



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA



ALICE Masterclass 2025

Hands-on session

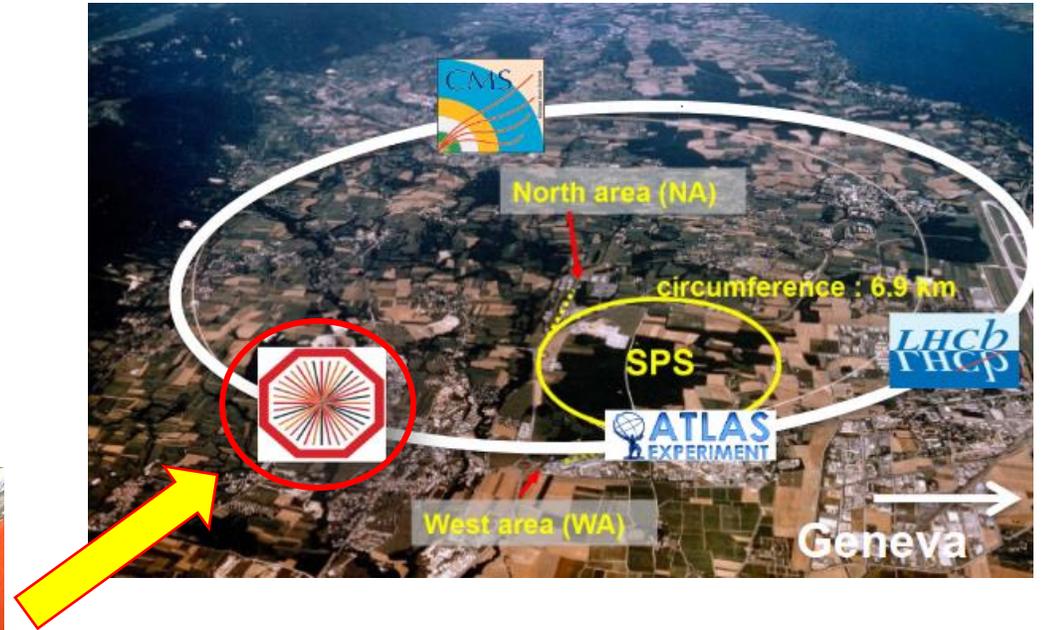
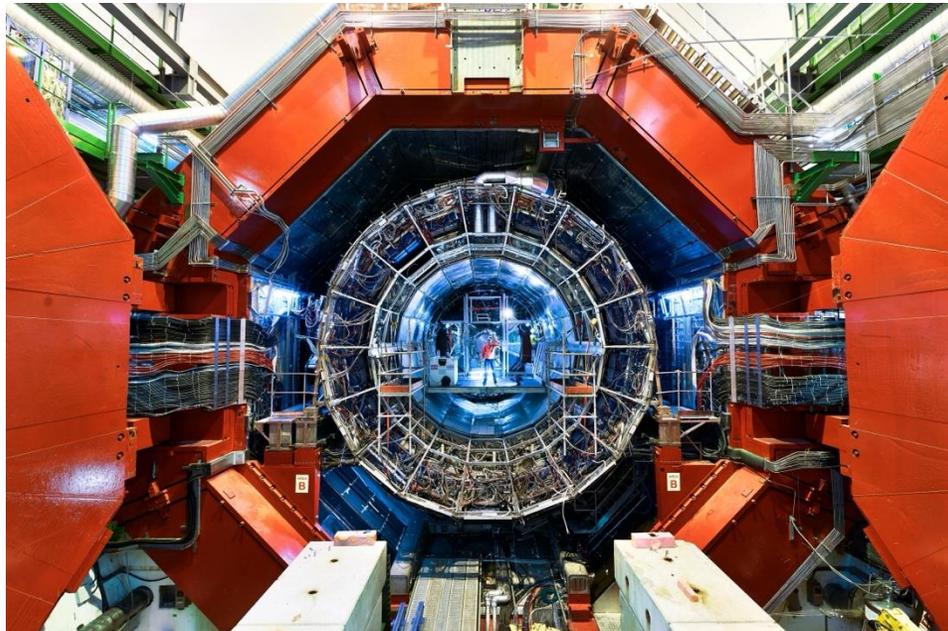
**Sofia Tomassini, Giovanni Malfattore, Nicola Rubini,
Francesca Ercolessi, Pietro Antonioli**

Bologna

14 Marzo 2025

Obiettivo

Ricerca di **particelle strane** prodotte in collisioni protone-protone (p-p) e nuclei di piombo (Pb-Pb) in LHC grazie all'esperimento **ALICE**



Modello Standard

Il Modello Standard è la teoria che descrive 3 delle 4 **interazioni** fondamentali

- Elettromagnetica
- Forte
- Debole

e classifica le particelle elementari.

<https://www.particlezoo.net/>



	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	$\approx 125.11 \text{ GeV}/c^2$
charge	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	0	0
spin	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	0
	u up	c charm	t top	g gluon	H higgs
	d down	s strange	b bottom	γ photon	
	e electron	μ muon	τ tau	Z Z boson	
	ν_e electron neutrino	ν_μ muon neutrino	ν_τ tau neutrino	W W boson	

QUARKS (left side of the table)

LEPTONS (left side of the table)

GAUGE BOSONS VECTOR BOSONS (bottom right of the table)

SCALAR BOSONS (right side of the table)

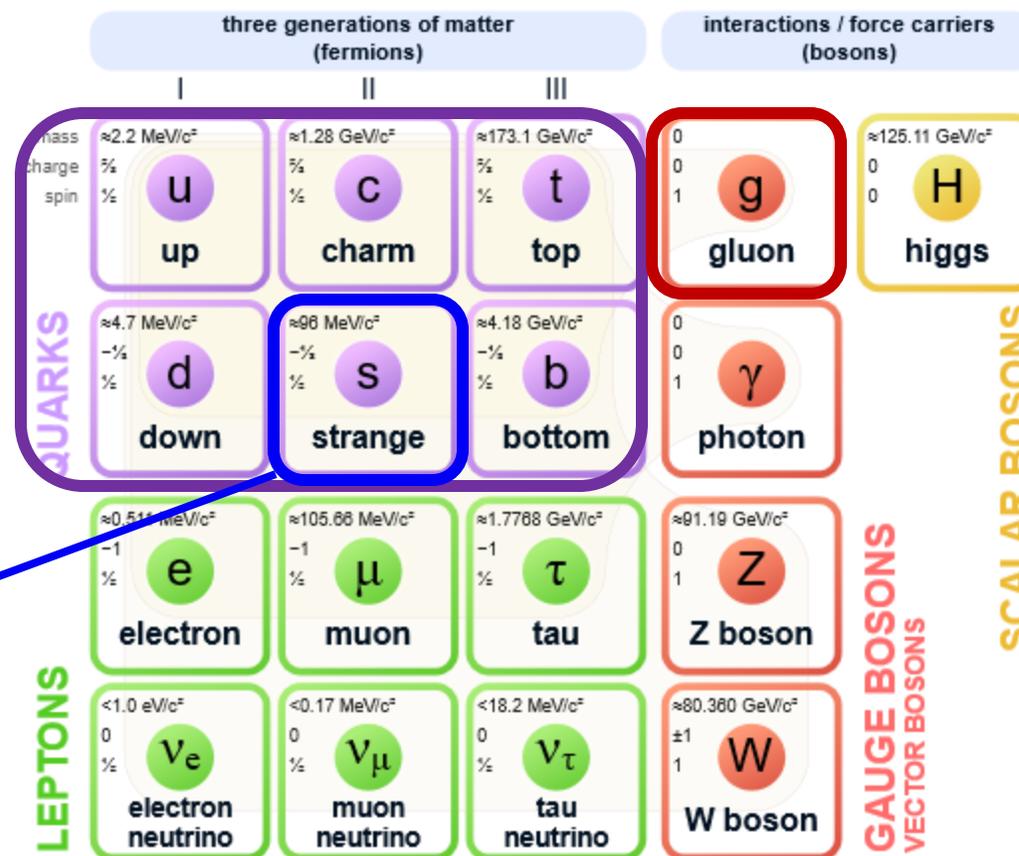
Modello Standard

LHC è un acceleratore di **adroni**: particelle composte da **quark** legati fra loro dalla forza nucleare forte mediata dai **gluoni**.

I quark sono **confinati** all'interno degli adroni.

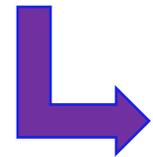
Protoni e neutroni sono adroni formati da quark UP e DOWN.

Le particelle strane contengono **almeno** un quark **STRANGE**.

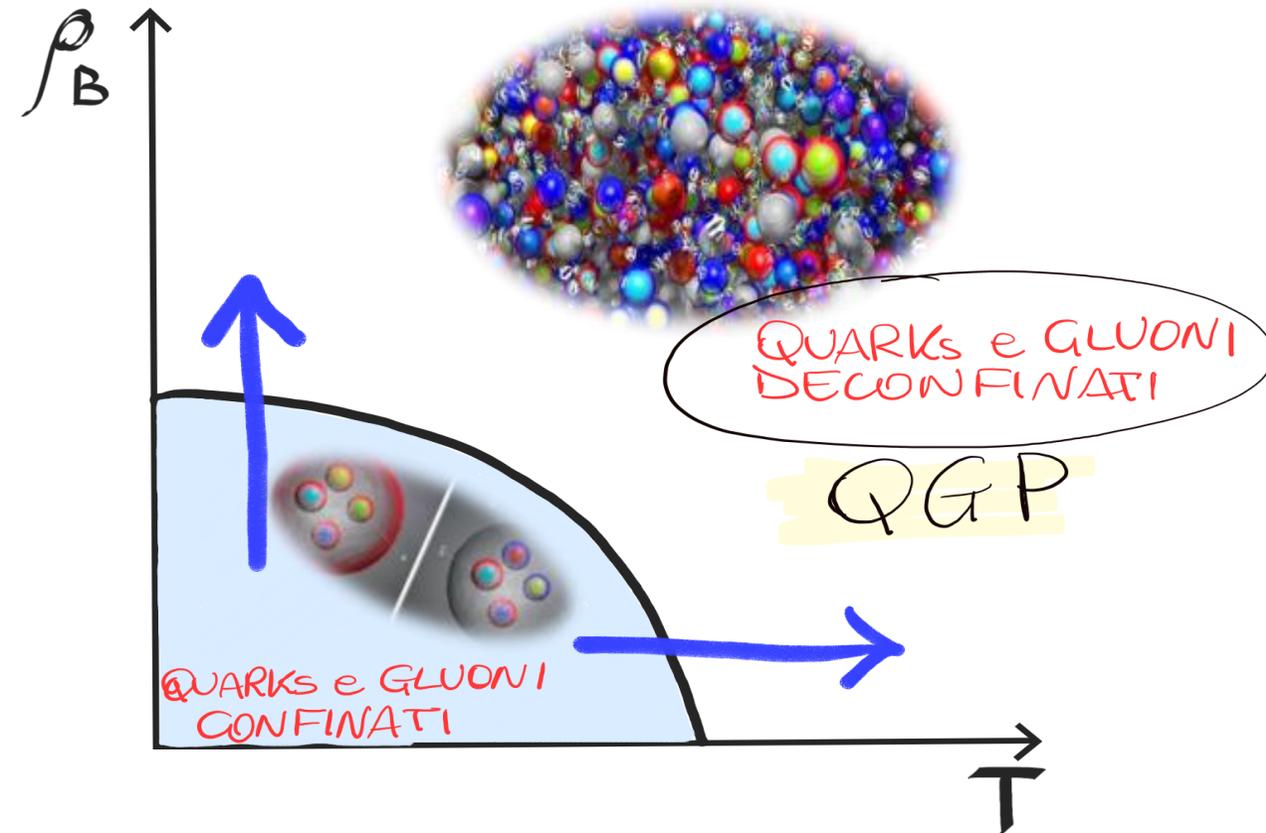


Quark-Gluon Plasma

La teoria delle interazioni forti (cromodinamica quantistica, QCD) predice che a **temperature e densità molto elevate** (200 miliardi di gradi, 100 mila volte il nucleo del Sole!) quark e gluoni vanno incontro a una transizione di fase: non sono più confinati ma **liberi** di muoversi fuori dagli adroni.

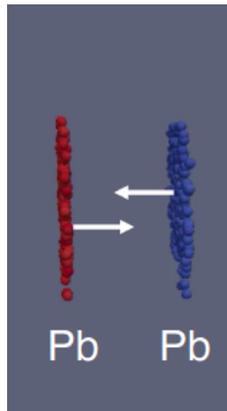


nuovo stato di quark e gluoni
deconfinati:
Quark-Gluon Plasma!



QGP da collisione di ioni pesanti

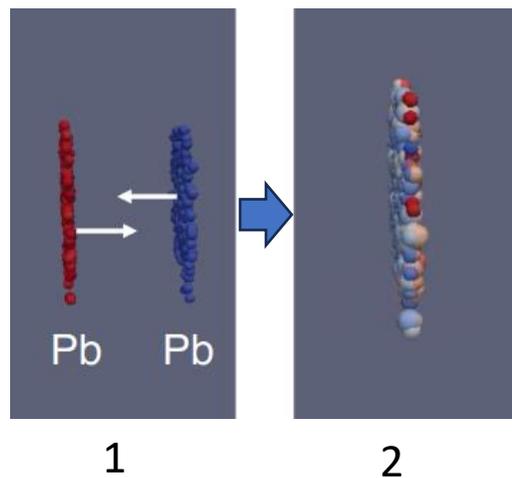
1. Due **nuclei pesanti** (come il Piombo) collidono a velocità prossime a quella della luce



1

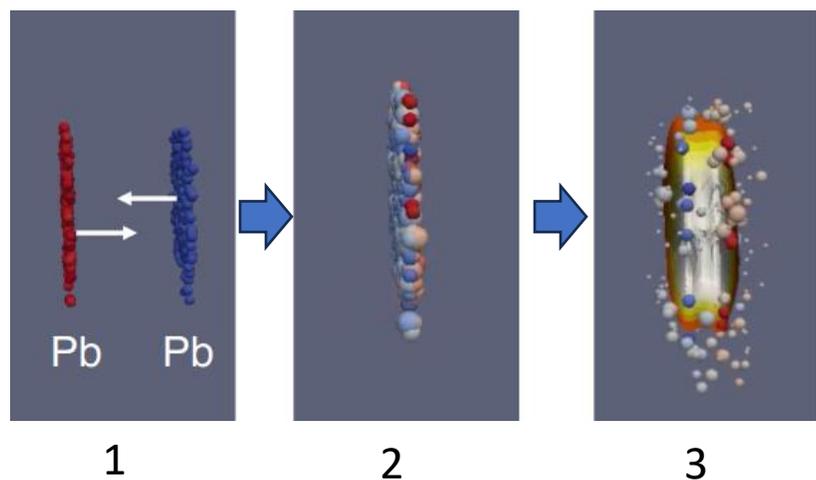
QGP da collisione di ioni pesanti

1. Due **nuclei pesanti** (come il Piombo) collidono a velocità prossime a quella della luce
2. Nella collisione si crea una condizione di altissima temperatura e densità



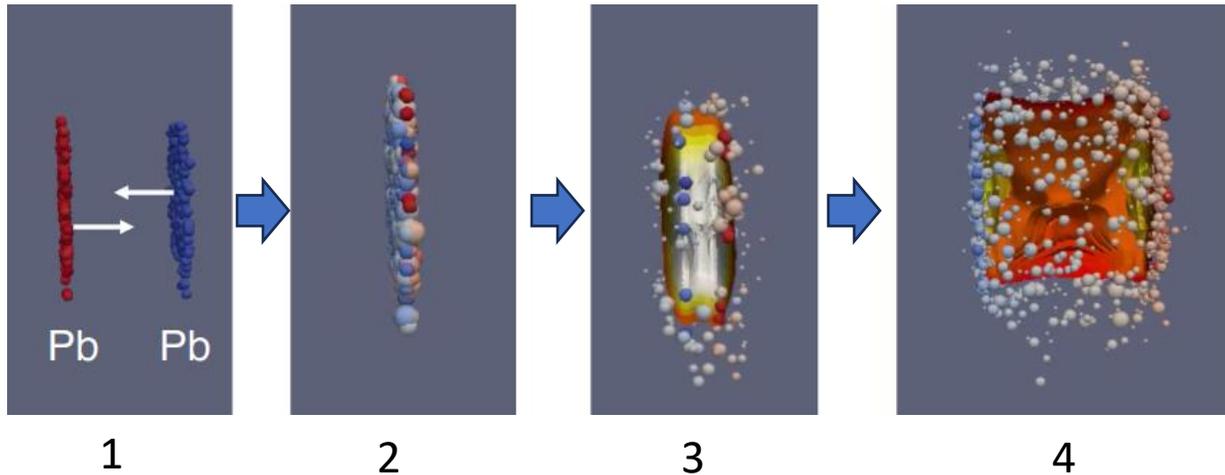
QGP da collisione di ioni pesanti

1. Due **nuclei pesanti** (come il Piombo) collidono a velocità prossime a quella della luce
2. Nella collisione si crea una condizione di altissima temperatura e densità
3. In queste condizioni si forma il **QGP**



