



ALICE Masterclass

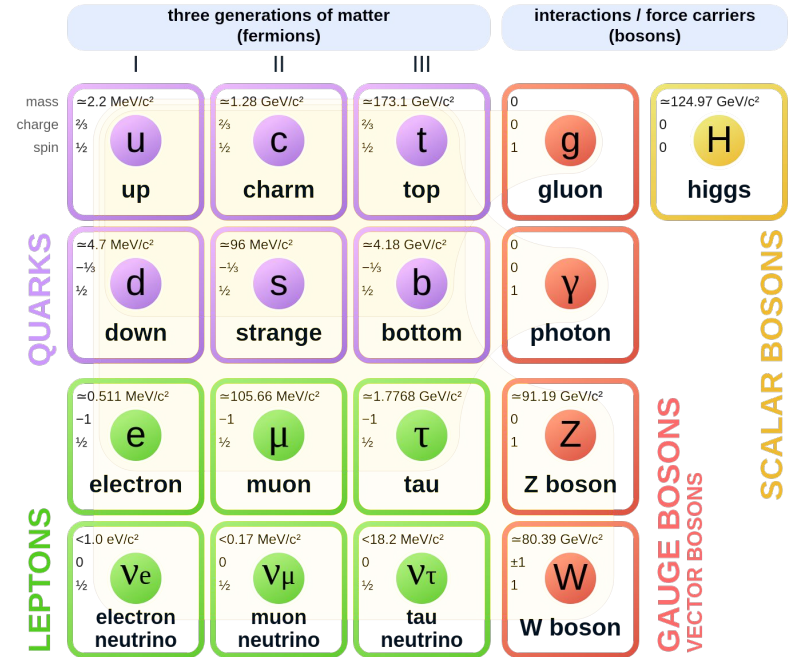
Hands-on session

Francesca Ercolessi
Nicola Rubini

Riprendiamo la teoria...

Particelle Strane, da dove vengono?

Standard Model of Elementary Particles



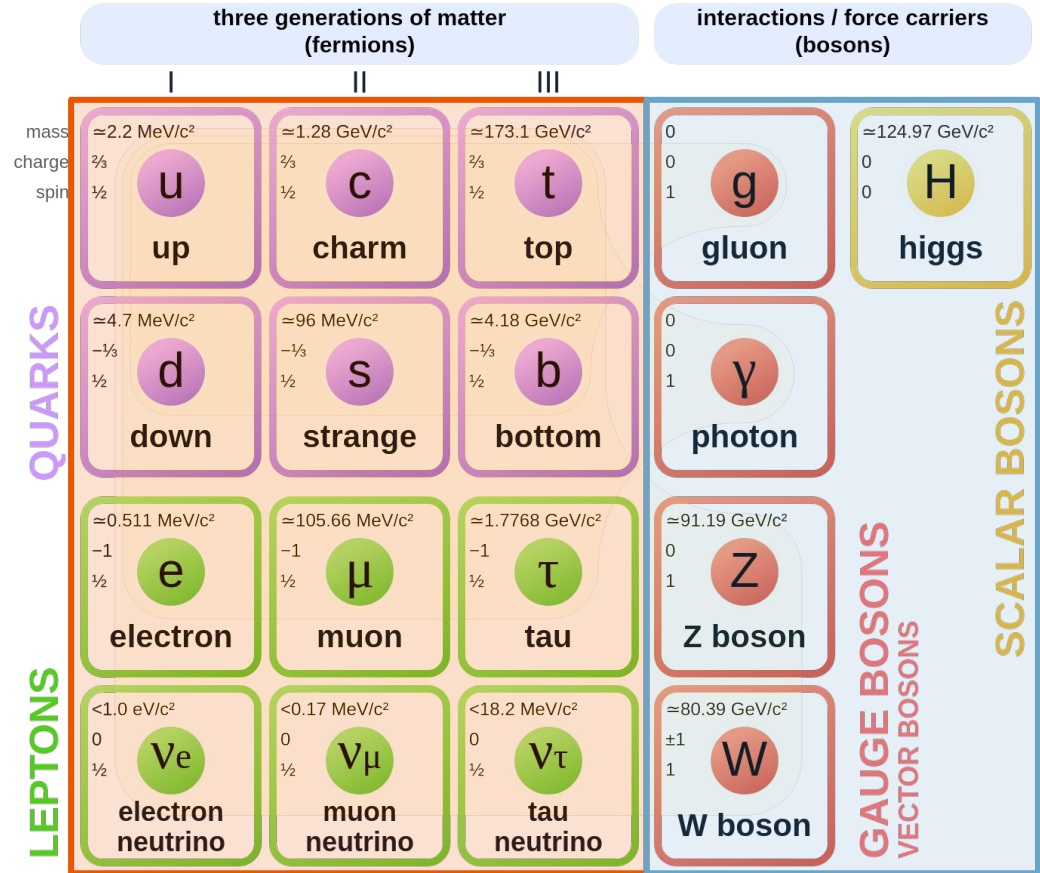
Standard Model of Elementary Particles

Modello Standard

Descrive tre delle quattro **interazioni fondamentali**:

1. Forte
2. Elettromagnetica
3. Debole

e tutte le **particelle elementari**!



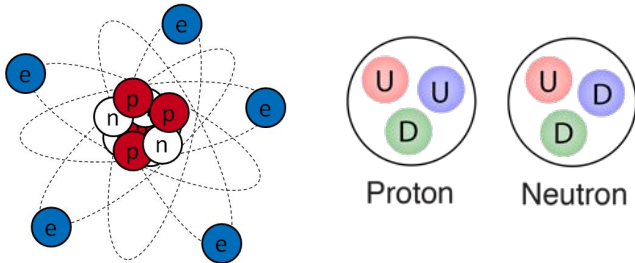
Standard Model of Elementary Particles

Modello Standard

Descrive tre delle quattro **interazioni fondamentali**:

1. Forte
2. Elettromagnetica
3. Debole

e tutte le **particelle elementari**!

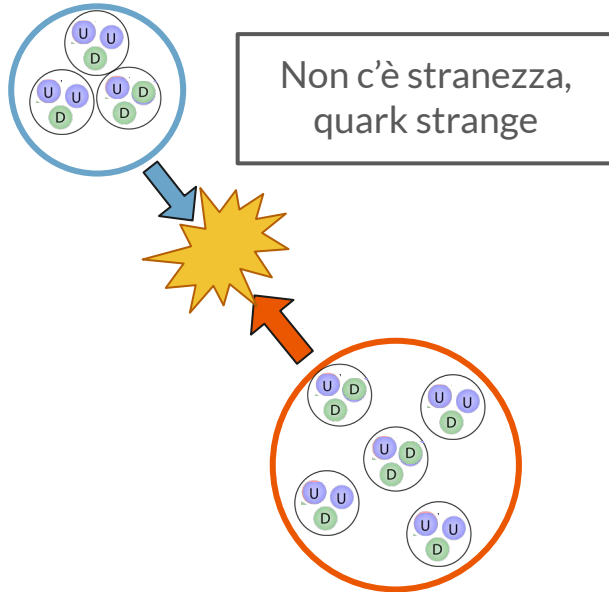


	three generations of matter (fermions)			interactions / force carriers (bosons)	
	I	II	III		
mass	$\approx 2.2 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 1.28 \text{ GeV}/c^2$	$\approx 173.1 \text{ GeV}/c^2$	0	$\approx 124.97 \text{ GeV}/c^2$
charge	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	0	0
spin	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	0
QUARKS	u up	c charm	t top	g gluon	H higgs
	d down	s strange	b bottom	γ photon	SCALAR BOSONS
	e electron	μ muon	τ tau	Z Z boson	
ν_e electron neutrino	ν_μ muon neutrino	ν_τ tau neutrino	W W boson		
LEPTONS	$< 1.0 \text{ eV}/c^2$ 0 $\frac{1}{2}$	$< 0.17 \text{ MeV}/c^2$ 0 $\frac{1}{2}$	$< 18.2 \text{ MeV}/c^2$ 0 $\frac{1}{2}$	$\approx 91.19 \text{ GeV}/c^2$ 0 1	Gauge Bosons VECTOR BOSONS

Stranezza e Quark Gluon Plasma

- U = "up" quark
- D = "down" quark
- S = "strange" quark

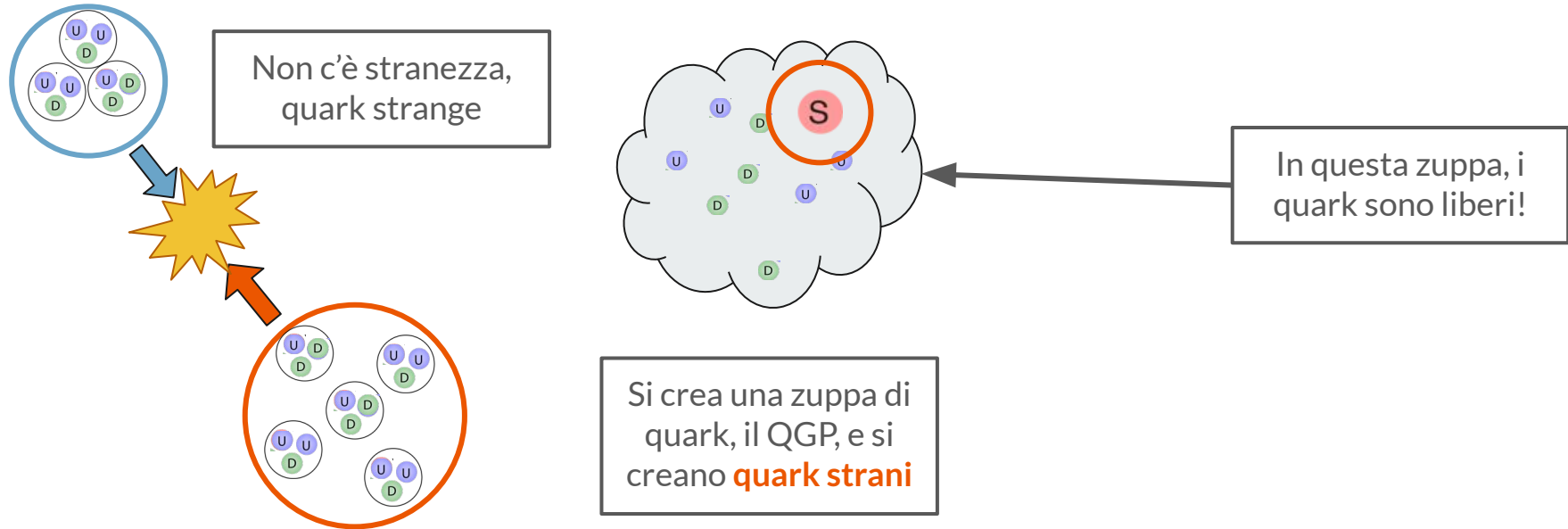
Prova sperimentale dell'esistenza del Quark Gluon Plasma (QGP) è l'**aumento di stranezza**



Stranezza e Quark Gluon Plasma

U = "up" quark
D = "down" quark
S = "strange" quark

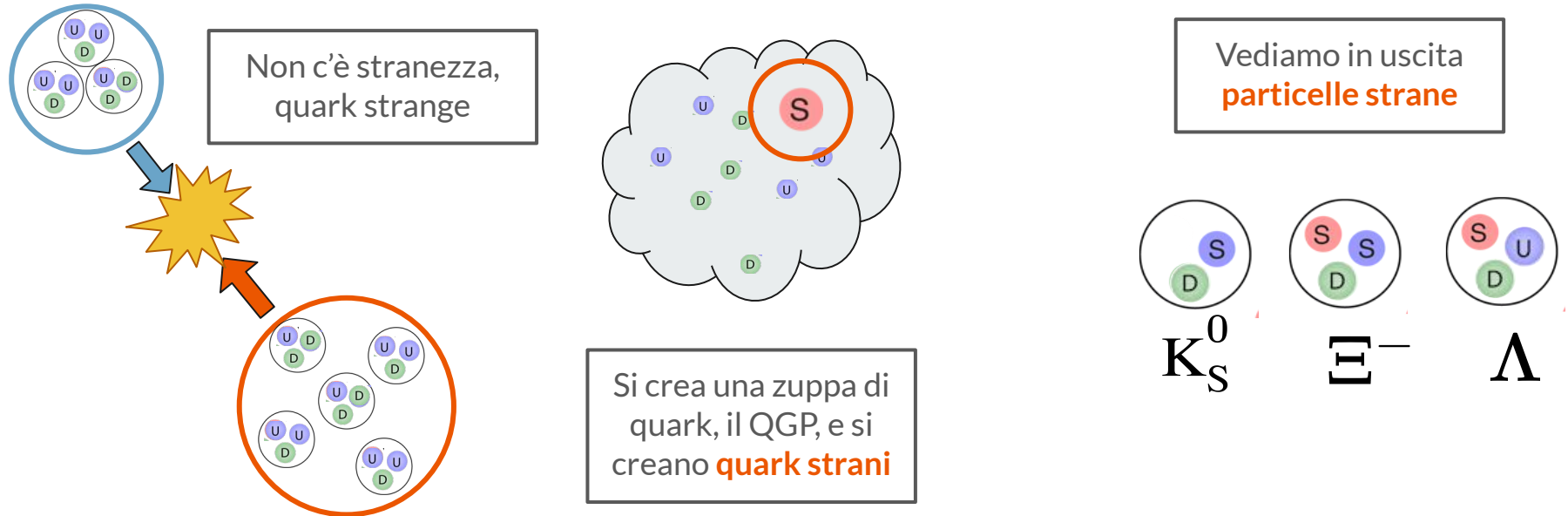
Prova sperimentale dell'esistenza del Quark Gluon Plasma (QGP) è l'**aumento di stranezza**



