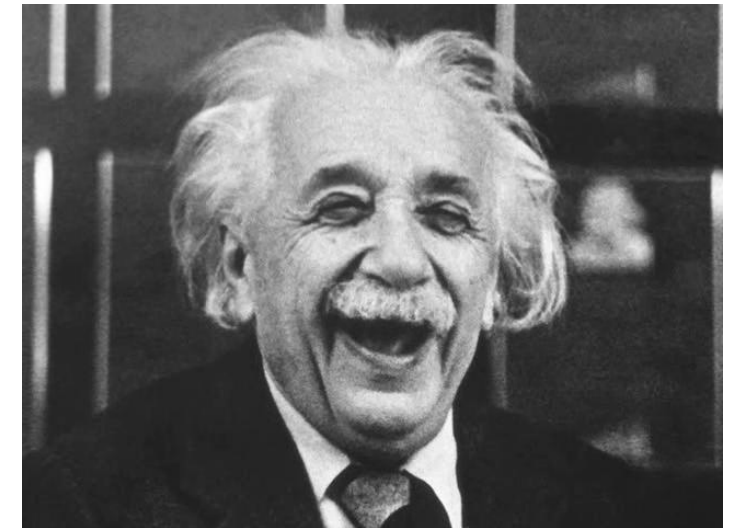
¿Qué espacio recorrerá, en promedio, si viaja a la velocidad de la luz,  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ ? Típicamente los mesones  $D^0$  en LHCb viajan a  $v=0.99919 \cdot c$

**Recorrerá  $3 \cdot 10^8 \text{ m/s} \times 0.4 \cdot 10^{-12} \text{ s} = 1.2 \cdot 10^{-4} \text{ m} = 0.12 \text{ mm}$**

¡Esto no es mucho! Afortunadamente este cálculo es incorrecto: no hemos tenido en cuenta la **dilatación del tiempo** de la relatividad especial:

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

Esto hace que una **partícula en el LHC** con una vida media de  $0.4 \cdot 10^{-12}$  segundos **viva unas 25 veces más**,  $10 \cdot 10^{-12}$  segundos, y por tanto **se desplace típicamente mucho más, unos 3 mm...** ¡Suficiente para que podamos medir su desplazamiento!



# ¿Cómo medir un tiempo tan pequeño?

Consideremos

Hemos de

¿Qué espacio  
 $3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

Recorrerá

¡Esto no  
no hemos  
relatividad

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

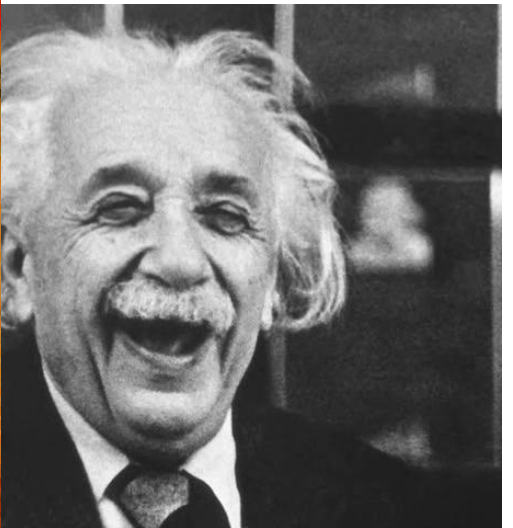
Esto hace  
viva unas  
mucho más,

unos 3 mm... ¡Suficiente para que podamos medir su desplazamiento!



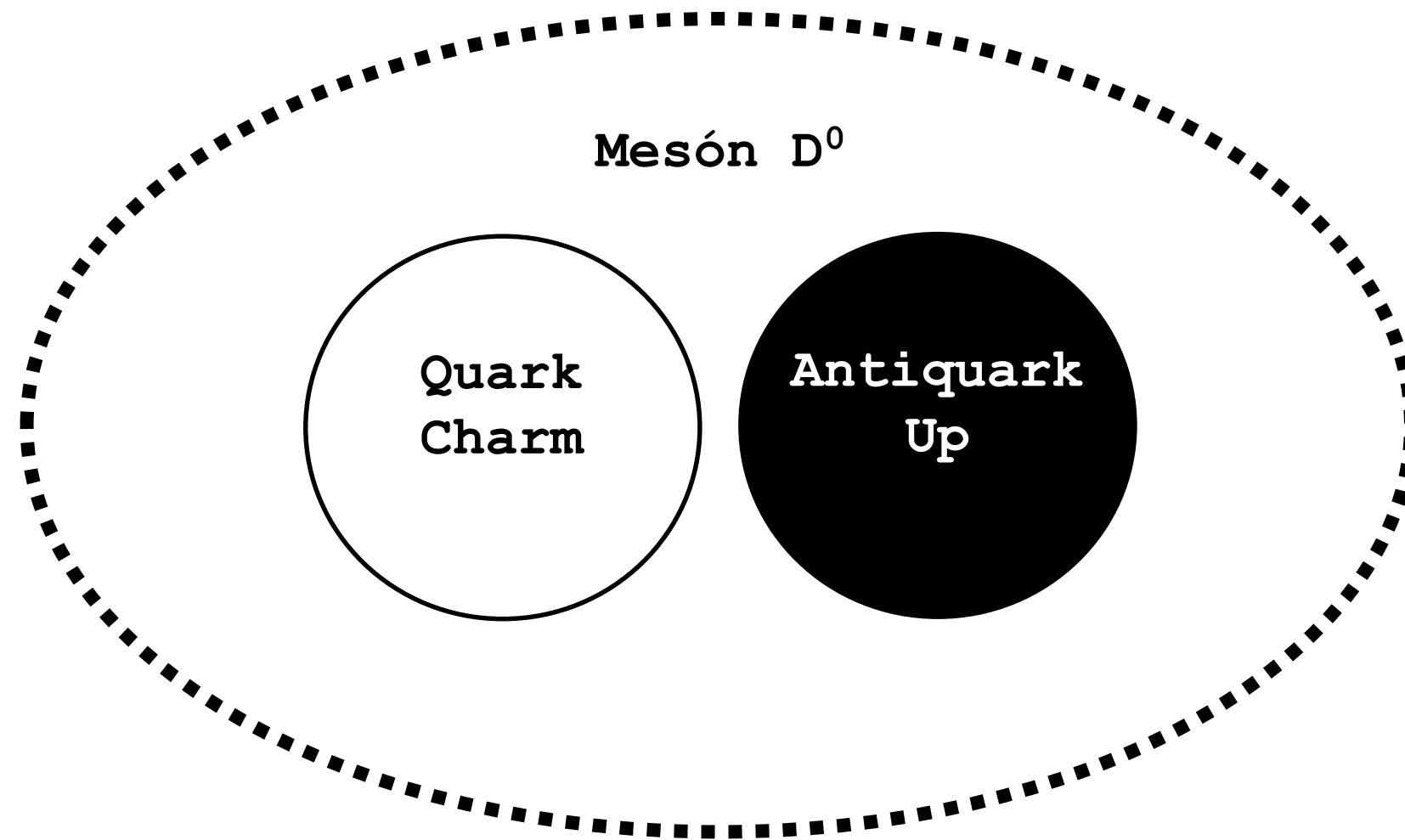
p

z, c =

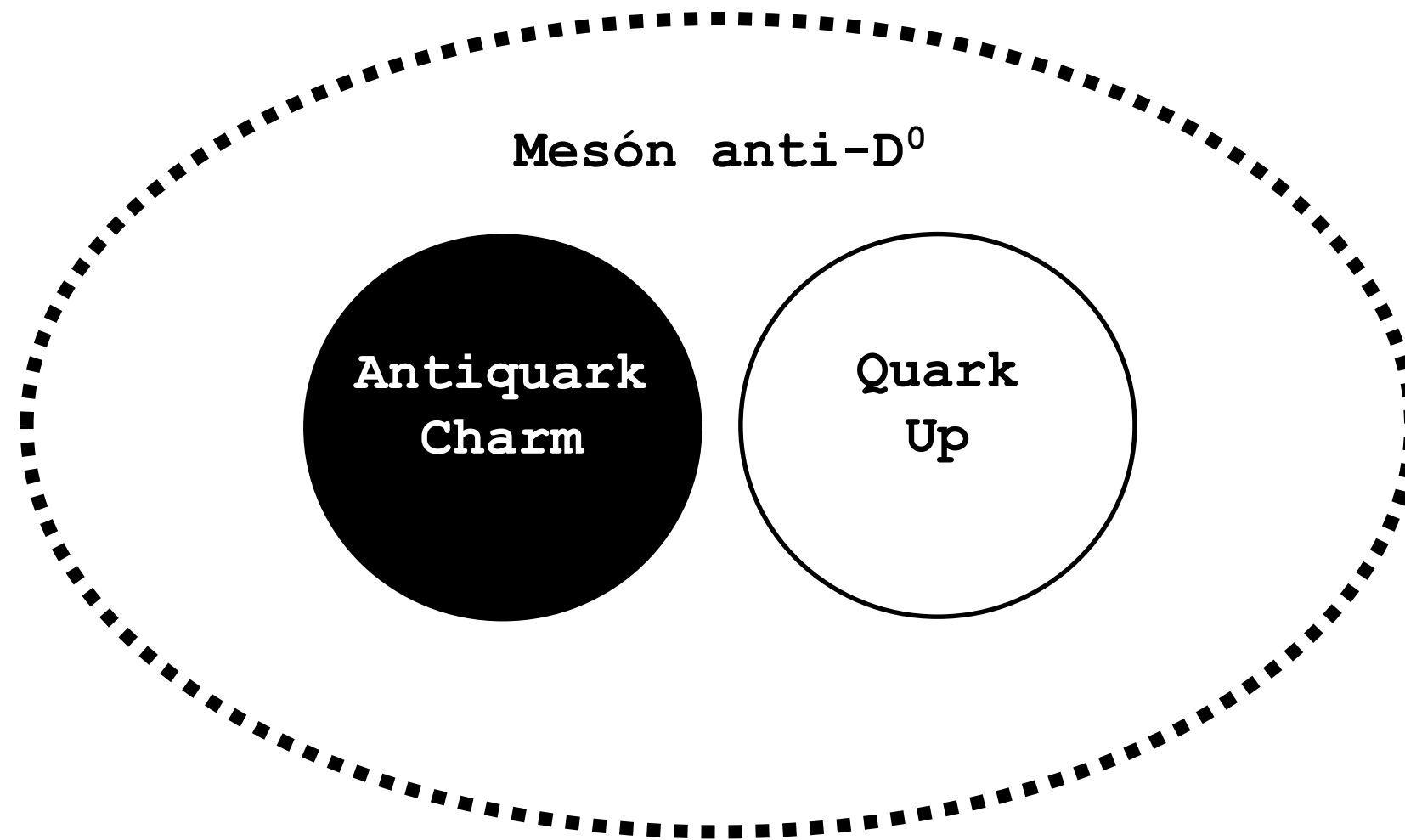


segundos  
icamente

# ¿Por qué es especial el $D^0$ ?



# ¿Por qué es especial el $D^0$ ?

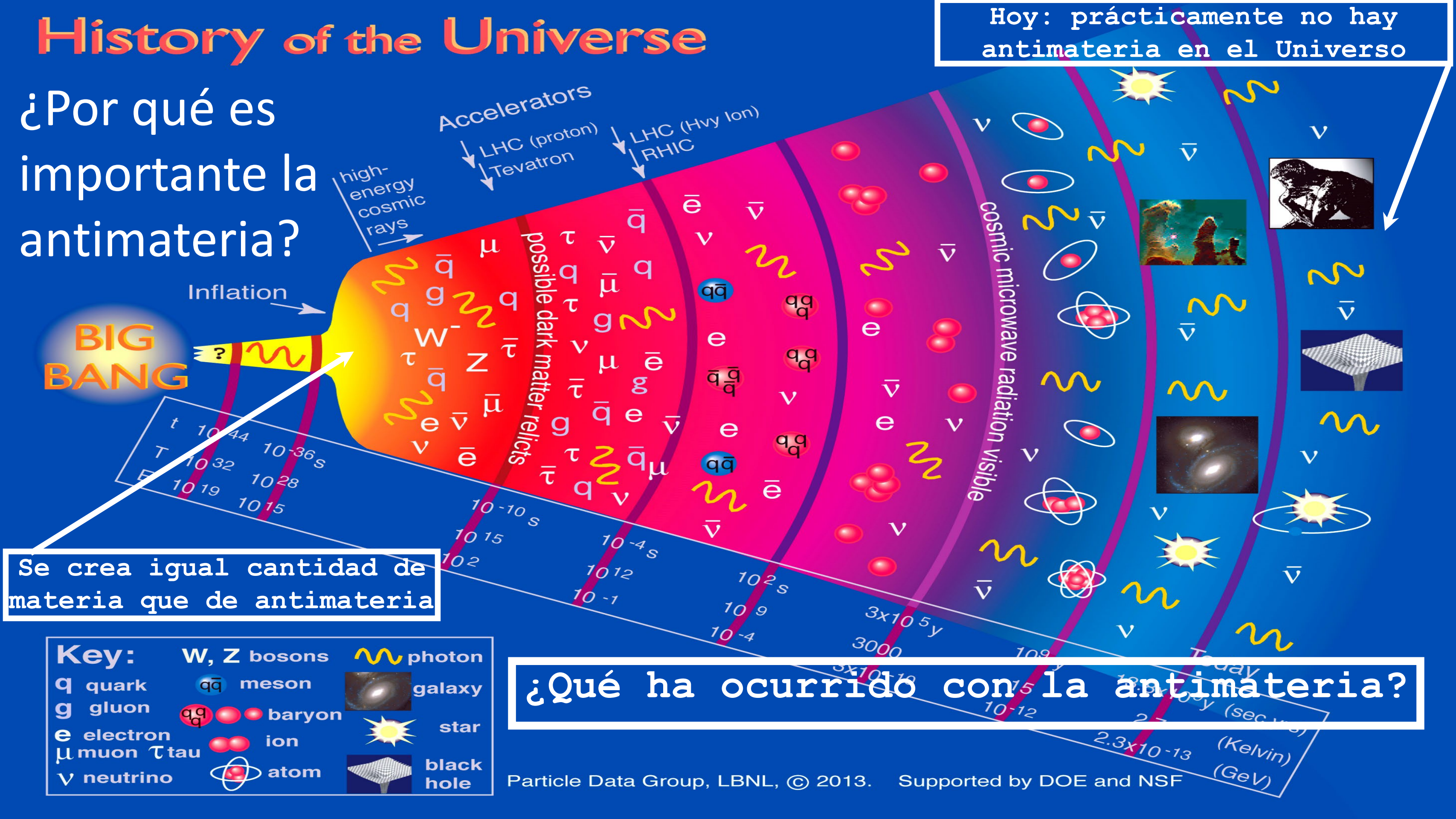




# History of the Universe

¿Por qué es importante la antimateria?

Hoy: prácticamente no hay antimateria en el Universo



BIG BANG

Inflation

Accelerators  
LHC (proton)  
Tevatron  
LHC (Hvy Ion)  
RHIC

high-energy cosmic rays

possible dark matter relicts

cosmic microwave radiation visible

Se crea igual cantidad de materia que de antimateria

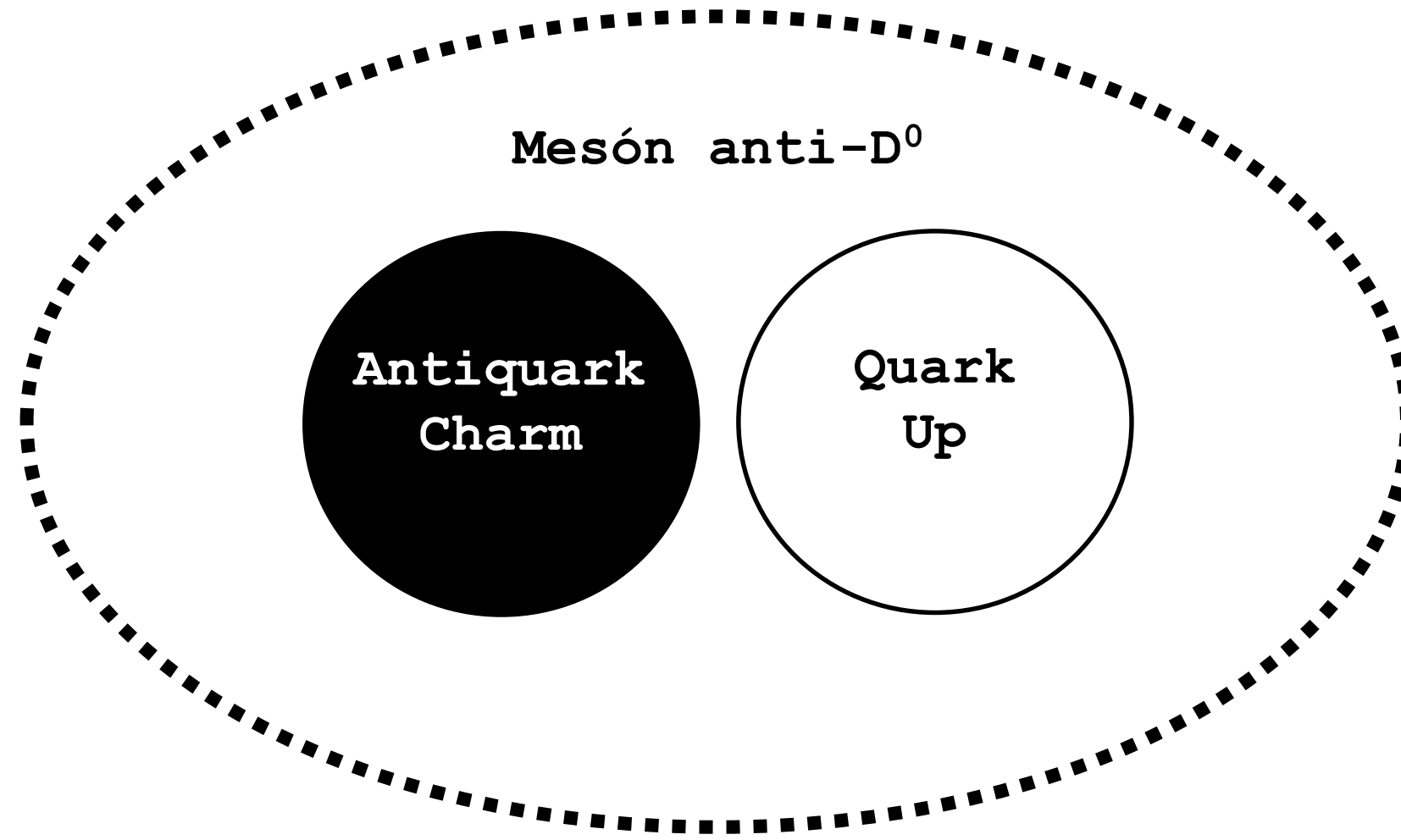
¿Qué ha ocurrido con la antimateria?