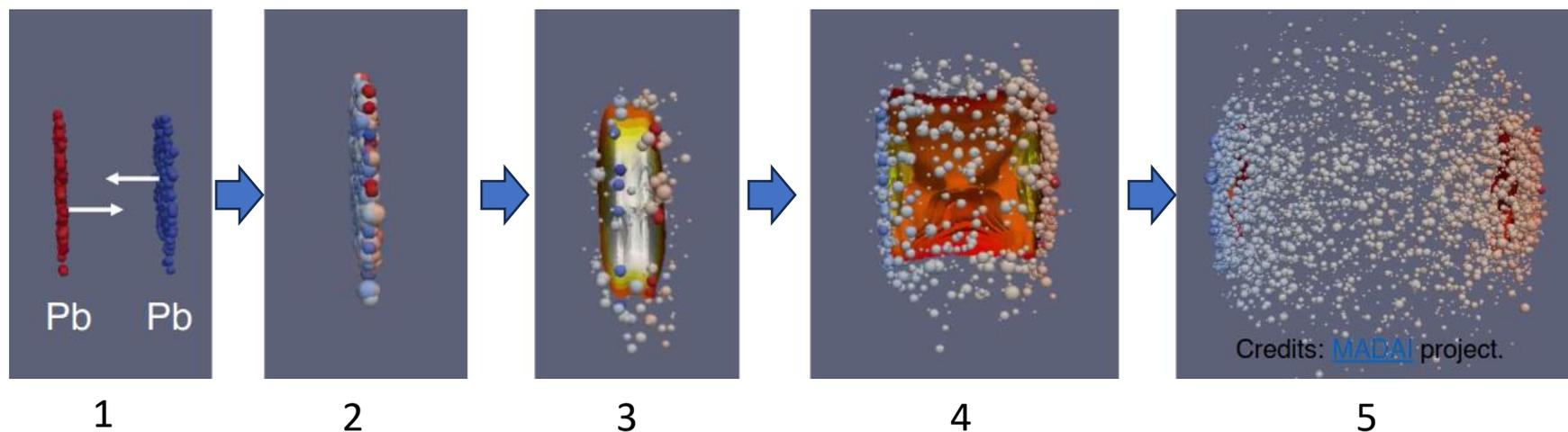
QGP da collisione di ioni pesanti

1. Due **nuclei pesanti** (come il Piombo) collidono a velocità prossime a quella della luce
2. Nella collisione si crea una condizione di altissima temperatura e densità
3. In queste condizioni si forma il **QGP**
4. Quark e gluoni formano un mezzo in equilibrio termico che si espande e si raffredda



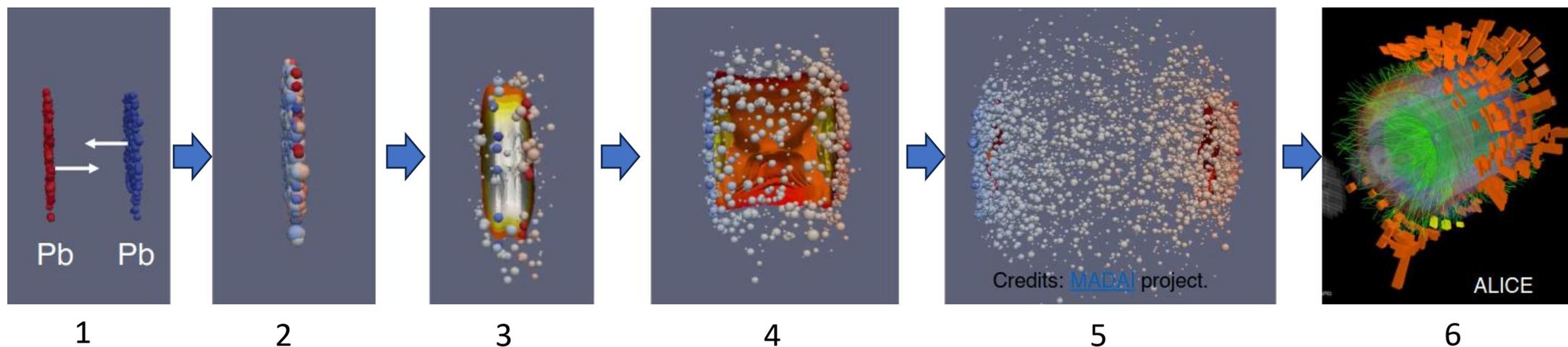
QGP da collisione di ioni pesanti

1. Due **nuclei pesanti** (come il Piombo) collidono a velocità prossime a quella della luce
2. Nella collisione si crea una condizione di altissima temperatura e densità
3. In queste condizioni si forma il **QGP**
4. Quark e gluoni formano un mezzo in equilibrio termico che si espande e si raffredda
5. Quando la temperatura del QGP scende sotto ai 10^{12} gradi, quark e gluoni si aggregano formando particelle strane (circa 10^{-23} s dopo la collisione!)



QGP da collisione di ioni pesanti

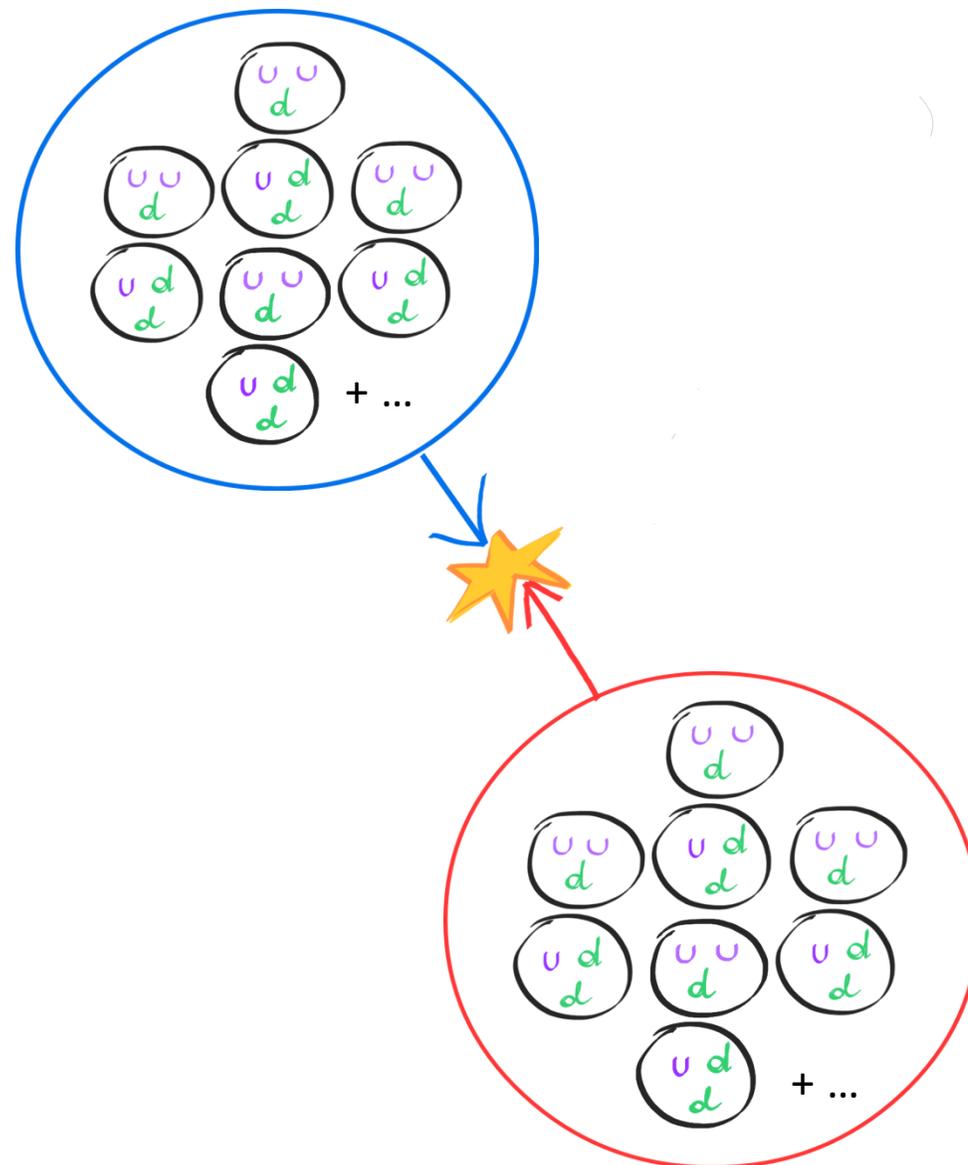
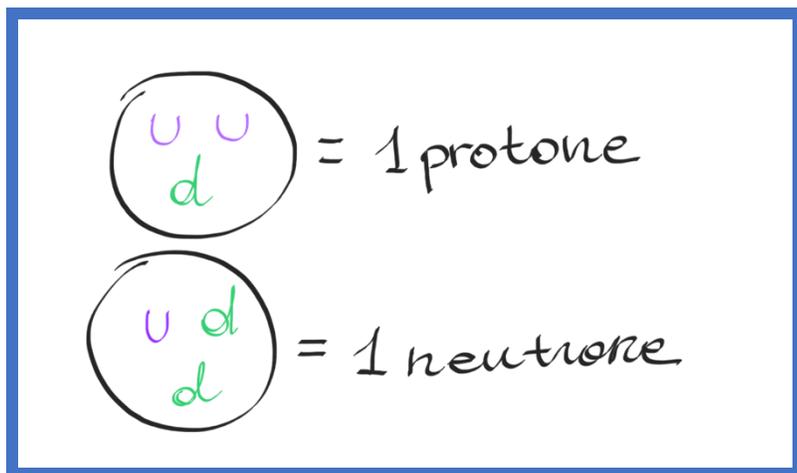
1. Due **nuclei pesanti** (come il Piombo) collidono a velocità prossime a quella della luce
2. Nella collisione si crea una condizione di altissima temperatura e densità
3. In queste condizioni si forma il **QGP**
4. Quark e gluoni formano un mezzo in equilibrio termico che si espande e si raffredda
5. Quando la temperatura del QGP scende sotto ai 10^{12} gradi, quark e gluoni si aggregano formando particelle strane (circa 10^{-23} s dopo la collisione!)
6. Le particelle strane vengono rivelate da **ALICE**



Particelle Strane

Stato iniziale

- solo quarks **UP** e **DOWN** (in protoni e neutroni)



