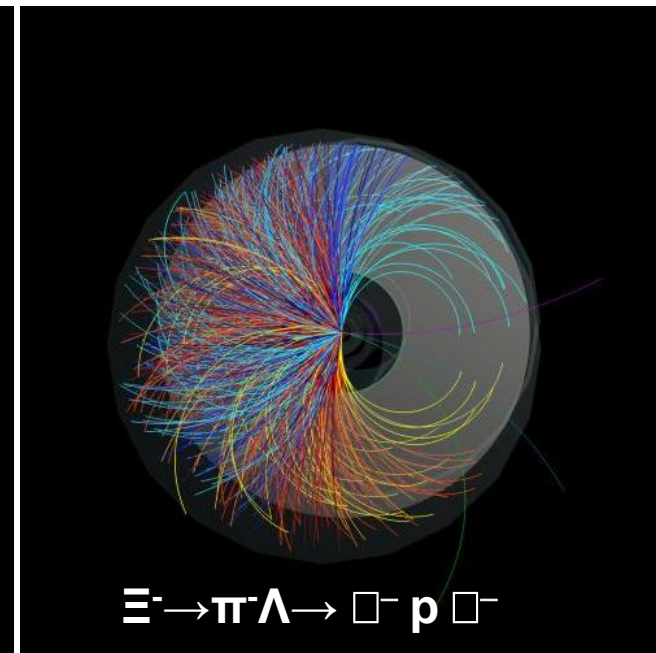
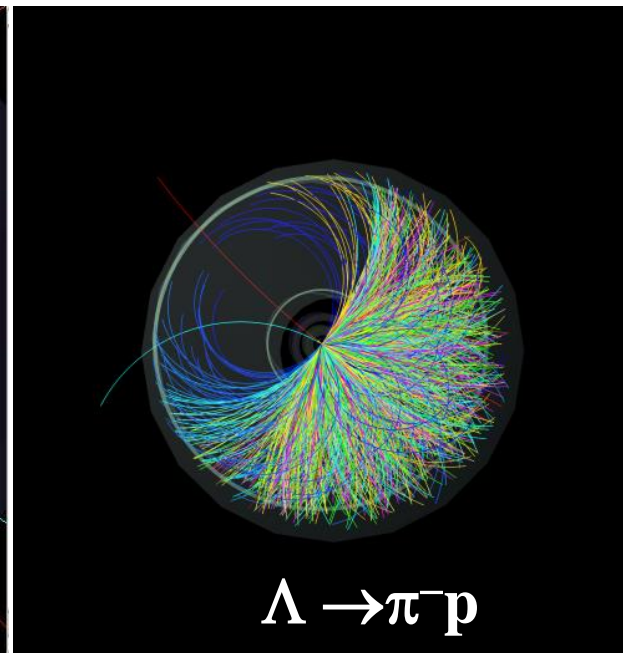
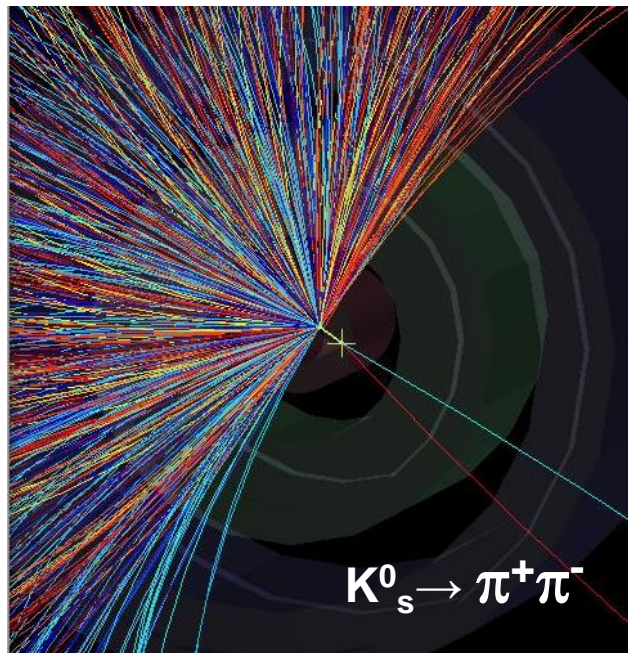