**Key:**

W, Z bosons	photon
q quark	meson
g gluon	baryon
e electron	ion
μ muon	atom
τ tau	galaxy
ν neutrino	star
	black hole



# ¡Oscila antes de desintegrarse!



El D<sup>0</sup> es una partícula neutra : ¡puede oscilar entre materia y antimateria antes de desintegrarse!

Estas partículas pueden darnos pistas de las pequeñas diferencias entre materia y antimateria que podrían dar lugar al enorme desequilibrio materia-antimateria

# ¿Por qué el $D^0$ y no otra partícula?

Three Generations of Matter (Fermions)

	I	II	III	
mass	$2.4 \text{ MeV}/c^2$	$1.27 \text{ GeV}/c^2$	$171.2 \text{ GeV}/c^2$	0
charge	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	0
spin	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
name	<b>u</b> up	<b>c</b> charm	<b>t</b> top	<b><math>\gamma</math></b> photon
Quarks	$4.8 \text{ MeV}/c^2$	$104 \text{ MeV}/c^2$	$4.2 \text{ GeV}/c^2$	0
	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	0
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
	<b>d</b> down	<b>s</b> strange	<b>b</b> bottom	<b>g</b> gluon
Leptons	$< 2.2 \text{ eV}/c^2$	$< 0.17 \text{ MeV}/c^2$	$< 15.5 \text{ MeV}/c^2$	$91.2 \text{ GeV}/c^2$
	0	0	0	0
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
	<b><math>\nu_e</math></b> electron neutrino	<b><math>\nu_\mu</math></b> muon neutrino	<b><math>\nu_\tau</math></b> tau neutrino	<b><math>Z^0</math></b> Z boson
	$0.511 \text{ MeV}/c^2$	$105.7 \text{ MeV}/c^2$	$1.777 \text{ GeV}/c^2$	$80.4 \text{ GeV}/c^2$
	-1	-1	-1	$\pm 1$
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
	<b>e</b> electron	<b><math>\mu</math></b> muon	<b><math>\tau</math></b> tau	<b><math>W^\pm</math></b> W boson

Gauge Bosons

Los mesones neutros pueden oscilar entre materia y antimateria mientras se propagan

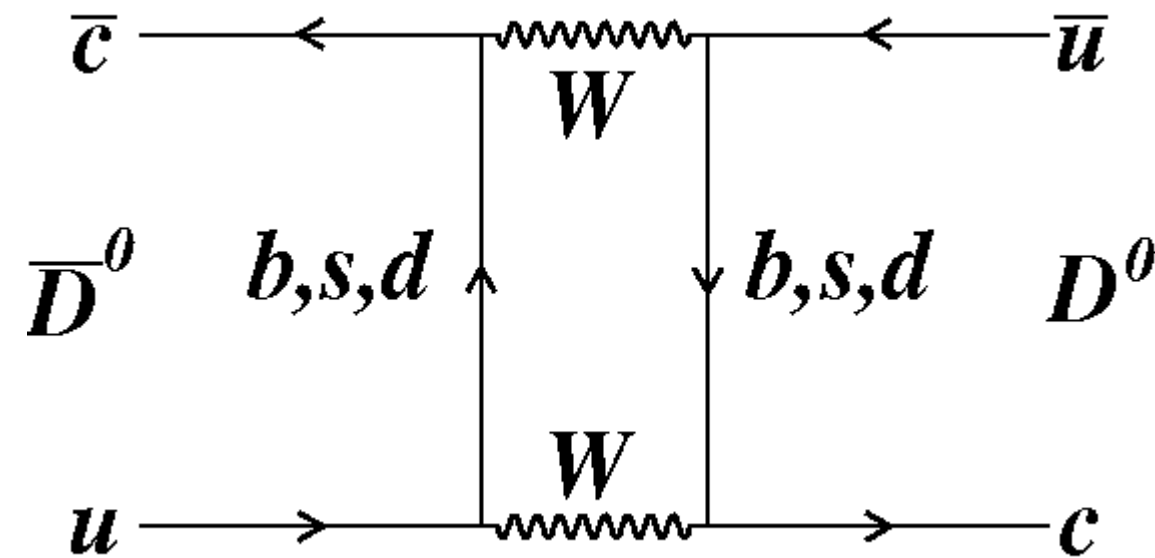
# ¿Por qué el $D^0$ y no otra partícula?

Three Generations of Matter (Fermions)

	I	II	III	
mass	2.4 MeV/c <sup>2</sup>	1.27 GeV/c <sup>2</sup>	171.2 GeV/c <sup>2</sup>	0
charge	2/3	2/3	2/3	0
spin	1/2	1/2	1/2	1
name	<b>u</b> up	<b>c</b> charm	<b>t</b> top	<b>γ</b> photon
Quarks	4.8 MeV/c <sup>2</sup>	104 MeV/c <sup>2</sup>	4.2 GeV/c <sup>2</sup>	0
	-1/3	-1/3	-1/3	0
	1/2	1/2	1/2	1
	<b>d</b> down	<b>s</b> strange	<b>b</b> bottom	<b>g</b> gluon
Leptons	<2.2 eV/c <sup>2</sup>	<0.17 MeV/c <sup>2</sup>	<15.5 MeV/c <sup>2</sup>	91.2 GeV/c <sup>2</sup>
	0	0	0	0
	1/2	1/2	1/2	1
	<b>ν<sub>e</sub></b> electron neutrino	<b>ν<sub>μ</sub></b> muon neutrino	<b>ν<sub>τ</sub></b> tau neutrino	<b>Z<sup>0</sup></b> Z boson
	0.511 MeV/c <sup>2</sup>	105.7 MeV/c <sup>2</sup>	1.777 GeV/c <sup>2</sup>	80.4 GeV/c <sup>2</sup>
	-1	-1	-1	±1
	1/2	1/2	1/2	1
	<b>e</b> electron	<b>μ</b> muon	<b>τ</b> tau	<b>W<sup>±</sup></b> W boson

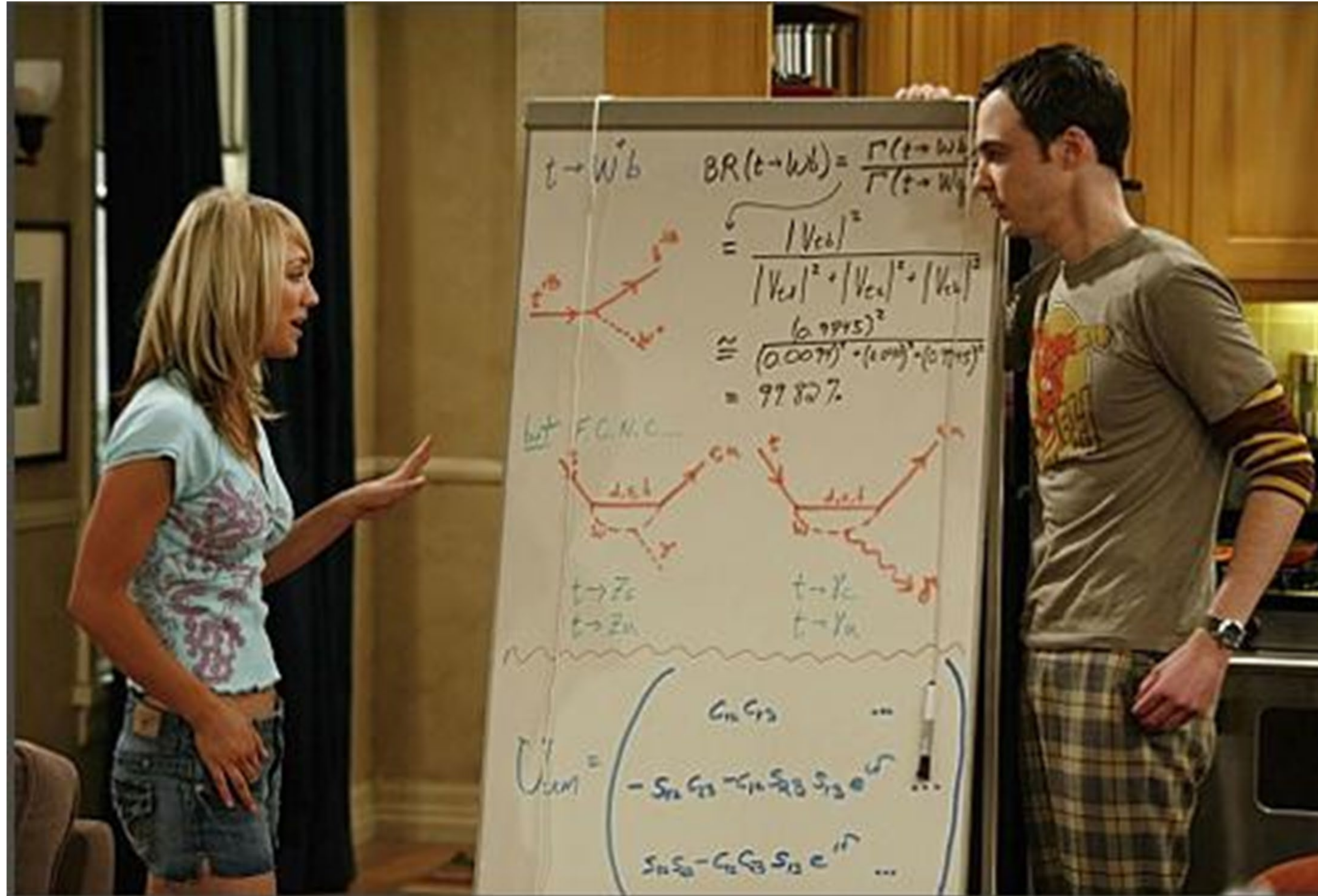
Gauge Bosons

Los mesones neutros pueden oscilar entre materia y antimateria mientras se propagan



Las oscilaciones partícula-antipartícula son importantes porque son sensibles a la presencia de nuevas partículas que aparecen de manera virtual en el diagrama de la caja, las cuales pueden ser mucho más masivas que las que somos capaces de producir directamente





# ¿Por qué el $D^0$ y no otra partícula?

Three Generations of Matter (Fermions)

	I	II	III	
mass	$2.4 \text{ MeV}/c^2$	$1.27 \text{ GeV}/c^2$	$171.2 \text{ GeV}/c^2$	0
charge	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	0
spin	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
name	<b>u</b> up	<b>c</b> charm	<b>t</b> top	<b><math>\gamma</math></b> photon
Quarks	$4.8 \text{ MeV}/c^2$	$104 \text{ MeV}/c^2$	$4.2 \text{ GeV}/c^2$	0
	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	0
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
	<b>d</b> down	<b>s</b> strange	<b>b</b> bottom	<b>g</b> gluon
Leptons	$<2.2 \text{ eV}/c^2$	$<0.17 \text{ MeV}/c^2$	$<15.5 \text{ MeV}/c^2$	$91.2 \text{ GeV}/c^2$
	0	0	0	0
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
	<b><math>\nu_e</math></b> electron neutrino	<b><math>\nu_\mu</math></b> muon neutrino	<b><math>\nu_\tau</math></b> tau neutrino	<b><math>Z^0</math></b> Z boson
	$0.511 \text{ MeV}/c^2$	$105.7 \text{ MeV}/c^2$	$1.777 \text{ GeV}/c^2$	$80.4 \text{ GeV}/c^2$
	-1	-1	-1	$\pm 1$
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
	<b>e</b> electron	<b><math>\mu</math></b> muon	<b><math>\tau</math></b> tau	<b><math>W^\pm</math></b> W boson

Gauge Bosons

Los mesones neutros pueden oscilar entre materia y antimateria mientras se propagan

Hay diferentes mesones de tipo "down" que pueden oscilar: (ds)  $K^0$ , (db)  $B_d$ , (sb)  $B_s$

# ¿Por qué el $D^0$ y no otra partícula?

Three Generations of Matter (Fermions)

	I	II	III	
mass	2.4 MeV/c <sup>2</sup>	1.27 GeV/c <sup>2</sup>	171.2 GeV/c <sup>2</sup>	0
charge	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	0
spin	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
name	u up	c charm	t top	$\gamma$ photon
	4.8 MeV/c <sup>2</sup>	104 MeV/c <sup>2</sup>	4.2 GeV/c <sup>2</sup>	0
	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	0
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
Quarks	d down	s strange	b bottom	g gluon
	<2.2 eV/c <sup>2</sup>	<0.17 MeV/c <sup>2</sup>	<15.5 MeV/c <sup>2</sup>	91.2 GeV/c <sup>2</sup>
	0	0	0	0
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
	$\nu_e$ electron neutrino	$\nu_\mu$ muon neutrino	$\nu_\tau$ tau neutrino	$Z^0$ Z boson
	0.511 MeV/c <sup>2</sup>	105.7 MeV/c <sup>2</sup>	1.777 GeV/c <sup>2</sup>	80.4 GeV/c <sup>2</sup>
	-1	-1	-1	$\pm 1$
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
Leptons	e electron	$\mu$ muon	$\tau$ tau	$W^\pm$ W boson
				Gauge Bosons

Los mesones neutros pueden oscilar entre materia y antimateria mientras se propagan

Hay diferentes mesones de tipo "down" que pueden oscilar: (ds)  $K^0$ , (db)  $B_d$ , (sb)  $B_s$

Pero sólo uno tipo "up": el mesón  $D^0$  (cu)

## El quark top no forma ni mesones ni bariones



# ¿Por qué el $D^0$ y no otra partícula?

Three Generations of Matter (Fermions)

	I	II	III	
mass	2.4 MeV/c <sup>2</sup>	1.27 GeV/c <sup>2</sup>	171.2 GeV/c <sup>2</sup>	0
charge	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	0
spin	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
name	u up	c charm	t top	$\gamma$ photon
	4.8 MeV/c <sup>2</sup>	104 MeV/c <sup>2</sup>	4.2 GeV/c <sup>2</sup>	0
	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	0
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
Quarks	d down	s strange	b bottom	g gluon
	$< 2.2$ eV/c <sup>2</sup>	$< 0.17$ MeV/c <sup>2</sup>	$< 15.5$ MeV/c <sup>2</sup>	91.2 GeV/c <sup>2</sup>
	0	0	0	0
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
	$\nu_e$ electron neutrino	$\nu_\mu$ muon neutrino	$\nu_\tau$ tau neutrino	$Z^0$ Z boson
	0.511 MeV/c <sup>2</sup>	105.7 MeV/c <sup>2</sup>	1.777 GeV/c <sup>2</sup>	80.4 GeV/c <sup>2</sup>
	-1	-1	-1	$\pm 1$
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
Leptons	e electron	$\mu$ muon	$\tau$ tau	$W^\pm$ W boson
				Gauge Bosons

Los mesones neutros pueden oscilar entre materia y antimateria mientras se propagan

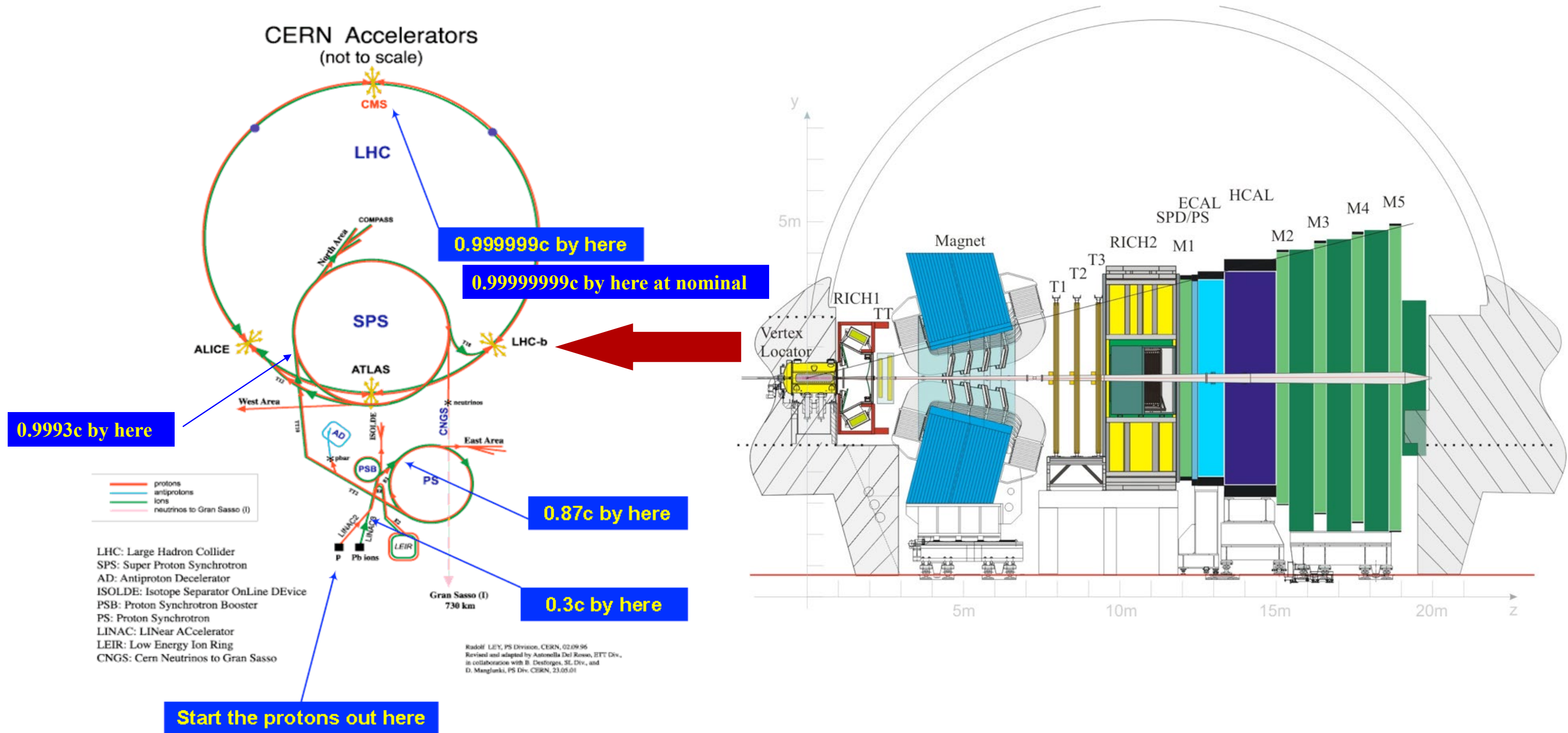
Hay diferentes mesones de tipo "down" que pueden oscilar: (ds)  $K^0$ , (db)  $B_d$ , (sb)  $B_s$

Pero sólo uno tipo "up": el mesón  $D^0$  (cu)