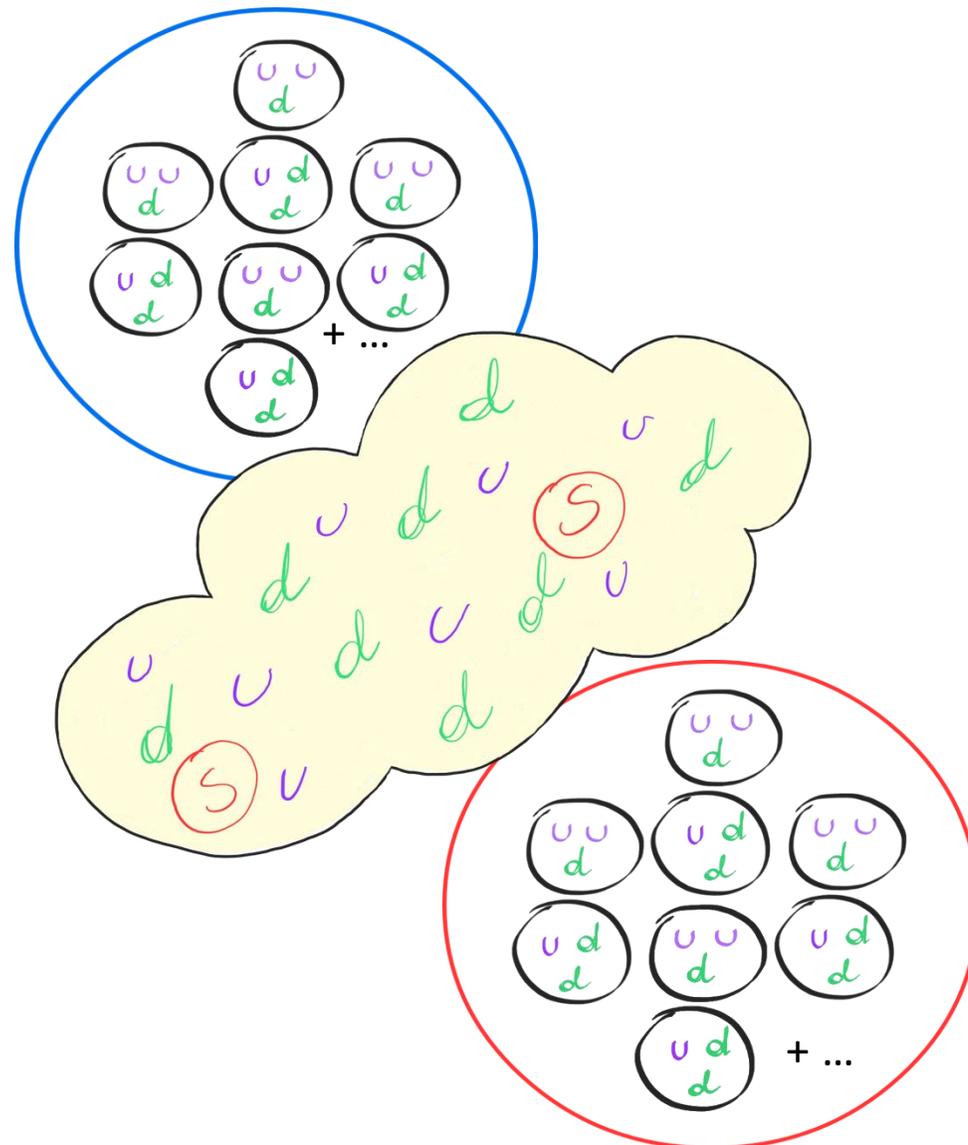
Particelle Strane

Stato iniziale

- solo quarks **UP** e **DOWN**

Stato QGP

- quarks **STRANI** creati dall'energia cinetica dei nuclei collidenti



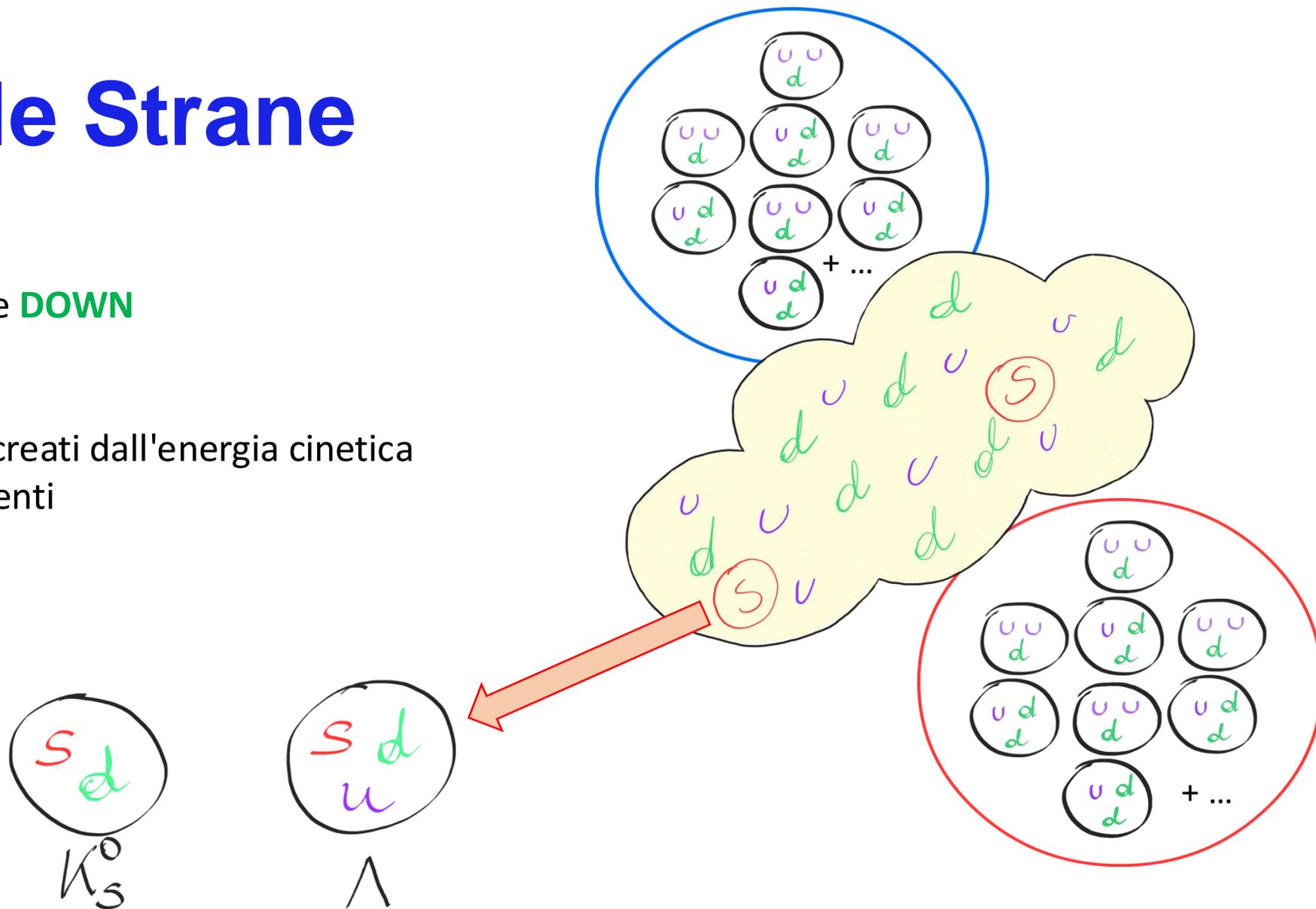
Particelle Strane

Stato iniziale

- solo quarks **UP** e **DOWN**

Stato QGP

- quarks **STRANI** creati dall'energia cinetica dei nuclei collidenti



Particelle Strane

Stato iniziale

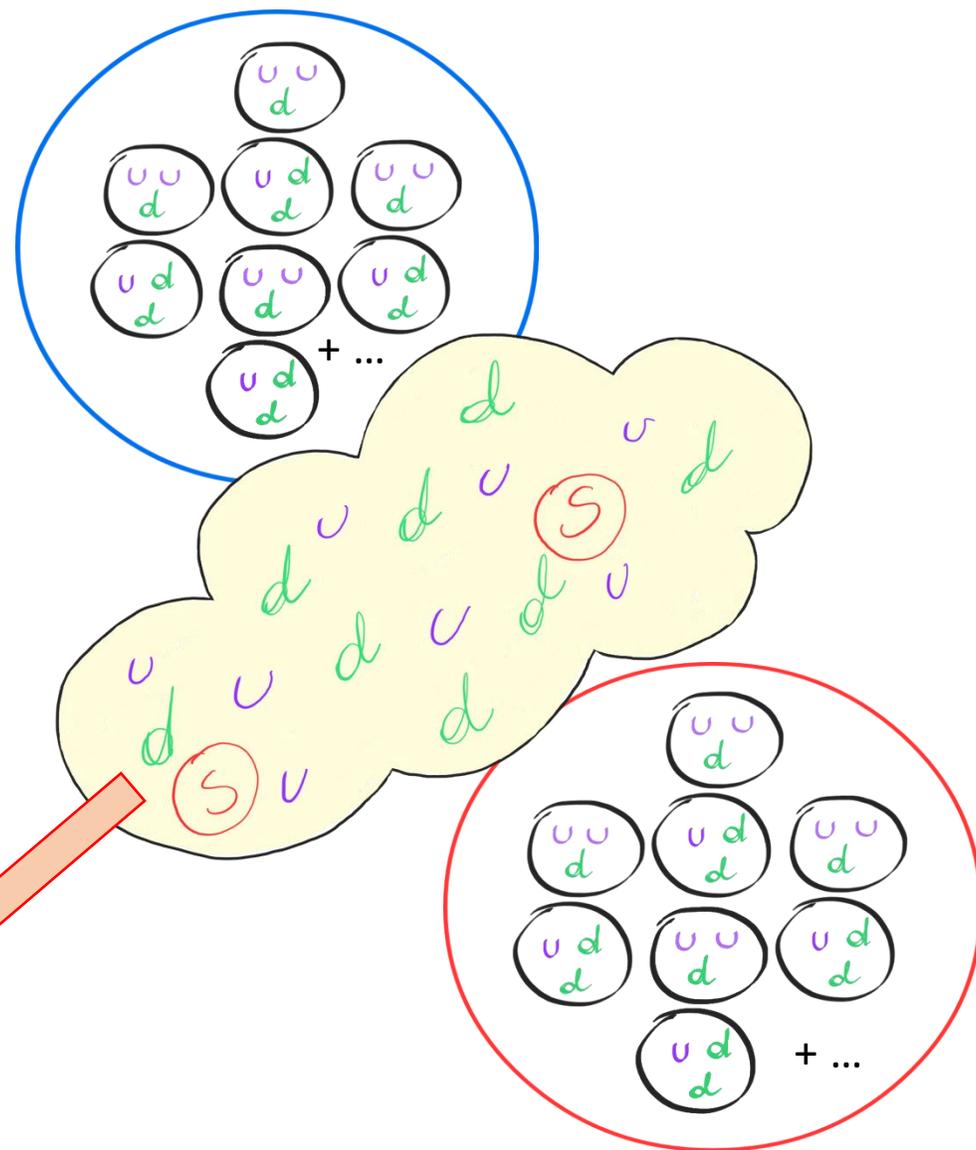
- solo quarks UP e DOWN

Stato QGP

- Presenza di quarks STRANI creati dall'energia cinetica dei nuclei collidenti

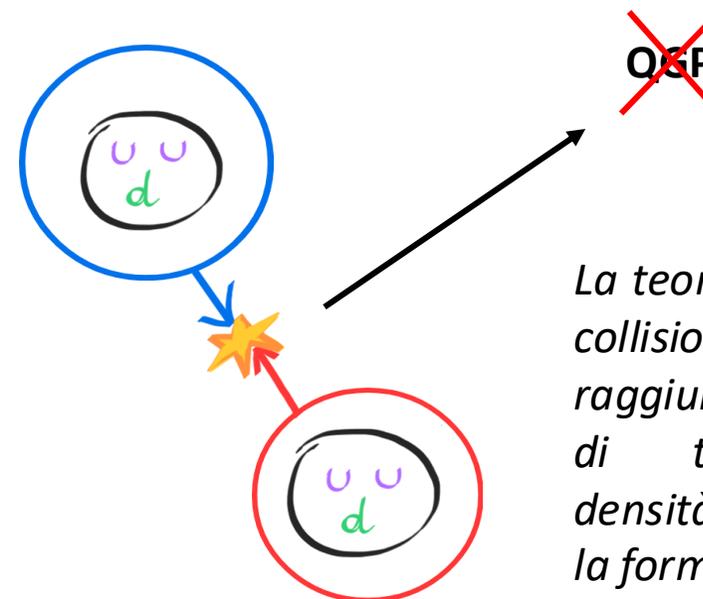
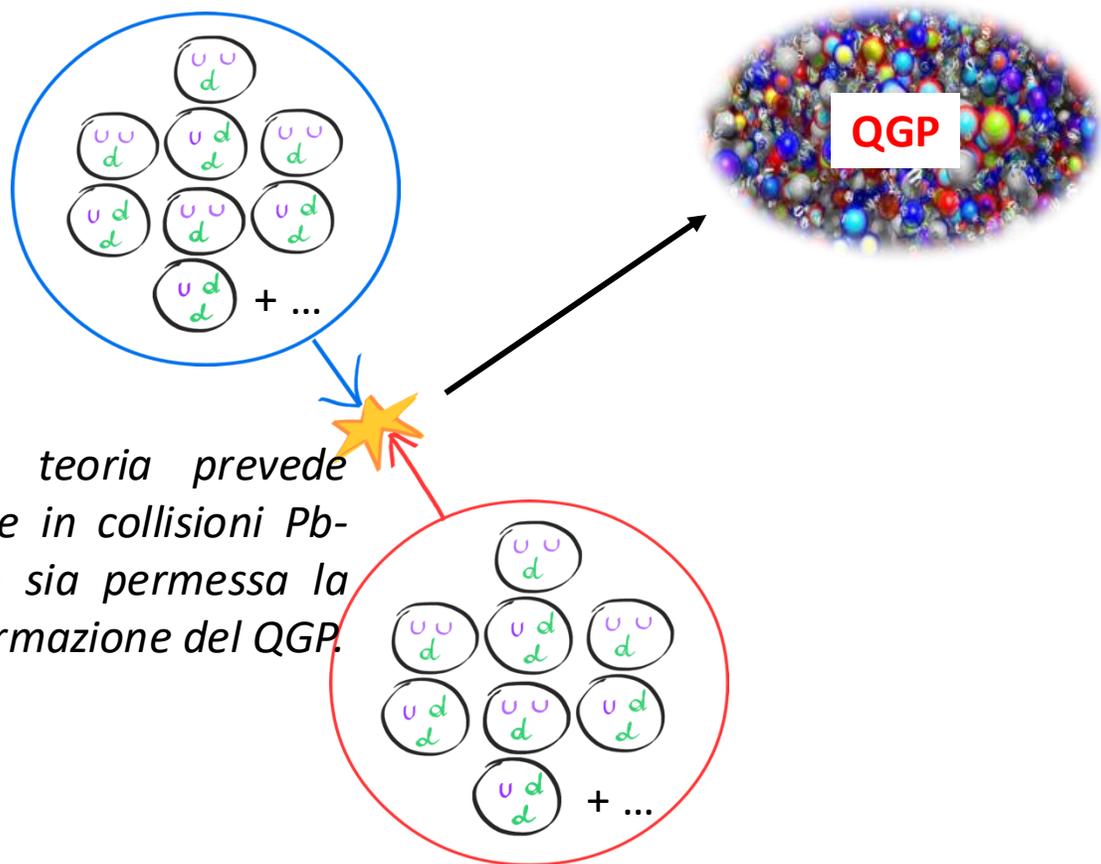
Prova sperimentale del
QGP:

**aumento di
stranezza**



Collisioni Pb-Pb VS p-p

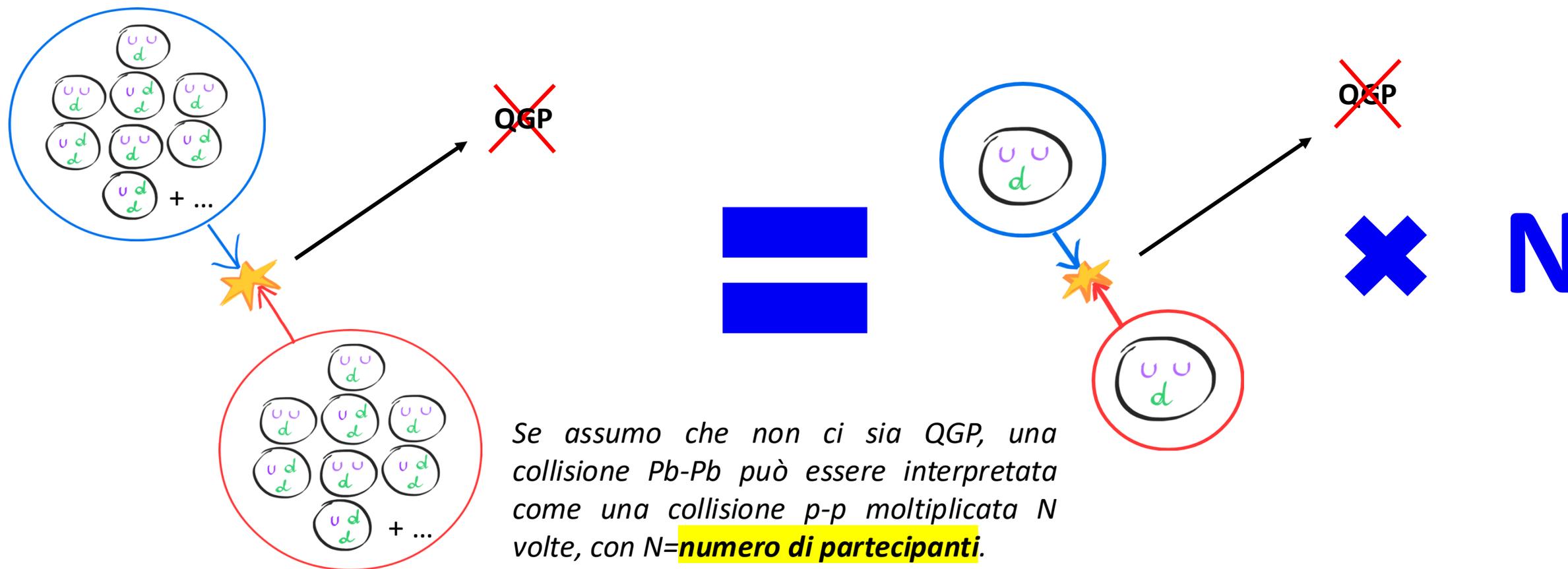
Come posso confrontare collisioni Pb-Pb e p-p e capire se si è formato il QGP?



La teoria prevede che in collisioni Pb-Pb sia permessa la formazione del QGP.

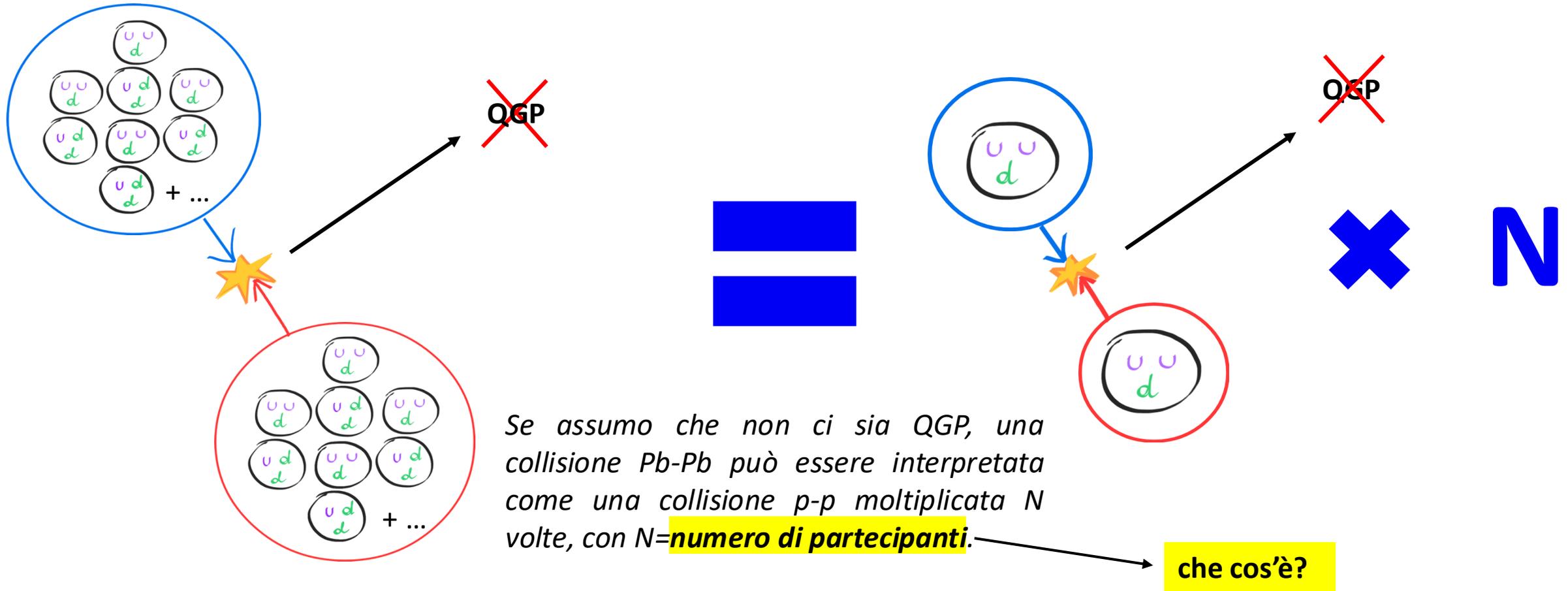
La teoria prevede che in collisioni pp **non** si raggiungono condizioni di temperatura e densità che permettono la formazione del QGP.

Se non si forma QGP...



*Se assumo che non ci sia QGP, una collisione Pb-Pb può essere interpretata come una collisione p-p moltiplicata N volte, con N=**numero di partecipanti**.*

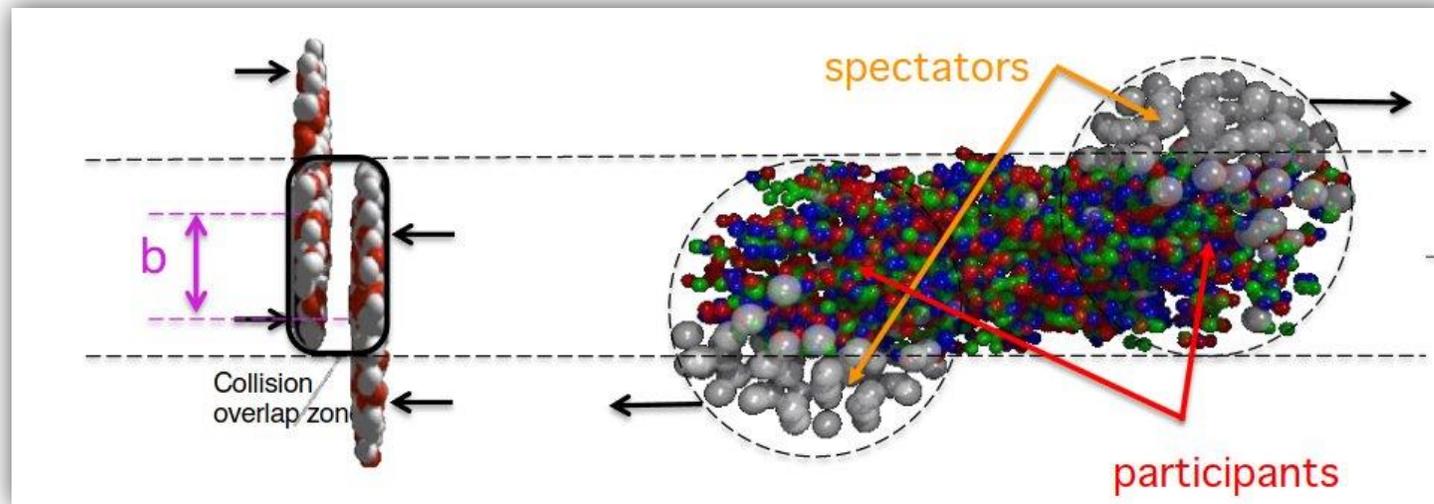
Se non si forma QGP...



Centralità di una collisione

Quando due ioni Pb collidono

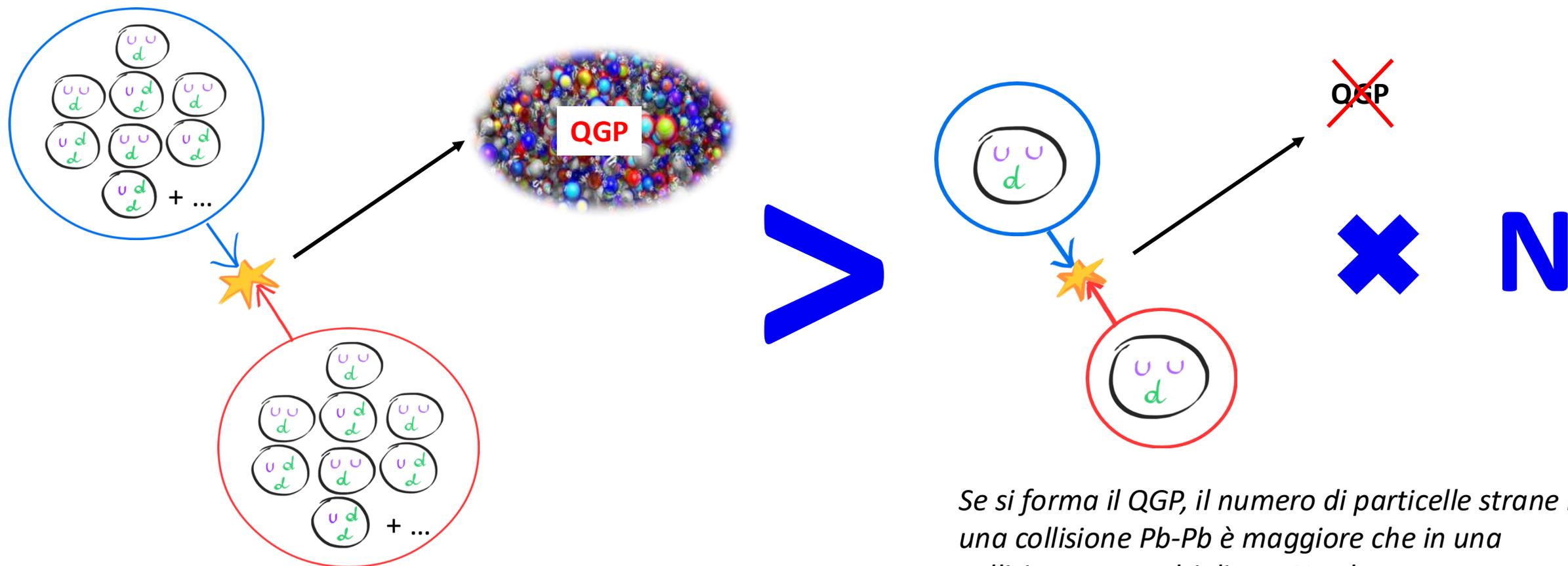
- solo i nucleoni nella zona che si sovrappone collidono e producono QGP: sono i **PARTECIPANTI**
- Gli altri continuano a muoversi senza collidere: sono gli **SPETTATORI**



Più una collisione è *centrale*, più la zona di sovrapposizione è grande, e quindi è grande il numero di partecipanti.