Stranezza e Quark Gluon Plasma

U = "up" quark
D = "down" quark
S = "strange" quark

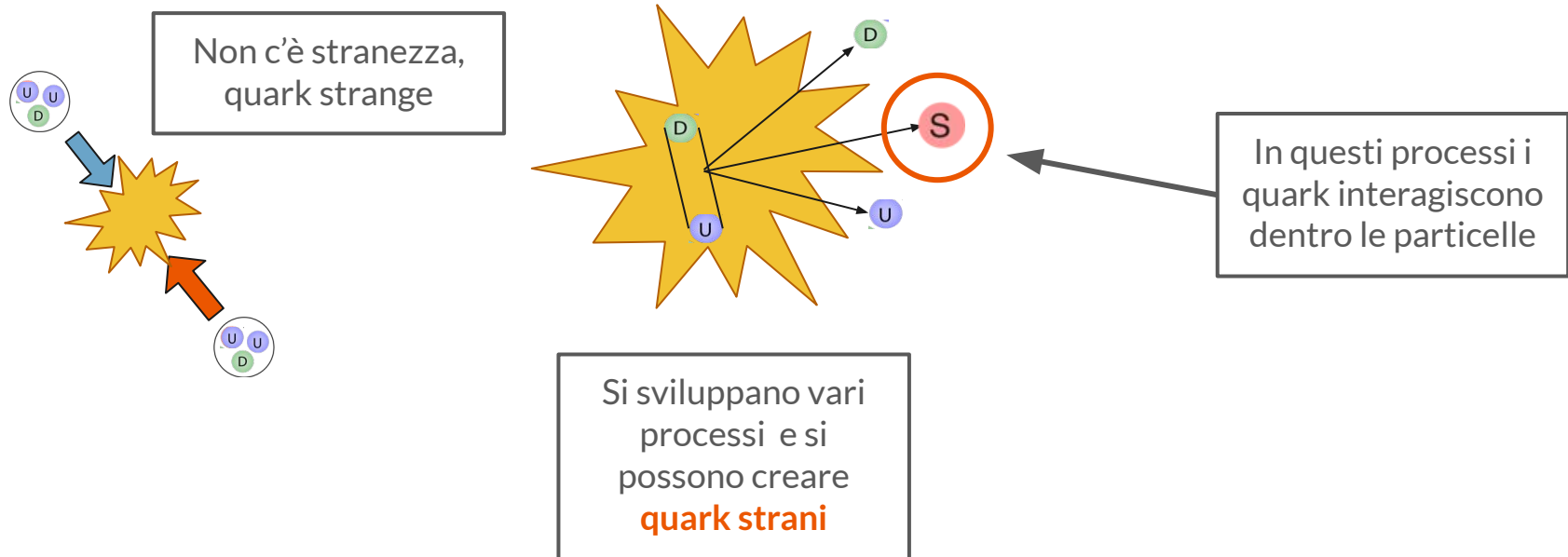
Prova sperimentale dell'esistenza del Quark Gluon Plasma (QGP) è l'**aumento di stranezza**



Stranezza e Quark Gluon Plasma

U = "up" quark
D = "down" quark
S = "strange" quark

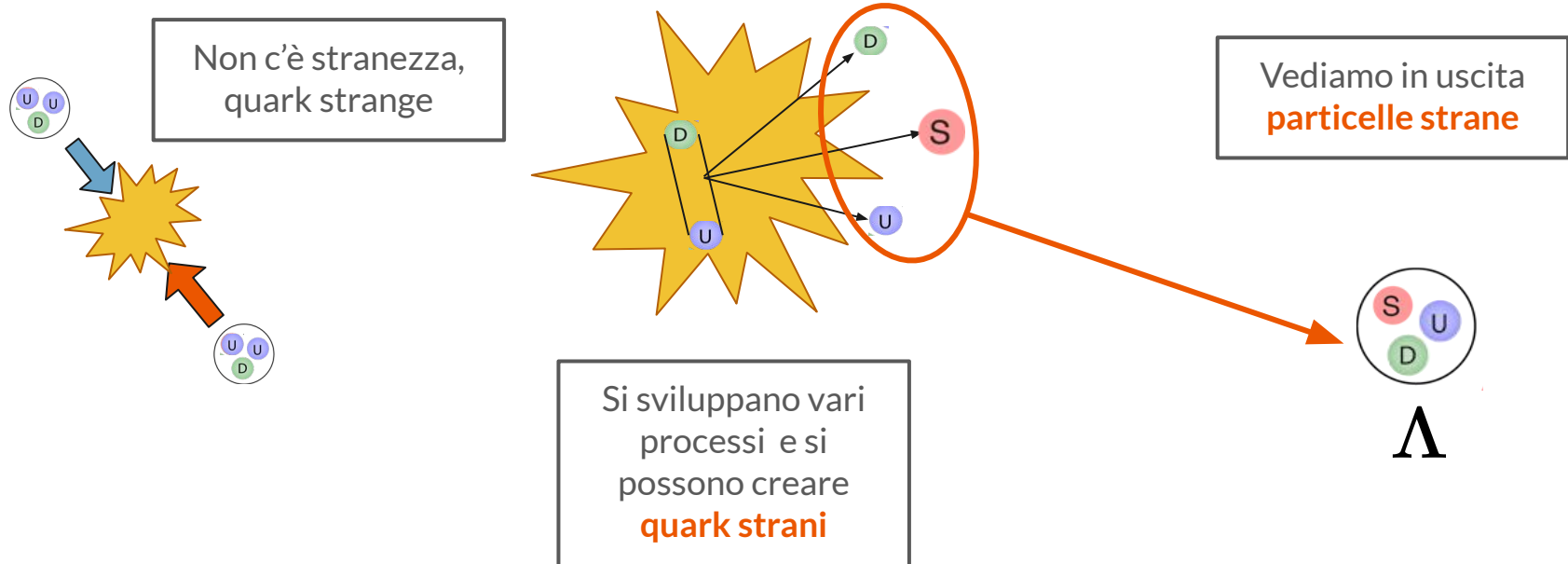
Prova sperimentale dell'esistenza del Quark Gluon Plasma (QGP) è l'**aumento di stranezza**



Stranezza e Quark Gluon Plasma

U = "up" quark
D = "down" quark
S = "strange" quark

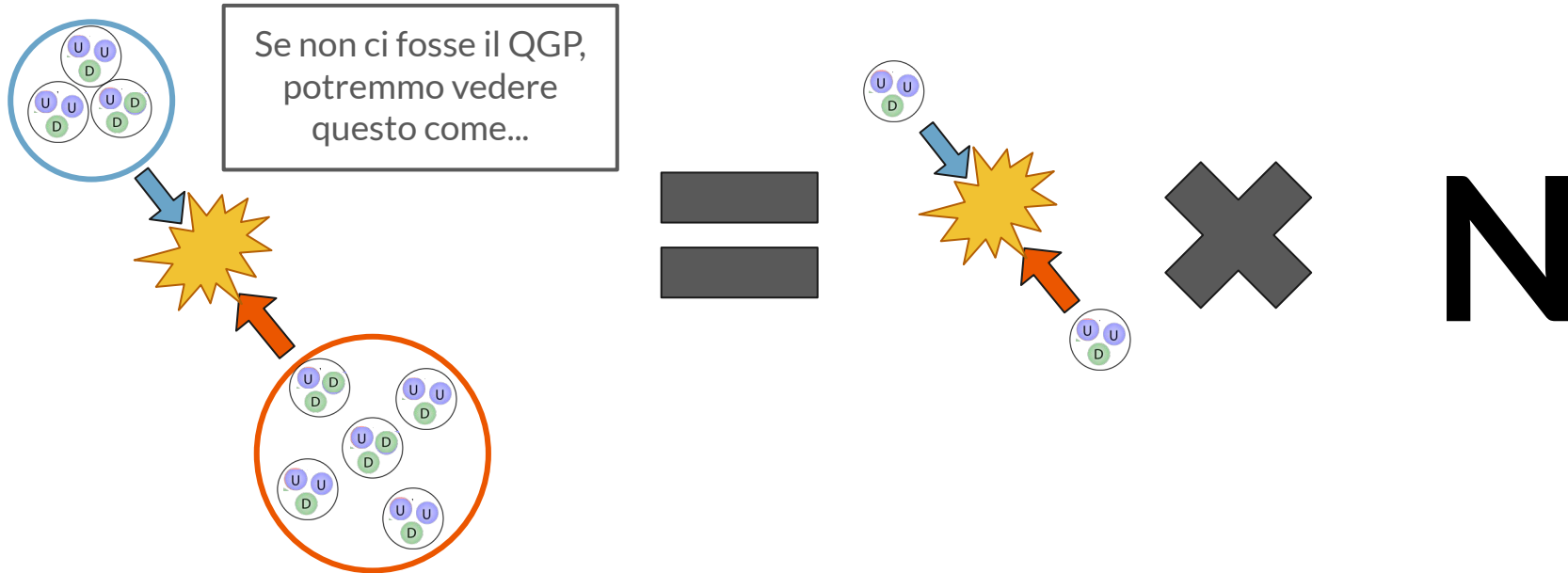
Prova sperimentale dell'esistenza del Quark Gluon Plasma (QGP) è l'**aumento di stranezza**



Stranezza e Quark Gluon Plasma

- U = "up" quark
- D = "down" quark
- S = "strange" quark

Prova sperimentale dell'esistenza del Quark Gluon Plasma (QGP) è l'**aumento di stranezza**

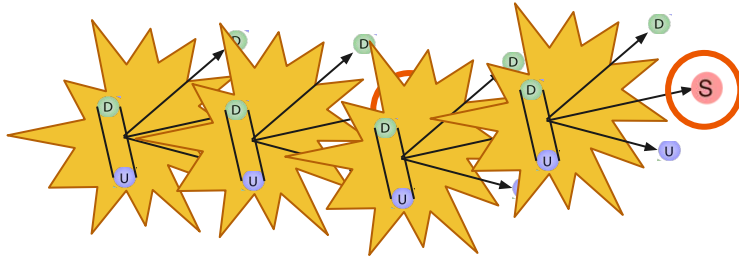


Stranezza e Quark Gluon Plasma

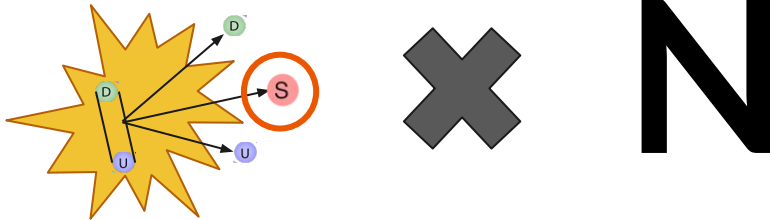
- U = "up" quark
- D = "down" quark
- S = "strange" quark

Prova sperimentale dell'esistenza del Quark Gluon Plasma (QGP) è l'**aumento di stranezza**

Pb-Pb



p-p



Stranezza e Quark Gluon Plasma

U = "up" quark
D = "down" quark
S = "strange" quark

Prova sperimentale dell'esistenza del Quark Gluon Plasma (QGP) è l'**aumento di stranezza**

$$\frac{\text{Pb-Pb}}{\text{p-p} \times N} > 1$$

C'è aumento di stranezza!

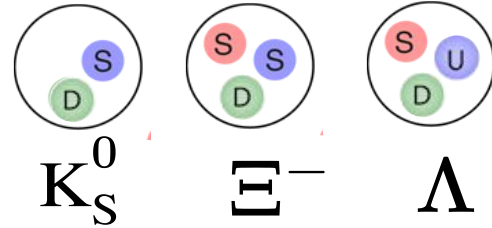
$$\frac{\text{Pb-Pb}}{\text{p-p} \times N} = 1$$

Non c'è un effetto collettivo

Come le riveliamo?

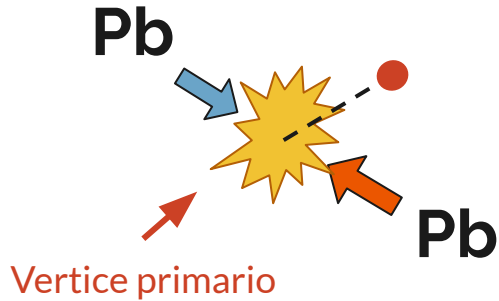
Come si misurano le particelle strane

U = "up" quark
D = "down" quark
S = "strange" quark

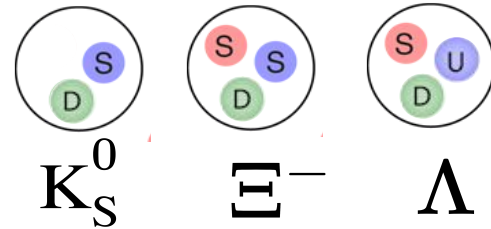


Particelle Strane e come trovarle

Le particelle strane percorrono alcuni centimetri dal punto di interazione per poi decadere



U = "up" quark
D = "down" quark
S = "strange" quark

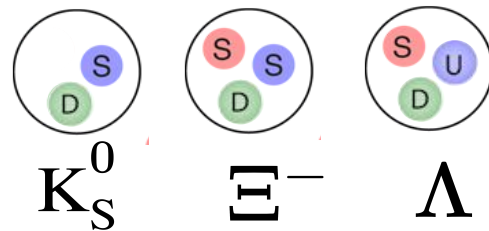
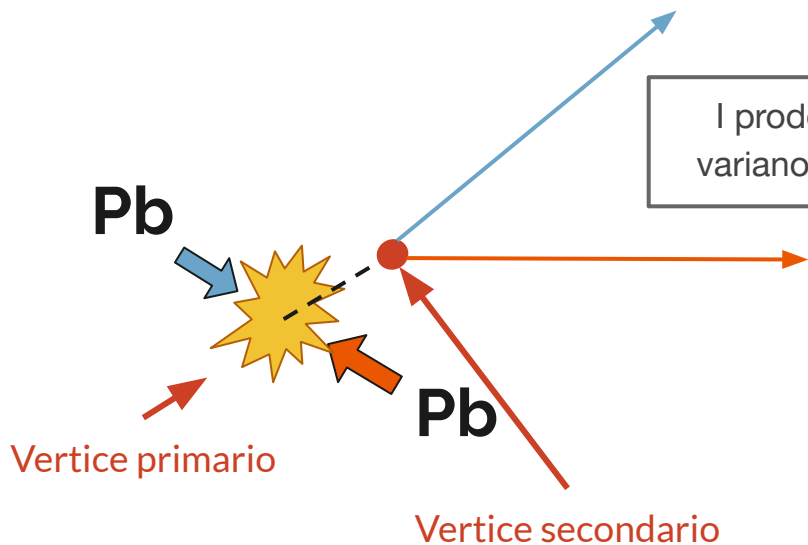