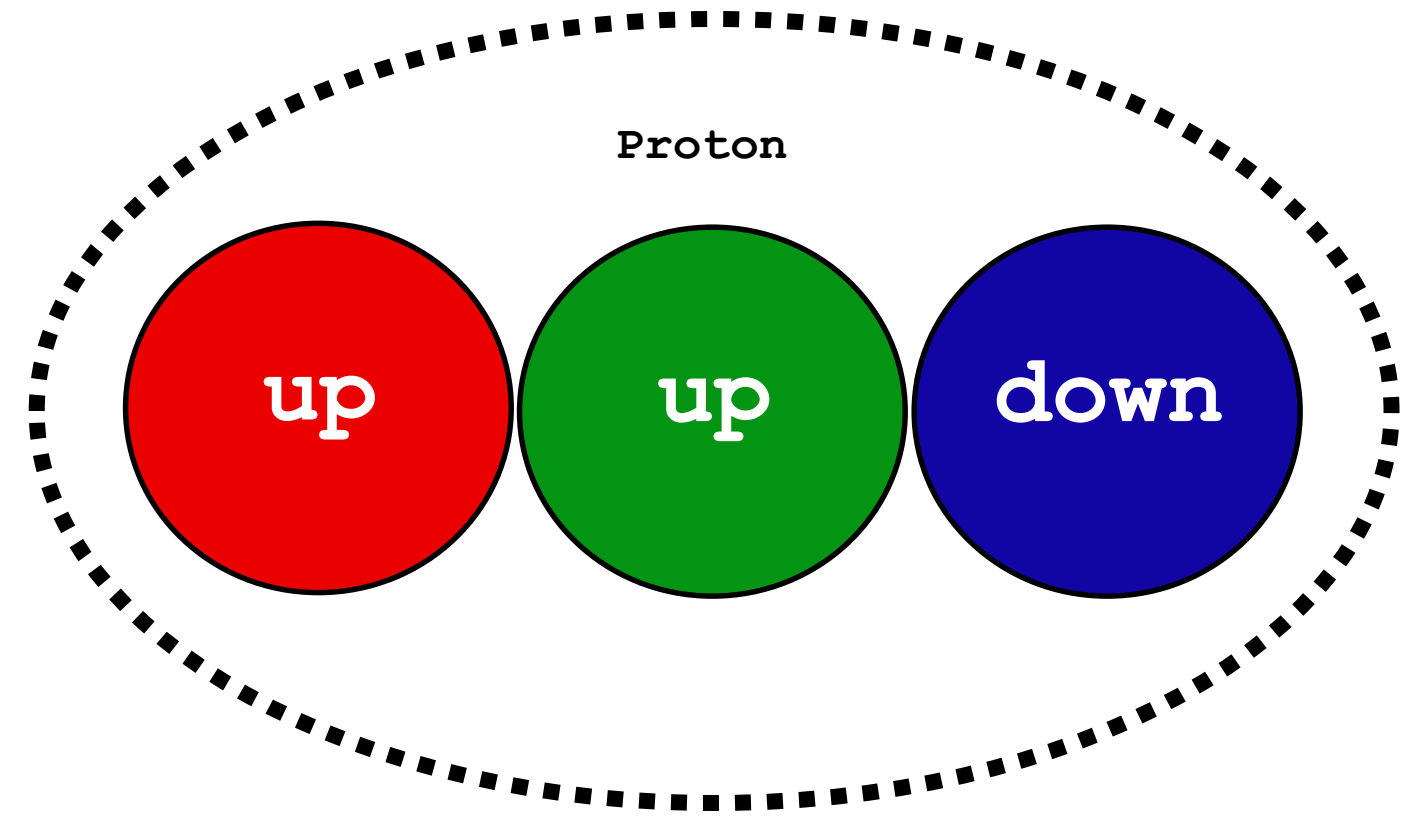
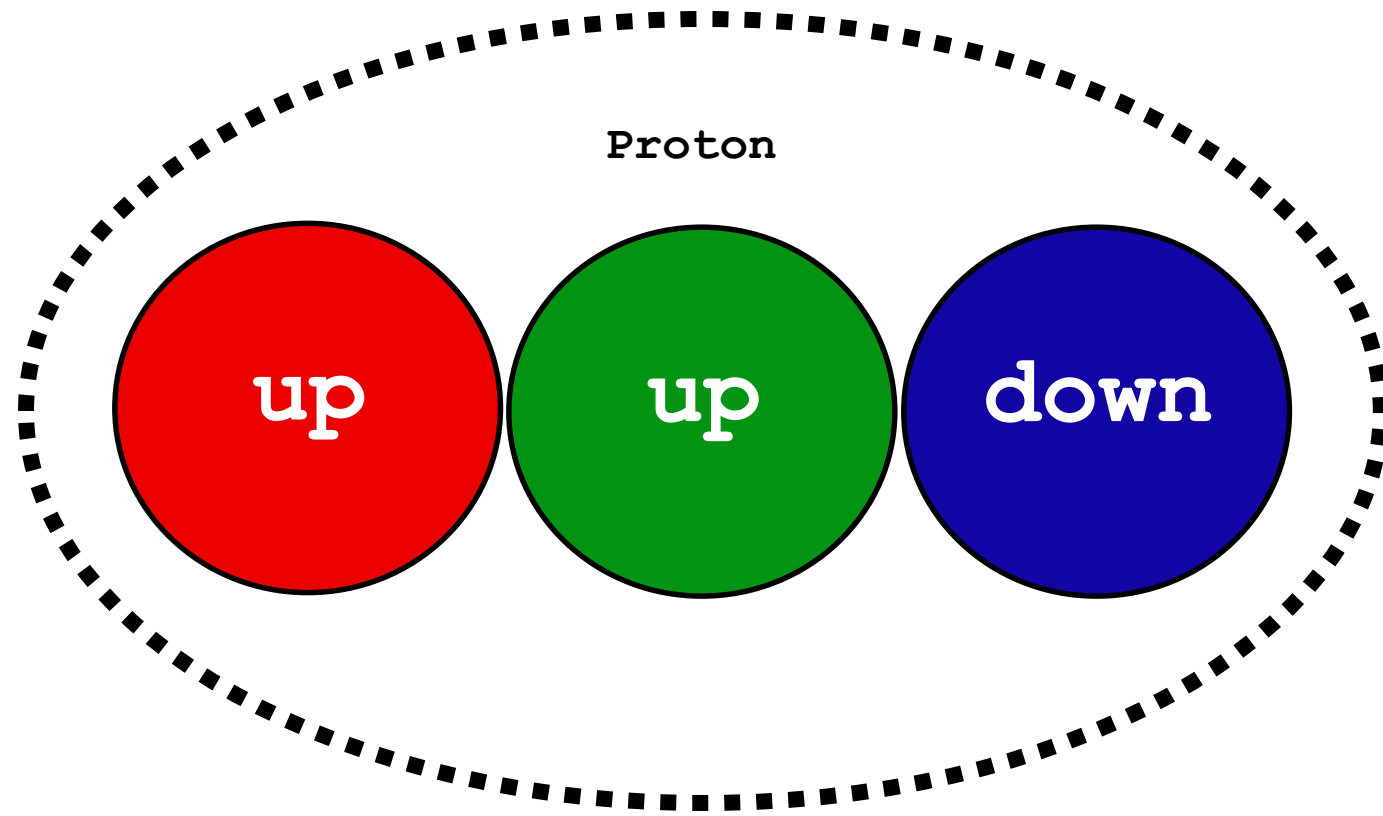
## El quark top no forma ni mesones ni bariones

Esto hace que el mesón  $D^0$  sea un laboratorio único para el estudio de la asimetría entre materia y antimateria