Ci aspettiamo che il numero di particelle strane **AUMENTI** con l'aumento di centralità!

Se invece si forma QGP...



Se si forma il QGP, il numero di particelle strane in una collisione Pb-Pb è maggiore che in una collisione p-p moltiplicata N volte.

Prova di QGP

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



AUMENTO DI STRANEZZA:
Si è formato QGP!

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



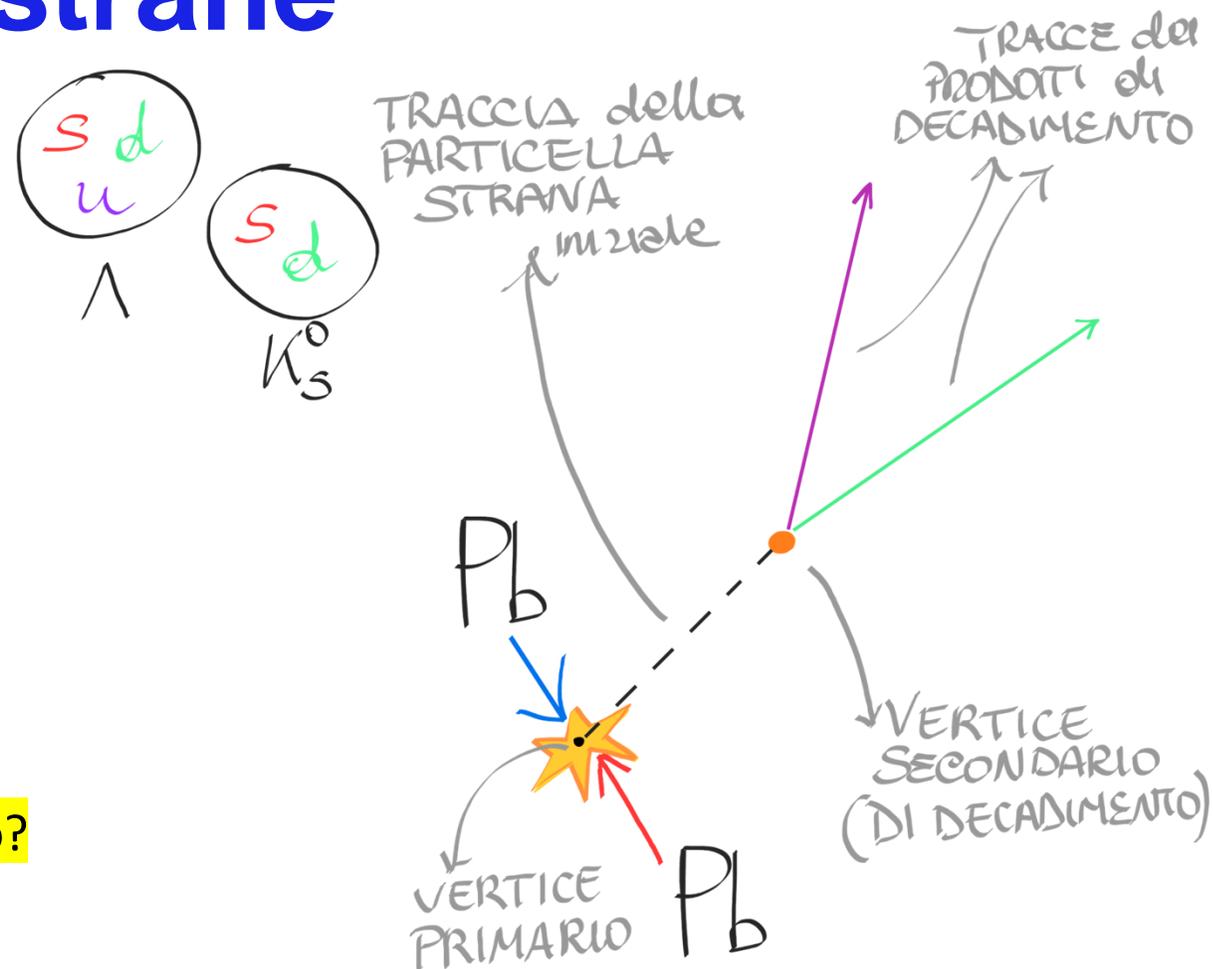
Non si è formato QGP

Rivelare particelle strane

Le particelle strane percorrono alcuni cm e poi **decadono** in altre particelle.

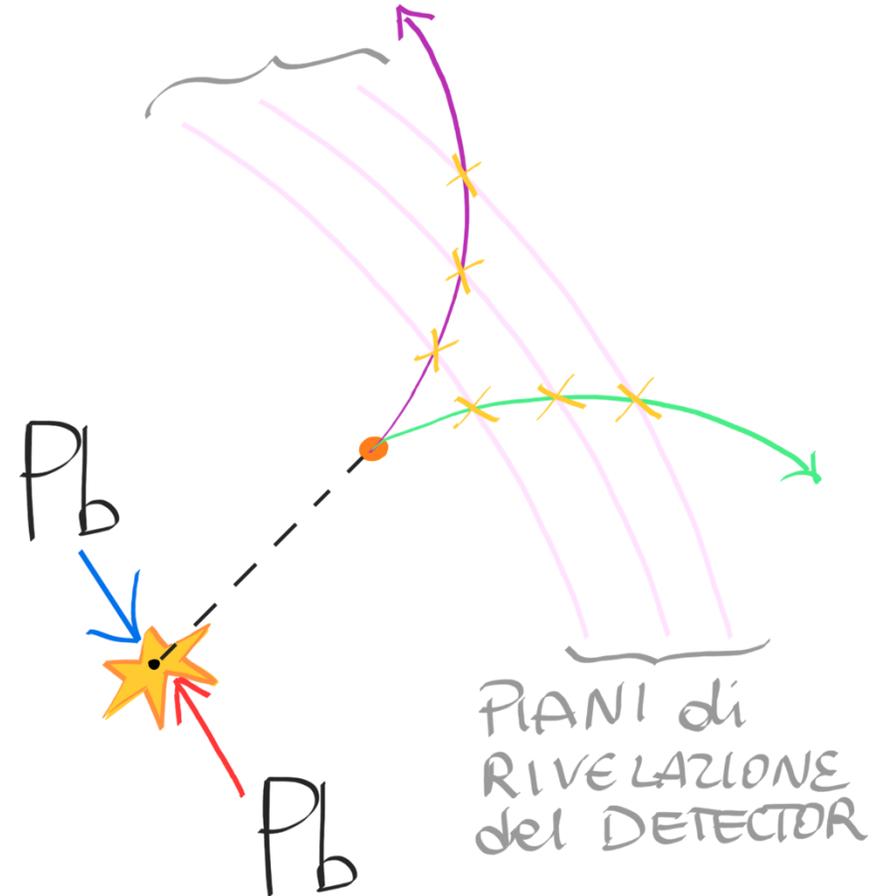
Noi identifichiamo i **prodotti di decadimento** che variano in base alla particella.

Come identifichiamo i prodotti di decadimento?



Rivelare particelle strane

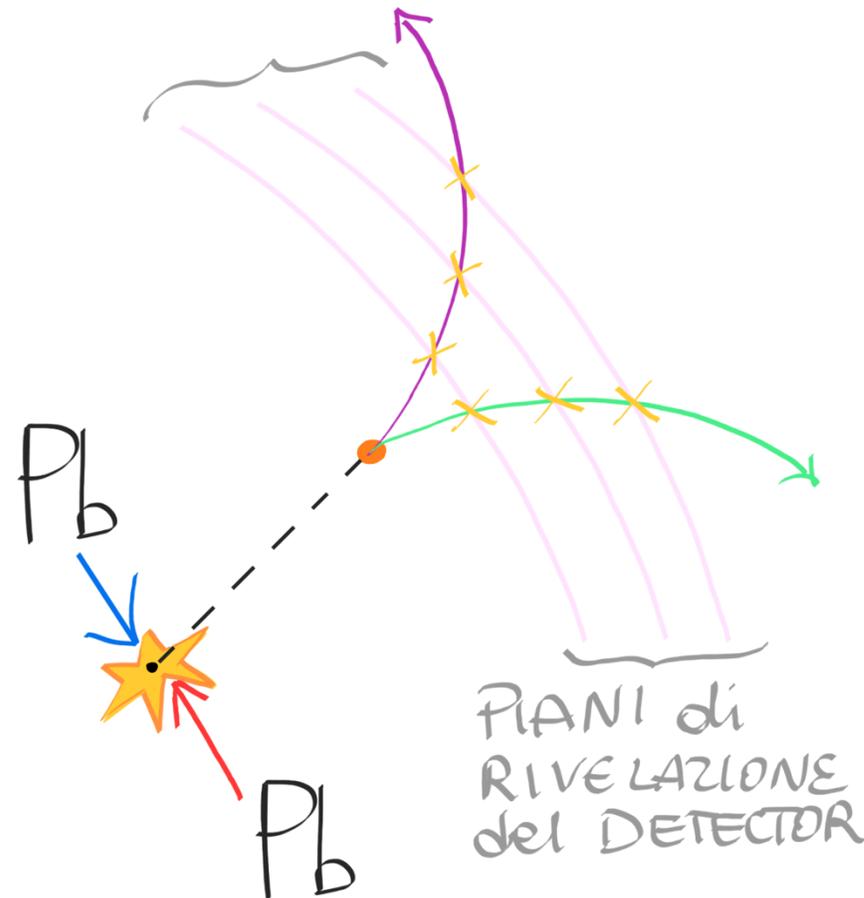
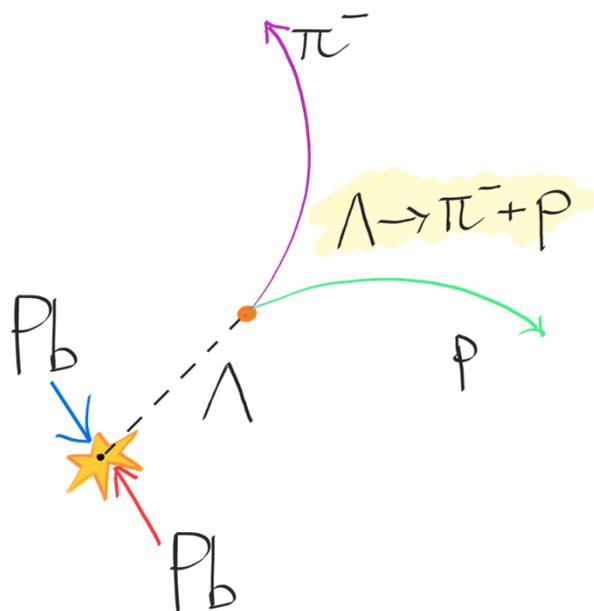
Nel detector, curvando le traiettorie delle particelle con un campo magnetico, identifichiamo le particelle prodotte nel decadimento.



Rivelare particelle strane

Nel detector, curvando le traiettorie delle particelle con un campo magnetico, identifichiamo le particelle prodotte nel decadimento.

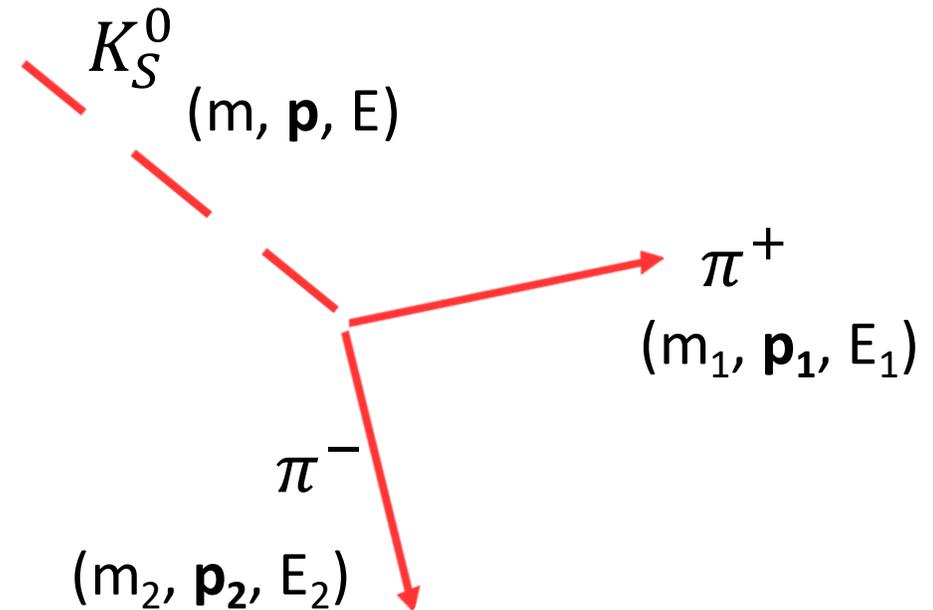
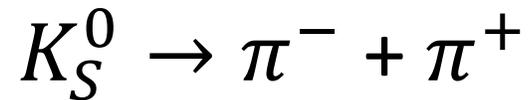
Ad esempio:



Il metodo della massa invariante

La variabile che osserviamo per determinare l'identità delle particelle prodotte dal decadimento di una particella strana è la **massa invariante**.

Consideriamo ad esempio un Kaone K formato da un quark STRANGE ed un quark DOWN che decade in due pioni:



Il metodo della massa invariante

Conservazione **energia**:

- $E = E_1 + E_2$

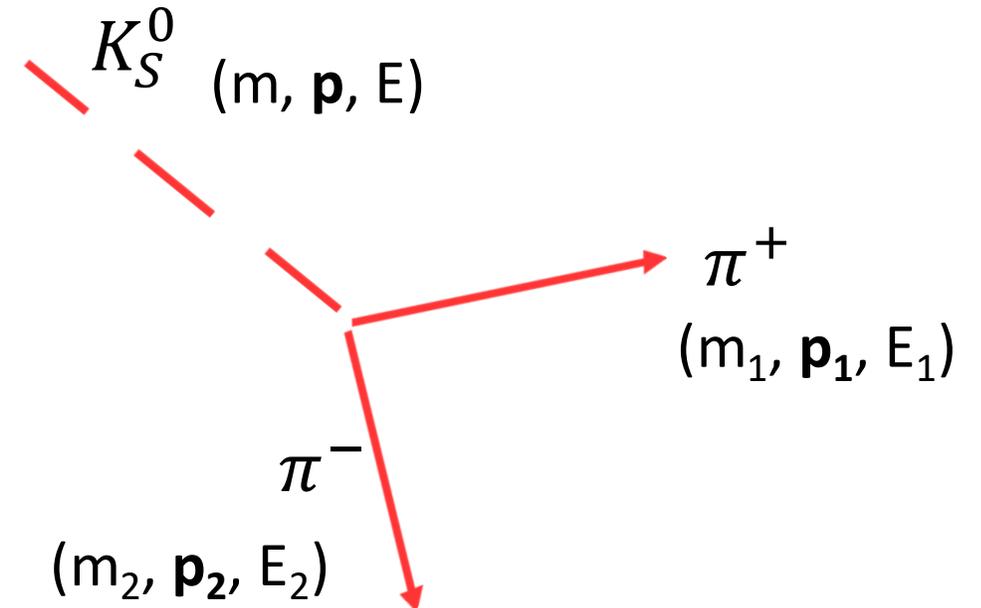
Conservazione della **quantità di moto**:

- $\mathbf{p} = \mathbf{p}_1 + \mathbf{p}_2$

Dalla relatività (supponendo $c=1$)

$$E^2 = \mathbf{p}^2 + m^2$$

dove $p = |\mathbf{p}|$ (modulo del vettore \mathbf{p})



Il metodo della massa invariante

Conservazione **energia**:

- $E = E_1 + E_2$

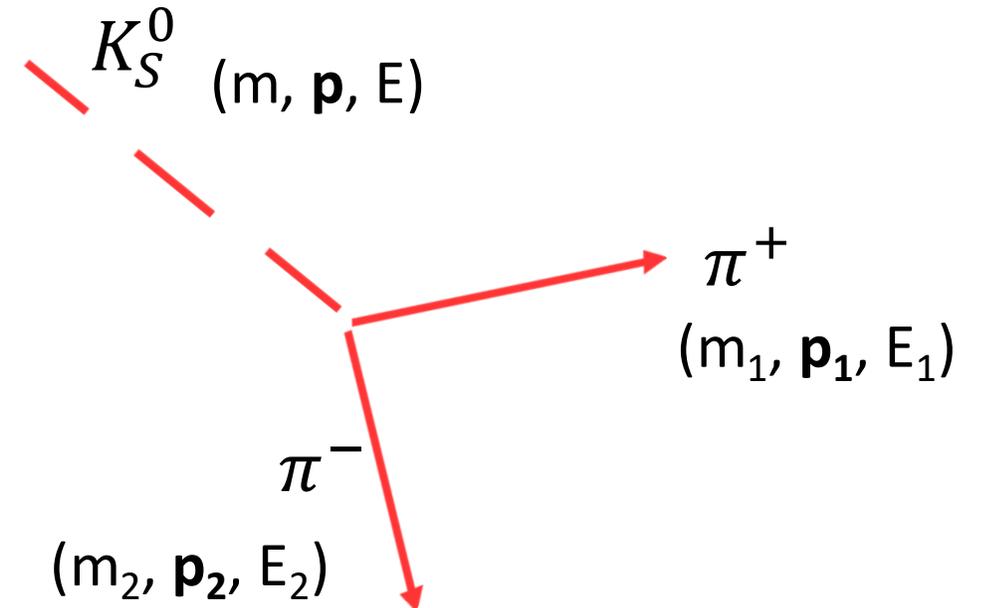
Conservazione della **quantità di moto**:

- $\mathbf{p} = \mathbf{p}_1 + \mathbf{p}_2$

Dalla relatività (supponendo $c=1$)

$$E^2 = \mathbf{p}^2 + m^2$$

dove $p = |\mathbf{p}|$ (modulo del vettore \mathbf{p})



Il metodo della massa invariante

$$m^2 = E^2 - p^2$$

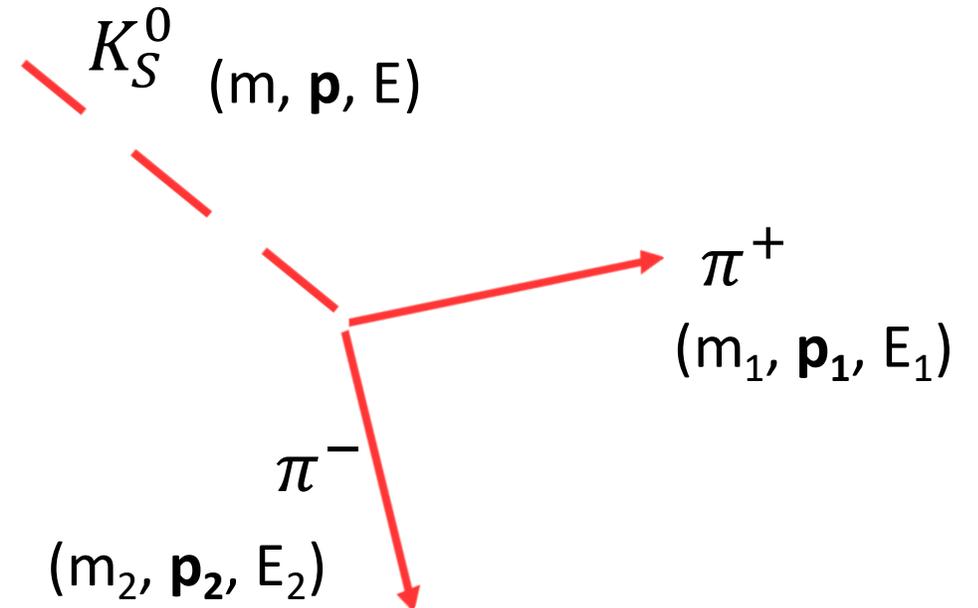
$$= (E_1 + E_2)^2 - (\mathbf{p}_1 + \mathbf{p}_2)^2$$

$$= E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2 - \mathbf{p}_1 \cdot \mathbf{p}_1 - \mathbf{p}_2 \cdot \mathbf{p}_2 - 2\mathbf{p}_1 \cdot \mathbf{p}_2$$

prodotti scalari



$$= m_1^2 + m_2^2 + 2E_1E_2 - 2\mathbf{p}_1 \cdot \mathbf{p}_2$$



Il metodo della massa invariante

$$m^2 = E^2 - p^2$$

$$= (E_1 + E_2)^2 - (\mathbf{p}_1 + \mathbf{p}_2)^2$$

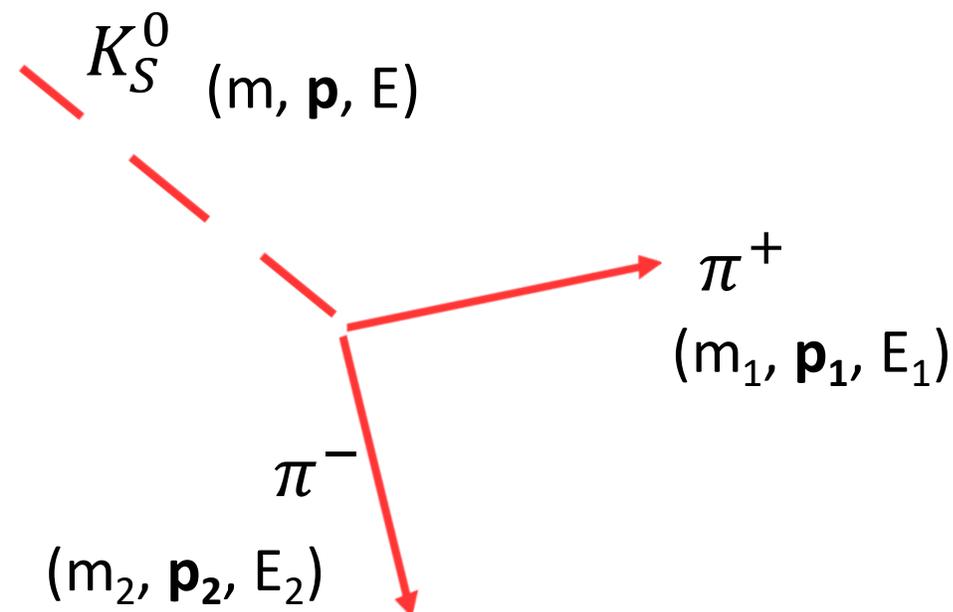
$$= E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2 - \mathbf{p}_1 \cdot \mathbf{p}_1 - \mathbf{p}_2 \cdot \mathbf{p}_2 - 2\mathbf{p}_1 \cdot \mathbf{p}_2$$

prodotti scalari

$$= m_1^2 + m_2^2 + 2E_1E_2 - 2\mathbf{p}_1 \cdot \mathbf{p}_2$$

Misurate dai rivelatori per identificare le particelle!

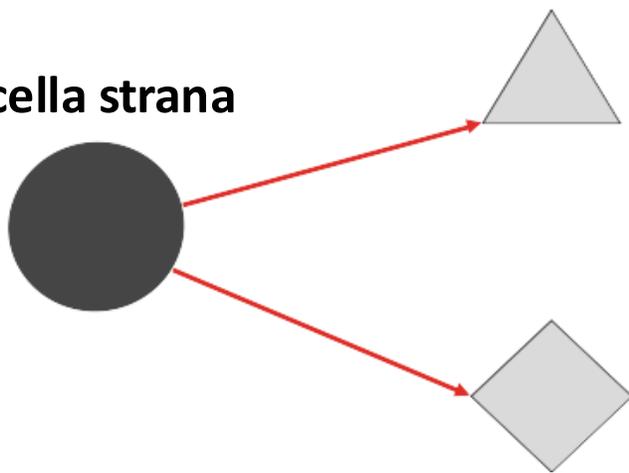
Misurando raggio di curvatura nel campo magnetico!



m del K_S^0 è 497.6 MeV

Il metodo della massa invariante

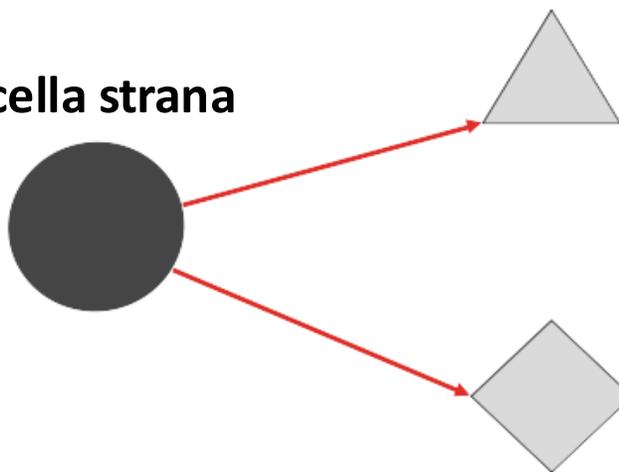
Particella strana



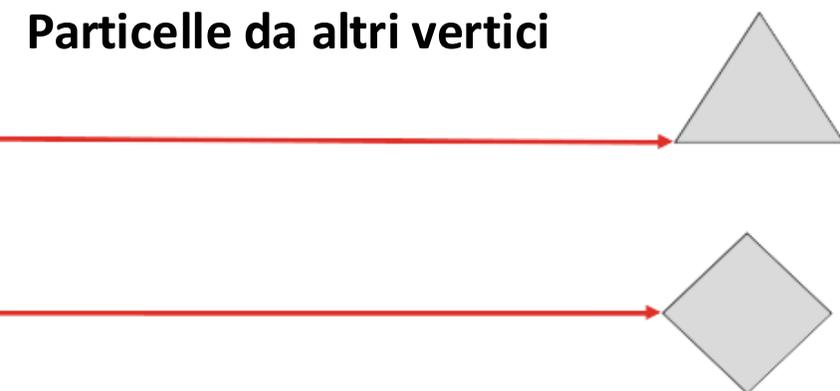
Prodotti di
decadimento

Il metodo della massa invariante

Particella strana

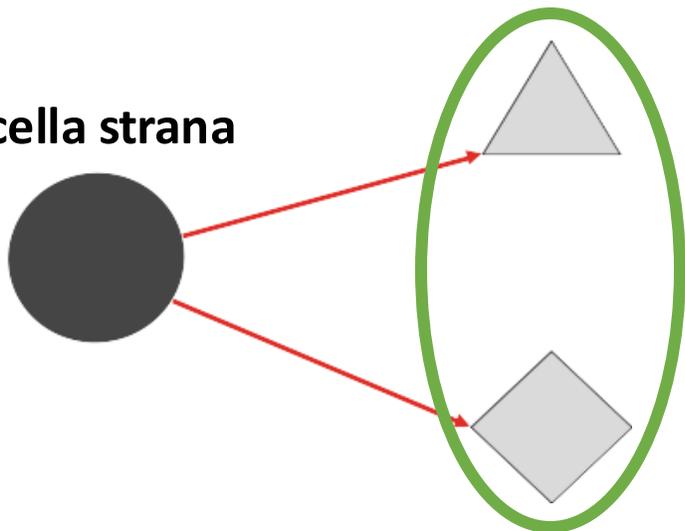


Particelle da altri vertici



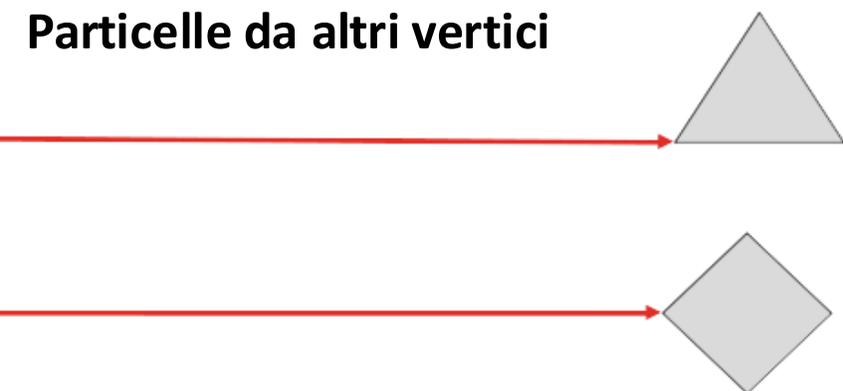
Il metodo della massa invariante

Particella strana

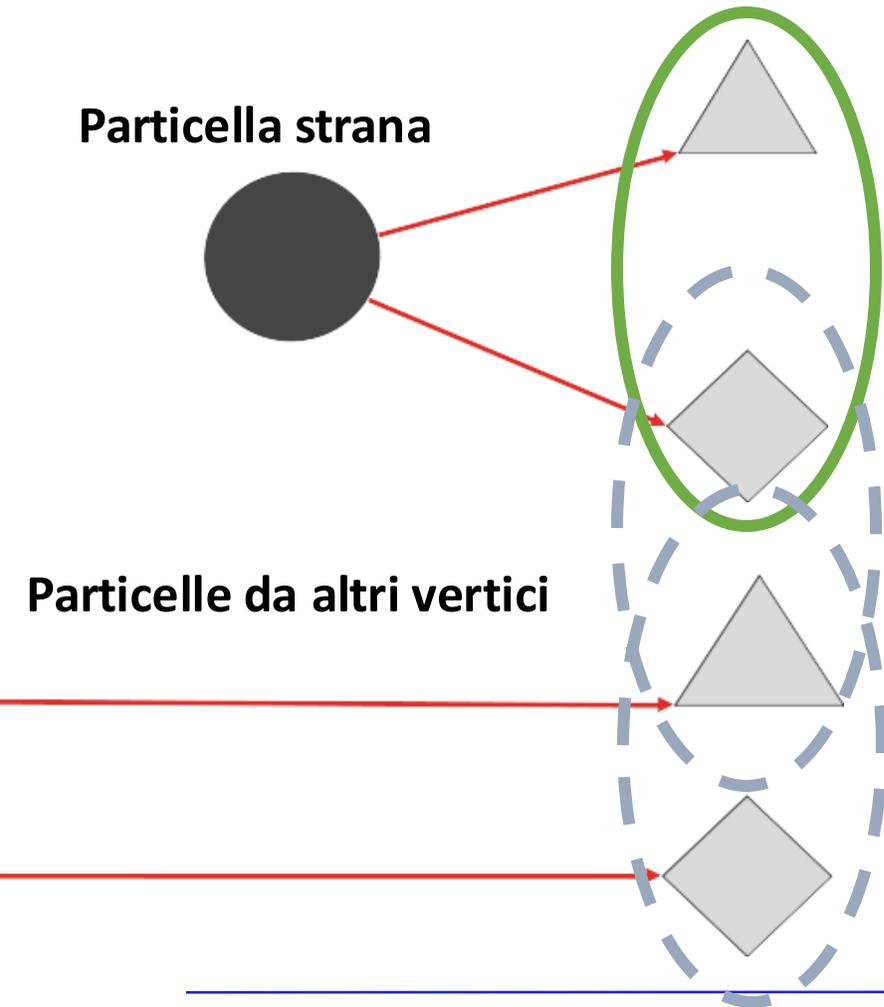


Segnale: se accoppio "bene" le particelle arrivano dalla particella corretta!

Particelle da altri vertici



Il metodo della massa invariante



Segnale: se accoppio "bene" le particelle arrivano dalla particella corretta!

Background: se accoppio "male" mi danno un risultato casuale.

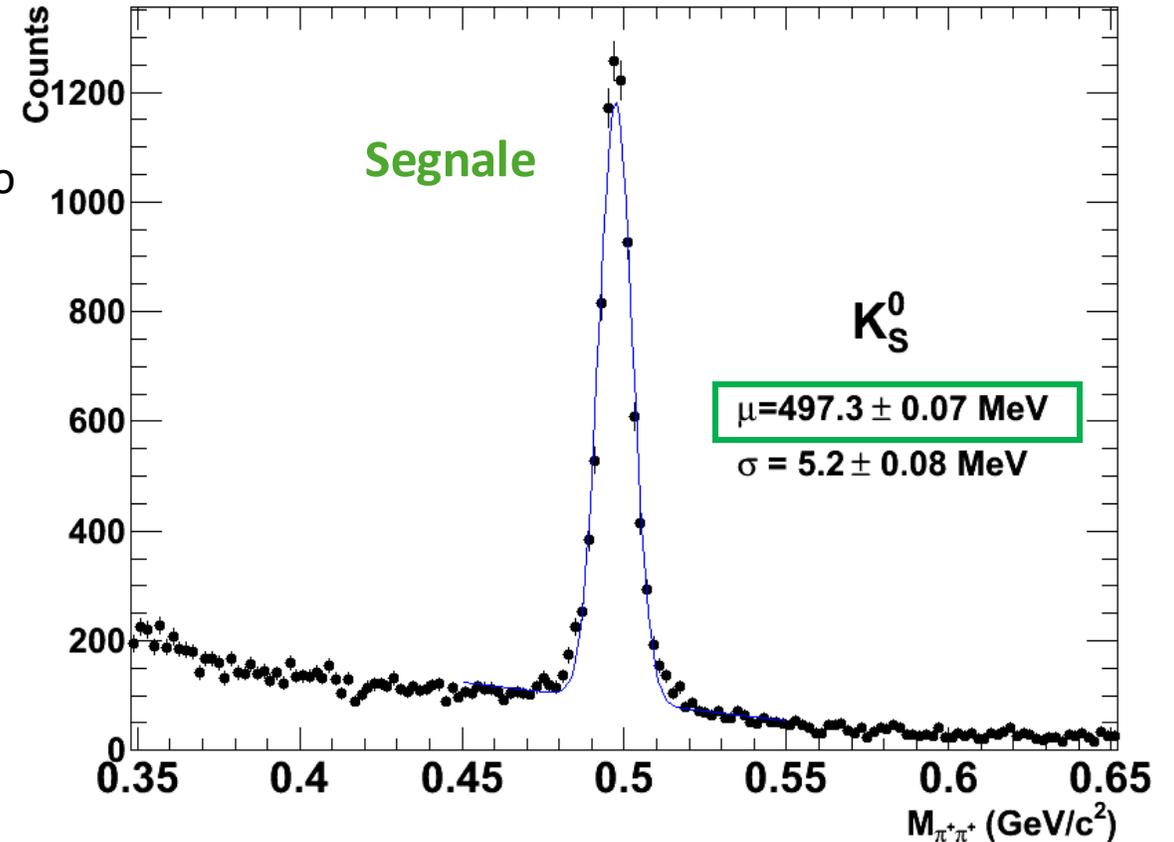
Il metodo della massa invariante

Calcolando la massa invariante m^2 , ricostruiamo la massa della particella strana che è decaduta .

Ogni volta che misuriamo una stessa quantità fisica non otteniamo *esattamente* lo stesso valore a causa dell'errore sperimentale.