Particelle Strane e come trovarle

- U = "up" quark
- D = "down" quark
- S = "strange" quark

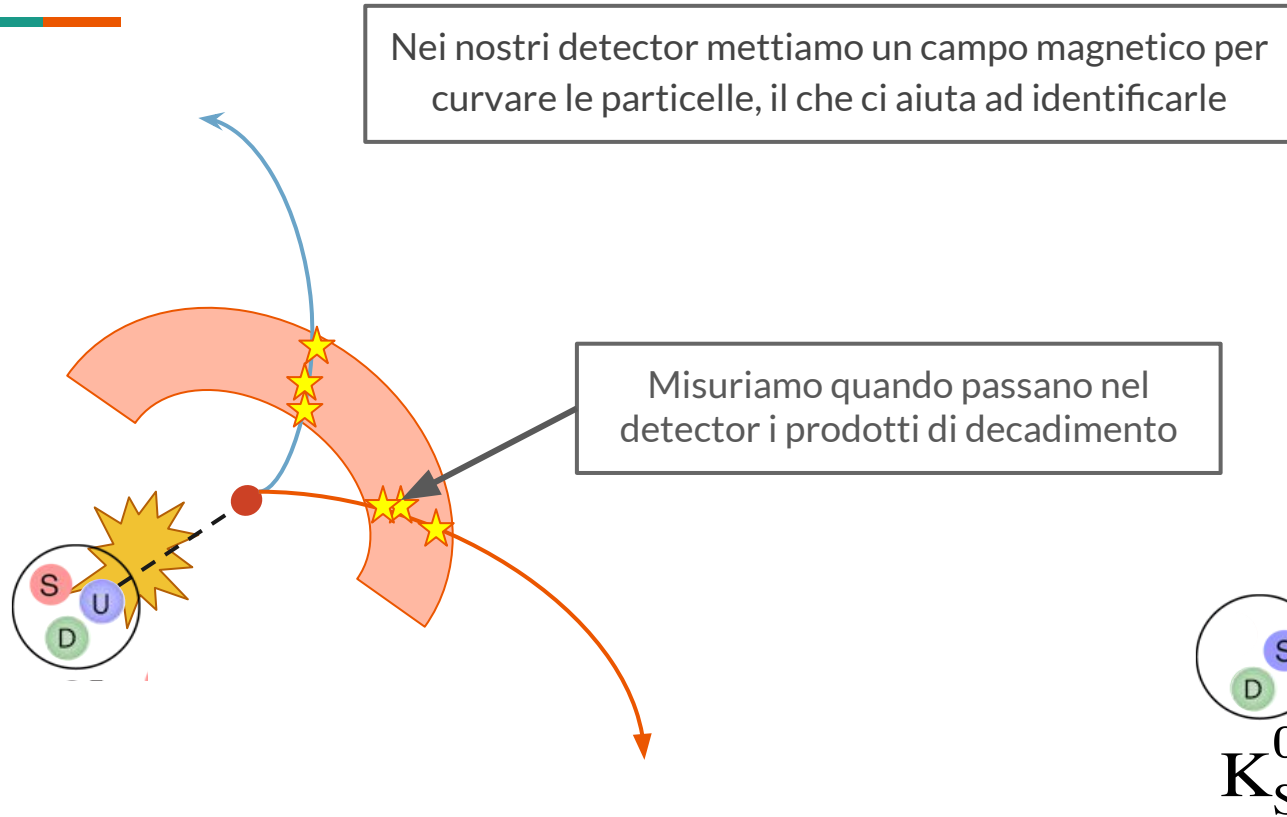
Le particelle strane percorrono alcuni centimetri dal punto di interazione per poi decadere

I prodotti del decadimento variano in base alla particella



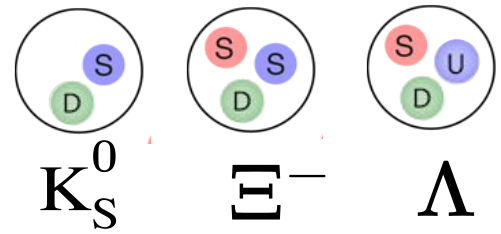
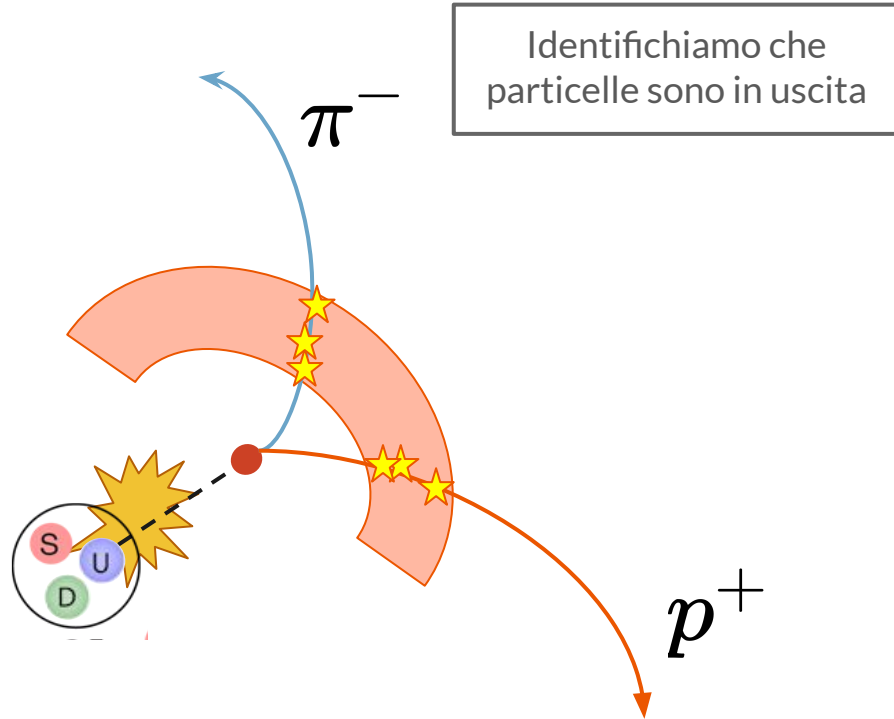
Particelle Strane e come trovarle

- U = "up" quark
- D = "down" quark
- S = "strange" quark



Particelle Strane e come trovarle

- U = "up" quark
- D = "down" quark
- S = "strange" quark

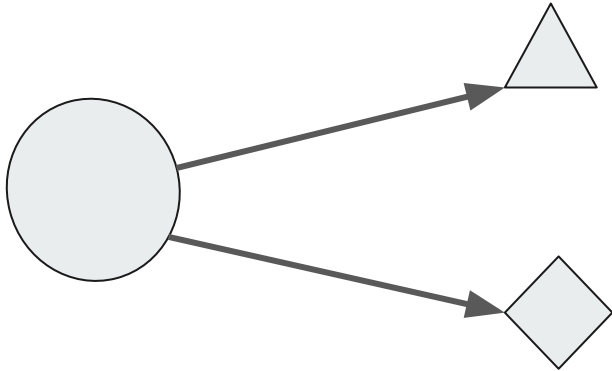




Esercizio sull'aumento di stranezza

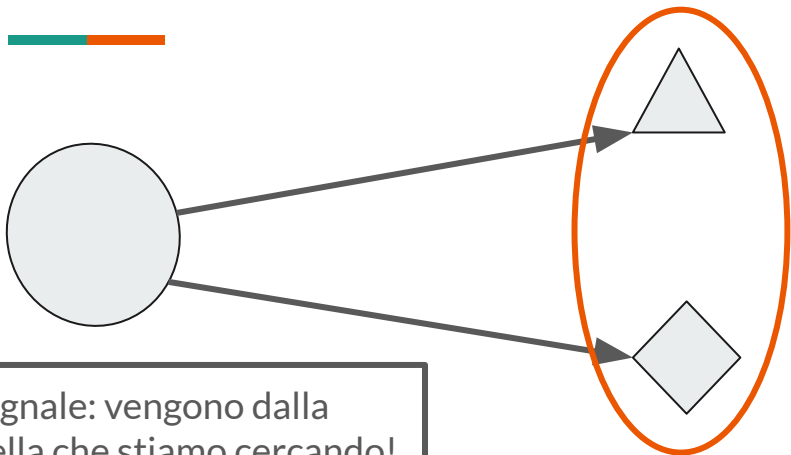
Misurare particelle strane in
diversi sistemi di collisione

Il metodo della massa invariante



Andiamo a chiedere alle
particelle: da dove venite?

Il metodo della massa invariante



Segnale: vengono dalla
particella che stiamo cercando!

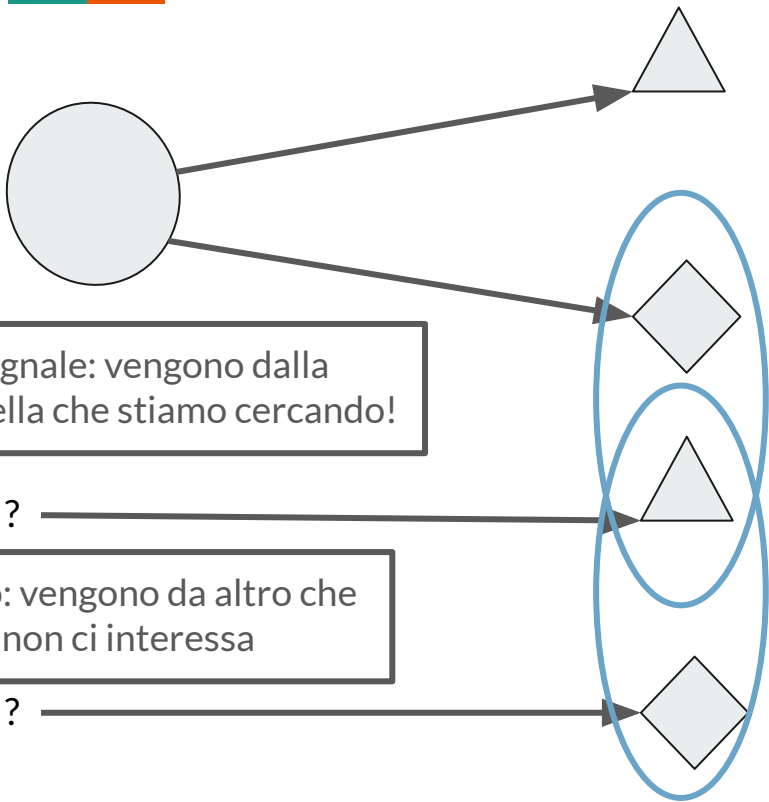
Segnale: Se le accoppio "bene"
mi dicono che vengono dalla
particella corretta



Fondo: vengono da altro che
non ci interessa

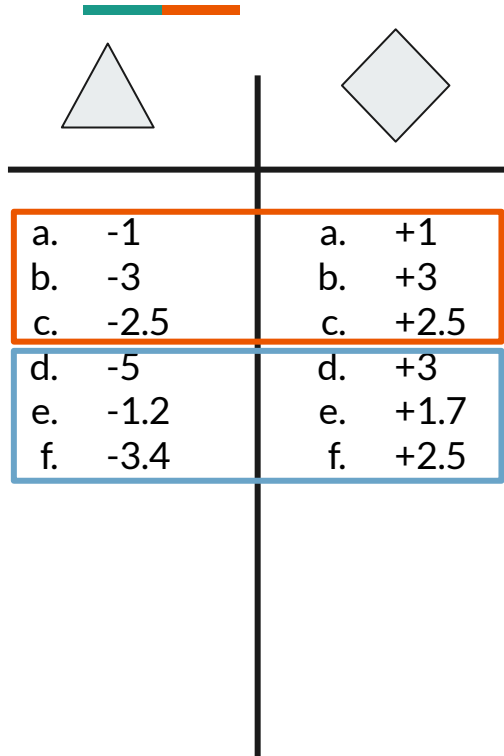


Il metodo della massa invariante



Fondo: Se le accoppio male mi daranno un risultato casuale

Il metodo della massa invariante

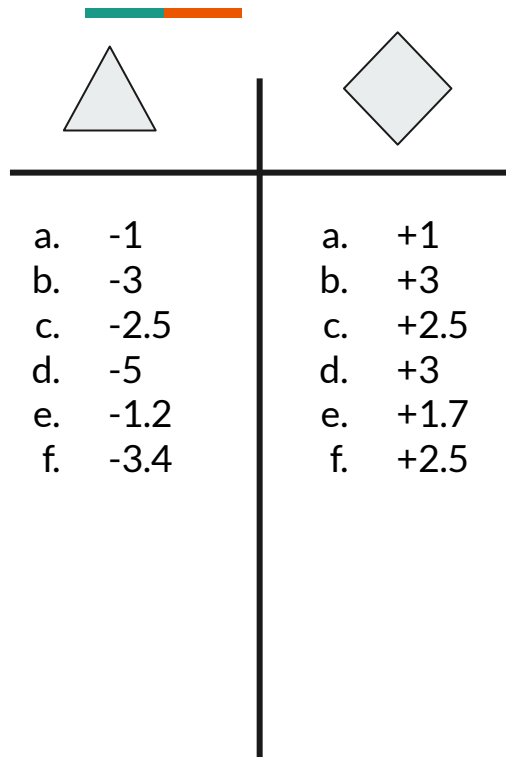


a. -1	a. +1
b. -3	b. +3
c. -2.5	c. +2.5
d. -5	d. +3
e. -1.2	e. +1.7
f. -3.4	f. +2.5

Segnale: Se le accoppio “bene” il risultato è 0! ho un'informazione che mi aiuta a discriminare

Fondo: Se le accoppio “male” il risultato è casuale...