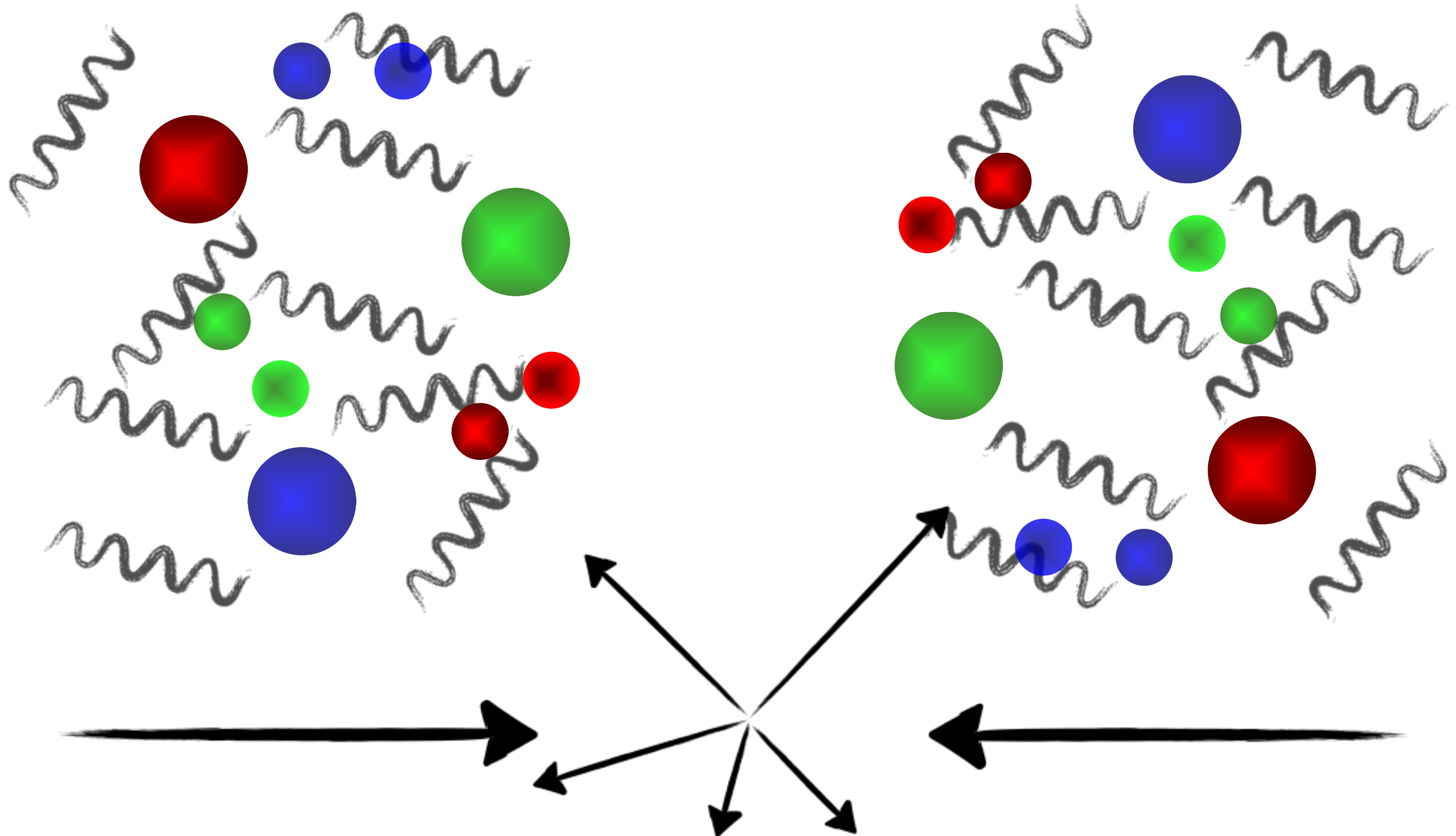
# Large Hadron Collider @ CERN



# Los protones colisionan...

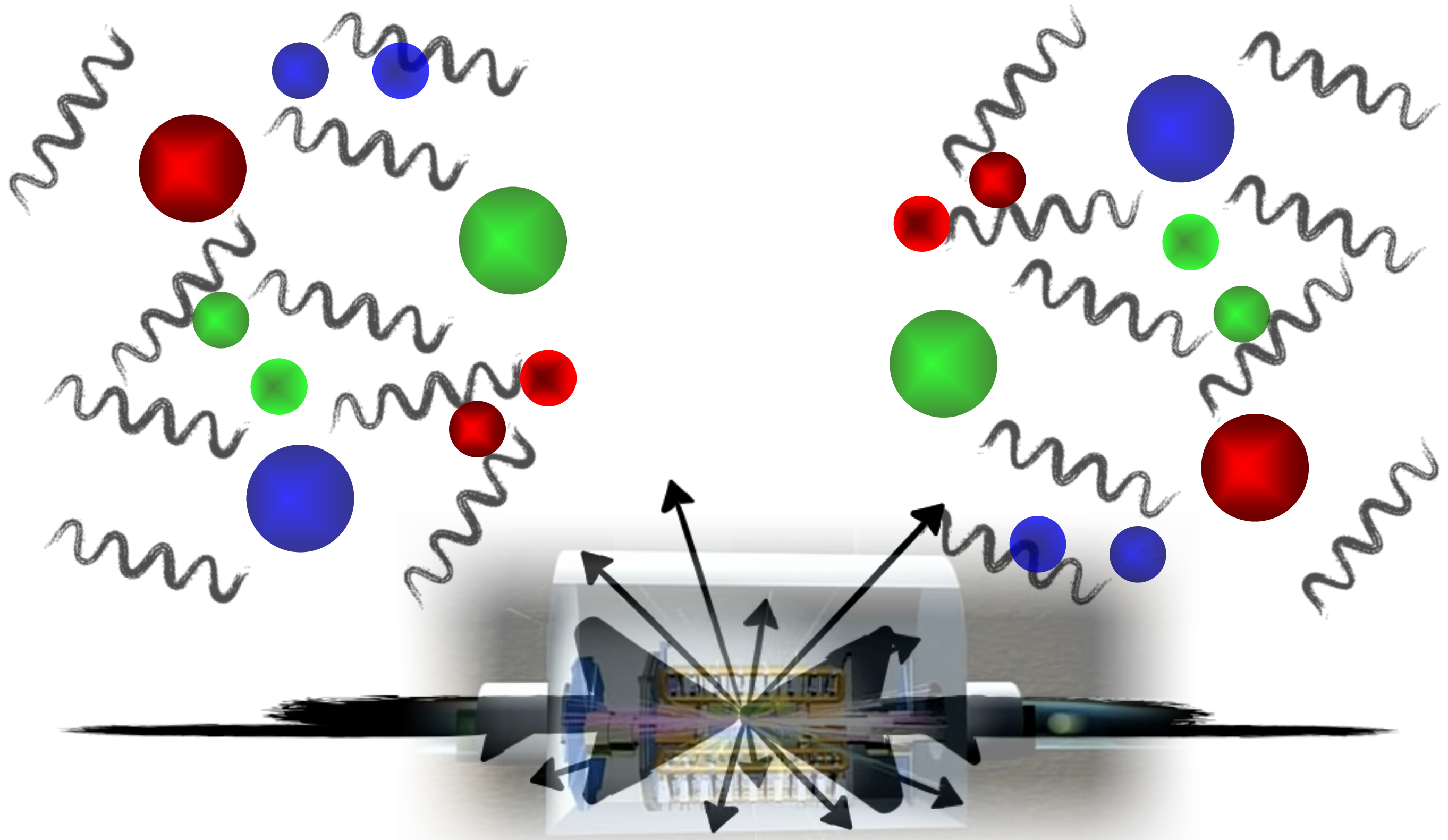


# Los protones colisionan...

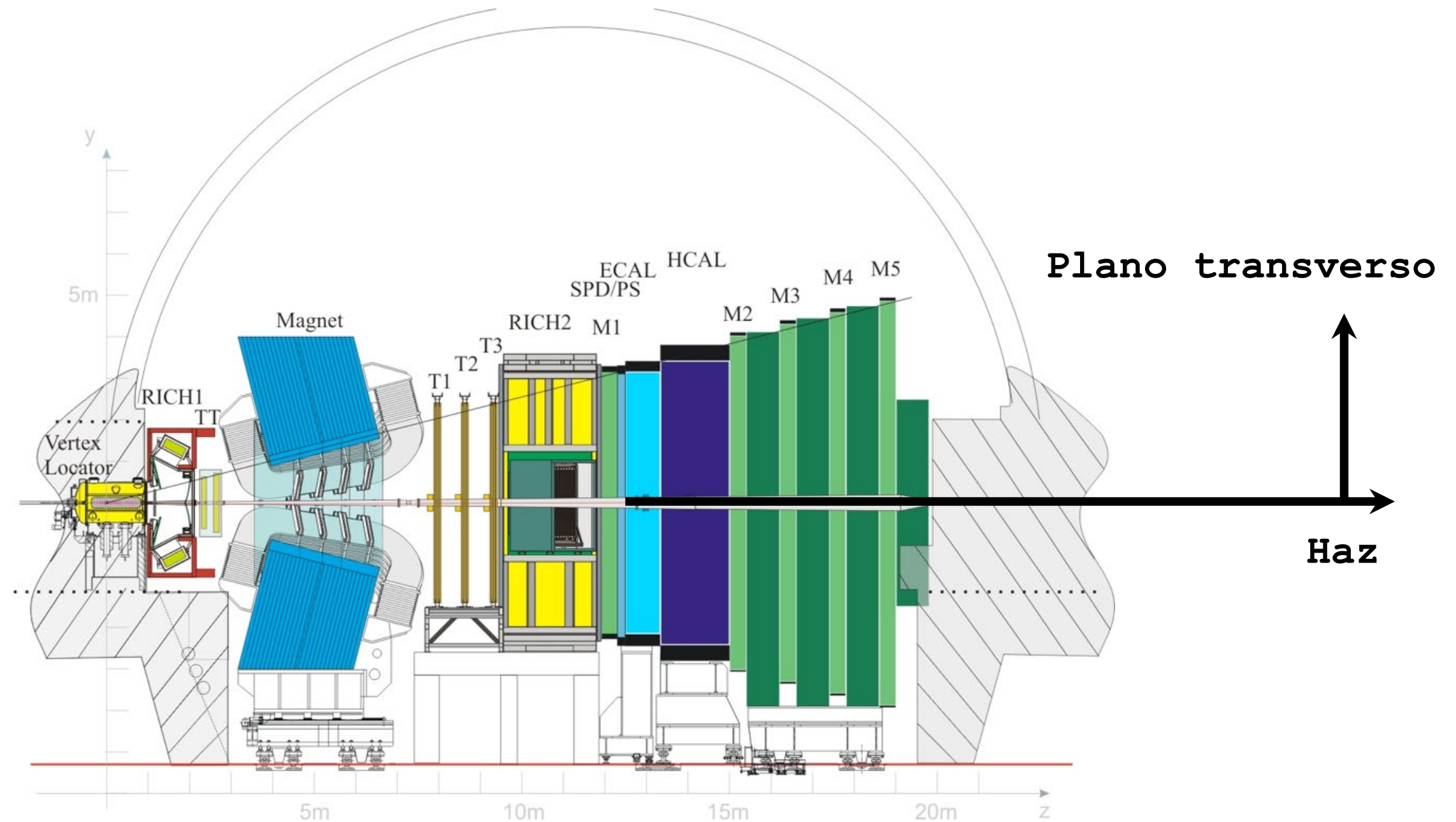




# Los protones colisionan...



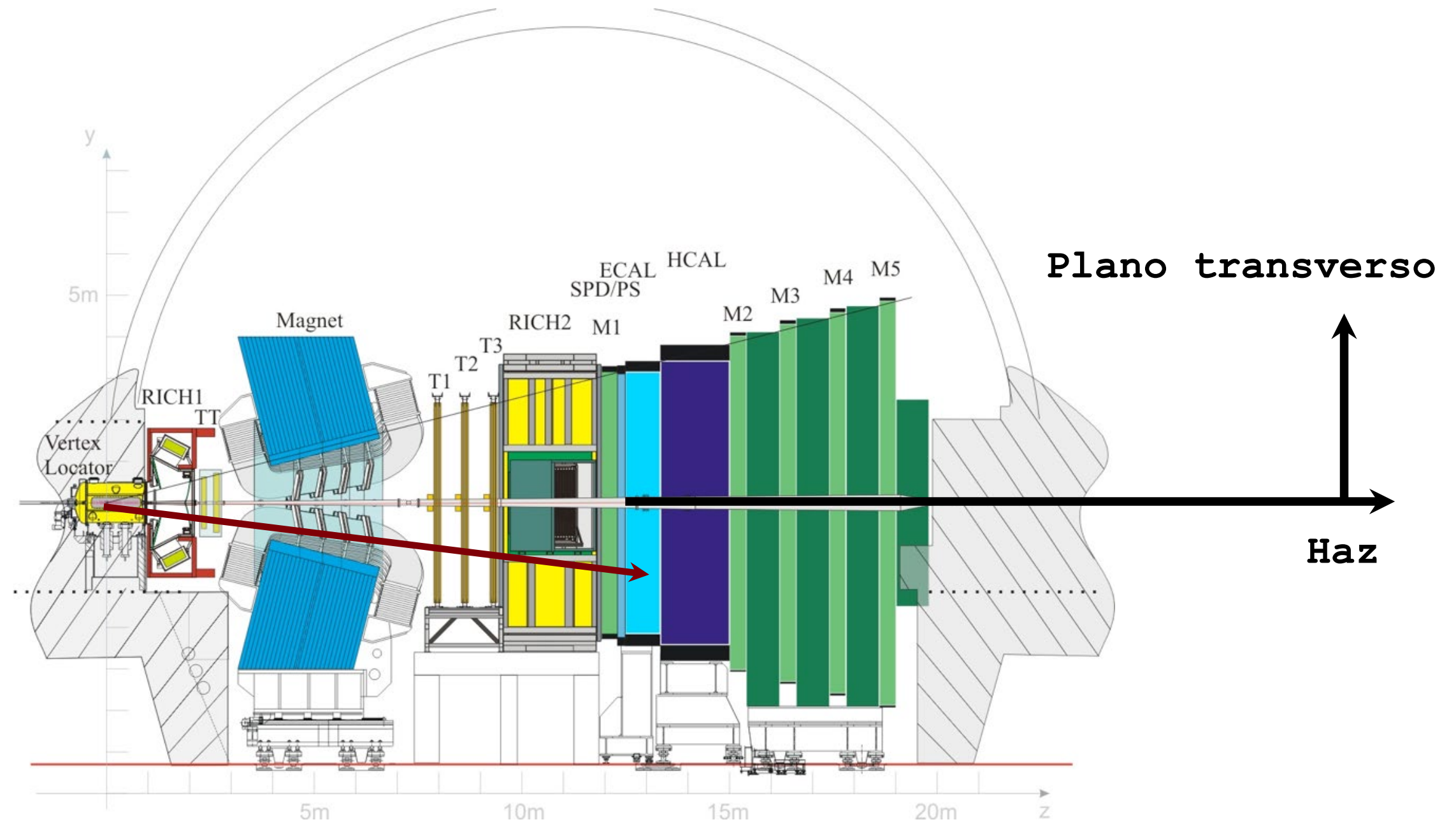
# LHCb @ LHC



$p_T$  = Momento transverso  
 $E_T$  = Energía transversa

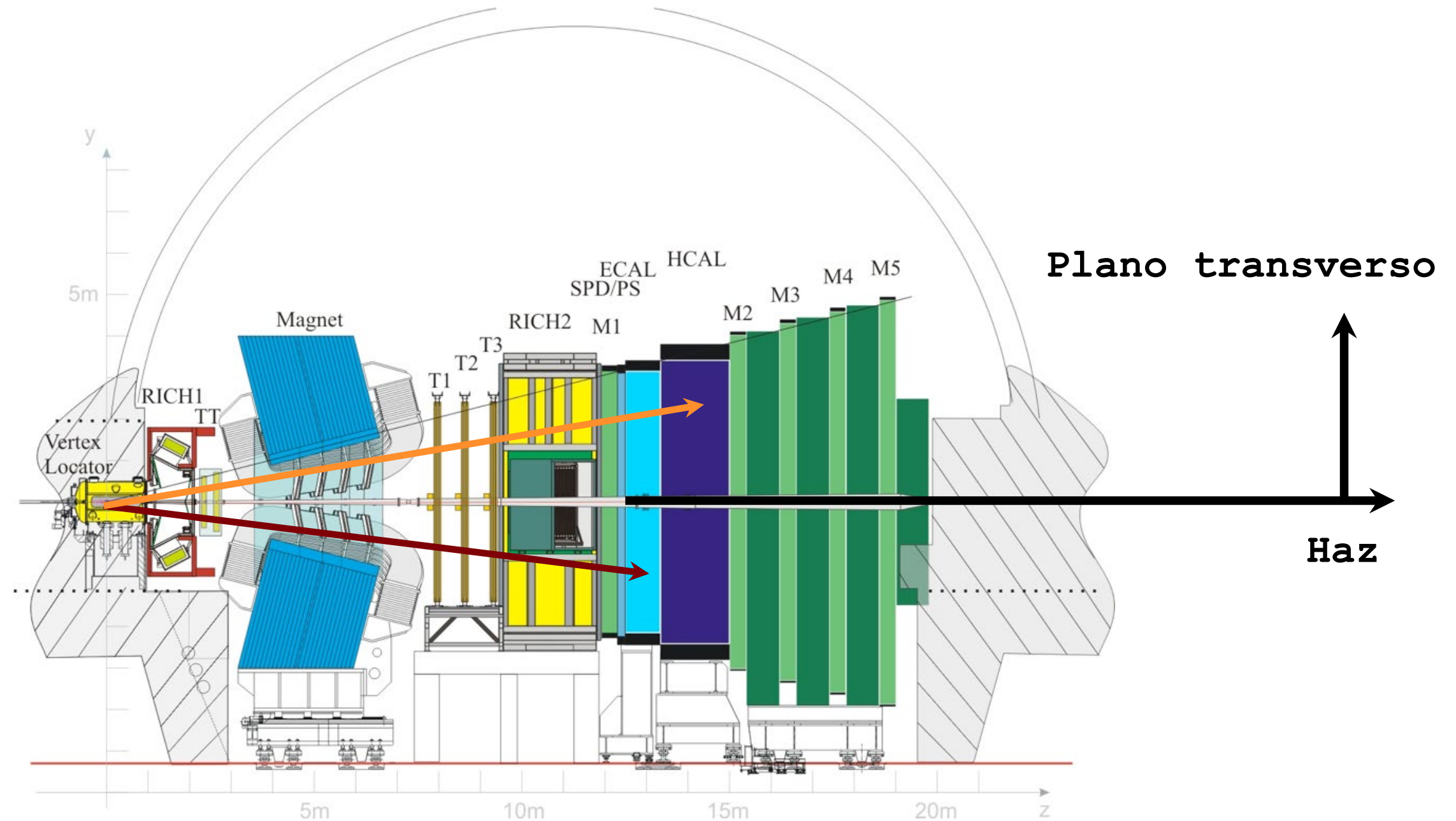


# LHCb @ LHC



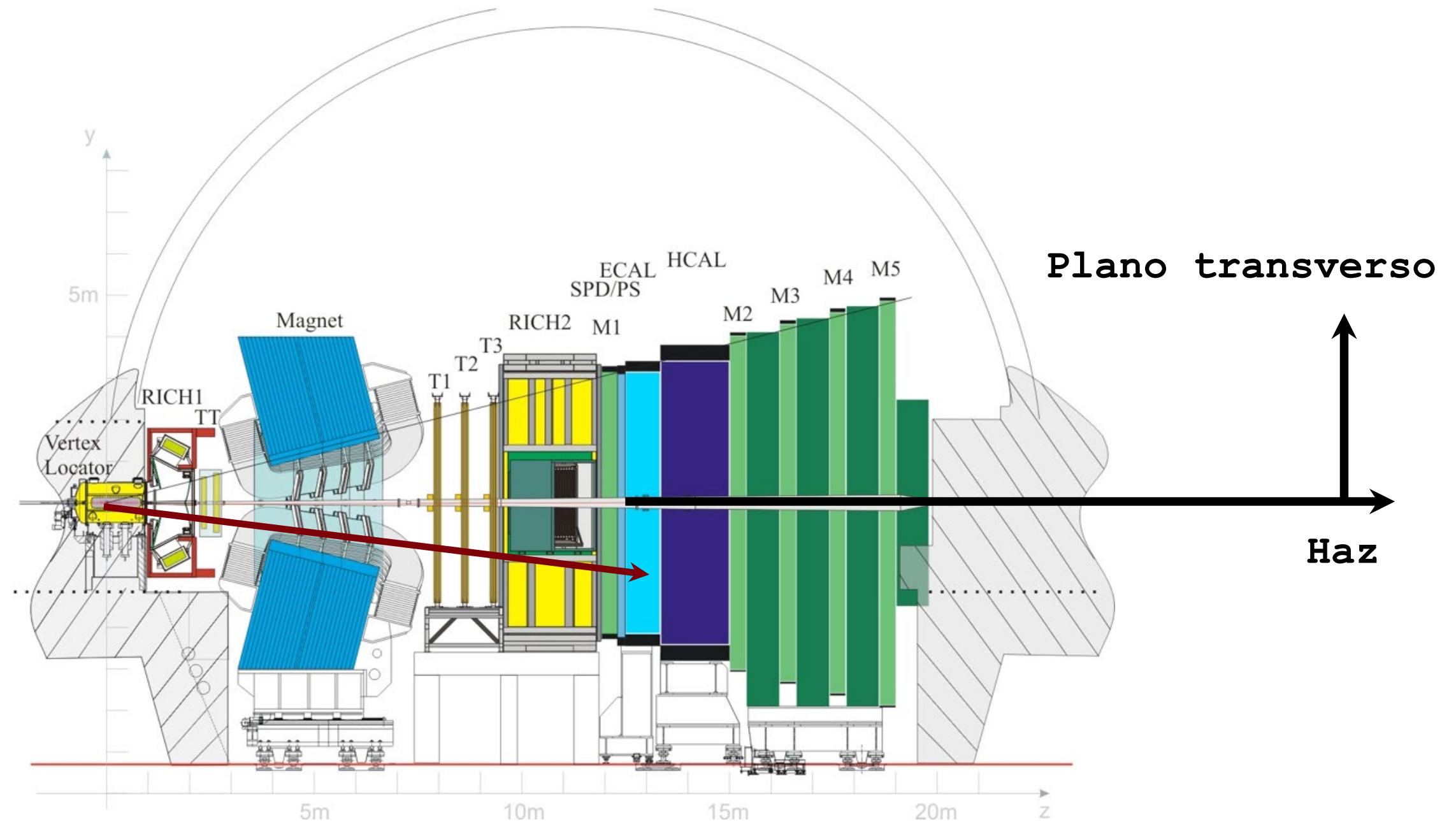
$p_T$  = Momento transversal  
 $E_T$  = Energía transversal

# LHCb @ LHC



$p_T$  = Momento transverso  
 $E_T$  = Energía transversa

# LHCb @ LHC



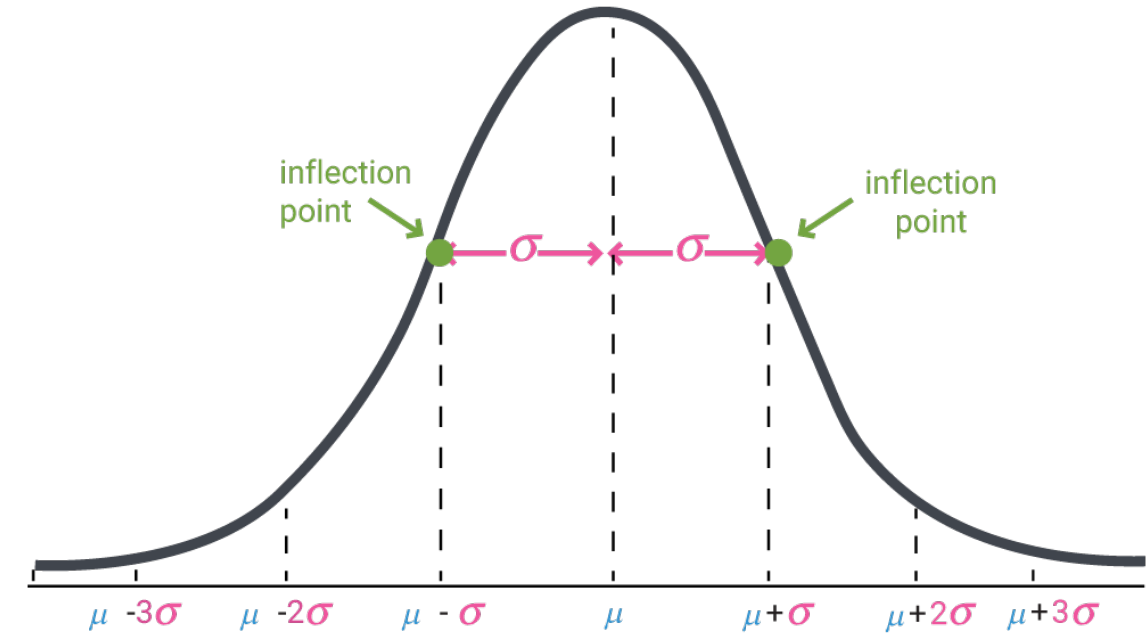
$p_T$  = Momento transverso  
 $E_T$  = Energía transversa

# Rendimiento del detector LHCb

La **medida repetida** de una misma magnitud física, como la masa del mesón  $D^0$  y su tiempo de vida, proporciona valores de dicha magnitud que varían según una **distribución** que depende de la **resolución** del instrumento (y método) de medida

La **distribución de Gauss** o **Normal** es fundamental en física para determinar la resolución