Per questo il **Segnale** non è una linea verticale, ma un **picco "allargato"**.

La massa *ufficiale* del K_S^0 è 497.6 MeV



Il metodo della massa invariante

Calcolando la massa invariante m^2 , ricostruiamo la massa della particella strana che è decaduta .

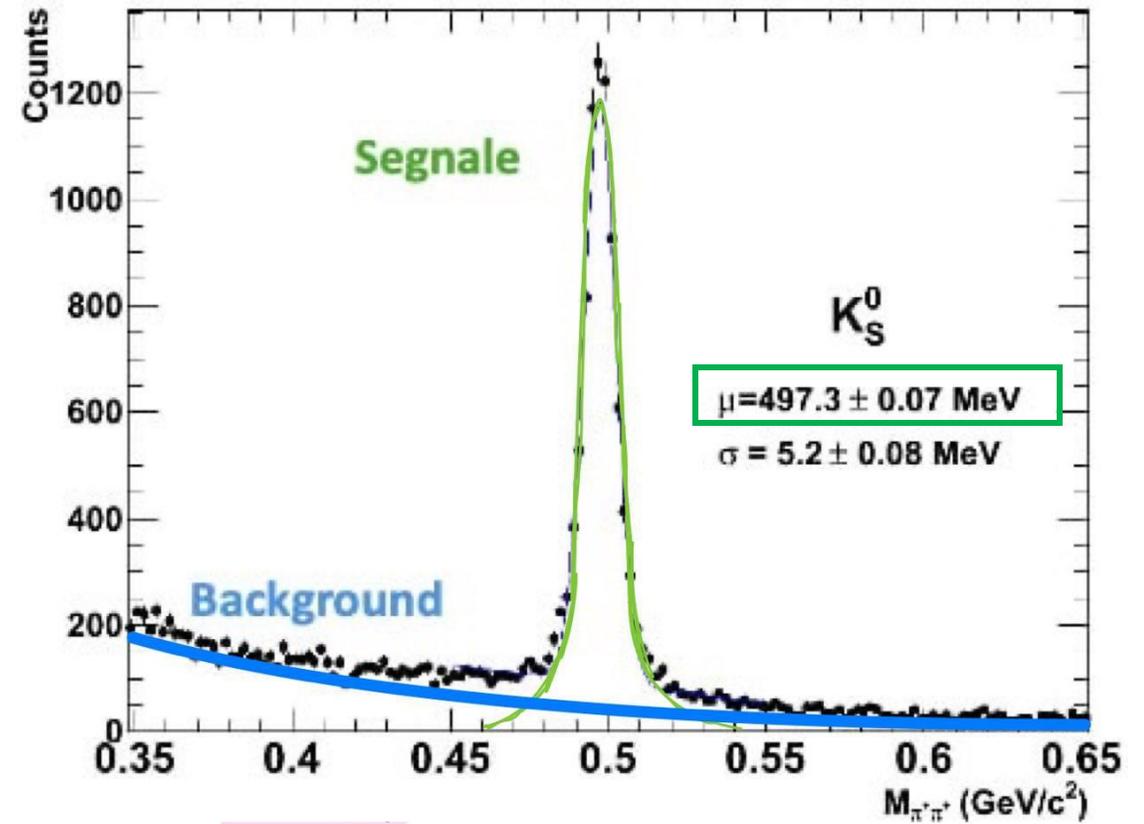
Ogni volta che misuriamo una stessa quantità fisica non otteniamo *esattamente* lo stesso valore a causa dell'errore sperimentale.

Per questo il **Segnale** non è una linea verticale, ma un **picco "allargato"**.

Il **Segnale** è *centrato* intorno ad un valore μ : è il valore di massa invariante risultante dalla nostra misura $\rightarrow \mu = 497.3 \text{ MeV}$
 \rightarrow È molto vicino alla massa *ufficiale* del K_S^0 (497.6 MeV)
 \rightarrow Quindi le tracce selezionate vengono dal decadimento di un K_S^0 !

Riusciamo a separare **Segnale** e **Background**

La massa *ufficiale* del K_S^0 è 497.6 MeV



Istruzioni pratiche

CERN Accelerating science

ALICE Masterclass EN

Welcome to the ALICE Masterclass!

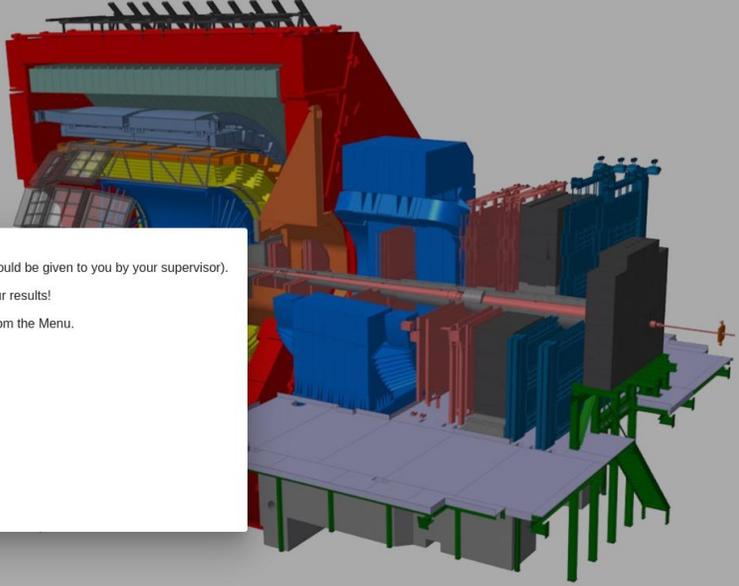


The ALICE Collaboration has built a dedicated detector to exploit the unique physics potential of nucleus-nucleus collisions at LHC energies. Our aim is to study the physics of strongly interacting matter at the highest energy densities reached so far in the laboratory. In such condition, an extreme phase of matter - called the quark-gluon plasma - is formed.

Our universe is thought to have been in such a primordial state for the first few million years after the Big Bang. The study of this phase are key issues for Quantum Chromo Dynamics, the understanding of confinement and the transition to the hadronic phase.

For this purpose, we are carrying out a comprehensive study of the hadrons, electrons and muons produced in nucleus-nucleus collisions. ALICE is also studying proton-proton and proton-nucleus collisions both as a control and as a tool to study the quark-gluon plasma.

If you wish, you can download and use a desktop version of the Masterclass:



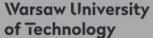
Please fill in your Student Number and the Session Password (both should be given to you by your supervisor).
You can skip this by clicking Cancel, but you won't be able to share your results!
You can return to this window later by selecting the Password option from the Menu.

Student Number *

Session Password *

 European Funds
Knowledge Education Development

 Republic of Poland

 Warsaw University of Technology

 European Union
European Social Fund

Copyright © 2022 CERN, Warsaw University of Technology
Piotr Nowakowski, Łukasz Graczykowski, Małgorzata Janik

Istruzioni pratiche



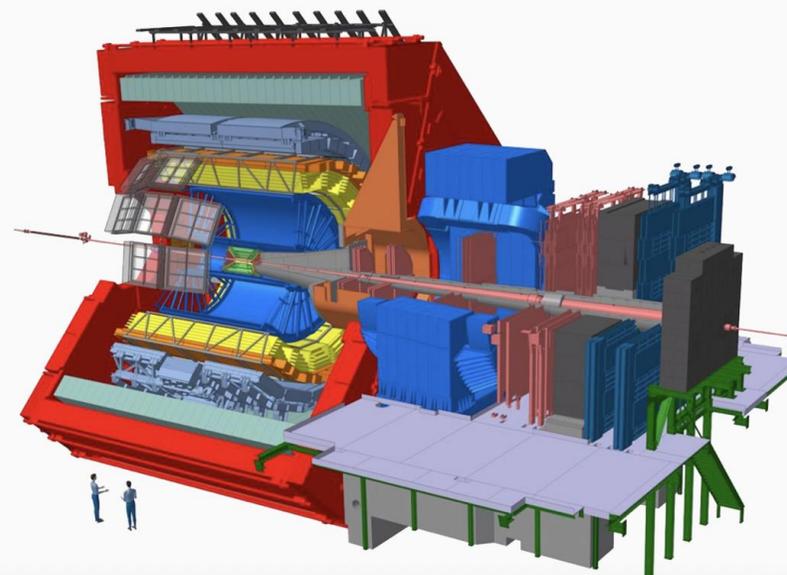
Welcome to the ALICE Masterclass!

The ALICE Collaboration has built a dedicated detector to exploit the unique physics potential of nucleus-nucleus collisions at LHC energies. Our aim is to study the physics of strongly interacting matter at the highest energy densities reached so far in the laboratory. In such condition, an extreme phase of matter - called the quark-gluon plasma - is formed.

Our universe is thought to have been in such a primordial state for the first few millionths of a second after the Big Bang. The properties of such a phase are key issues for Quantum Chromo Dynamics, the understanding of confinement-deconfinement and chiral phase transitions.

For this purpose, we are carrying out a comprehensive study of the hadrons, electrons, muons and photons produced in the collisions of heavy nuclei. ALICE is also studying proton-proton and proton-nucleus collisions both as a comparison with nucleus-nucleus collisions and in their own right.

If you wish, you can download and use a desktop version of the Masterclass:



Istruzioni pratiche- primo esercizio

Menu

- Home
- Strangeness
- Visual Analysis
- Large Scale Analysis

Welcome to the ALICE Masterclass!

Il primo esercizio permette di visualizzare i singoli eventi e ricercare tra le tracce candidati per particelle strane

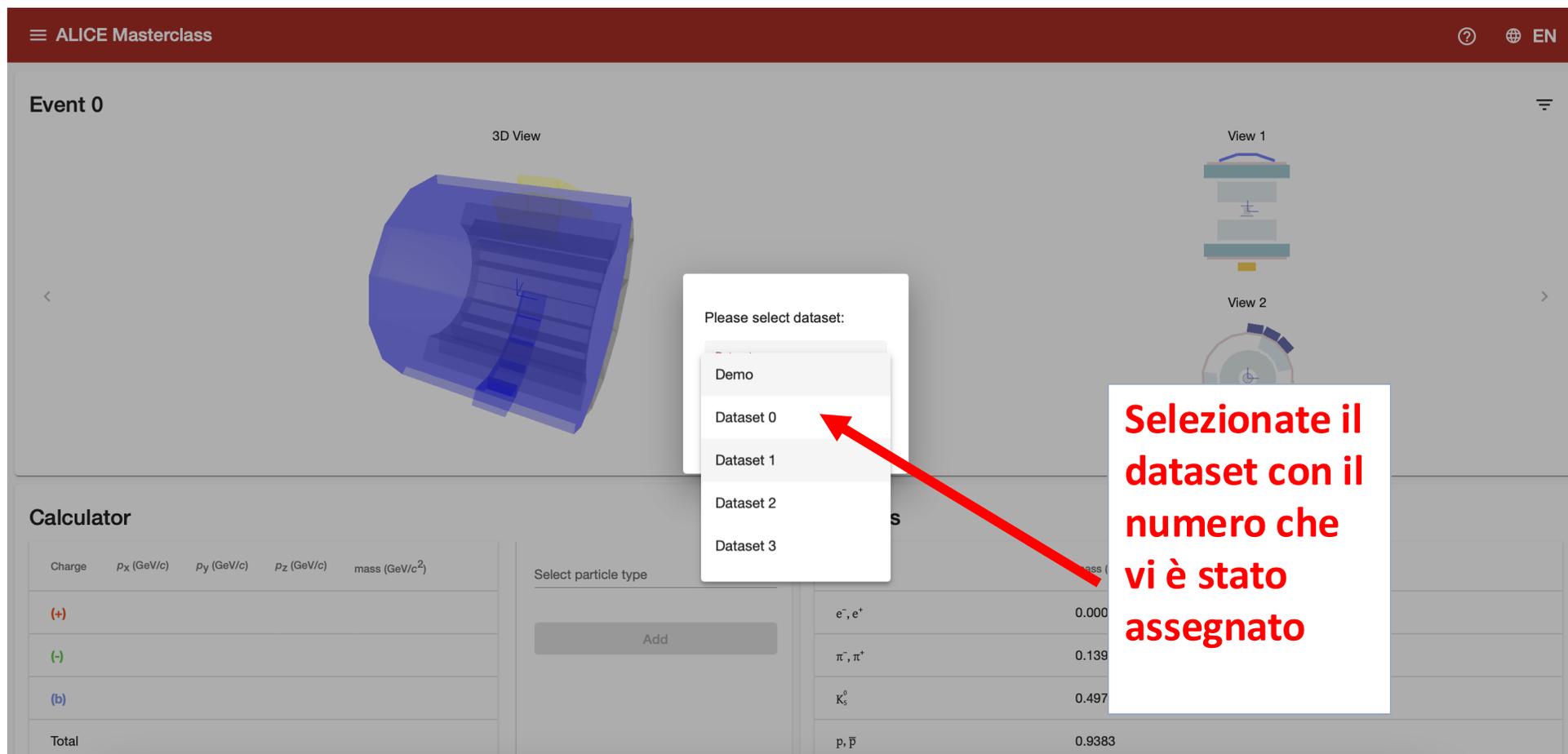
ALICE Collaboration has built a dedicated detector to exploit the unique physics potential of nucleus-nucleus collisions at LHC energies. Our aim is to study the physics of strongly interacting matter at the highest energy densities reached so far in the laboratory. In such condition, an extreme phase of matter - called the quark-gluon plasma - is formed.

The early universe is thought to have been in such a primordial state for the first few millionths of a second after the Big Bang. The properties of such a phase are key issues for Quantum Chromodynamics, the understanding of confinement-deconfinement and chiral phase transitions.

For this purpose, we are carrying out a comprehensive study of the hadrons, electrons, muons and photons produced in the collisions of heavy nuclei. ALICE is also studying proton-proton and proton-nucleus collisions both as a comparison with nucleus-nucleus collisions and in their own right.

If you wish, you can download and use a desktop version of the Masterclass:

Istruzioni pratiche



The screenshot shows the ALICE Masterclass interface. At the top, there is a header with the text "ALICE Masterclass" and a language selector set to "EN". The main content area is titled "Event 0" and features a "3D View" of the detector. A dropdown menu is open, displaying the text "Please select dataset:" followed by options: "Demo", "Dataset 0", "Dataset 1", "Dataset 2", and "Dataset 3". A red arrow points from a text box to the "Dataset 0" option. The text box contains the instruction: "Selezionate il dataset con il numero che vi è stato assegnato". Below the 3D view, there is a "Calculator" section with a table for particle properties and a "Select particle type" dropdown.

Charge	p_x (GeV/c)	p_y (GeV/c)	p_z (GeV/c)	mass (GeV/c ²)
(+)				
(-)				
(b)				
Total				

Select particle type	mass (GeV/c ²)
e^-, e^+	0.000
π^-, π^+	0.139
K_s^0	0.497
p, \bar{p}	0.9383

Istruzioni pratiche

Event 1

3D View

3 panoramiche di ALICE

View 1

View 2

Cliccate e trascinate per farlo ruotare o zoom

Vista 3D

Proiezioni

Visibility

- Side Views
- Detector
- Axes
- Tracks
- Decays

Track Width

S M L

Calculator

Charge	p_x (GeV/c)	p_y (GeV/c)	p_z (GeV/c)	mass (GeV/c ²)
(+)				
(-)				
(b)				
Total				

Select particle type

Add

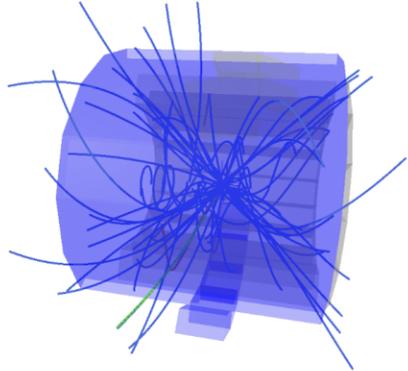
Particles

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

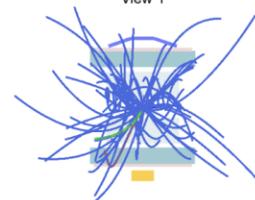
Istruzioni pratiche

Event 1

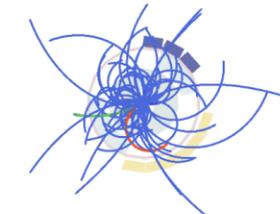
3D View



View 1



View 2



Visibility

- Side Views
- Detector
- Axes
- Tracks
- Decays

Track Width

S M L

Calculator

Charge	p_x (GeV/c)	p_y (GeV/c)	p_z (GeV/c)	mass (GeV/c ²)
(+)				
(-)				
(b)				
Total				

Select particle type

Add

Particles

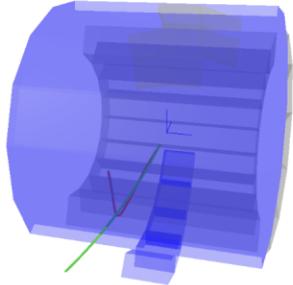
Type	mass (GeV/c ²)
e^-, e^+	0.0005
π^-, π^+	0.1396
K_S^0	0.4976
p, \bar{p}	0.9383
$\Lambda, \bar{\Lambda}$	1.1157
$\Xi, \bar{\Xi}$	1.3217

Accendi/spegni i pulsanti per visualizzare/rimuovere elementi

Istruzioni pratiche

Event 1

3D View



View 1

Spegni "Tracks" per togliere le tracce e visualizzare solo i "Decays" ossia i prodotti di decadimento (tracce verdi, rosse, blu)

Visibility

- Side Views
- Detector
- Tracks
- Decays

Track Width

S M L

Calculator

Charge	p_x (GeV/c)	p_y (GeV/c)	p_z (GeV/c)	mass (GeV/c ²)
(+)				
(-)				
(b)				
Total				

Select particle type

Add

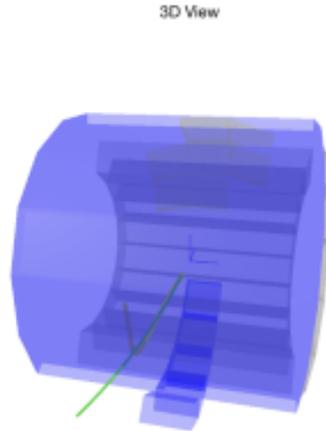
Particles

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

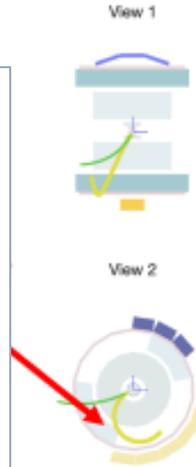
Istruzioni pratiche

Event 1

**TRACCIA
ROSSA:**
particella con
carica
positiva



Clicca sopra alla
traccia: vedrai
apparire la sua
quantità di moto e la
massa nella tabella
in basso a sinistra



Visibility

- Side Views
- Detector
- Axes
- Tracks
- Decays

Track Width

S M L

Calculator

Charge	p_x (GeV/c)	p_y (GeV/c)	p_z (GeV/c)	mass (GeV/c ²)
(+)	-0.285	-0.221	-0.162	0.140
(-)				
(b)				
Total				

- Carica positiva
- Massa 0.140 GeV/c²

Che particella è?