Il metodo della massa invariante

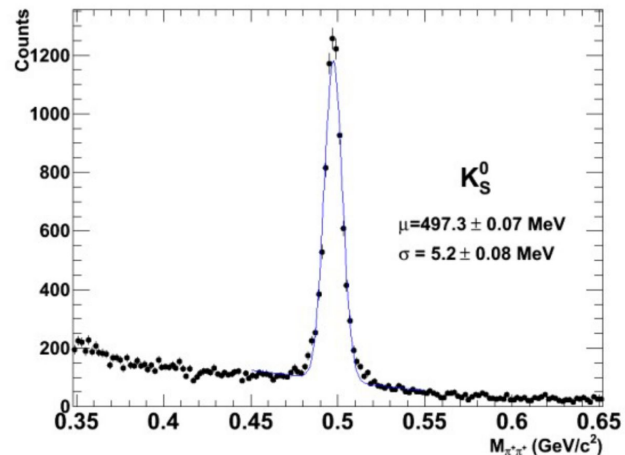


(a;c) 1.5 Sbagliato

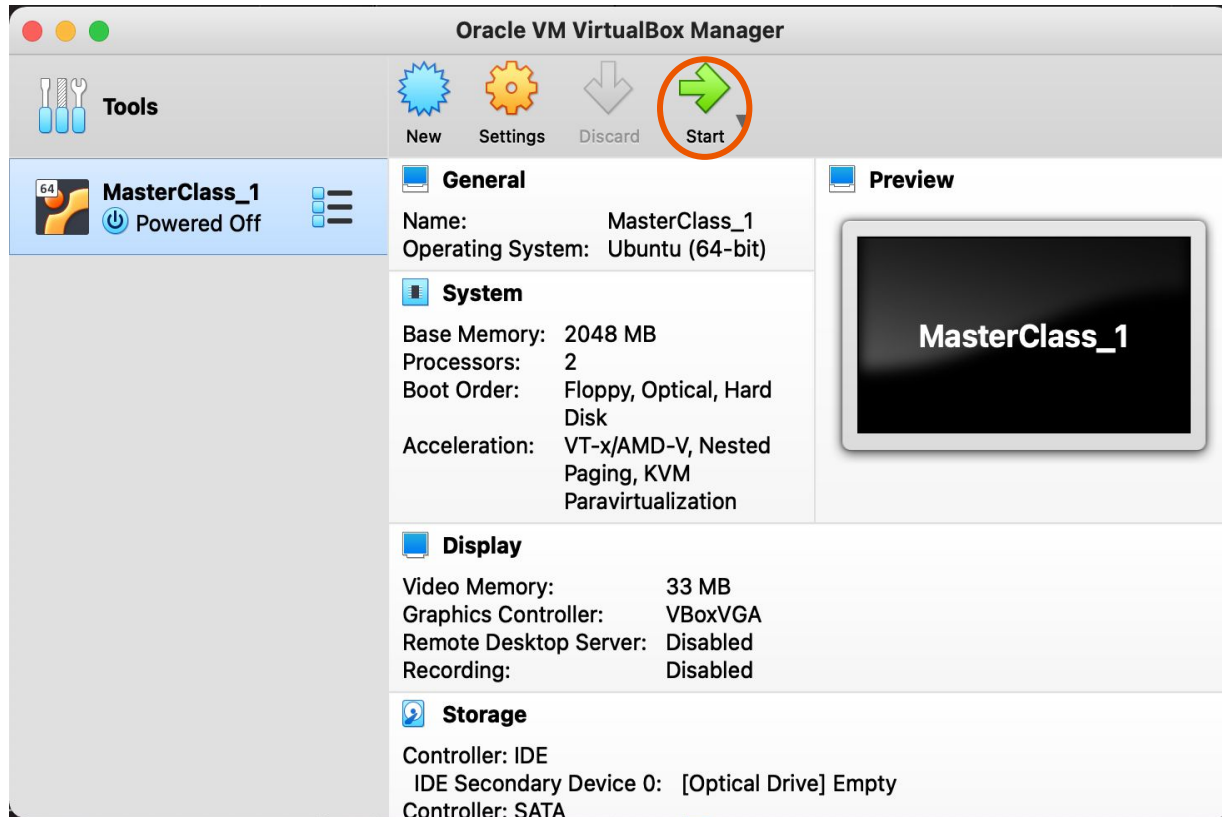
(a;a) 0 Giusto

(c;f) 0 Giusto?

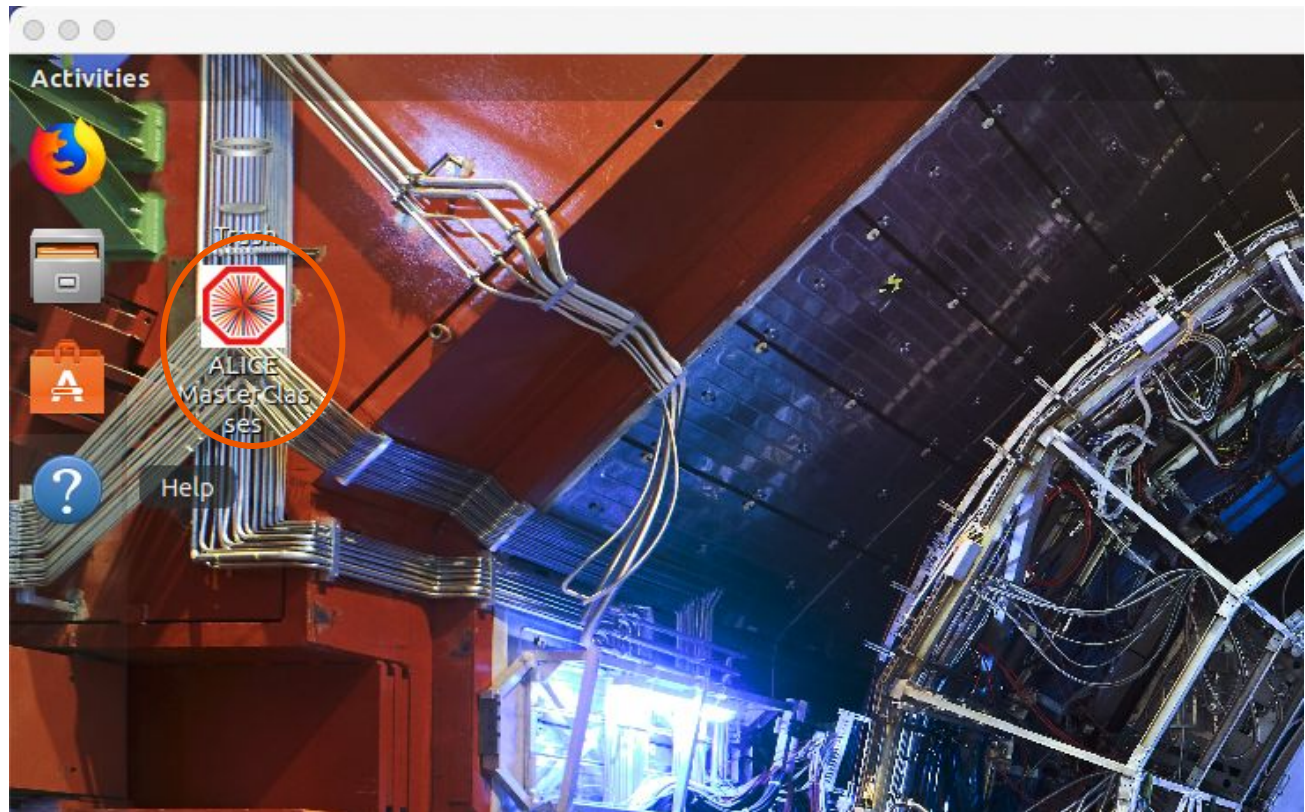
Non posso accontentarmi di sapere la regola: alcuni risultati casuali potrebbero rispettarla!



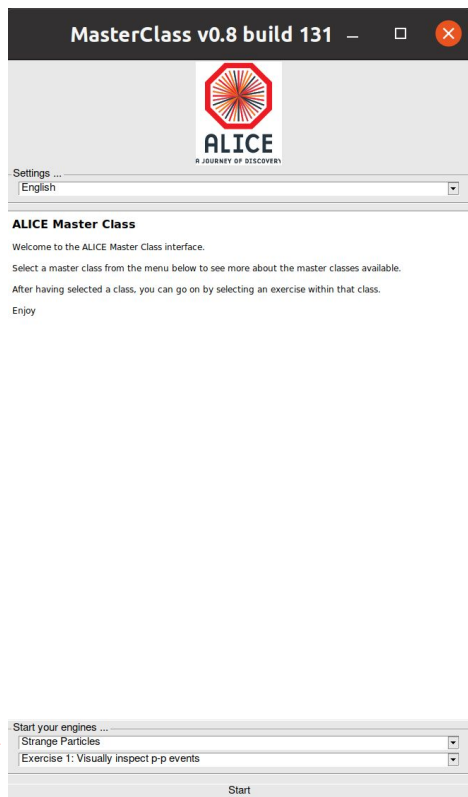
Far partire l'esercizio



Far partire l'esercizio



Esercizio 1: Identificare le particelle strane



MasterClass v0.8 build 131

ALICE
A JOURNEY OF DISCOVERY

Settings ...
English

ALICE Master Class

Welcome to the ALICE Master Class interface.

Select a master class from the menu below to see more about the master classes available.

After having selected a class, you can go on by selecting an exercise within that class.

Enjoy

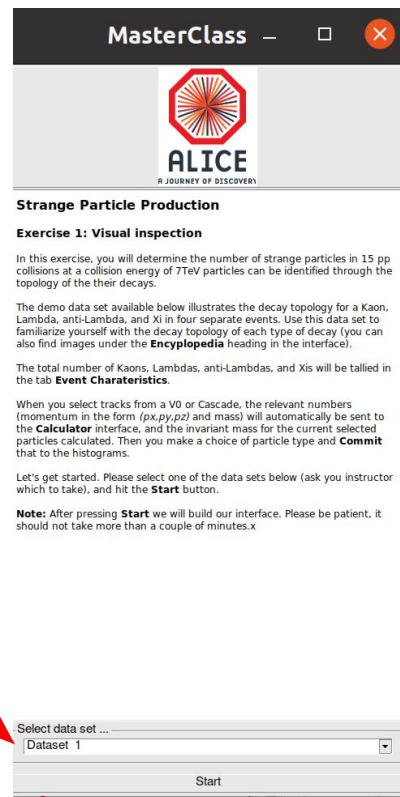
Start your engines ...

Strange Particles

Exercise 1: Visually inspect p-p events

Start

A red arrow points to the 'Exercise 1: Visually inspect p-p events' dropdown menu.



MasterClass

ALICE
A JOURNEY OF DISCOVERY

Strange Particle Production

Exercise 1: Visual inspection

In this exercise, you will determine the number of strange particles in 15 pp collisions at a collision energy of 7TeV particles can be identified through the topology of their decays.

The demo data set available below illustrates the decay topology for a Kaon, Lambda, anti-Lambda, and Xi in four separate events. Use this data set to familiarize yourself with the decay topology of each type of decay (you can also find images under the **Encyclopedia** heading in the interface).

The total number of Kaons, Lambdas, anti-Lambdas, and Xis will be tallied in the tab **Event Characteristics**.

When you select tracks from a V0 or Cascade, the relevant numbers (momentum in the form (p_x, p_y, p_z) and mass) will automatically be sent to the **Calculator** interface, and the invariant mass for the current selected particles calculated. Then you make a choice of particle type and **Commit** that to the histograms.

Let's get started. Please select one of the data sets below (ask your instructor which to take), and hit the **Start** button.

Note: After pressing **Start** we will build our interface. Please be patient, it should not take more than a couple of minutes.x

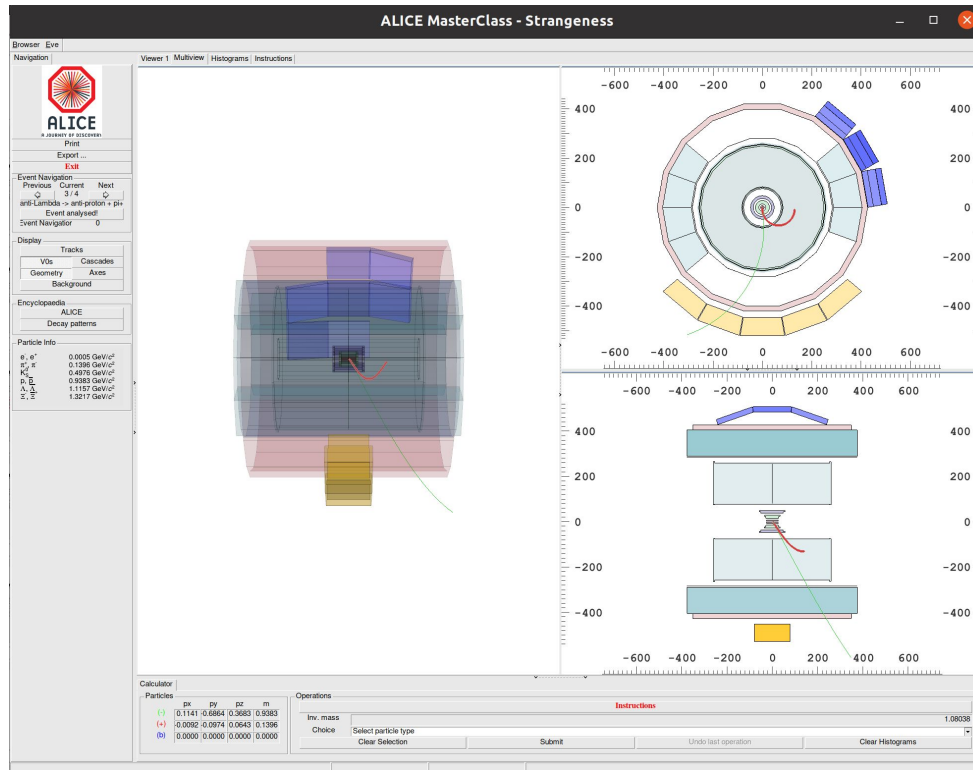
Select data set ...