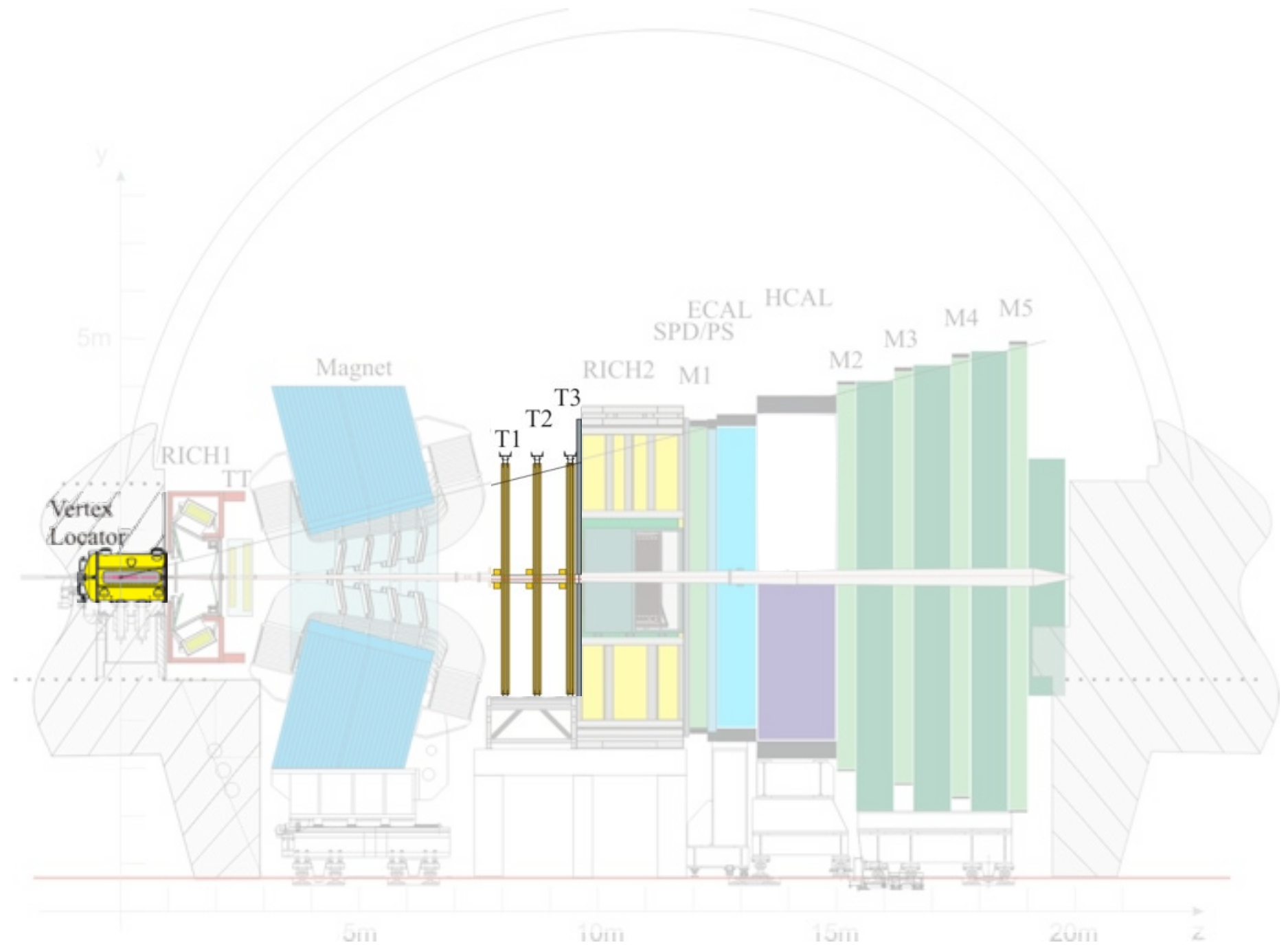
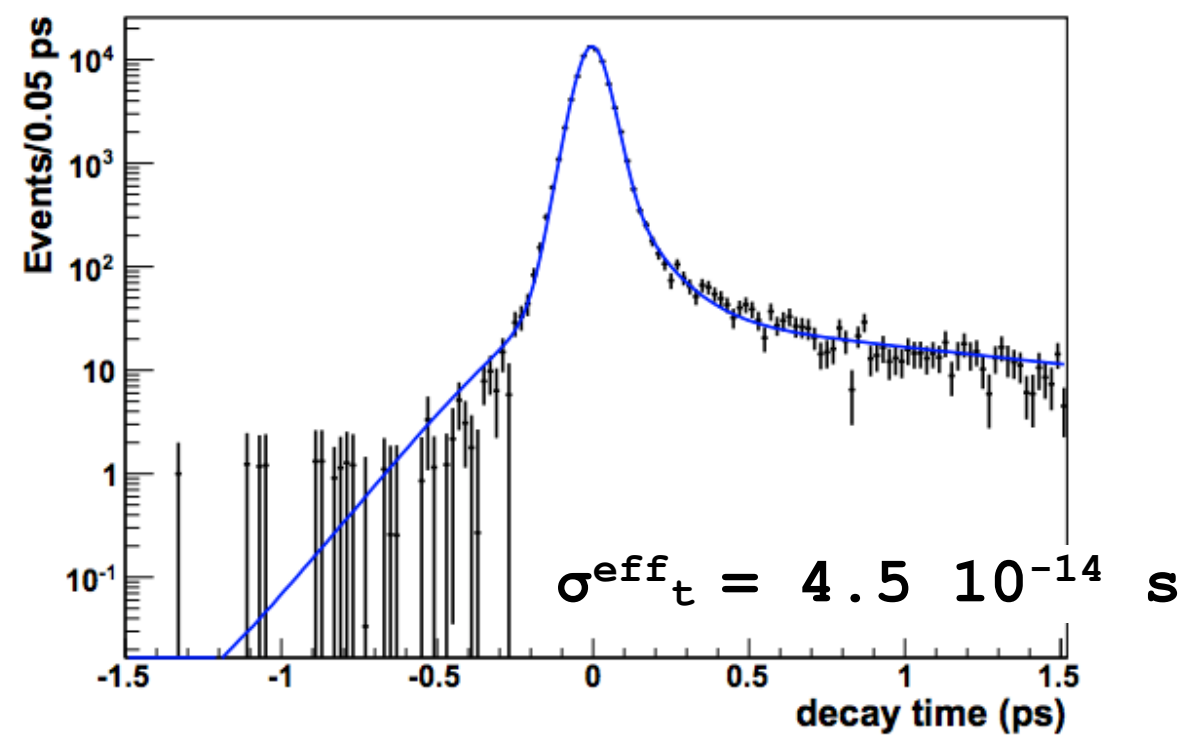
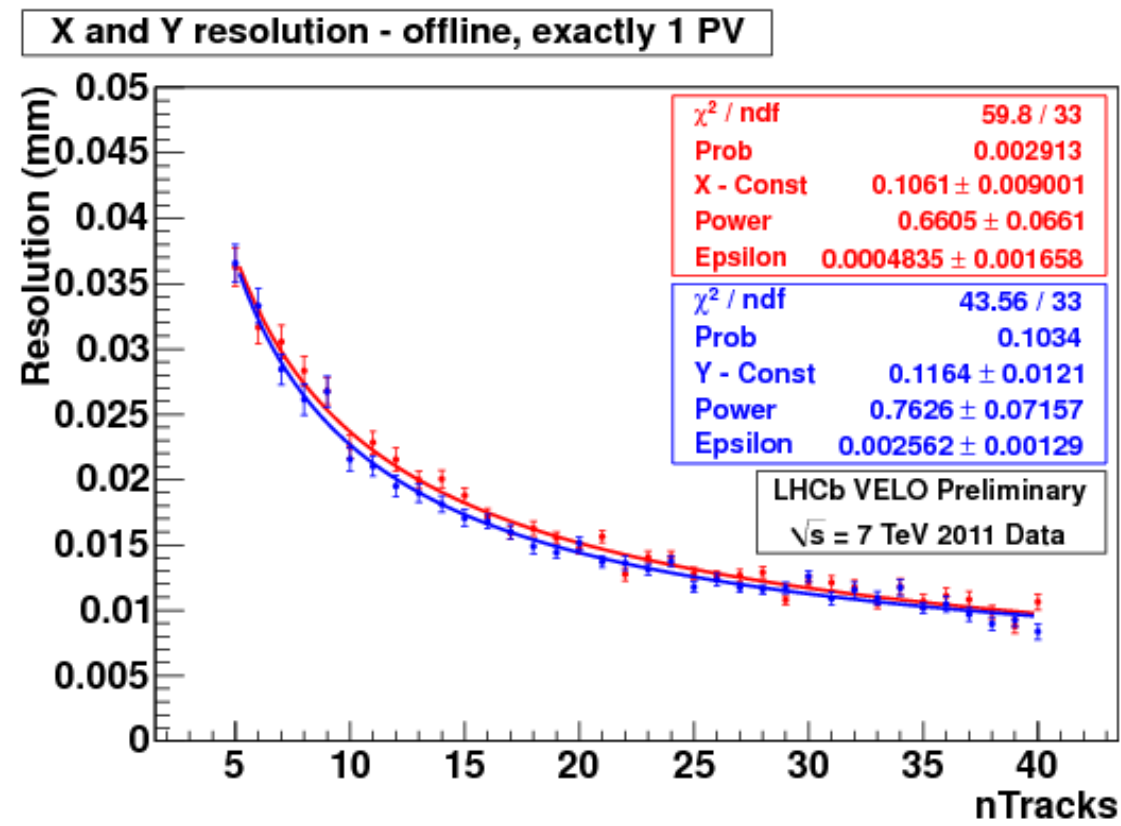
Si además estamos midiendo una magnitud asociada a un **proceso microscópico** (como es el caso del  $D^0$ ), hay variaciones debidas a la **naturaleza mecano-cuántica** del proceso. Es el caso de la vida del  $D^0$ , por eso distinguimos entre **tiempo de vida** (que sigue una distribución exponencial) y **vida media**



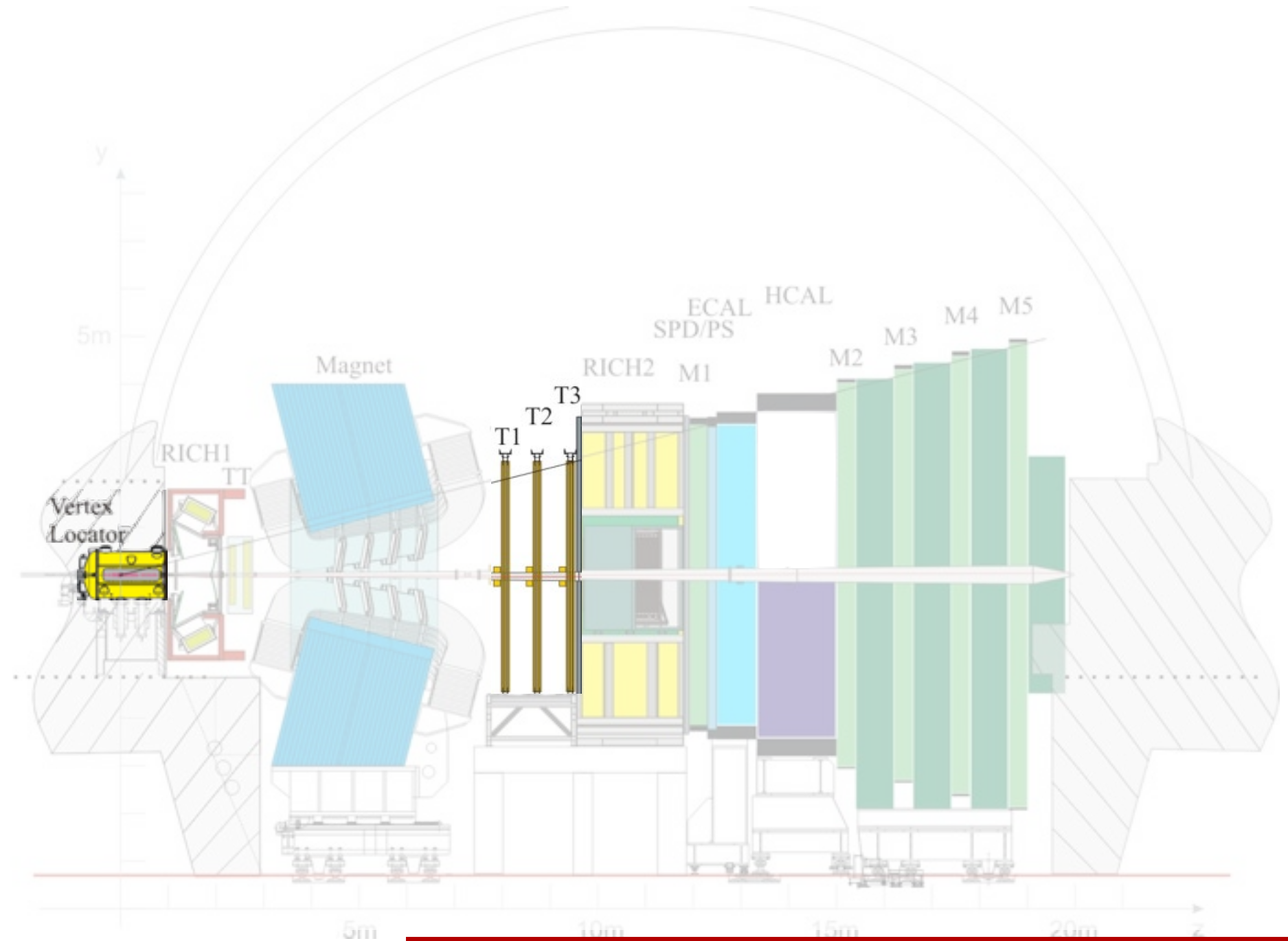
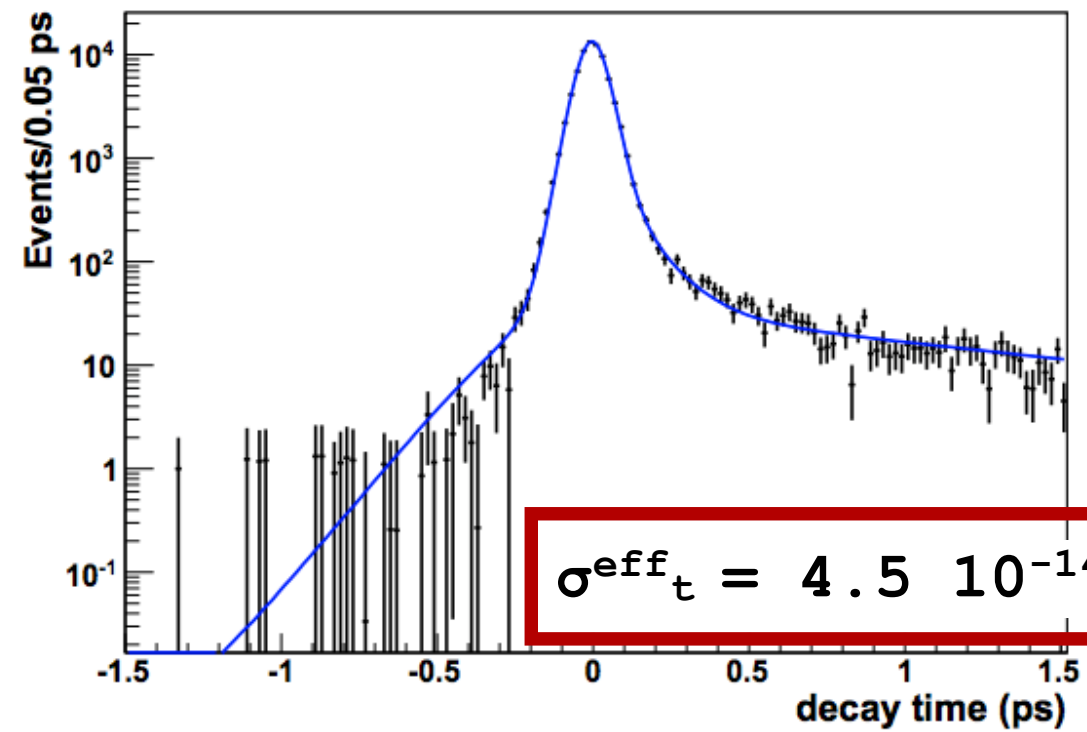
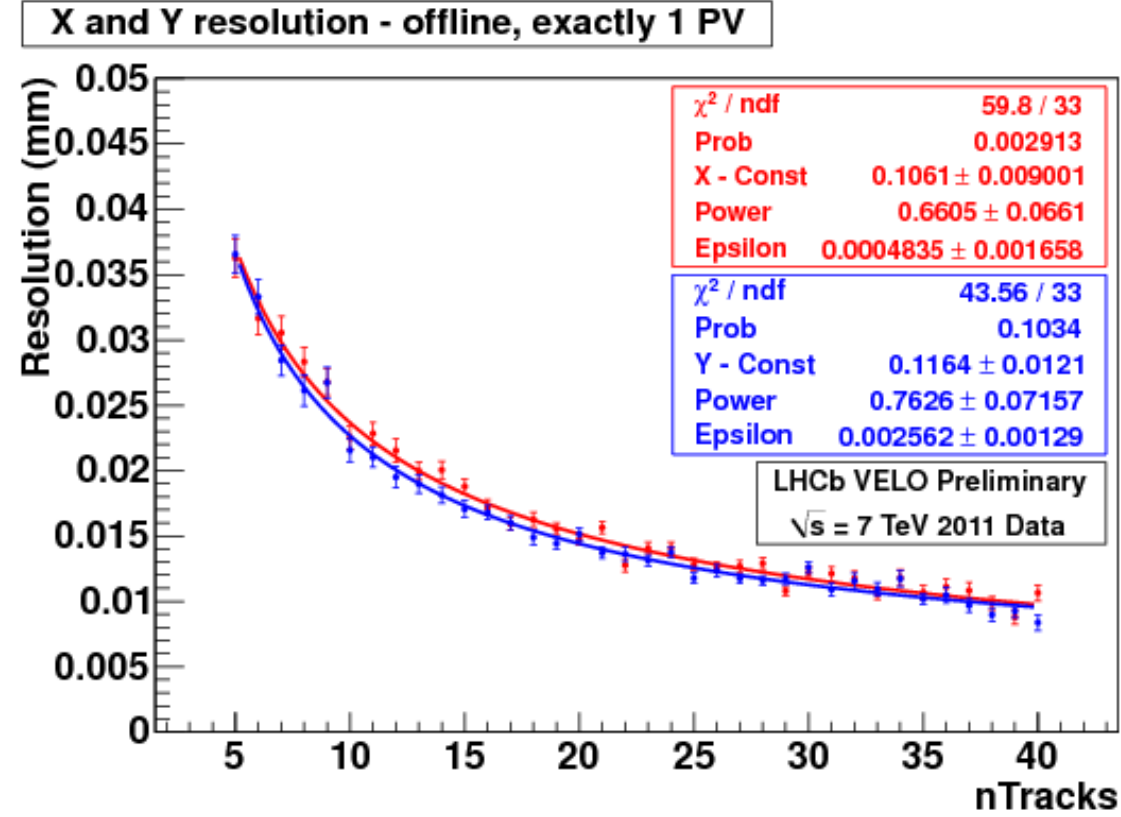
$$G(x; \mu, \sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}$$



# Rendimiento del detector LHCb



# Rendimiento del detector LHCb



¡Se pueden medir tiempos de hasta unos pocos  $\sim 10^{-14}$  segundos!



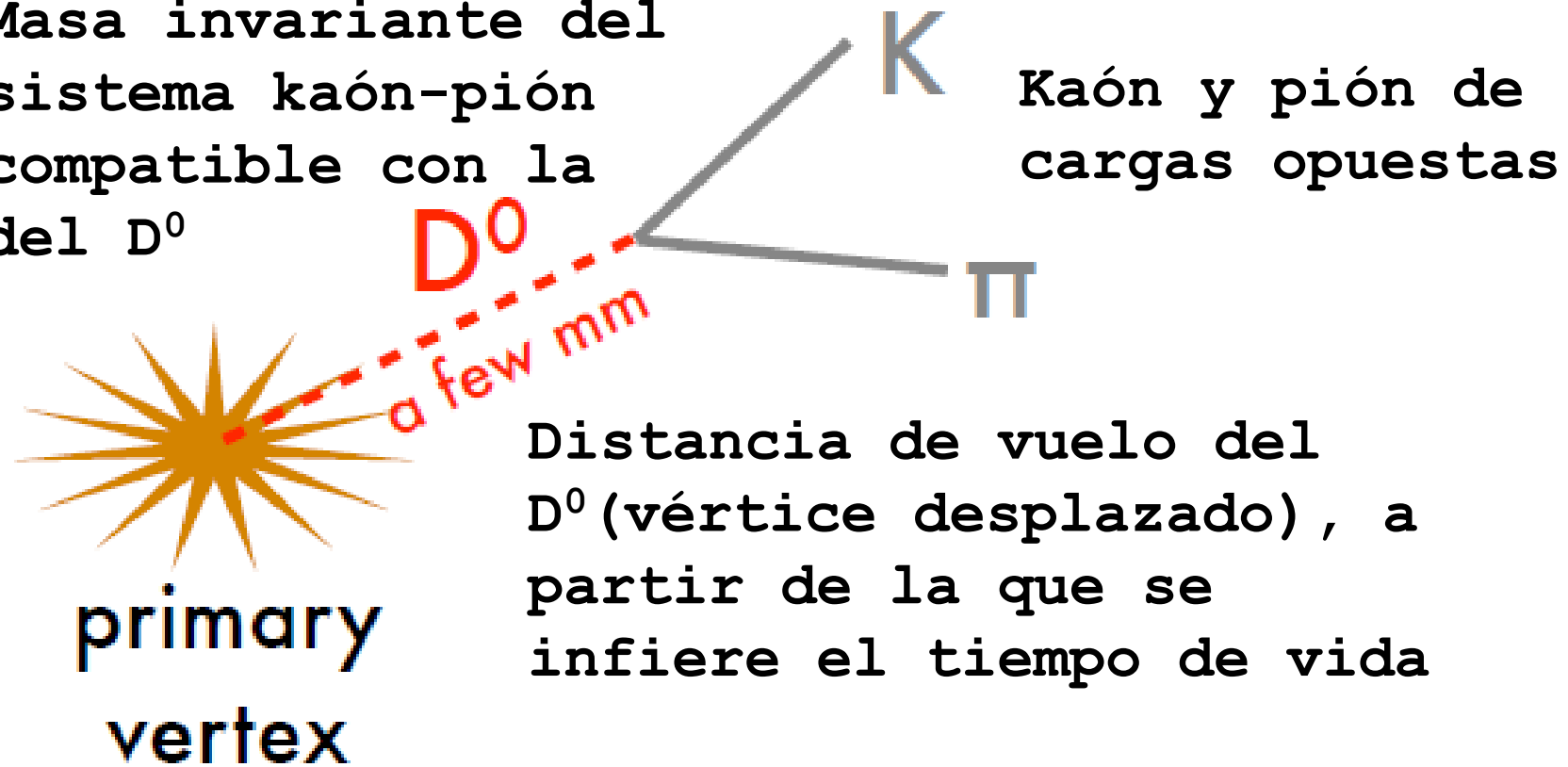
# Pero sigue siendo complicado...