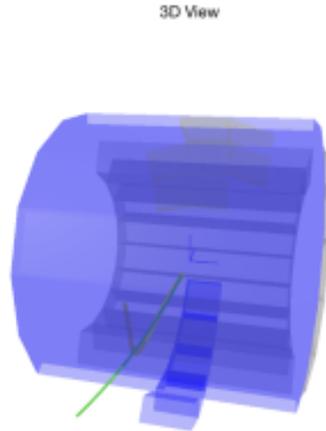
Particles

Type	mass (GeV/c ²)
e^-, e^+	0.0005
π^-, π^+	0.1396
K_0^0	0.4976
p, \bar{p}	0.9383
$\Lambda, \bar{\Lambda}$	1.1157
$\Xi, \bar{\Xi}$	1.3217

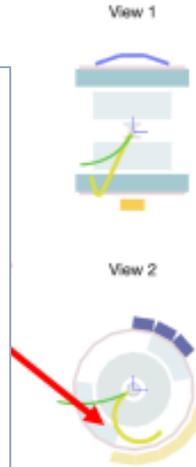
Istruzioni pratiche

Event 1

**TRACCIA
ROSSA:**
particella con
carica
positiva



Clicca sopra alla
traccia: vedrai
apparire la sua
quantità di moto e la
massa nella tabella
in basso a sinistra



Visibility

- Side Views
- Detector
- Axes
- Tracks
- Decays

Track Width

S M L

Calculator

Charge	p_x (GeV/c)	p_y (GeV/c)	p_z (GeV/c)	mass (GeV/c ²)
(+)	-0.285	-0.221	-0.162	0.140
(-)				
(b)				
Total				

- Carica positiva
- Massa 0.140 GeV/c²

Che particella è?

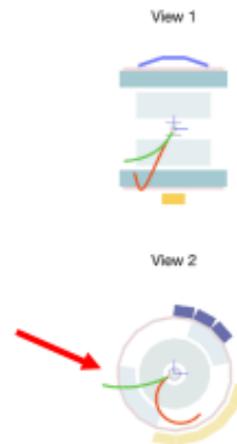
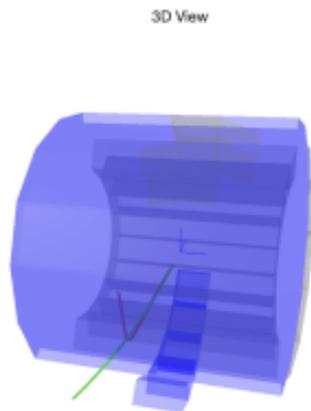
Particles

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

PIONE POSITIVO

Istruzioni pratiche

TRACCIA VERDE:
particella con carica negativa



- Visibility
- Side Views
 - Detector
 - Axis
 - Tracks
 - Decays
- Track Width
- S M L

Calculator

Charge	p_x (GeV/c)	p_y (GeV/c)	p_z (GeV/c)	mass (GeV/c ²)
(+)	-0.285	-0.221	-0.162	0.140
(-)	-1.230	-0.566	-0.317	0.938
(0)				
Total				

Carica negativa
Massa 0.938 GeV/c²

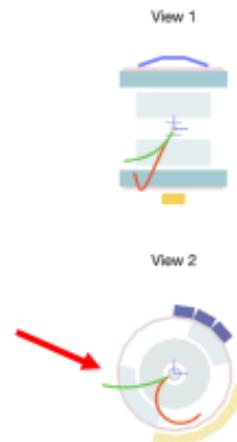
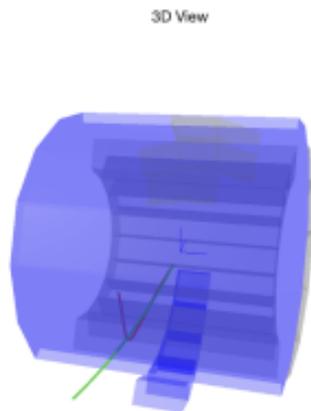
Che particella è?

Particles

Type	mass (GeV/c ²)
e^-, e^+	0.0005
π^-, π^+	0.1396
K^0_s	0.4976
p, \bar{p}	0.9383
$\Lambda, \bar{\Lambda}$	1.1157
$\Xi, \bar{\Xi}$	1.3217

Istruzioni pratiche

TRACCIA VERDE:
particella con carica negativa



Visibility

- Side Views
- Detector
- Axis
- Tracks
- Decays

Track Width

S M L

Calculator

Charge	p_x (GeV/c)	p_y (GeV/c)	p_z (GeV/c)	mass (GeV/c ²)
(+)	-0.285	-0.221	-0.162	0.140
(-)	-1.230	-0.566	-0.317	0.938
(0)				
Total				

Carica negativa
Massa 0.938 GeV/c²

Che particella è?

Select particle type

Add

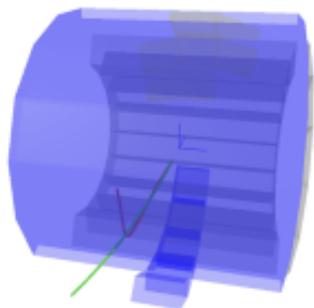
Type	mass (GeV/c ²)
e^-, e^+	0.0005
π^-, π^+	0.1396
K_S^0	0.4976
p, \bar{p}	0.9383
$\Lambda, \bar{\Lambda}$	1.1157
$\Xi, \bar{\Xi}$	1.3217

ANTIPROTONE

Istruzioni pratiche

Event 1

3D View

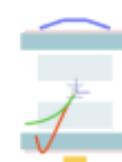


Adesso che

- avete **ricostruito la massa invariante** della particella iniziale
- sapete in cosa è **decaduta**

Cliccate su «select particle type» e **trovate la particella giusta!**

View 1



View 2



Visibility

- Side Views
- Detector
- Axes
- Tracks
- Decays

Track Width

- S
- M
- L

Calculator

Charge	p_x (GeV/c)	p_y (GeV/c)	p_z (GeV/c)	mass (GeV/c ²)
(+)	-0.285	-0.221	-0.162	0.140
(-)	-1.230	-0.566	-0.317	0.938
(b)				
Total				1.119

Massa
Invariante



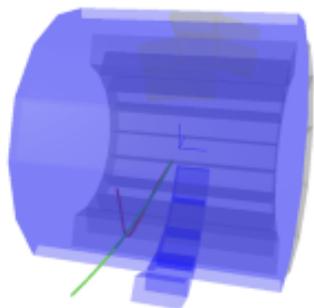
Particles

Type	mass (GeV/c ²)
e^+, e^-	0.0005
π^+, π^-	0.1396
K^+, K^-	0.4976
K^0, \bar{K}^0	0.9383
$\Lambda, \bar{\Lambda}$	1.1157
$\Sigma, \bar{\Sigma}$	1.3217

Istruzioni pratiche

Event 1

3D View

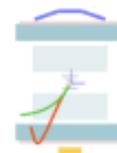


Adesso che

- avete **ricostruito la massa invariante** della particella iniziale
- sapete in cosa è **decaduta**

Cliccate su «select particle type» e **trovate la particella giusta!**

View 1



View 2



Visibility

- Side Views
- Detector
- Axes
- Tracks
- Decays

Track Width

- S
- M
- L

Calculator

Charge	p_x (GeV/c)	p_y (GeV/c)	p_z (GeV/c)	mass (GeV/c ²)
(+)	-0.285	-0.221	-0.162	0.140
(-)	-1.230	-0.566	-0.317	0.938
(b)				
Total				1.119

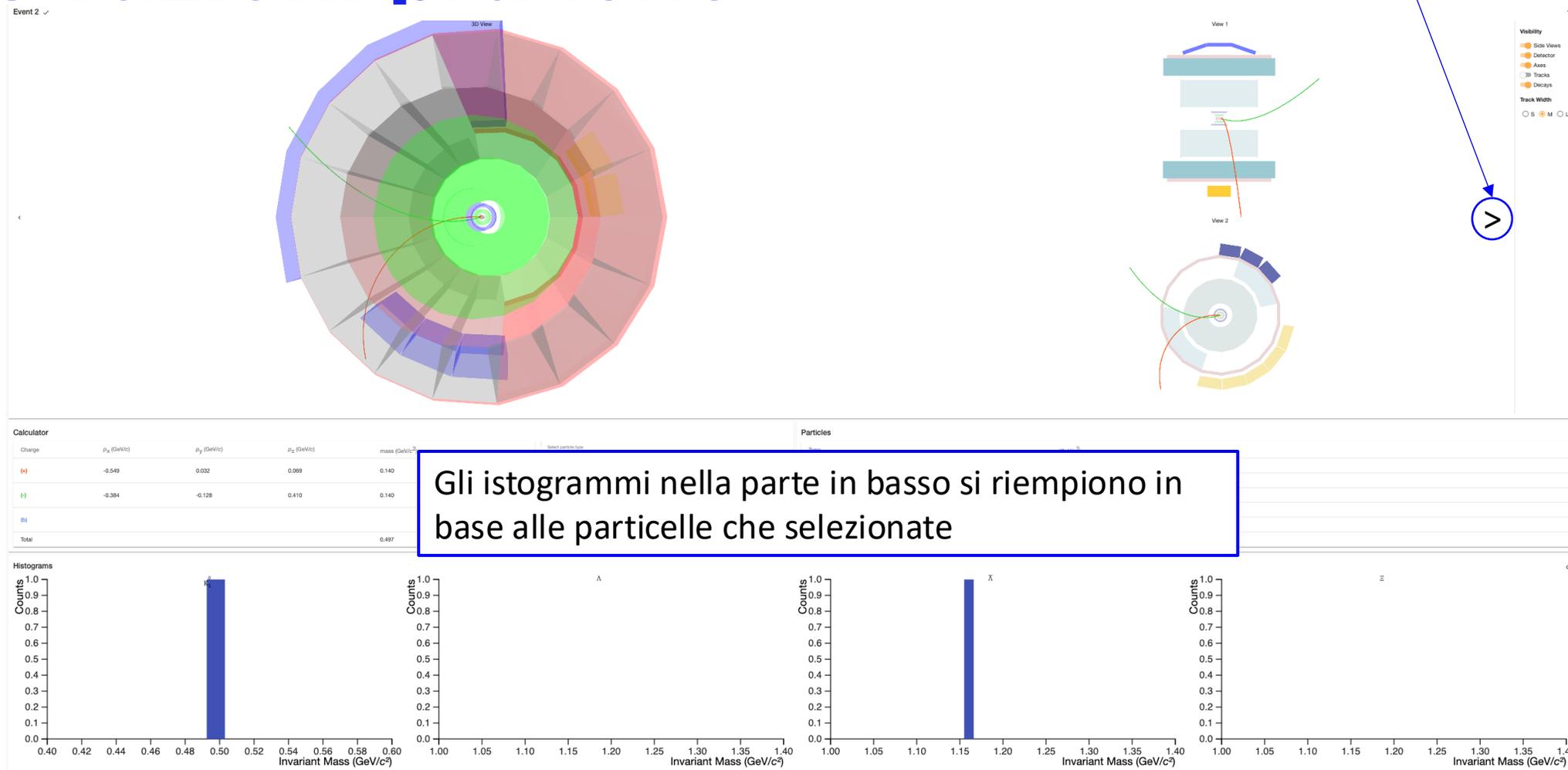
Massa
Invariante

Particles

Type	mass (GeV/c ²)
e^+, e^-	0.0005
π^+, π^-	0.1396
K^+, K^-	0.4976
K, \bar{K}	0.9383
$\Lambda, \bar{\Lambda}$	1.1157
$\Sigma, \bar{\Sigma}$	1.3217

Istruzioni pratiche

Andate avanti con la freccia per ripetere l'esercizio con tutte le altre particelle del dataset



Istruzioni pratiche- secondo esercizio

Menu

- Home
- Strangeness
- Visual Analysis
- Large Scale Analysis

Welcome to the ALICE Masterclass!

Il secondo esercizio permette di estrarre le caratteristiche delle particelle mediante fit alla distribuzione di massa invariante

The ALICE Collaboration has built a dedicated detector to exploit the unique physics potential of nucleus-nucleus collisions at LHC energies. Our aim is to study the physics of strongly interacting matter at the highest energy densities reached so far in the laboratory. In such condition, an extreme phase of matter - called the quark-gluon plasma - is formed.

The early universe is thought to have been in such a primordial state for the first few millionths of a second after the Big Bang. The properties of such a phase are key issues for Quantum Chromodynamics, the understanding of confinement-deconfinement and chiral phase transitions.

For this purpose, we are carrying out a comprehensive study of the hadrons, electrons, muons and photons produced in the collisions of heavy nuclei. ALICE is also studying proton-proton and proton-nucleus collisions both as a comparison with nucleus-nucleus collisions and in their own right.

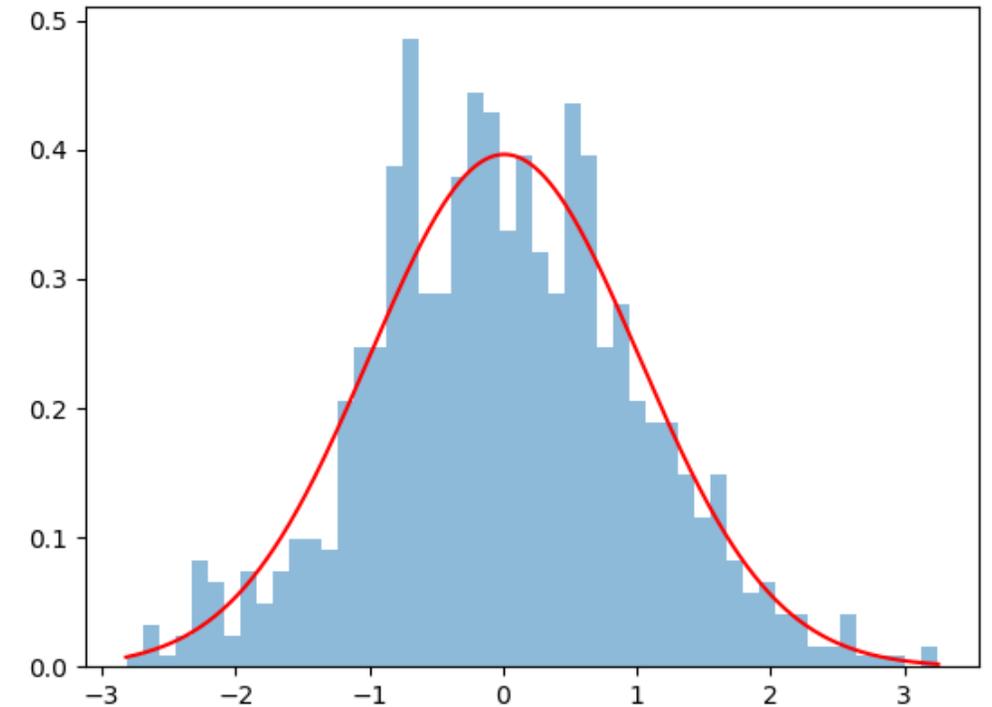
If you wish, you can download and use a desktop version of the Masterclass:

Windows Linux Apple

Fare il FIT di una distribuzione

Fare il fit di una distribuzione significa **confrontare la distribuzione dei dati con una funzione teorica calcolata secondo un modello.**

La funzione ha dei **parametri** liberi, sconosciuti a priori dalla teoria. Questi parametri vengono trovati e calcolati tramite la procedura di fit in modo che **la funzione riproduca al meglio i dati sperimentali.**



Fare il FIT di una distribuzione

Fare il fit di una distribuzione significa **confrontare la distribuzione dei dati con una funzione teorica calcolata secondo un modello.**

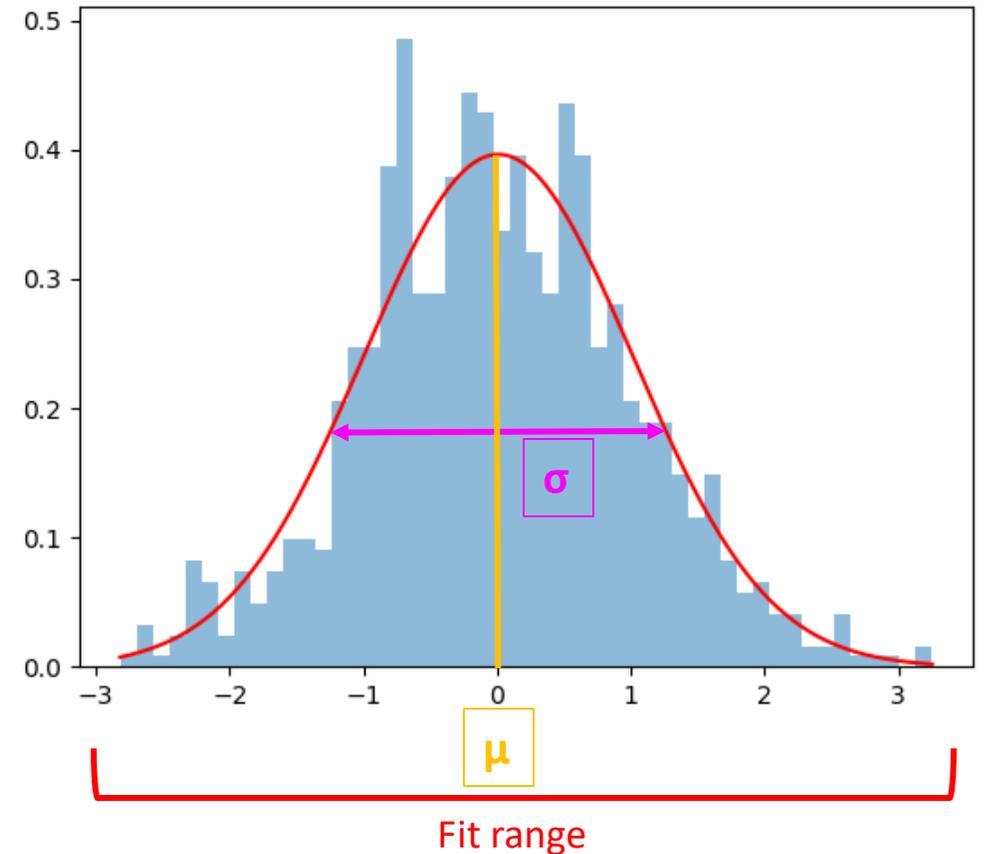
La funzione ha dei **parametri liberi**, sconosciuti a priori dalla teoria. Questi parametri vengono trovati e calcolati tramite la procedura di fit in modo che **la funzione riproduca al meglio i dati sperimentali.**

Perché facciamo il fit?