Dataset 1

Start

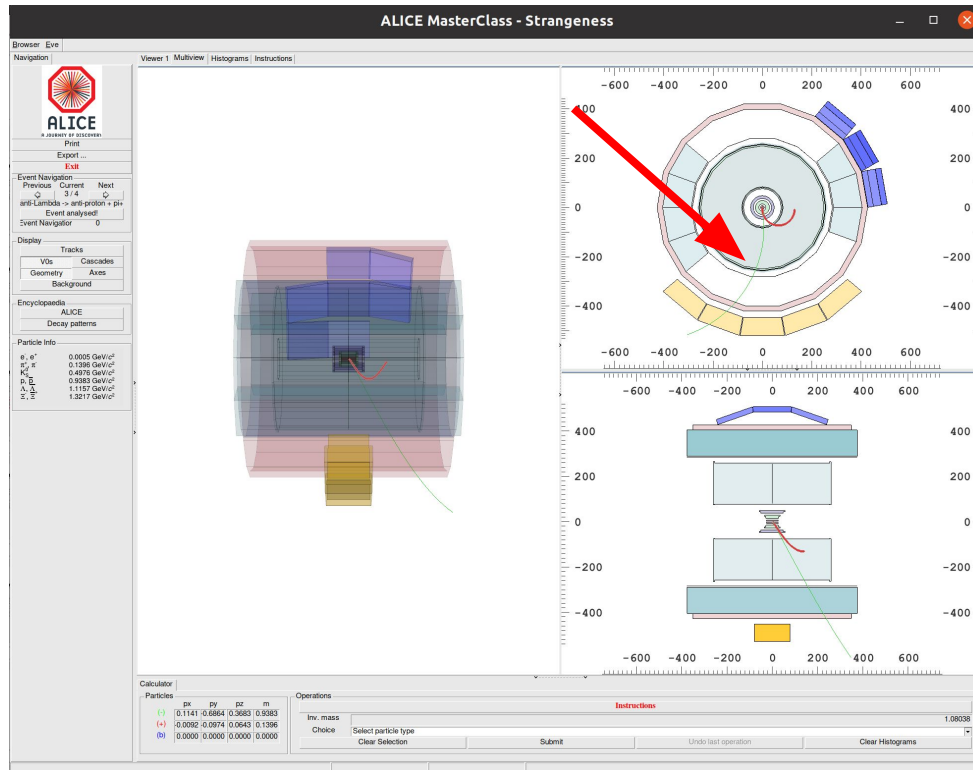
A red arrow points to the 'Dataset 1' dropdown menu.

Esercizio 1: Identificare le particelle strane



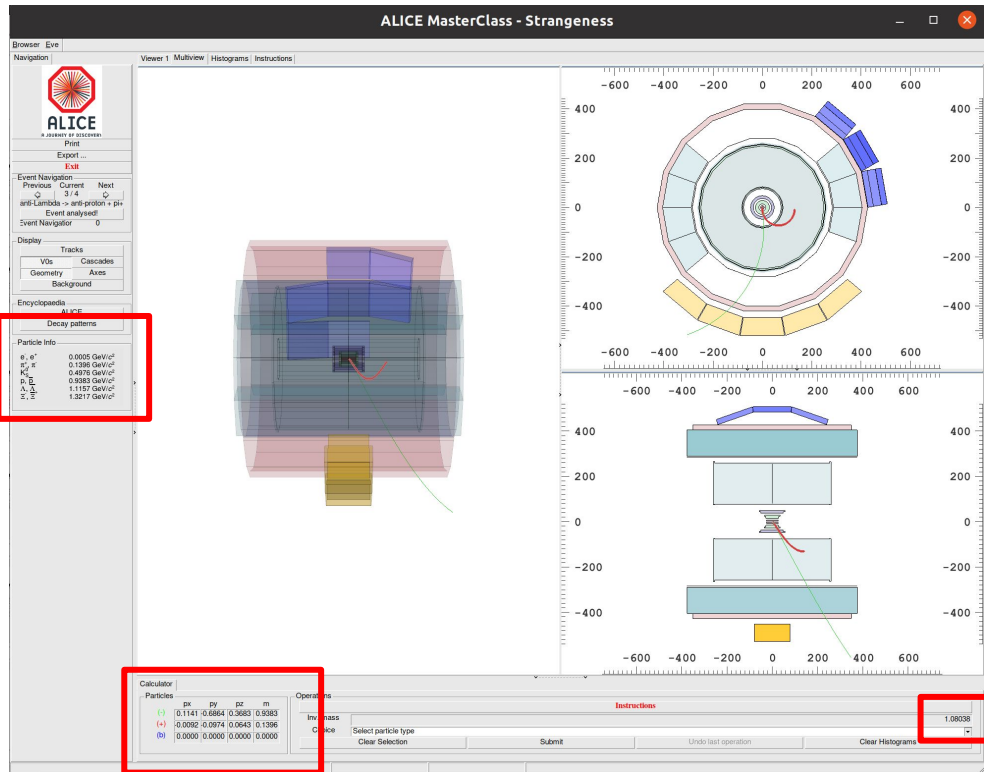
1. Cliccate sulle tracce evidenziate in **rosso verde e blu**
2. Per ogni traccia analizzate la carica e la massa e osservate la massa invariante calcolata usando le tracce evidenziate
3. Individuate di che particella si tratta e sceglietela dall'elenco, cliccate il tasto "Submit"
4. Osservate nella sezione "Histograms" se la vostra misura di massa invariante è stata posizionata nel grafico corrispondente

Esercizio 1: Identificare le particelle strane



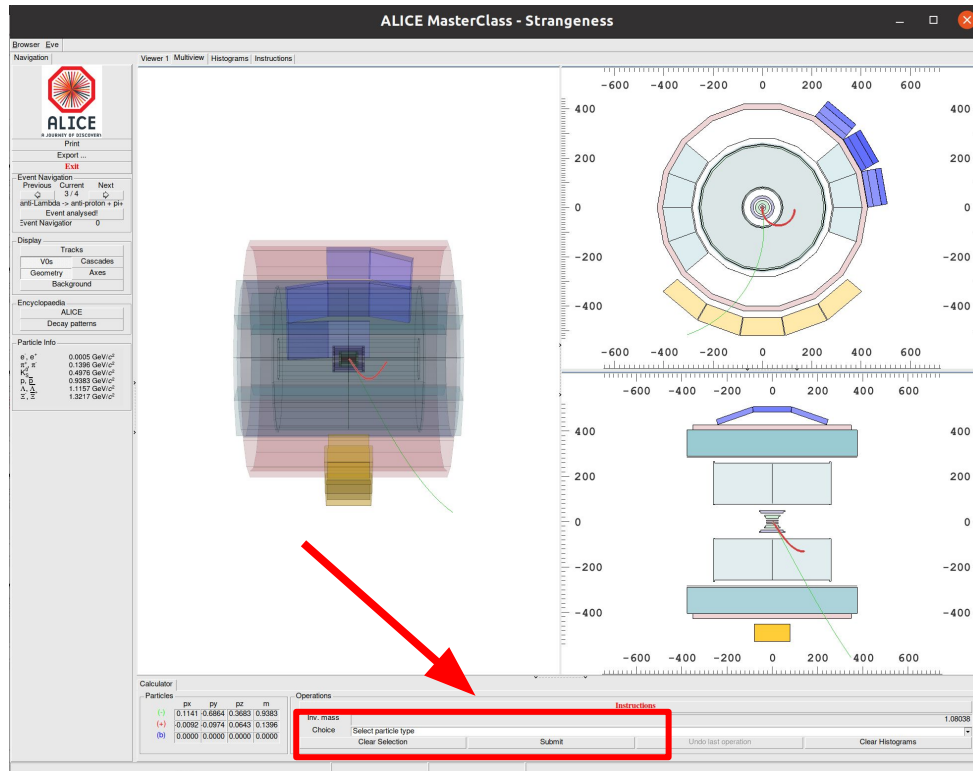
1. Cliccate sulle tracce evidenziate in rosso verde e blu
2. Per ogni traccia analizzate la carica e la massa e osservate la massa invariante calcolata usando le tracce evidenziate
3. Individuate di che particella si tratta e sceglietela dall'elenco, cliccate il tasto "Submit"
4. Osservate nella sezione "Histograms" se la vostra misura di massa invariante è stata posizionata nel grafico corrispondente

Esercizio 1: Identificare le particelle strane



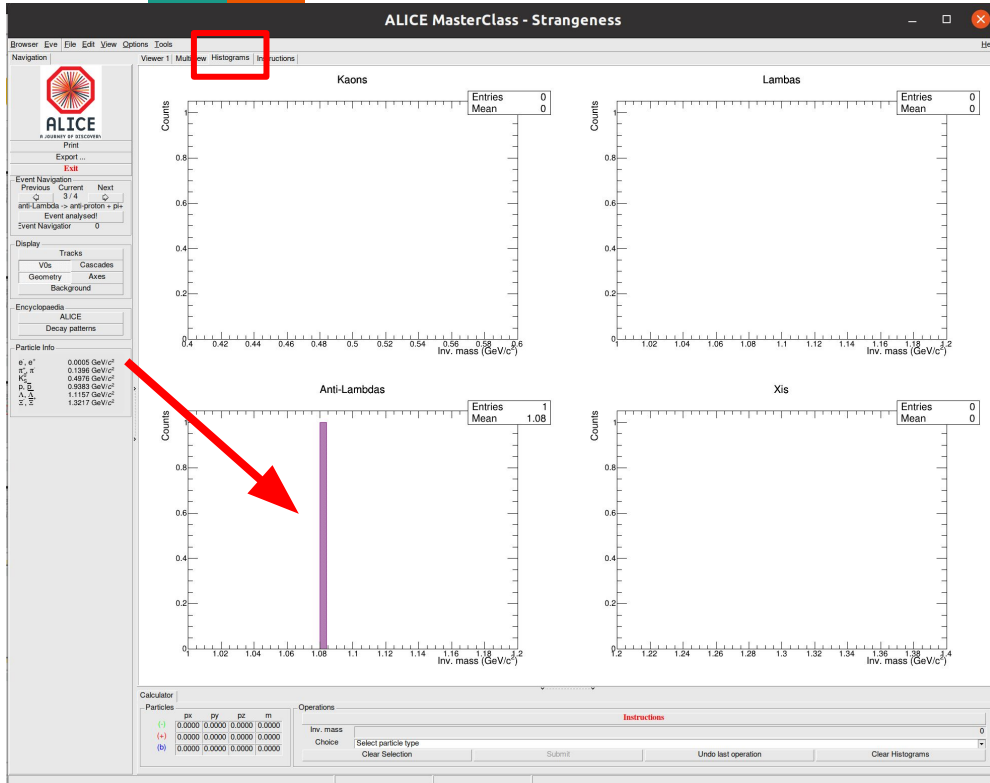
1. Cliccate sulle tracce evidenziate in rosso verde e blu
2. Per ogni traccia analizzate la carica e la massa e osservate la massa invariante calcolata usando le tracce evidenziate
3. Individuate di che particella si tratta e sceglietela dall'elenco, cliccate il tasto "Submit"
4. Osservate nella sezione "Histograms" se la vostra misura di massa invariante è stata posizionata nel grafico corrispondente

Esercizio 1: Identificare le particelle strane



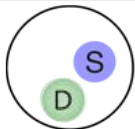
1. Cliccate sulle tracce evidenziate in rosso verde e blu
2. Per ogni traccia analizzate la carica e la massa e osservate la massa invariante calcolata usando le tracce evidenziate
3. Individuate di che particella si tratta e sceglietela dall'elenco, cliccate il tasto "Submit"
4. Osservate nella sezione "Histograms" se la vostra misura di massa invariante è stata posizionata nel grafico corrispondente

Esercizio 1: Identificare le particelle strane

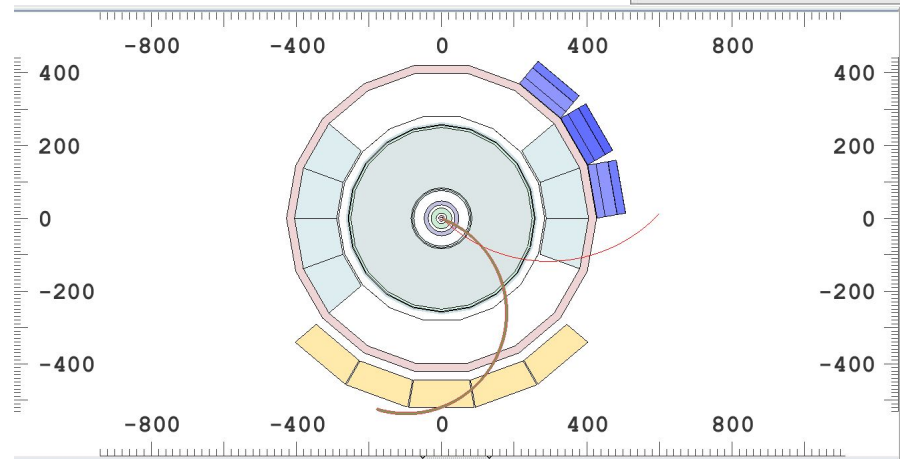


1. Cliccate sulle tracce evidenziate in rosso verde e blu
2. Per ogni traccia analizzate la carica e la massa e osservate la massa invariante calcolata usando le tracce evidenziate
3. Individuate di che particella si tratta e sceglietela dall'elenco, cliccate il tasto "Submit"
4. Osservate nella sezione "Histograms" se la vostra misura di massa invariante è stata posizionata nel grafico corrispondente