Hay ruido de fondo,

# Pero sigue siendo complicado...

Hay **ruido de fondo**,

Masa invariante del  
sistema kaón-pión  
compatible con la  
del  $D^0$

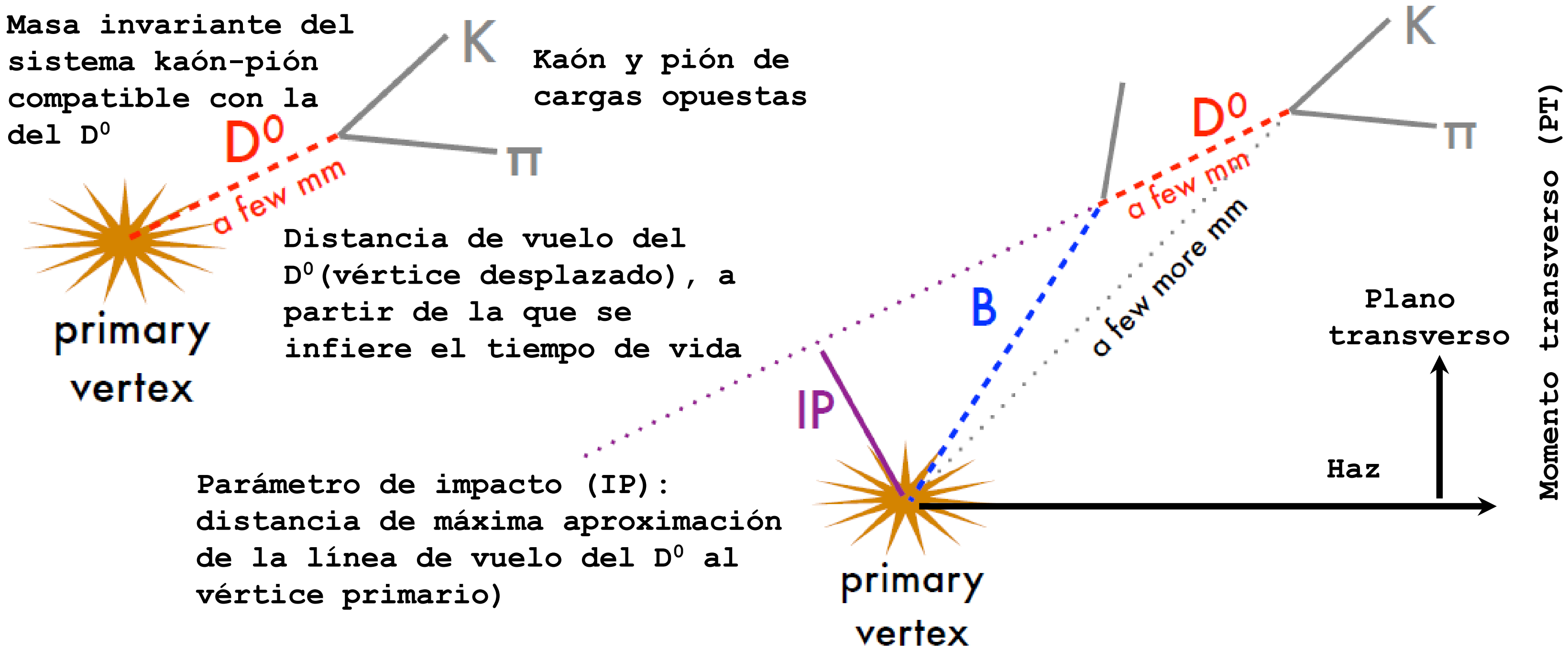


# Pero sigue siendo complicado...

Hay ruido de fondo, y hay mesones D que no provienen del vértice primario donde se ha producido la colisión

Masa invariante del sistema kaón-pión compatible con la del  $D^0$

Kaón y pión de cargas opuestas



Parámetro de impacto (IP):  
distancia de máxima aproximación  
de la línea de vuelo del  $D^0$  al  
vértice primario)

# Pero...



El 10% de las interacciones en LHC produce un hadrón (mesón o barión) con charm:  
¡LHCb ha registrado miles de millones de desintegraciones de estos hadrones!



# Los objetivos del ejercicio

Daros una idea de los datos producidos por el LHC

Enseñaros cómo seleccionar partículas en el LHC

Enseñaros algunas utilidades de "data science" con las que medir las propiedades físicas de la señal

Mostrar algunos aspectos sobre incertidumbres sistemáticas en las medidas

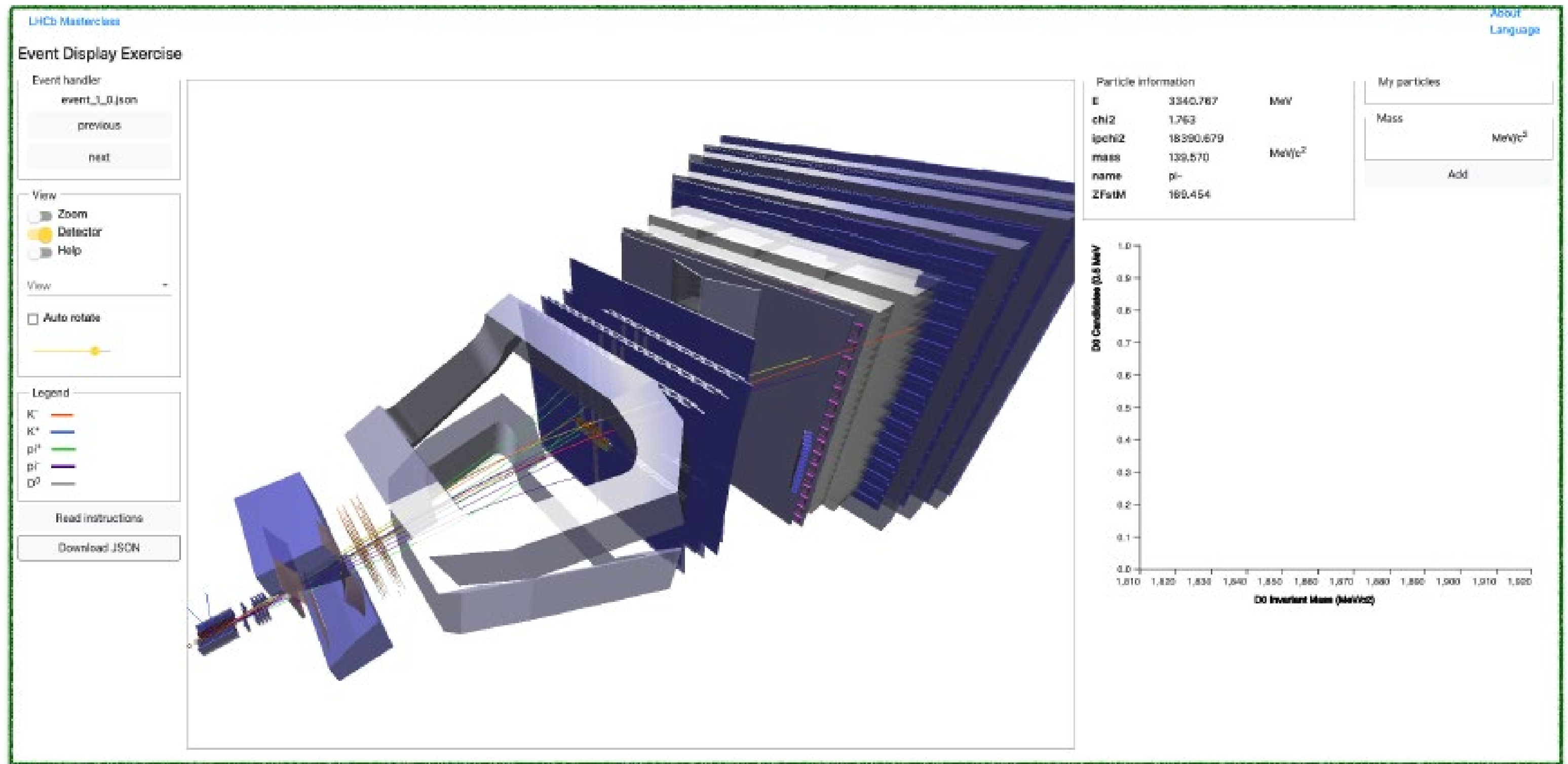
# The LHCb exercise - Event Display

---

## Part 1

Give it a try at <https://lhcb-d0.web.cern.ch/>

# The LHCb exercise - Event Display



# The LHCb exercise - Event Display

[LHCb Masterclass](#)

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>

p<sup>+</sup>

p<sup>-</sup>

D<sup>0</sup>

Read instructions

Download JSON

About

Language

Particle information

E	3340.767	MeV
chi2	1.763	
ipchi2	18390.679	
mass	139.570	MeV/c <sup>2</sup>
name	pi-	
ZFATH	160.454	

My particles

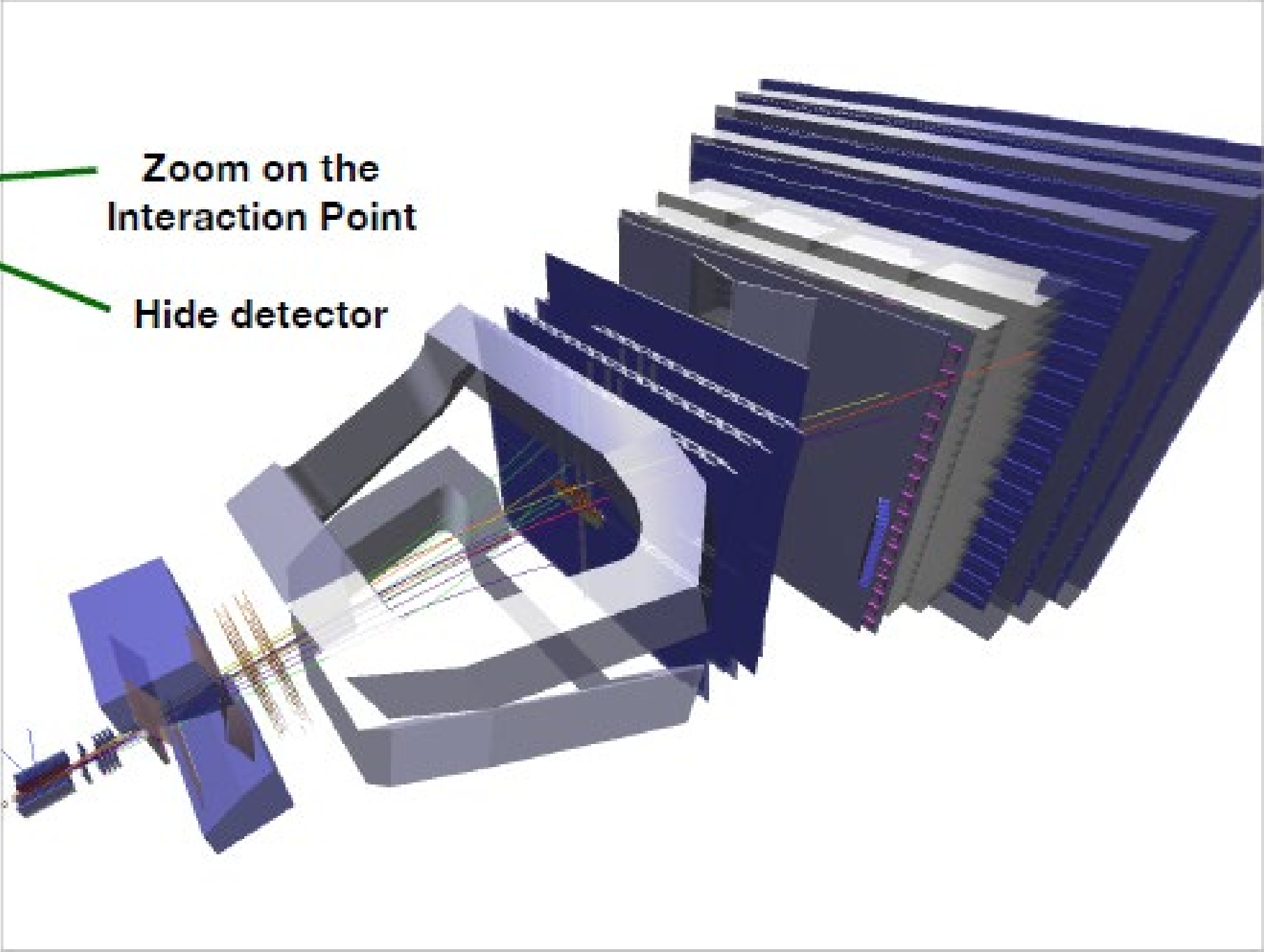
Mass

MeV/c<sup>2</sup>

Add

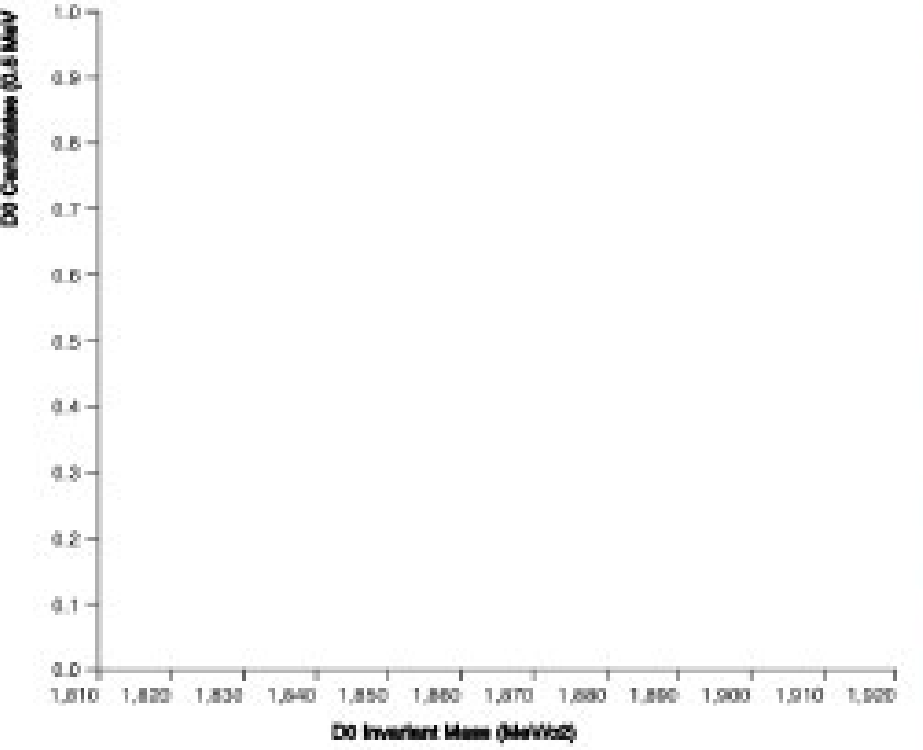
Zoom on the Interaction Point

Hide detector



D0 Candidates (0.8 MeV)

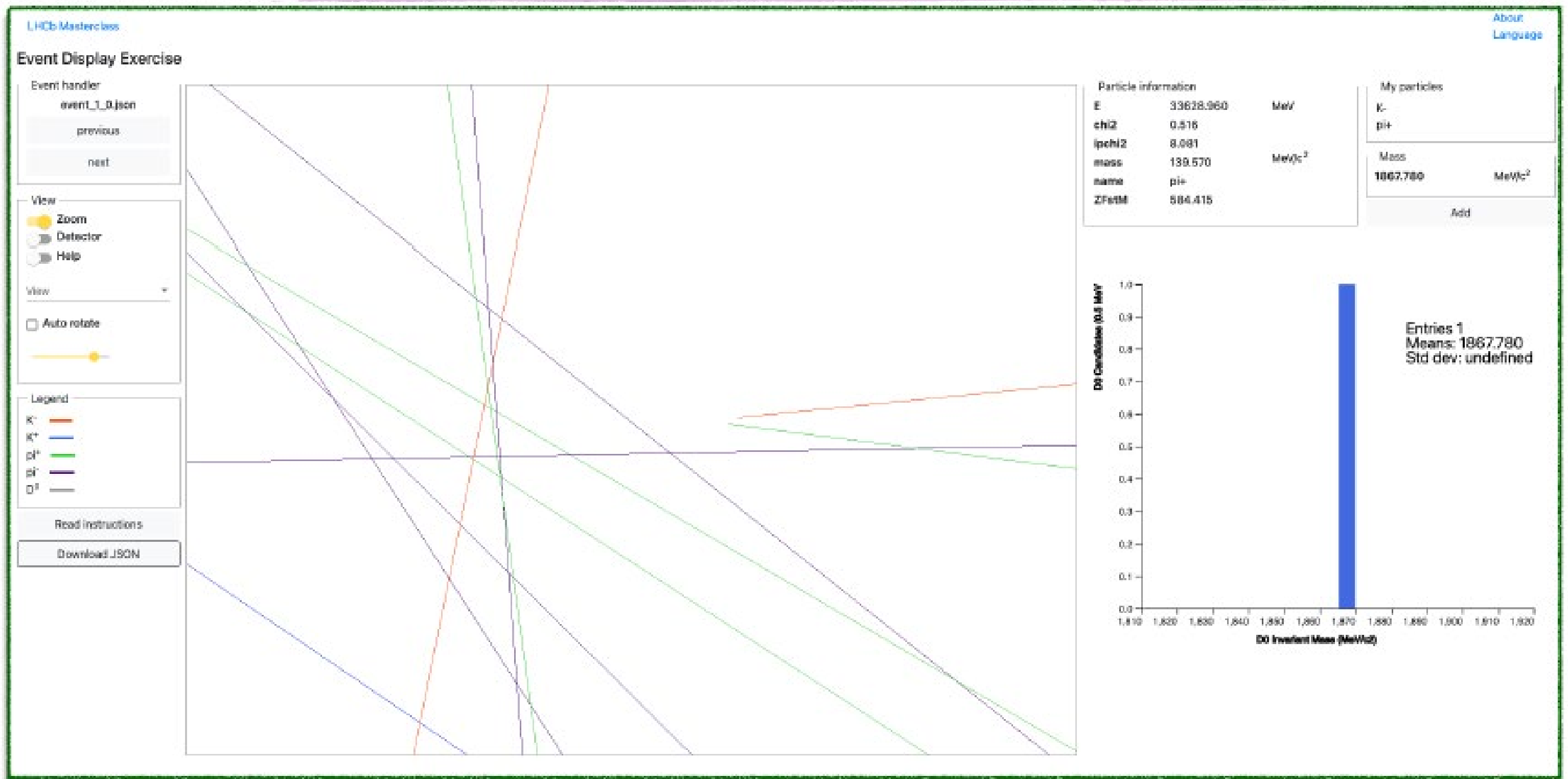
D0 Invariant Mass (MeV/c<sup>2</sup>)