- I parametri (come μ e σ) calcolati dal fit possono validare o meno un modello teorico.
- Tramite i parametri del fit si possono calcolare altre quantità sperimentali.

Dove facciamo il fit?

Il fit si fa solo nell'intervallo in cui si vogliono stimare i parametri di interesse e in cui ci aspettiamo il segnale fisico \rightarrow il **Fit range** deve essere deciso caso per caso...



Istruzioni pratiche- secondo esercizio

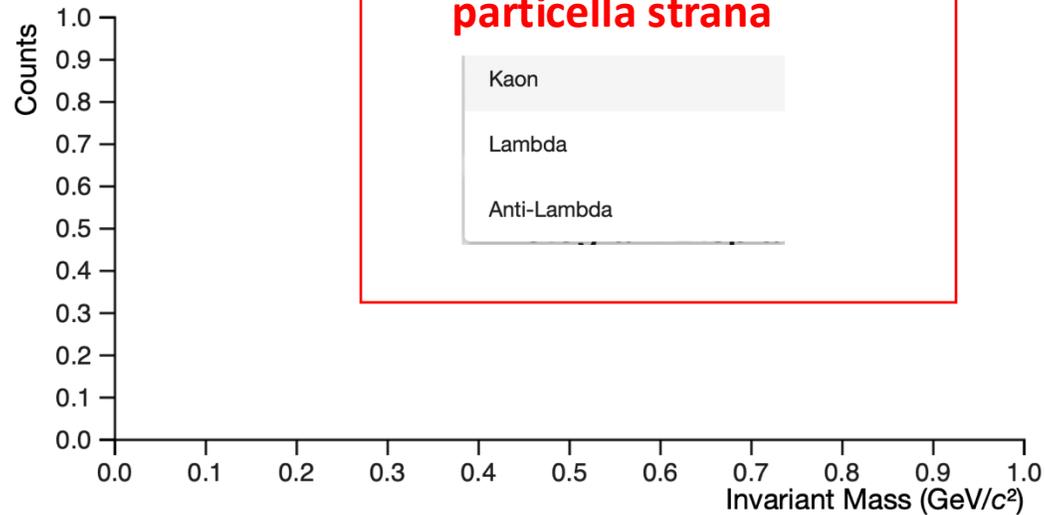
Histogram Selector

Select particle type

Select collision & centr...

Open histogram

Histogram Display



Results

Type	Collision	Centrality	Signal
Items per page: 5 0 of 0			

Fit Selector

Signal 0 1

Backg. 0 1

Fit

Accept

Istruzioni pratiche- secondo esercizio

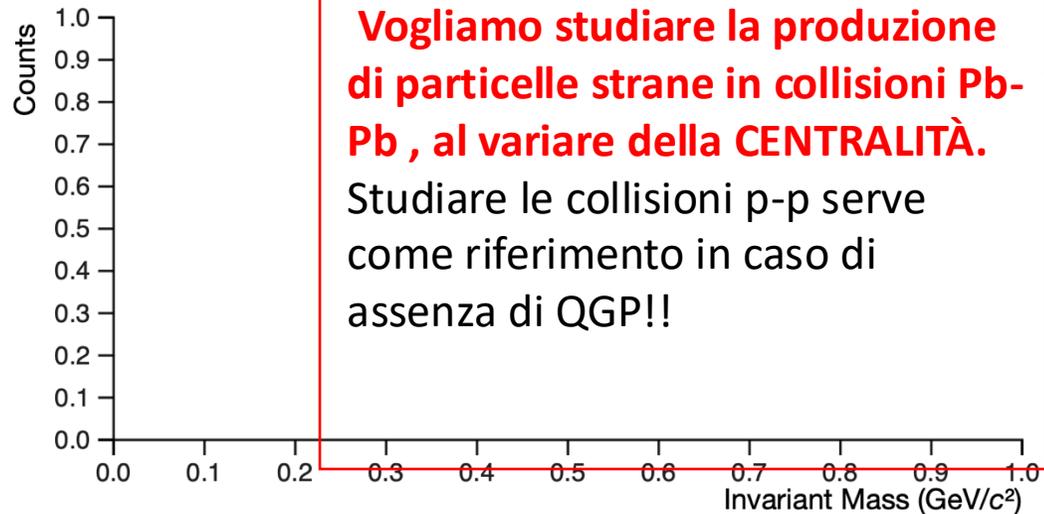
Histogram Selector

Select particle type

Select collision & centr...

Open histogram

Histogram Display



**2) Selezionare il tipo di dati :
Vogliamo studiare la produzione
di particelle strane in collisioni Pb-
Pb , al variare della CENTRALITÀ.
Studiare le collisioni p-p serve
come riferimento in caso di
assenza di QGP!!**

pp 0%
Pb-Pb 0% - 10%
Pb-Pb 10% - 20%
Pb-Pb 20% - 30%
Pb-Pb 30% - 40%
Pb-Pb 40% - 50%

Centrality

Signal

Items per page: 5

0 of 0

< < > >

Fit Selector

Signal 0

1

Fit

Backg. 0

1

Accept

Istruzioni pratiche- secondo esercizio

Histogram Selector

Select particle type

Kaon

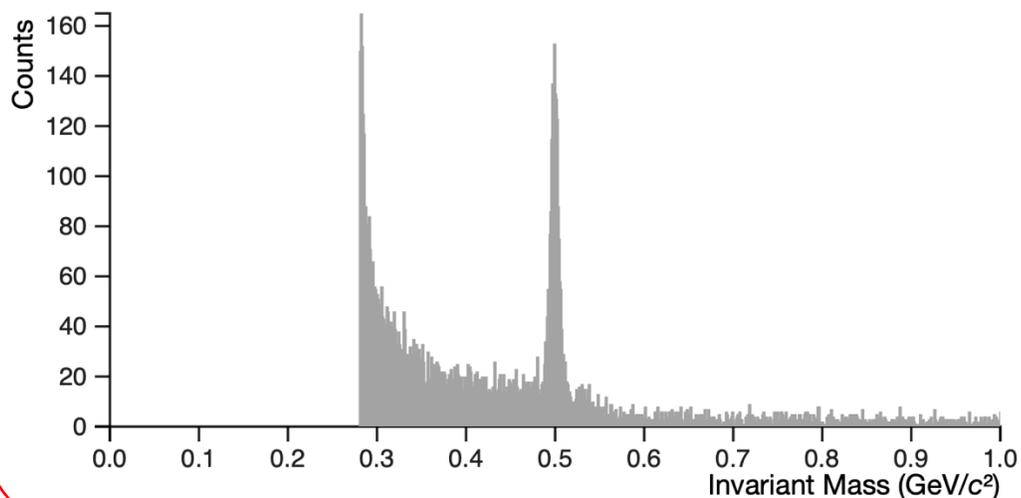
Select collision & centrality

Pb-Pb 40% - 50%

Open histogram

3) cliccate su "Open histogram" ...
E vi apparirà un istogramma

Histogram Display



Results

Type

L'istogramma rappresenta il numero di conteggi per Massa invariante.

se c'è stato un decadimento, la massa invariante ha un **picco proprio in corrispondenza della massa della particella iniziale**

Fit Selector

Signal 0 1

Backg. 0 1

Fit

Accept

Istruzioni pratiche- secondo esercizio

Histogram Selector

Select particle type

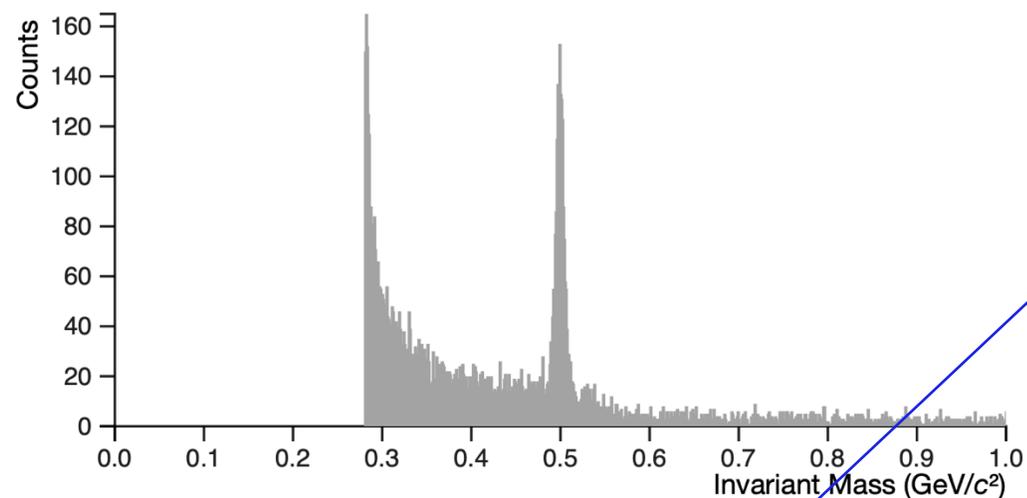
Kaon

Select collision & centrality

Pb-Pb 40% - 50%

Open histogram

Histogram Display



Il SEGNALE che ci interessa è proprio il picco, mentre il resto è il background!

Quindi:

- **Separiamo il segnale dal background**
- **Troviamo il numero di particelle strane prodotte nella collisione**

COME? Facciamo un FIT

Fit Selector

Signal

0

1

Backg.

0

1

Fit

Accept

Istruzioni pratiche- secondo esercizio

Histogram Selector

Select particle type

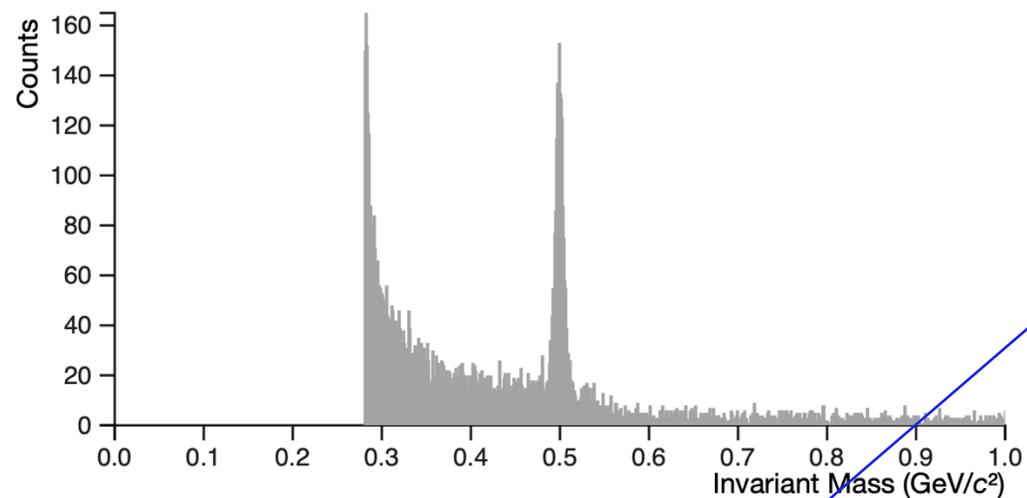
Kaon

Select collision & centrality

Pb-Pb 40% - 50%

Open histogram

Histogram Display



- 1) Muovere i due estremi per scegliere il range in cui il fit viene fatto
- 2) Ripetere la procedura per il segnale e per background
- 3) I due range sono diversi!
- 4) Cliccare sul bottone rosso "Fit"

Fit Selector

Signal 0



1

Backg. 0



1

Fit

Accept

Istruzioni pratiche- secondo esercizio

Histogram Selector

Select particle type

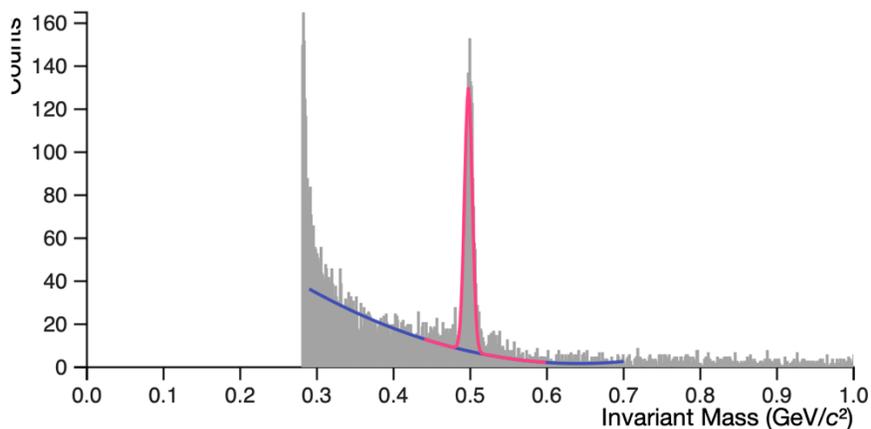
Kaon

Select collision & centrality

Pb-Pb 40% - 50%

Open histogram

Histogram Display



Results

Type	Collision	Centrality	Signal
Kaon	Pb-Pb	40% - 50%	2138

- 1) Variate il range fino a che il fit non riproduce al meglio l'istogramma dei dati
- 2) Quando il fit è pronto, cliccate sul Bottone "Accept"
- 3) Nella lista dei risultati apparirà il risultato del fit + cliccate per l'upload del risultato
- 4) Ripetete la stessa procedura per diverse collisioni, centralità e tipo di particella

Fit Selector

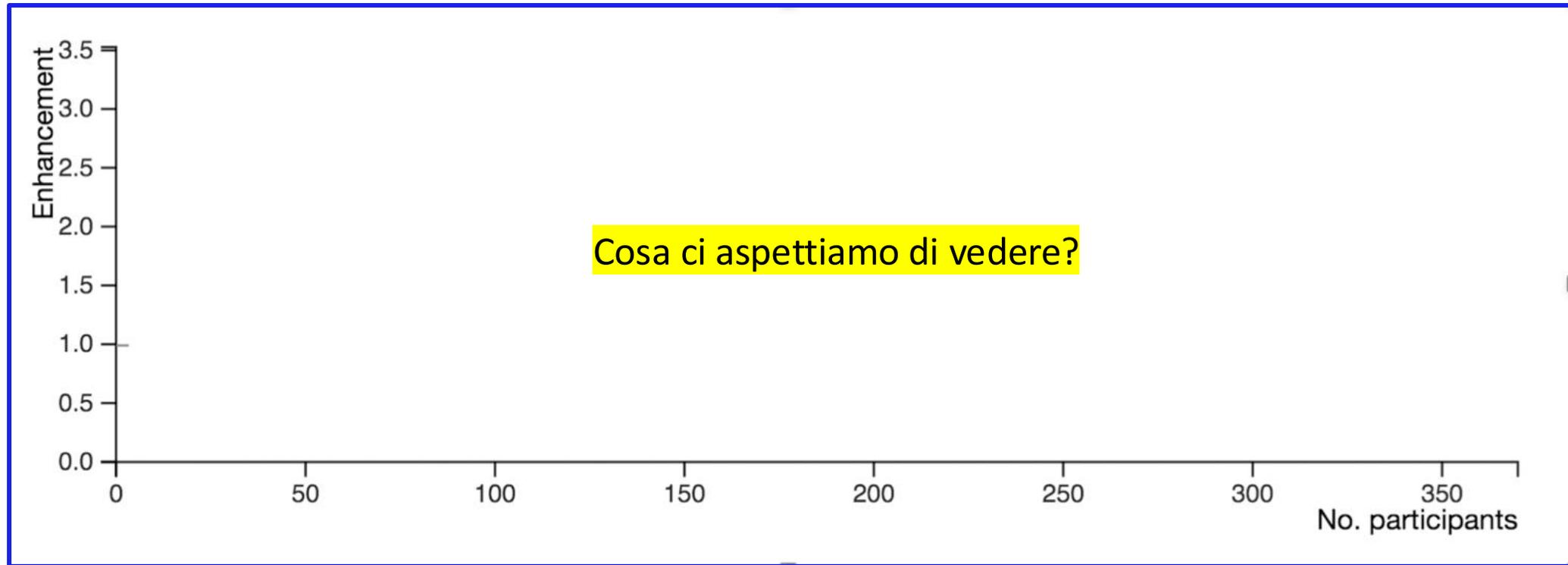


Fit

Accept

Calcoliamo l'aumento di stranezza

Tutti i vostri risultati saranno poi uniti per calcolare il grafico l'aumento di stranezza!



Ora tocca a voi!