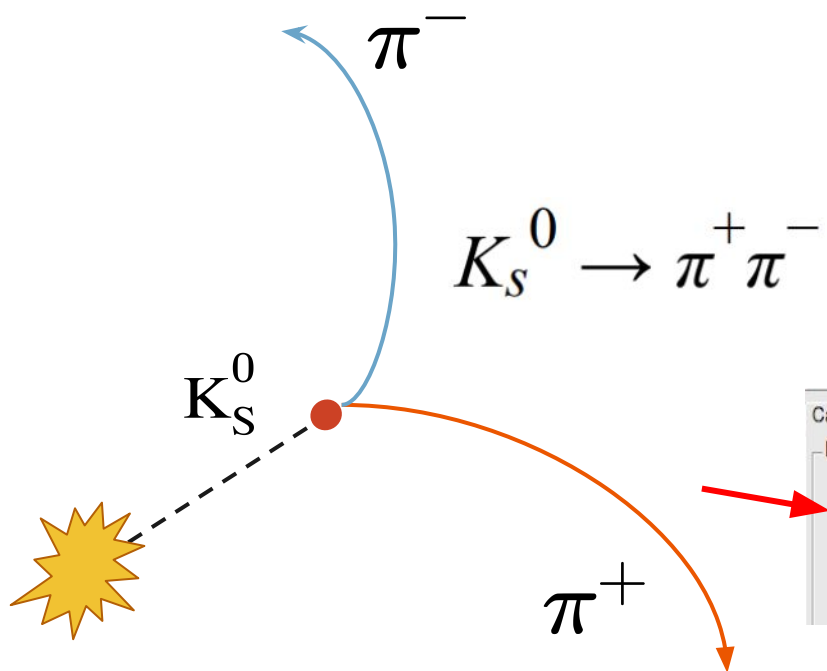
Mesoni strani K_S^0



Particle Info	
e^-, e^+	0.0005 GeV/c ²
π^+, π^-	0.1396 GeV/c ²
K_S^0	0.4976 GeV/c ²
p, \bar{p}	0.9383 GeV/c ²
$\Lambda, \bar{\Lambda}$	1.1157 GeV/c ²
$\Xi, \bar{\Xi}$	1.3217 GeV/c ²



$$K_S^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$$



Calculator

Particles	px	py	pz	m
(-)	0.3865	-0.1513	-0.2185	0.1396
(+)	0.4607	-0.4363	0.1066	0.1396
(b)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Operations

Instructions

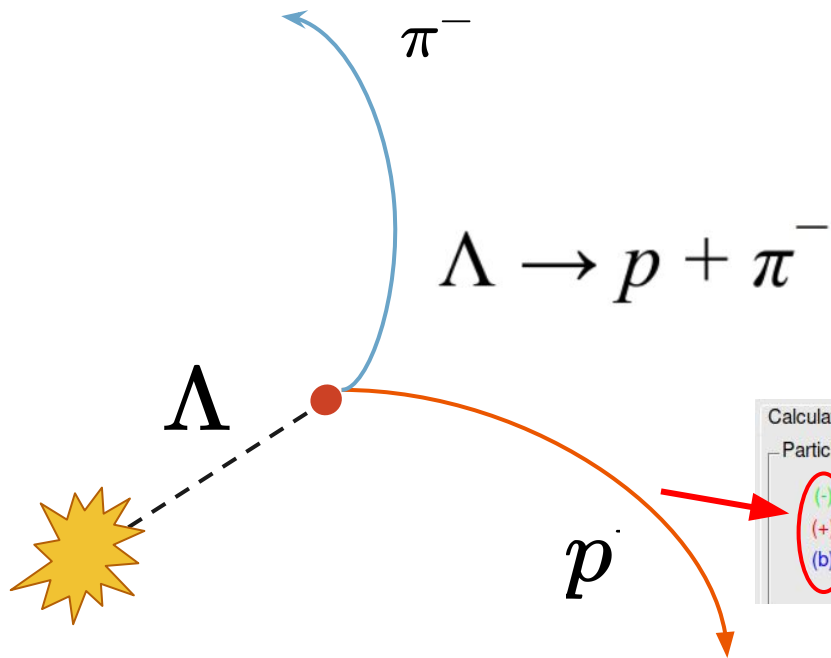
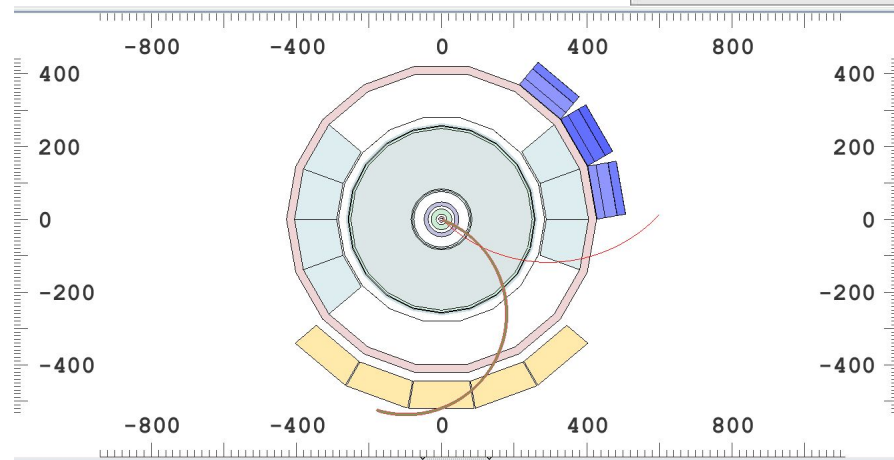
Inv. mass 0.491751

Choice

Barioni strani Λ



Particle Info	
e^-, e^+	0.0005 GeV/c ²
π^0, π^\pm	0.1396 GeV/c ²
K_S^0, K^\pm	0.4976 GeV/c ²
p, \bar{p}	0.9383 GeV/c ²
$\Lambda, \bar{\Lambda}$	1.1157 GeV/c ²
$\Xi, \bar{\Xi}$	1.3217 GeV/c ²



$$\Lambda \rightarrow p + \pi^-$$

Calculator				
Particles				
	px	py	pz	m
(-)	-0.1999	0.2139	-0.0614	0.1396
(+)	-0.5549	0.8776	-0.6402	0.9383
(b)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Operations

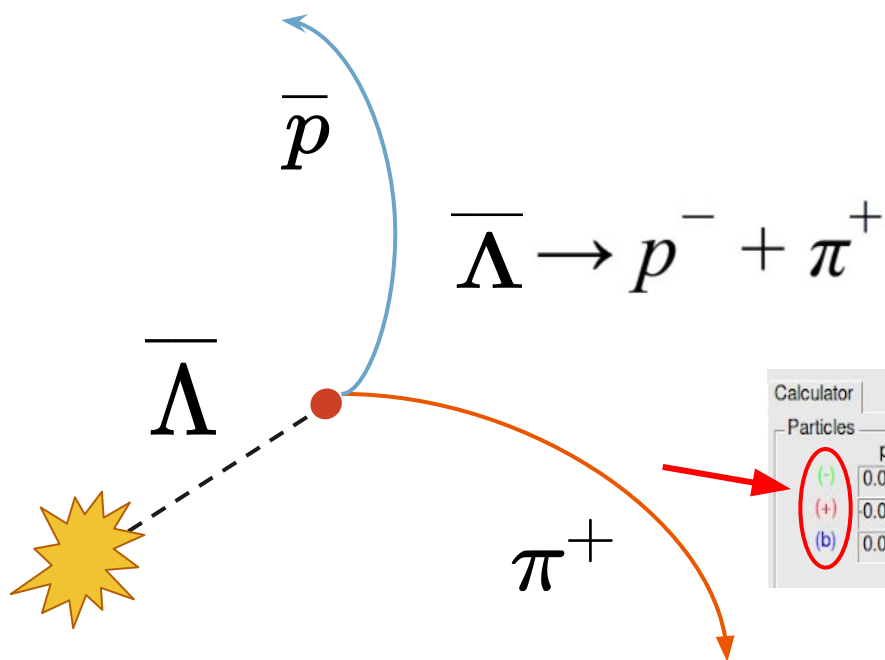
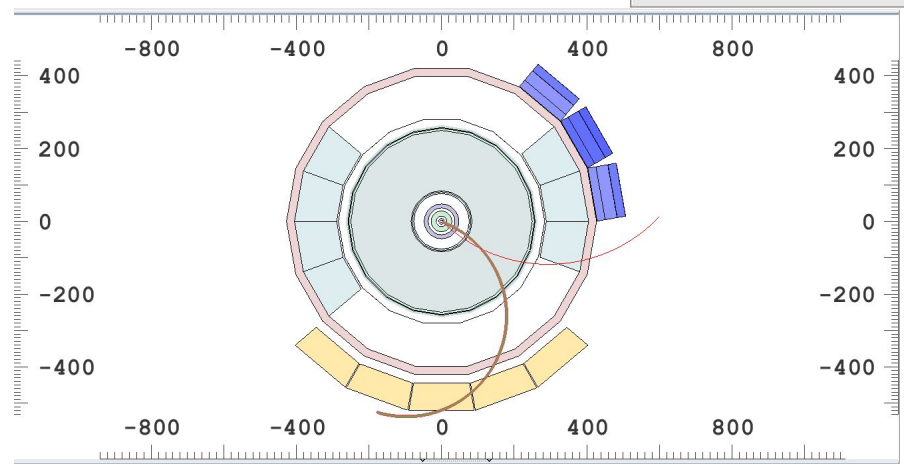
Inv. mass

Choice

Barioni strani $\bar{\Lambda}$



Particle Info	
e^-, e^+	0.0005 GeV/c ²
π^+, π^-	0.1396 GeV/c ²
K_S^0, \bar{K}^0	0.4976 GeV/c ²
p, \bar{p}	0.9383 GeV/c ²
$\Lambda, \bar{\Lambda}$	1.1157 GeV/c ²
$\Xi, \bar{\Xi}$	1.3217 GeV/c ²



$$\bar{\Lambda} \rightarrow p^- + \pi^+$$

Calculator

Particles	px	py	pz	m
(-)	0.0669	1.2864	1.1513	0.9383
(+)	0.0275	0.2801	0.0939	0.1396
(b)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Operations

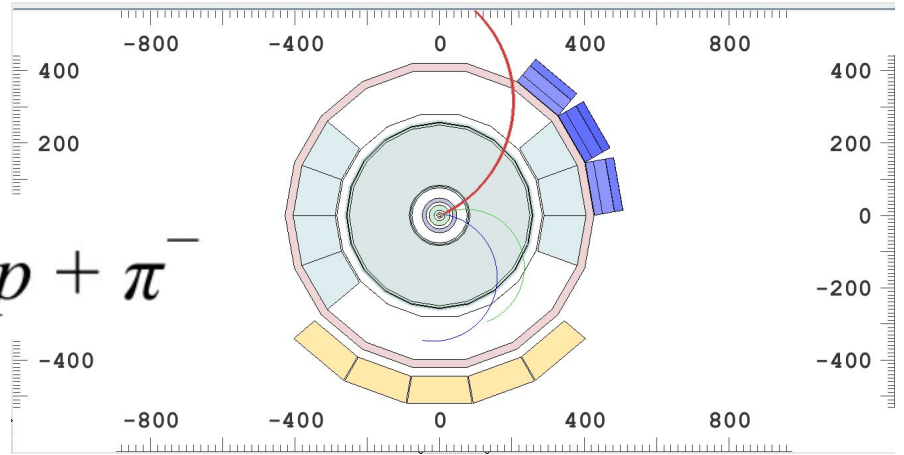
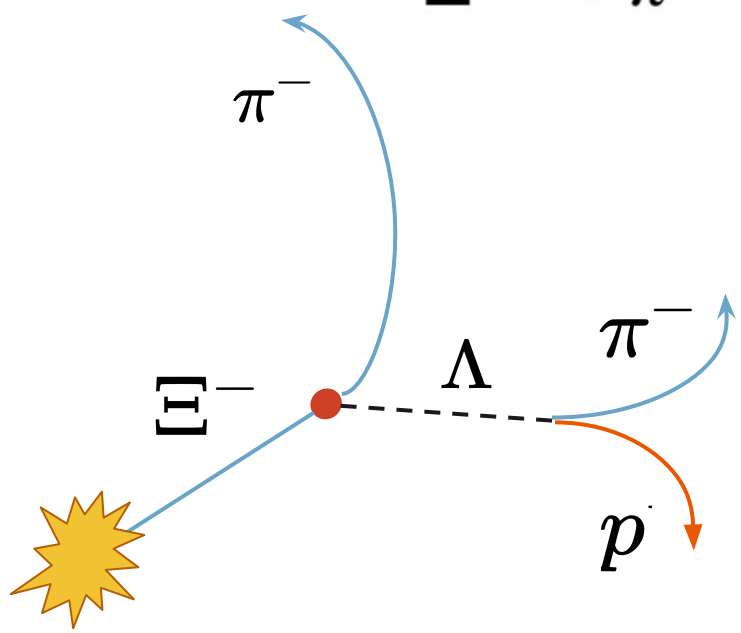
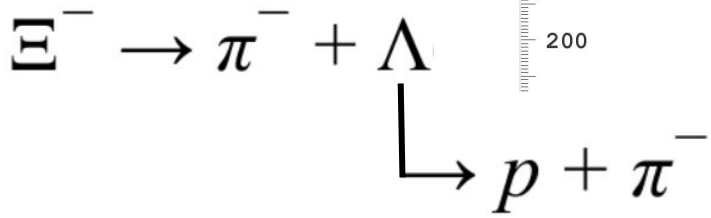
Inv. mass: 1.12072

Choice: Select particle type

Barioni strani $[\Sigma]$



Particle Info	
e^-, e^+	0.0005 GeV/c ²
π^+, π^-	0.1396 GeV/c ²
K_S^0, \bar{K}^0	0.4976 GeV/c ²
p, \bar{p}	0.9383 GeV/c ²
$\Lambda, \bar{\Lambda}$	1.1157 GeV/c ²
$\Sigma^+, \Sigma^0, \Sigma^-$	1.3217 GeV/c ²



A screenshot of a calculator application. The 'Particles' table is shown with columns for charge, px, py, pz, and mass (m). The mass column has a circled 'm' header and values 0.1396, 0.9383, and 0.1396. The 'Operations' section shows 'Inv. mass' with a circled value of 1.31972. Red arrows point from the detector figure to the calculator interface.