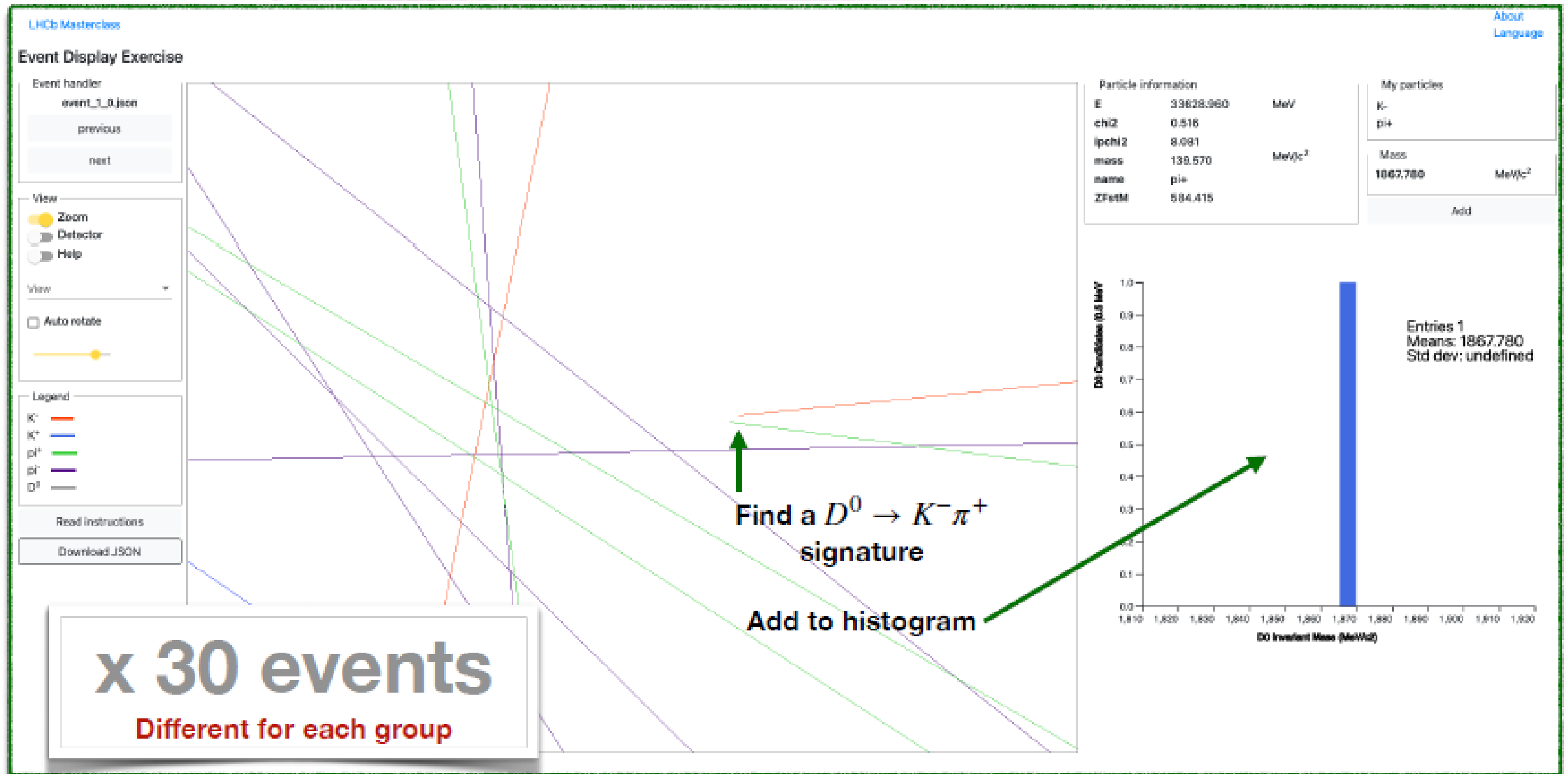
40



# The LHCb exercise - Event Display



# The LHCb exercise - Event Display



# The LHCb exercise - Lifetime measurement

---

## Part 2

Give it a try at <https://lhcb-d0.web.cern.ch/>

# The LHCb exercise - Lifetime measurement

LHCb Masterclass

## D<sup>0</sup> lifetime Exercise

### Analysis tools

Plot D<sup>0</sup> mass

Fit mass distribution

### Background substr.

Signal range

18/10 18/10

Plot distributions

### Variable range

D<sup>0</sup> pT

±0 ±0

D<sup>0</sup> TAU

0 10

D<sup>0</sup> IP

-4 1.5

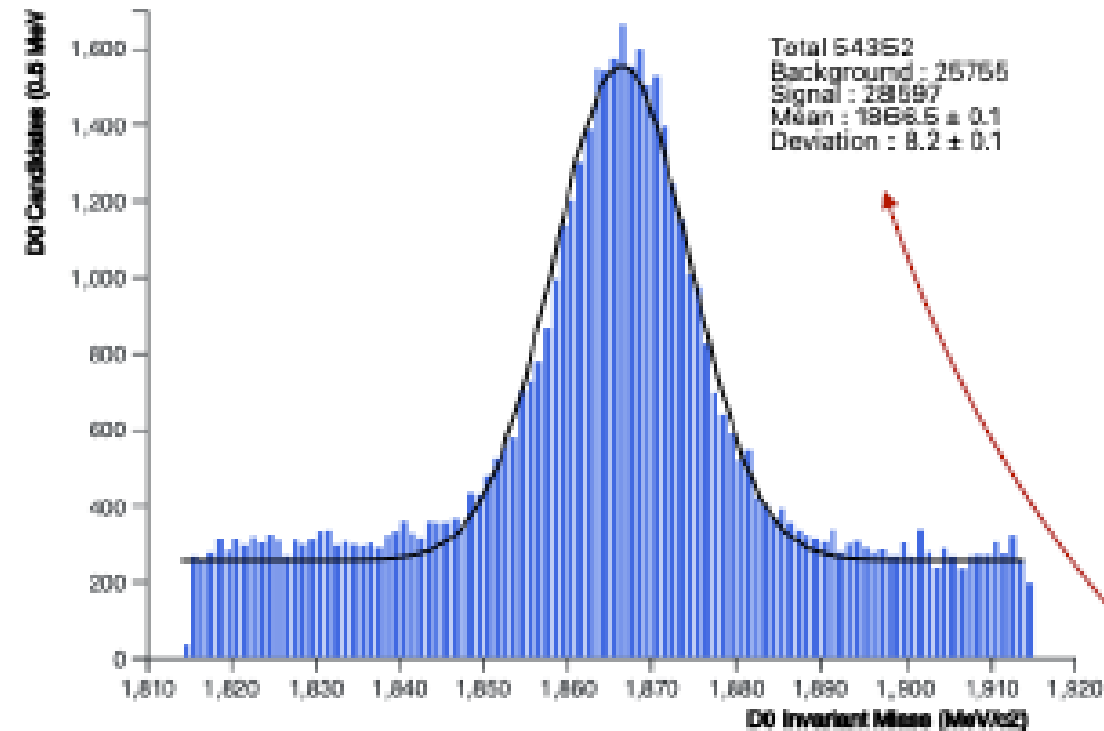
Refresh

### Time fit

Fit result (ps) Fit Error

Save result

Read instructions



1. Plot a  $D^0$  sample (same sample for everybody)
2. Fit the distribution (get  $N_{sig}, N_{bkg}$ )



# The LHCb exercise - Lifetime measurement

LHCb Masterclass

About  
Langu

## D<sup>0</sup> lifetime Exercise

Analysis tools

Plot D<sup>0</sup> mass

Fit mass distribution

Background subtr.

Signal range

Plot distributions

Variable range

D<sup>0</sup> PT

D<sup>0</sup> TAU

D<sup>0</sup> IP

Refresh

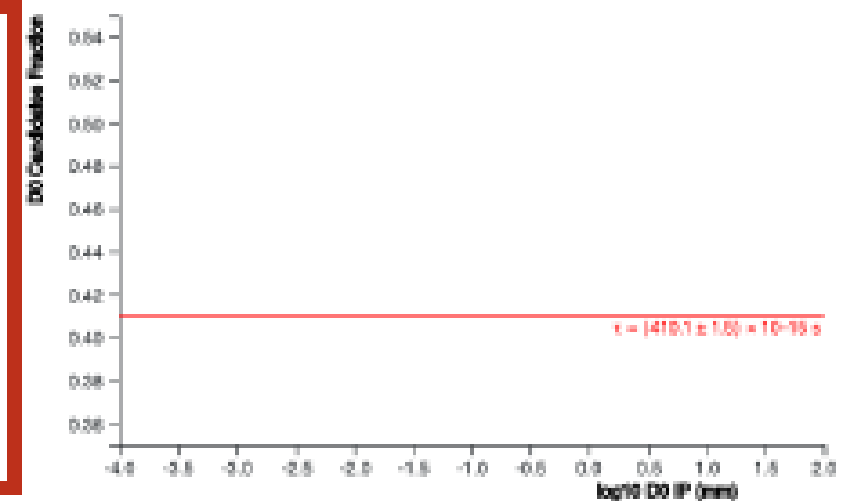
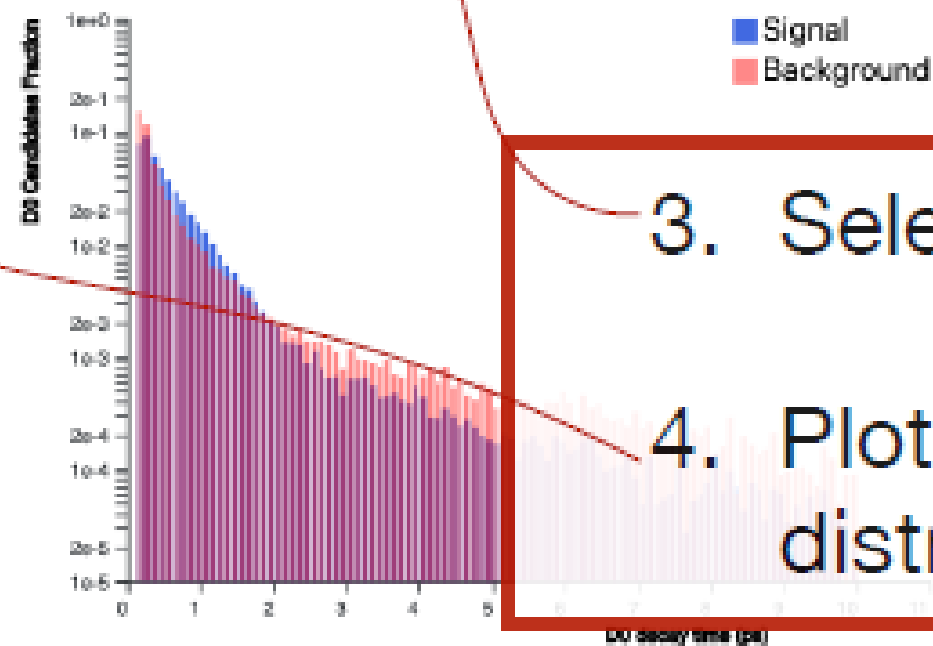
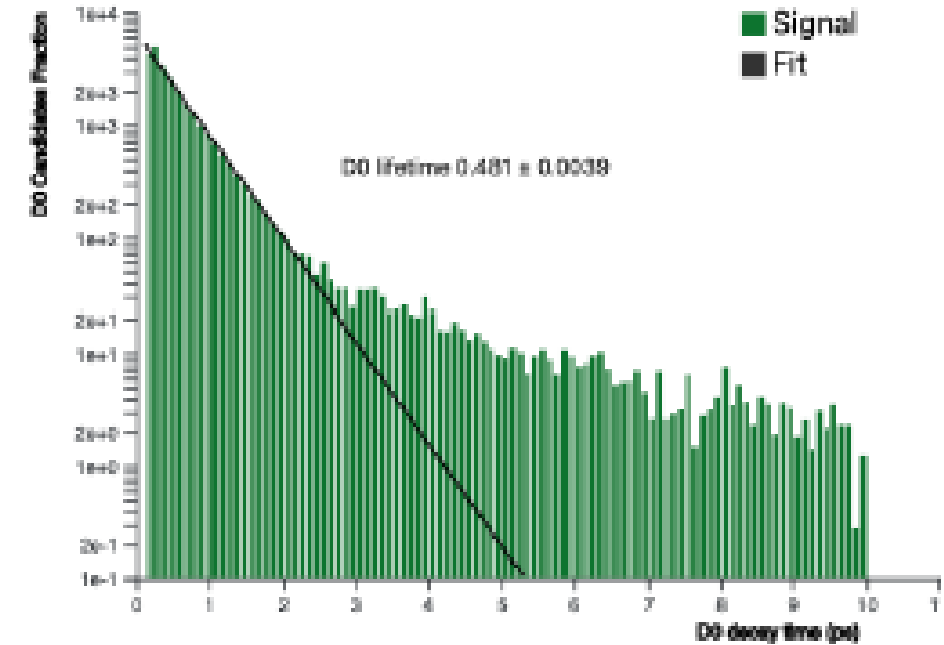
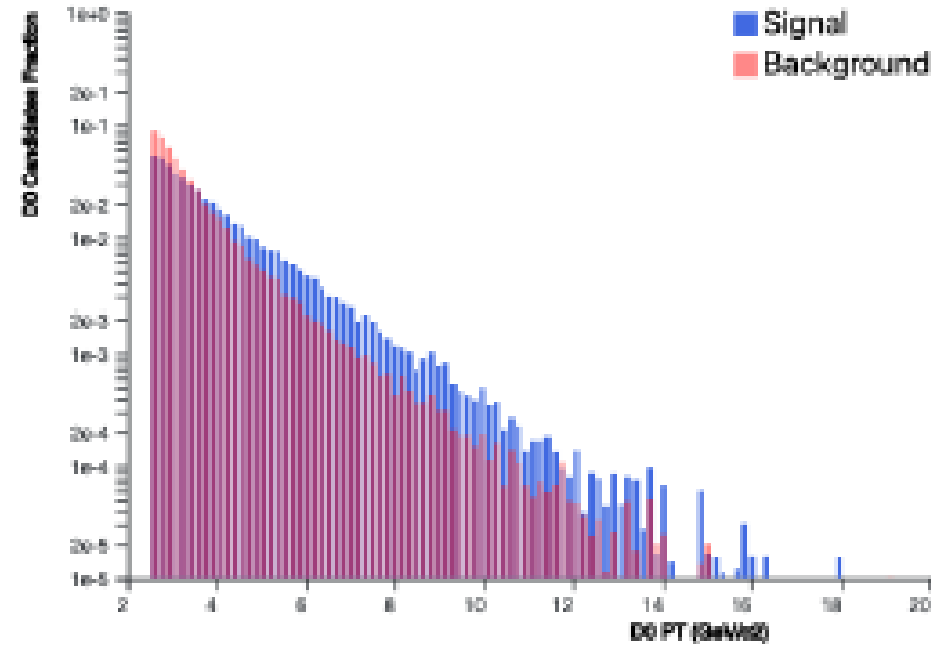
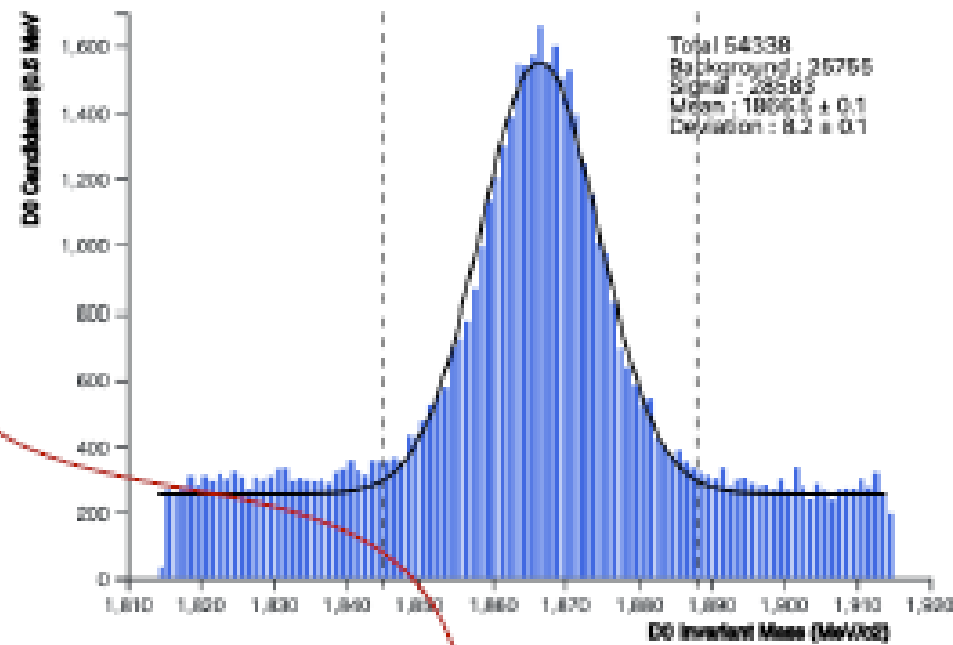
Time fit

Fit result (ps) Fit Error 0.0039

0.481

Save result

Read instructions



3. Select signal range

4. Plot Signal/Background distributions and lifetime fit

# The LHCb exercise - Lifetime measurement

LHCb Masterclass

Ab  
Lar

## D<sup>0</sup> lifetime Exercise

Analysis tools

Plot D<sup>0</sup> mass

Fit mass distribution

Background subtr.