Particles	px	py	pz	m
(-)	0.2219	0.0937	0.0744	0.1396
(+)	0.4670	0.2309	0.3378	0.9383
(b)	0.2616	0.0396	0.1024	0.1396

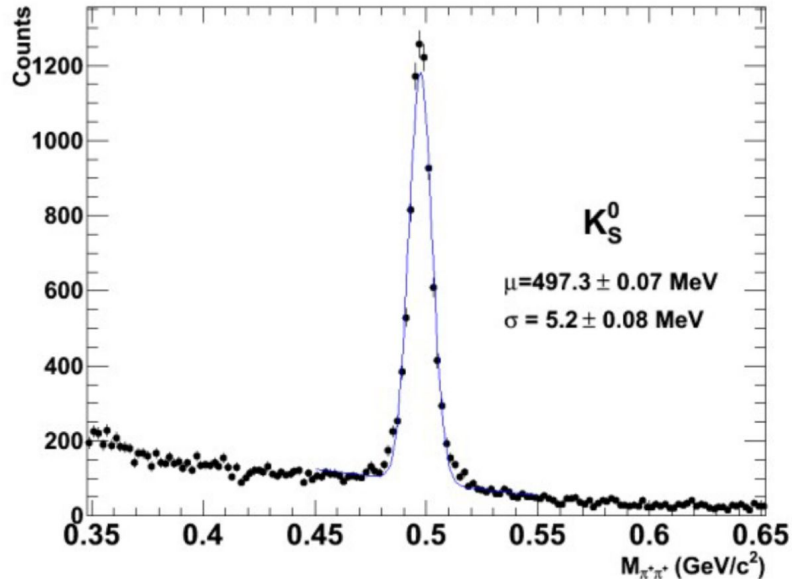
Operations: Inv. mass: 1.31972

Esercizio 2: riconoscere il segnale e il background



The screenshot shows the ALICE Master Class interface. At the top, the window title is "MasterClass v0.8 build 131". Below the title bar is the ALICE logo, which consists of a red octagon with a white starburst pattern inside, and the text "ALICE" and "A JOURNEY OF DISCOVERY" below it. Under the logo is a "Settings ..." dropdown menu with "English" selected. The main content area is titled "ALICE Master Class" and contains the following text: "Welcome to the ALICE Master Class interface.", "Select a master class from the menu below to see more about the master classes available.", "After having selected a class, you can go on by selecting an exercise within that class.", and "Enjoy". At the bottom of the interface is a "Start your engines ..." section with two dropdown menus: the first is set to "Strange Particles" and the second is set to "Exercise 2: Find peak over background". A red arrow points to the second dropdown menu. Below the dropdowns is a "Start" button.

Esercizio 2: riconoscere il segnale e il background

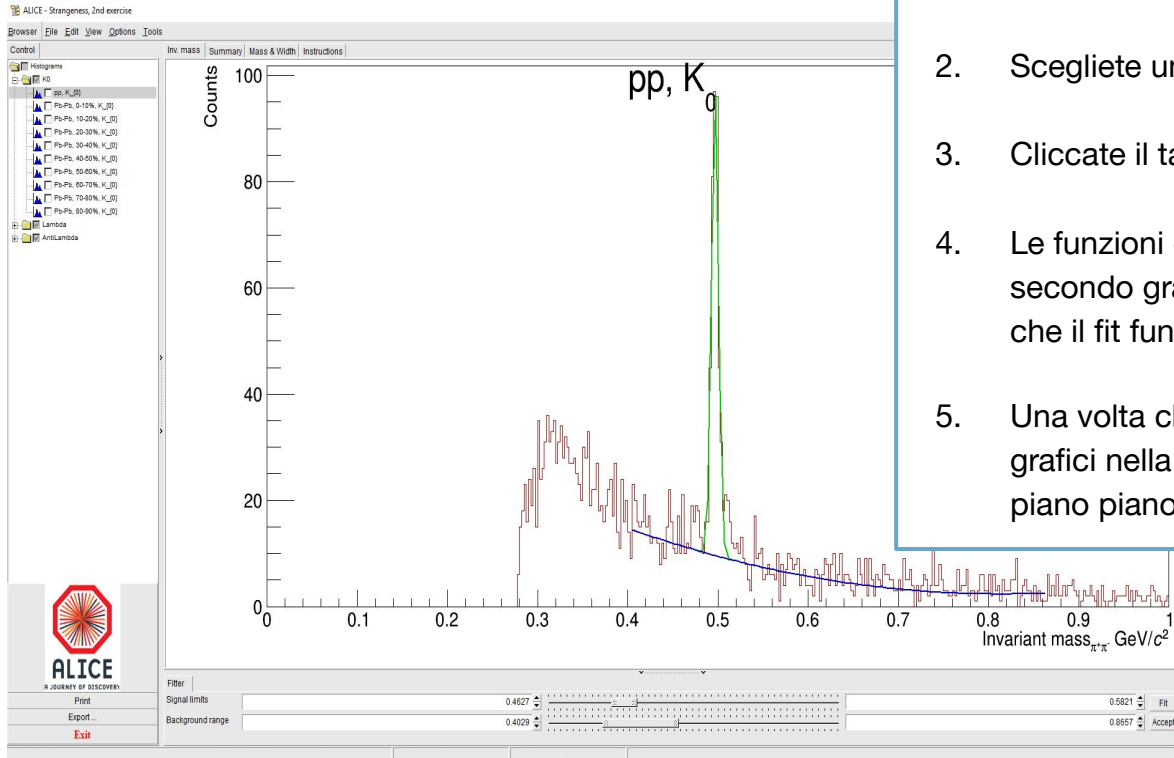


Nella realtà noi abbiamo a che fare con milioni di eventi... non possiamo selezionarli a mano con l'event display!

E' difficile essere precisi e selezionare le tracce che vengono dallo stesso vertice
→ le tracce accoppiate a volte sono sbagliate

Nella distribuzione di massa le tracce accoppiate male sono il **fondo** e viene individuato e sottratto dal **segnale** grazie ad un fit!

Esercizio 2: riconoscere il segnale e il background



1. Scegliete una regione per il fit sul segnale (“il picco”!)
2. Scegliete una regione per il fit sul fondo
3. Cliccate il tasto “Fit”
4. Le funzioni di segnale (Gaussiana) e fondo (polinomio di secondo grado) verranno mostrate sul grafico, controllate che il fit funzioni!
5. Una volta che sarete soddisfatti cliccate su “Accept”: i grafici nella sezione “Mass and width” si popoleranno piano piano



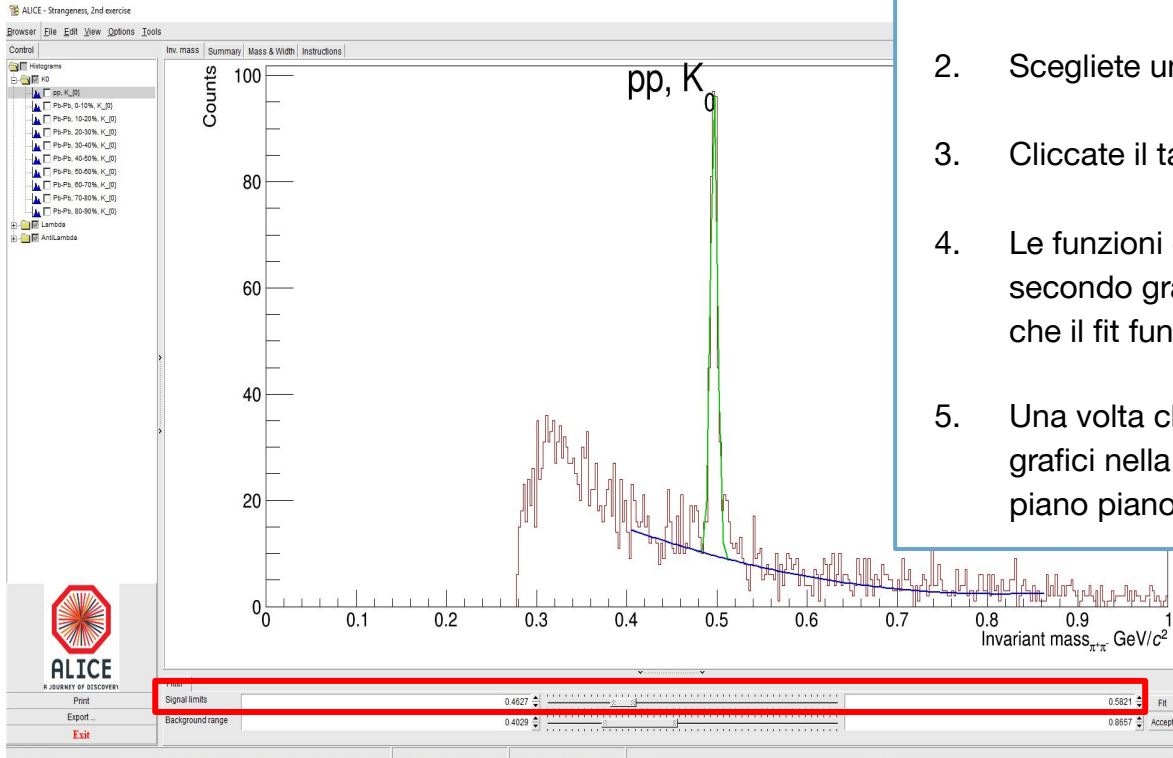
ALICE
a journey of discovery

Print

Export...

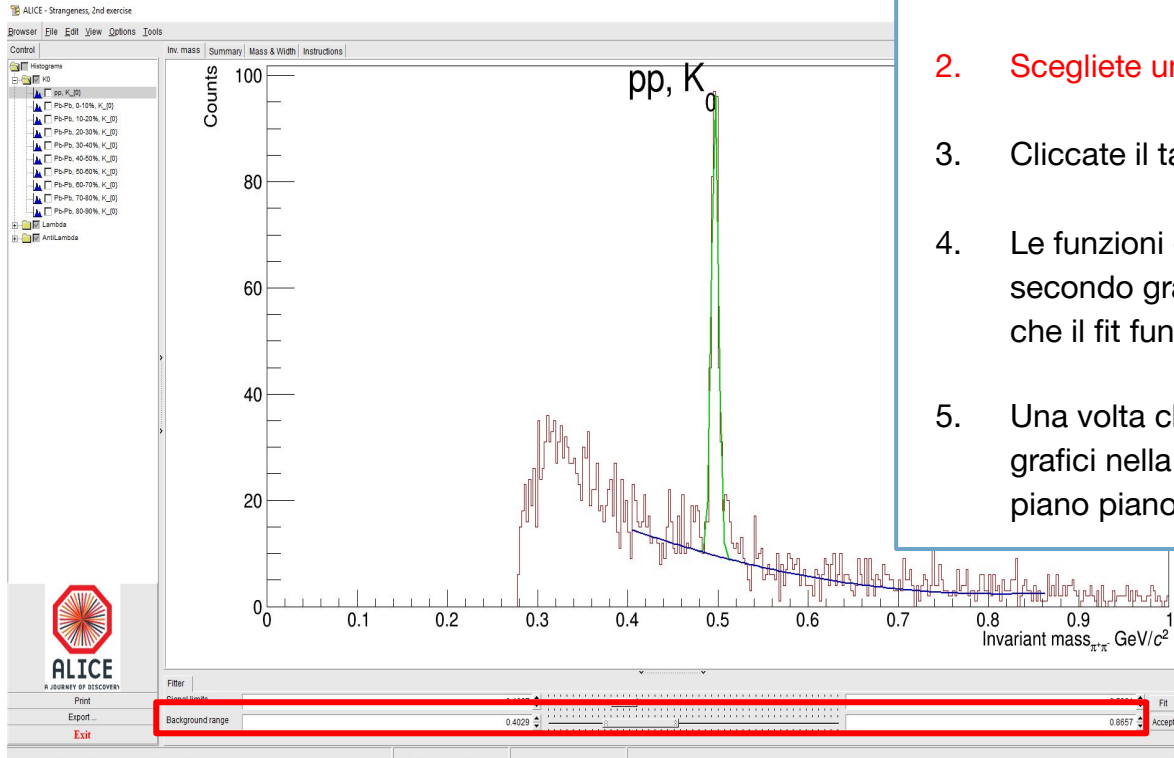
Exit

Esercizio 2: riconoscere il segnale e il background



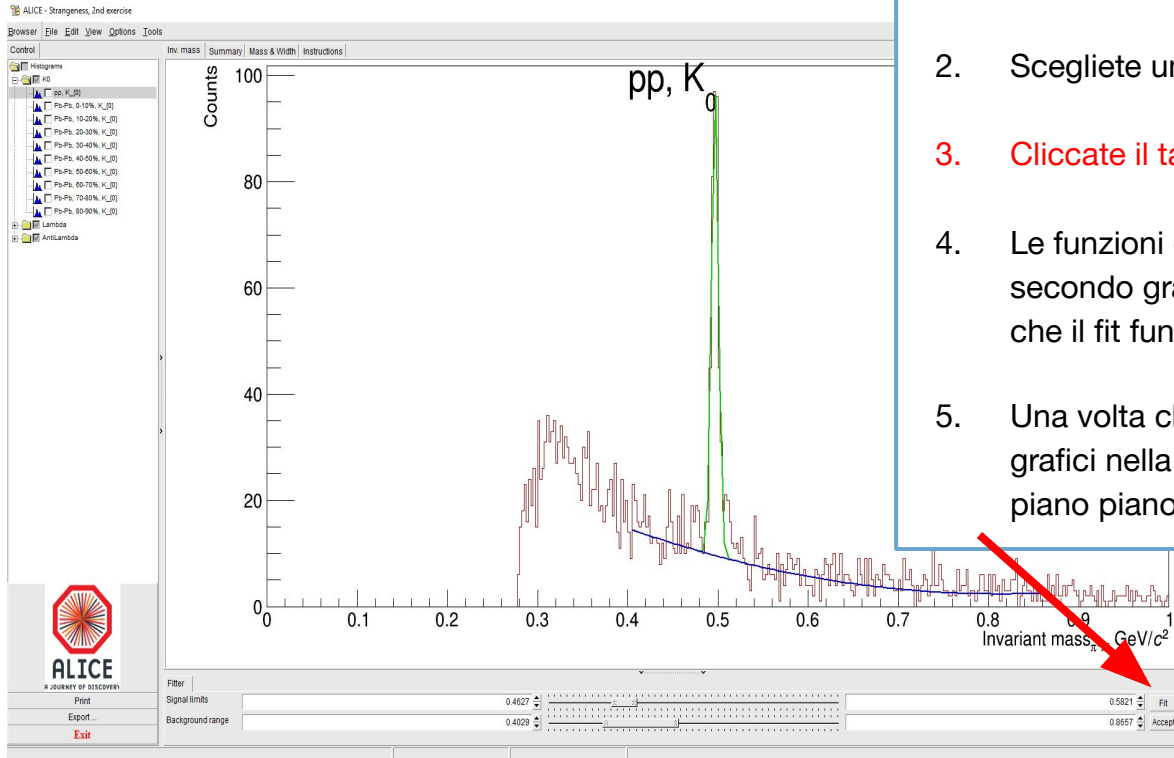
1. Scegliete una regione per il fit sul segnale (“il picco!”)
2. Scegliete una regione per il fit sul fondo
3. Cliccate il tasto “Fit”
4. Le funzioni di segnale (Gaussiana) e fondo (polinomio di secondo grado) verranno mostrate sul grafico, controllate che il fit funzioni!
5. Una volta che sarete soddisfatti cliccate su “Accept”: i grafici nella sezione “Mass and width” si popoleranno piano piano

Esercizio 2: riconoscere il segnale e il background



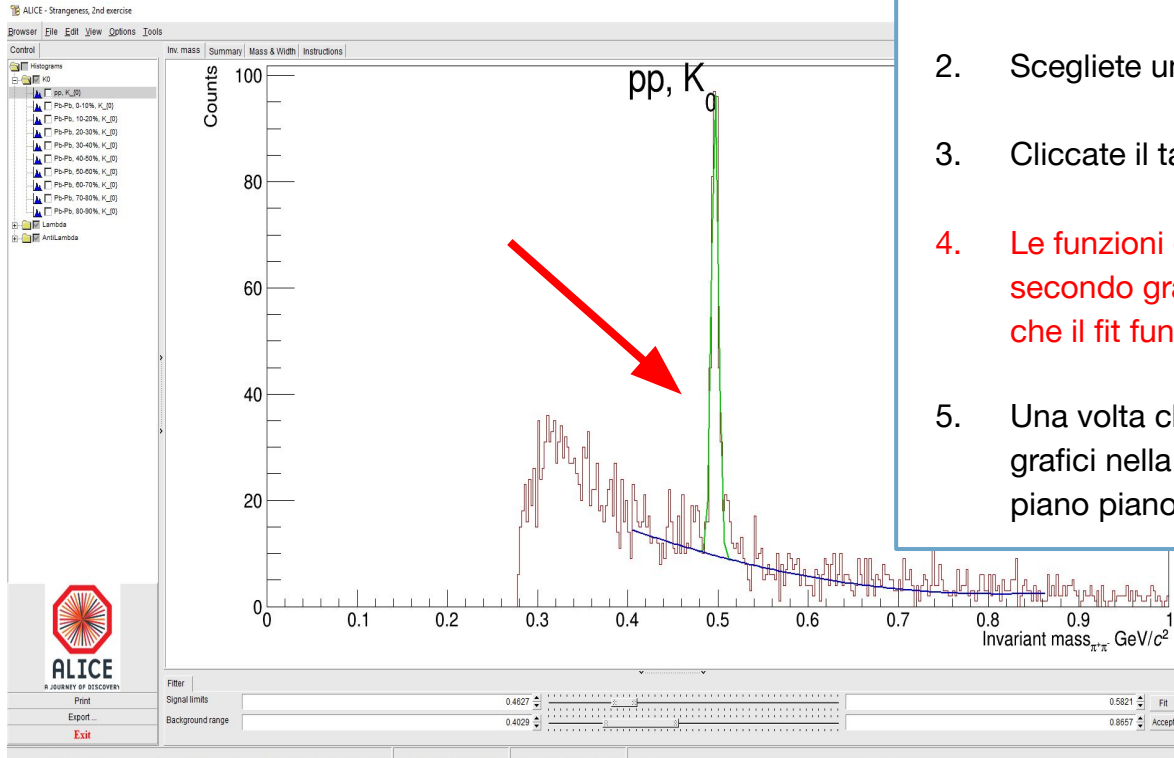
1. Scegliete una regione per il fit sul segnale (“il picco”!)
2. Scegliete una regione per il fit sul fondo
3. Cliccate il tasto “Fit”
4. Le funzioni di segnale (Gaussiana) e fondo (polinomio di secondo grado) verranno mostrate sul grafico, controllate che il fit funzioni!
5. Una volta che sarete soddisfatti cliccate su “Accept”: i grafici nella sezione “Mass and width” si popoleranno piano piano

Esercizio 2: riconoscere il segnale e il background



1. Scegliete una regione per il fit sul segnale (“il picco”!)
2. Scegliete una regione per il fit sul fondo
3. **Cliccate il tasto “Fit”**
4. Le funzioni di segnale (Gaussiana) e fondo (polinomio di secondo grado) verranno mostrate sul grafico, controllate che il fit funzioni!
5. Una volta che sarete soddisfatti cliccate su “Accept”: i grafici nella sezione “Mass and width” si popoleranno piano piano

Esercizio 2: riconoscere il segnale e il background



1. Scegliete una regione per il fit sul segnale (“il picco”!)
2. Scegliete una regione per il fit sul fondo
3. Cliccate il tasto “Fit”
4. Le funzioni di segnale (Gaussiana) e fondo (polinomio di secondo grado) verranno mostrate sul grafico, controllate che il fit funzioni!
5. Una volta che sarete soddisfatti cliccate su “Accept”: i grafici nella sezione “Mass and width” si popoleranno piano piano



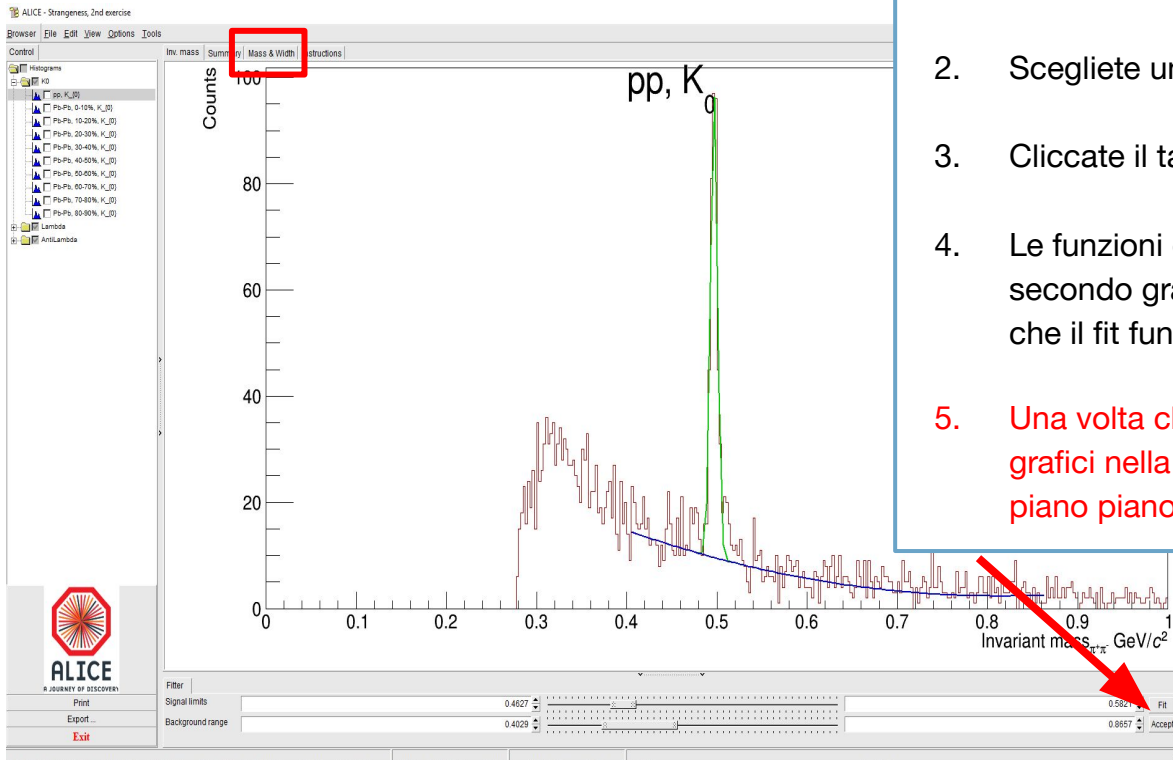
ALICE
a journey of discovery

Print

Export...

Exit

Esercizio 2: riconoscere il segnale e il background



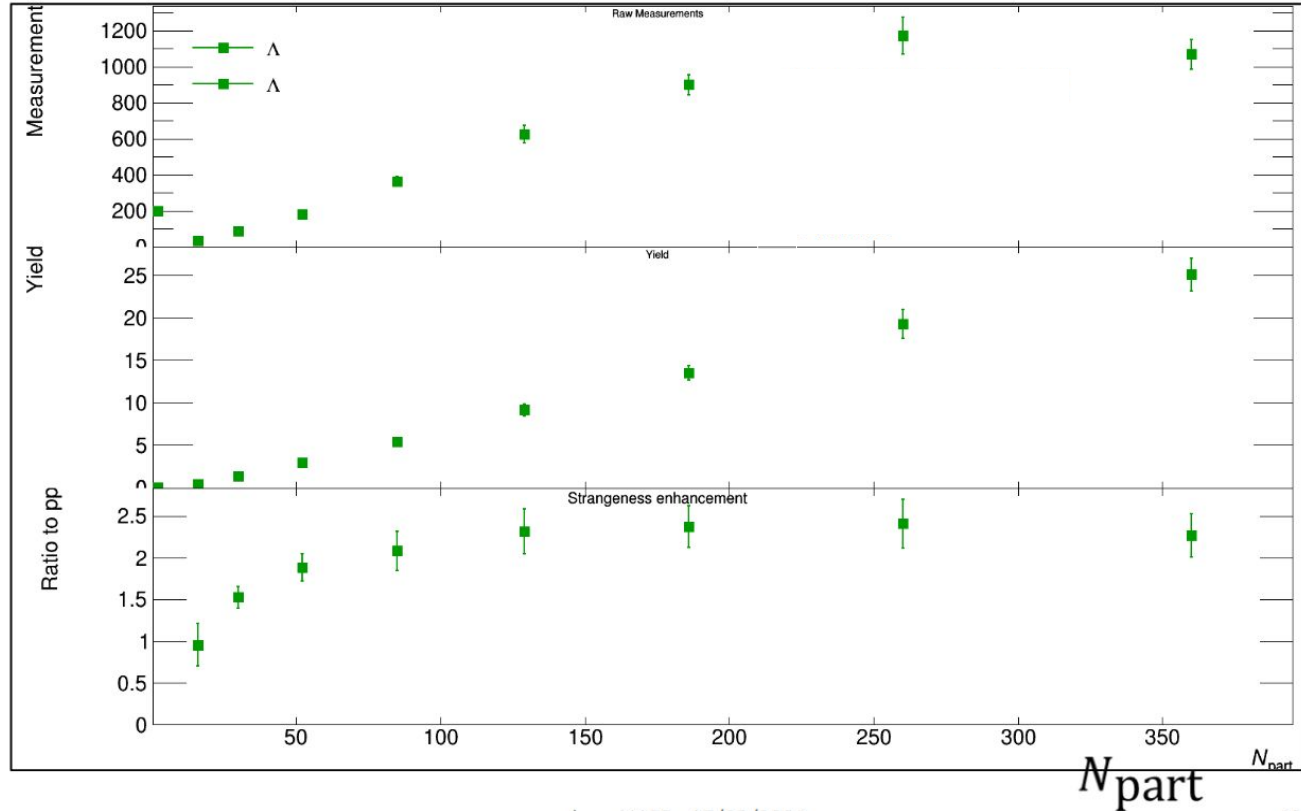
1. Scegliete una regione per il fit sul segnale (“il picco”!)
2. Scegliete una regione per il fit sul fondo
3. Cliccate il tasto “Fit”
4. Le funzioni di segnale (Gaussiana) e fondo (polinomio di secondo grado) verranno mostrate sul grafico, controllate che il fit funzioni!
5. Una volta che sarete soddisfatti cliccate su “Accept”: i grafici nella sezione “Mass and width” si popoleranno piano piano

Esercizio 2: riconoscere il segnale e il background

$$N_{\Lambda}$$

$$\frac{N_{\Lambda}}{N_{\text{evt}}}$$

$$\frac{\text{Pb-Pb}}{\text{p-p} \times N} > 1$$



Siete pronti?

Informazioni utili

Particle Info

e^-, e^+	0.0005 GeV/c ²
π^+, π^-	0.1396 GeV/c ²
K_S^0	0.4976 GeV/c ²
p, \bar{p}	0.9383 GeV/c ²
$\Lambda, \bar{\Lambda}$	1.1157 GeV/c ²
$\Xi^-, \bar{\Xi}^+$	1.3217 GeV/c ²

$$K_S^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$$

$$\Lambda \rightarrow p \pi^-$$

$$\bar{\Lambda} \rightarrow \bar{p} \pi^+$$

$$\Xi^- \rightarrow \pi^- \Lambda$$

\downarrow

$$\Lambda \rightarrow p \pi^-$$