Signal range

1845

1887

Plot distributions

Variable range

D<sup>0</sup> PT

25

20

D<sup>0</sup> TAU

8

18

D<sup>0</sup> IP

-4

Refresh

Time fit

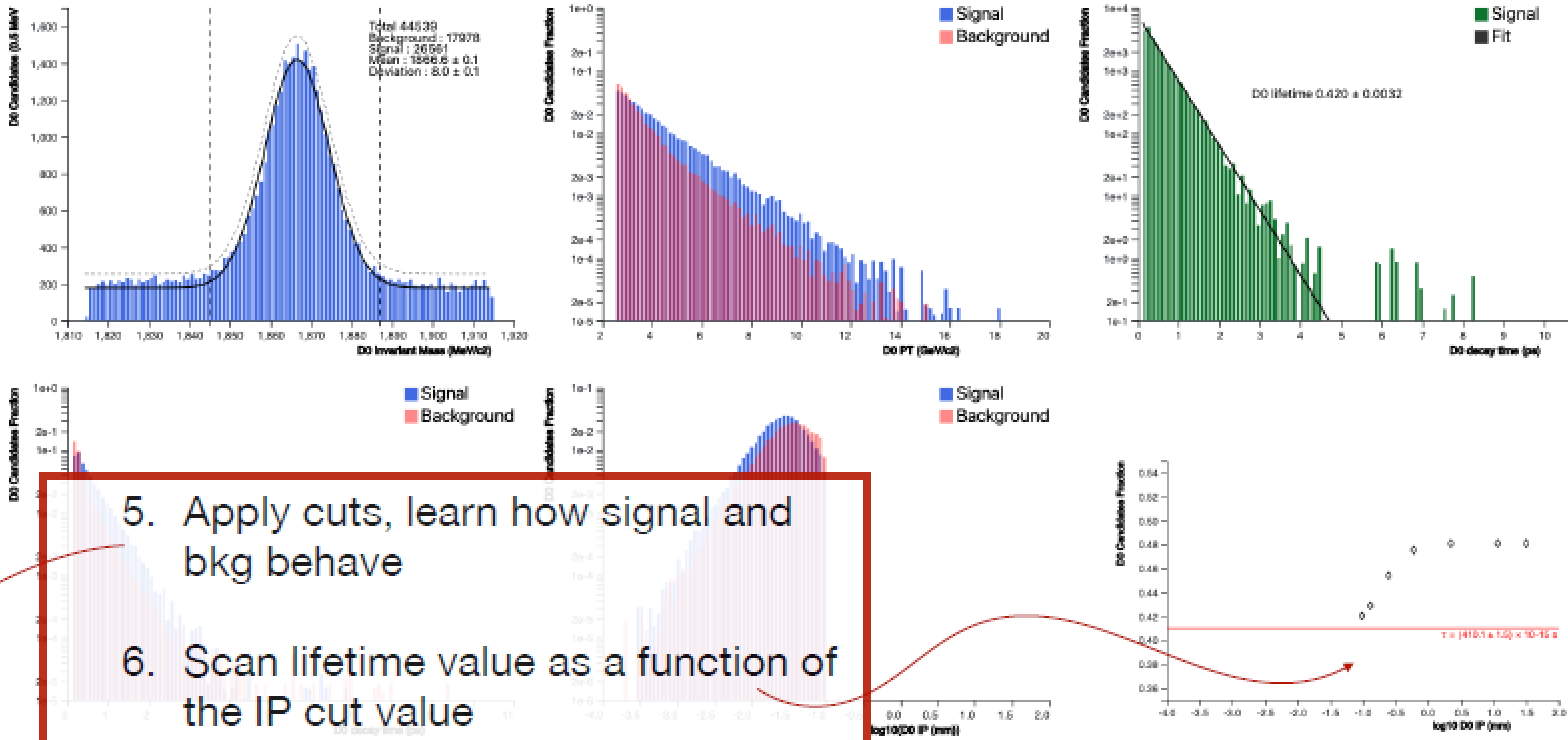
Fit result (ps)

Fit Error 0.0032

0.426

Save result

Read instructions



# The LHCb exercise - Lifetime measurement

LHCb Masterclass

Abd  
Lany

## $D^0$ lifetime Exercise

Analysis tools

Plot  $D^0$  mass

Fit mass distribution

Background subtr.

Signal range



Plot distributions

Variable range

$D^0$  PT



$D^0$  TAU



$D^0$  IP



Refresh

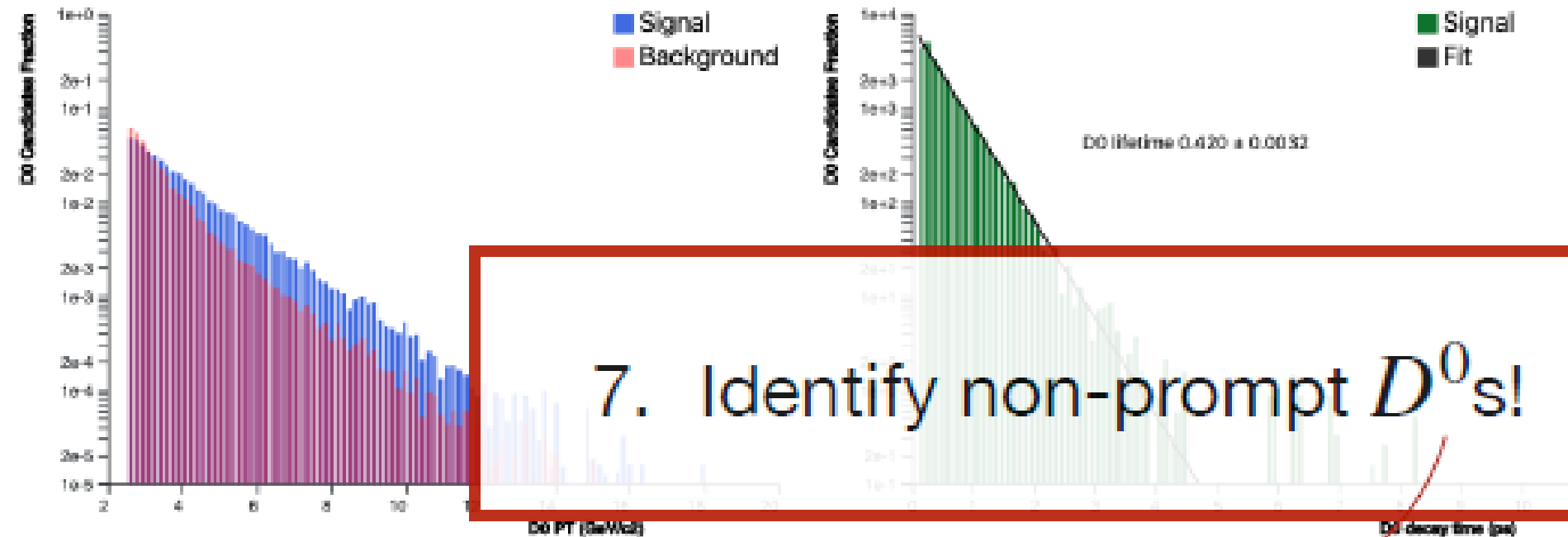
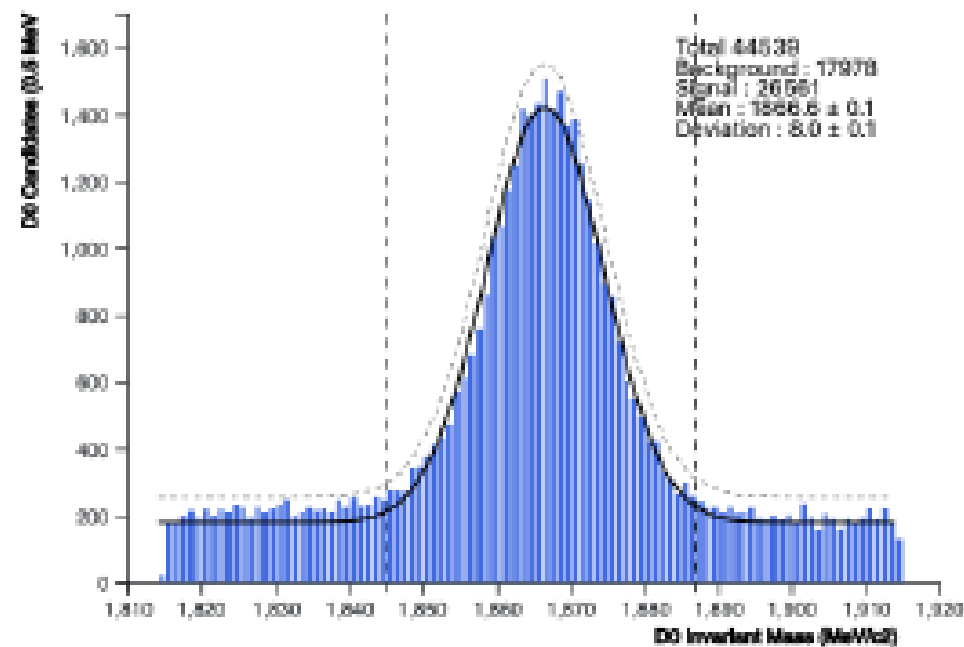
Time fit

Fit result (ps) Fit Error 0.0032

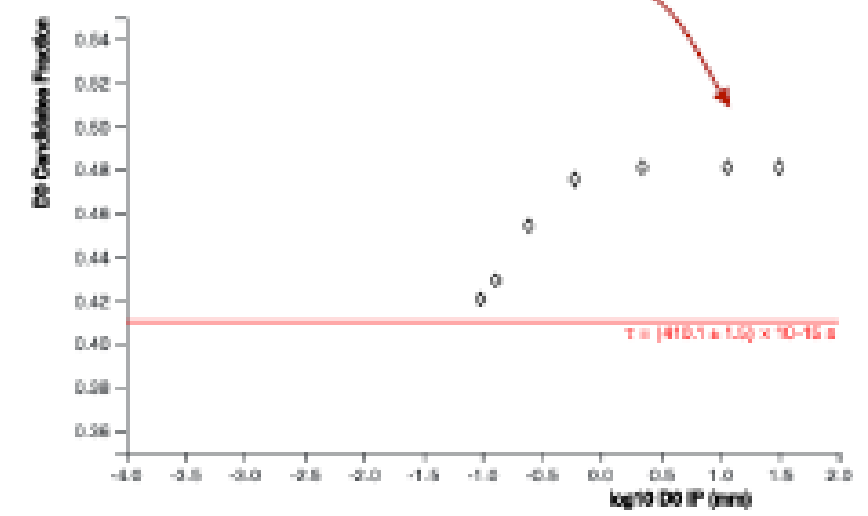
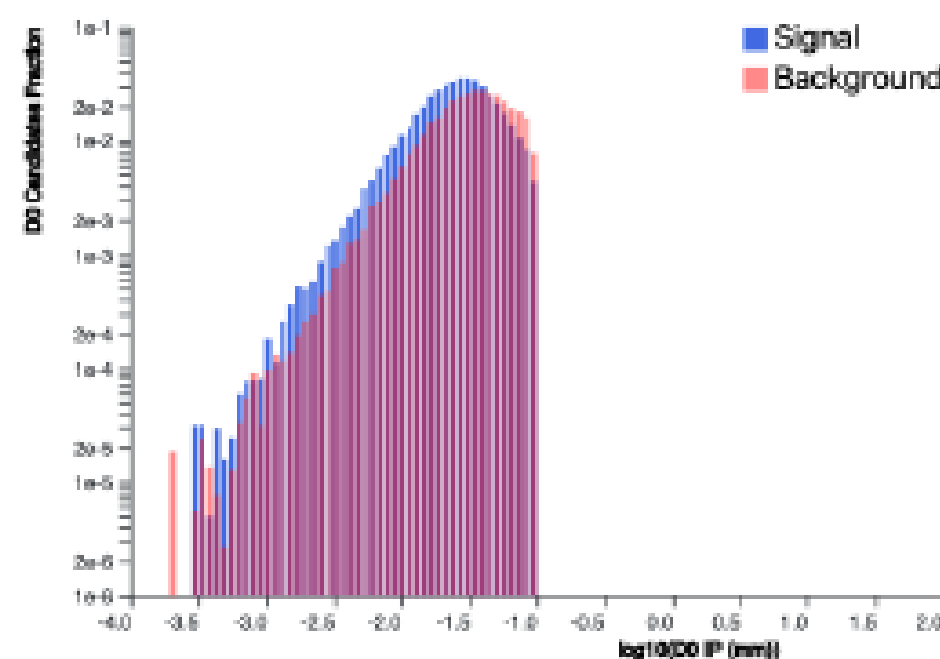
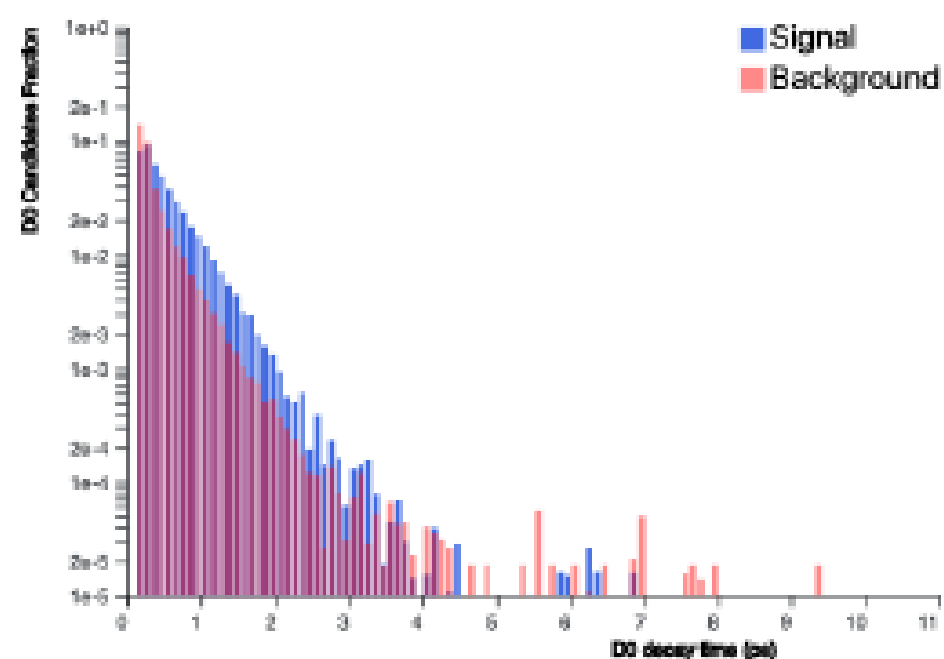
0.420

Save result

Read instructions



7. Identify non-prompt  $D^0$ s!



# When all else fails, read the instructions

## - Agnes Allen

About  
Language

LHCb Masterclass

### D<sup>0</sup> lifetime Exercise

Analysis tools

Plot D<sup>0</sup> mass

Fit mass distribution

Background subtr.

Signal range

Plot distributions

Variable range

D<sup>0</sup> PT

D<sup>0</sup> TAU

D<sup>0</sup> IP

Refresh

Time fit

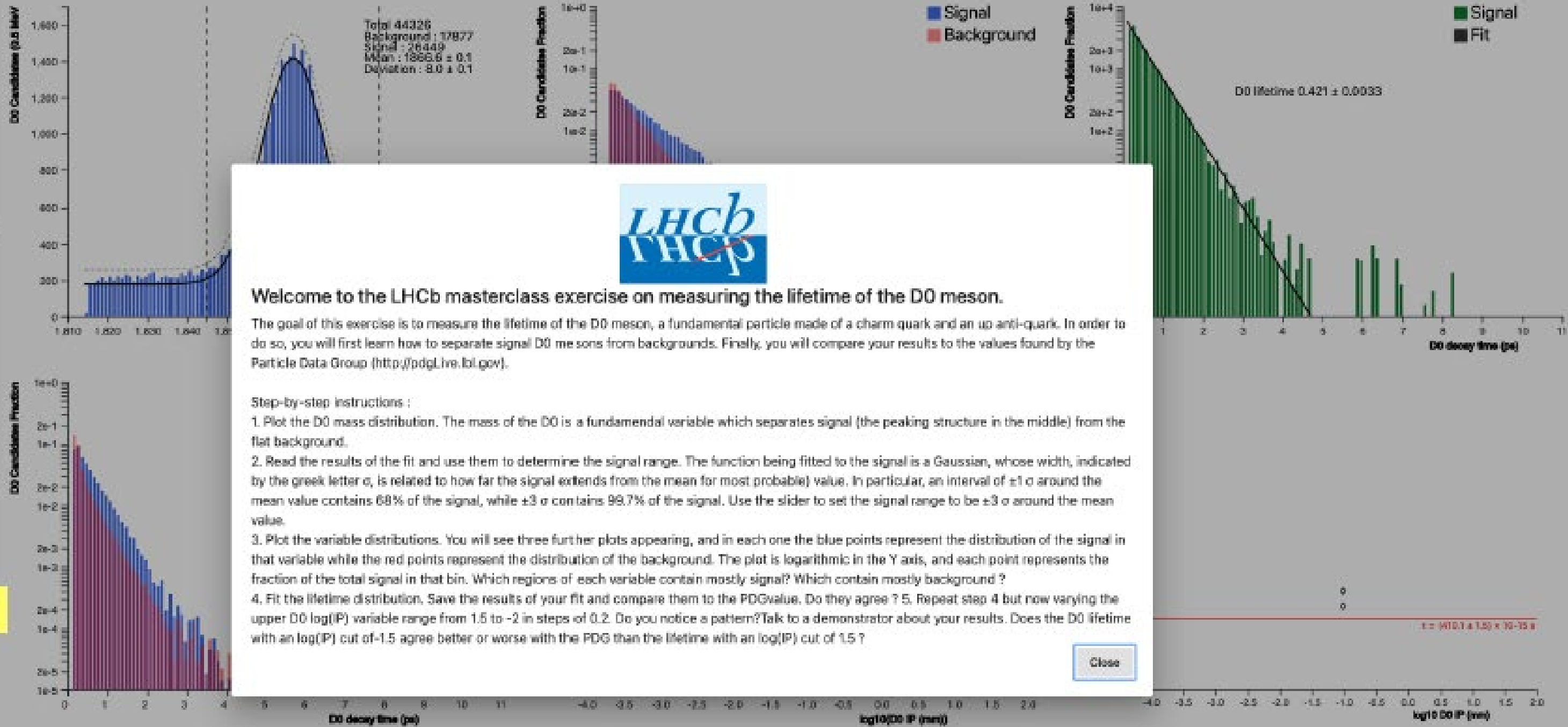
Fit result (ps)

Fit Error(±0.033)

0.421

Save result

Read instructions





# Resultados y preparación de la videoconf

Leed la hoja que os entregaremos en las aulas de informática.

Cada grupo debe producir el histograma de la masa del  $D0$  : los recolectaremos al final de la sesión. Seguid las instrucciones de la hoja.

Cada grupo producirá la gráfica de la vida media en función del corte superior en IP. Almacenar el pdf de la pantalla (browser). Anotar en la hoja el mejor valor de la vida media, y los valores de los cortes.

**Cuestiones para la videoconferencia:**

Question 1: How did the  $D0$  mass distribution change with more data?

Question 2: What can cause the background in the invariant mass distributions?

Question 3: Did your result of lifetime agree with the world average value listed in PDG tables?

Question 4: How much data would you need to be as precise as the current world average? As example take your error  $\sim 5$  fs, PDG world average error  $\sim 1$  fs