Αναζητώντας παράξενα σωματίδια στο ALICE



Τι θα μάθετε σήμερα

Τι είναι παράξενα σωματίδια

Πώς τα ταυτοποιούμε

Πώς υπολογίζεται η (αμετάβλητη) μάζα ενός σωματιδίου από τα προϊόντα της διάσπασής του

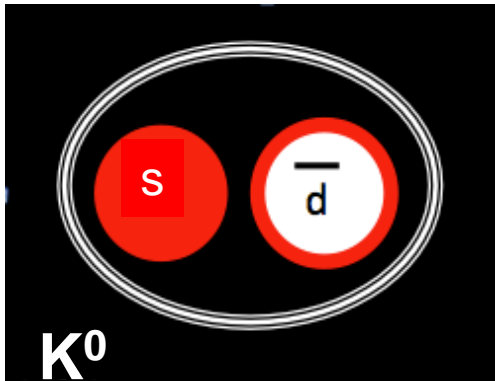
Πώς υπολογίζουμε τον πραγματικό αριθμό σωματιδίων σε μια κατανομή μάζας

Συγκρούσεις μολύβδου – κεντρικές / περιφερειακές

Ενίσχυση της παραδοξότητας

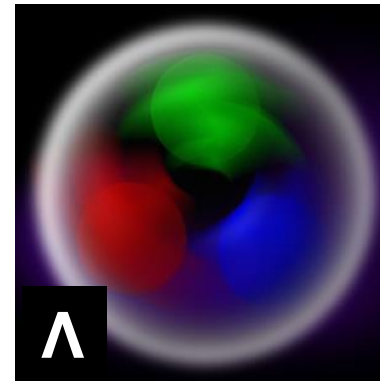
παράξενα σωματίδια

μεσόνιο



$\bar{d}s, ds$

βαριόνιο



uds

αδρόνια που περιέχουν
τουλάχιστον ένα παράξενο
κουάρκ (s)

	Quarks		Leptons	
Generation 3	Top	Bottom	Tau	Tau-neutrino
Generation 2	Charm	Strange	Muon	Muon-neutrino
Generation 1	Up	Down	Electron	Electron-neutrino

Θα αναζητήσουμε ουδέτερα παράξενα σωματίδια* που ταξιδεύουν λίγα mm ή cm από το σημείο που παράγονται προτού διασπαστούν

*παράξενα σωματίδια : σωματίδια που περιέχουν παράξενα κουάρκ (s)

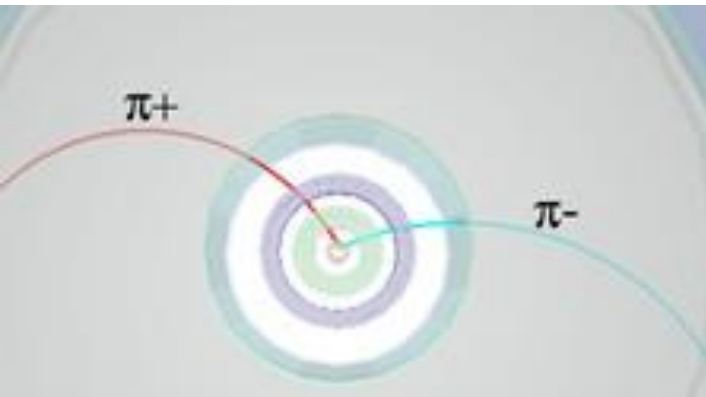
$$K_s^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- \quad \tau = 8.9 \times 10^{-11} \text{ s}; \quad c\tau = 3 \times 10^{10} \text{ cm s}^{-1} \times 8.9 \times 10^{-11} \text{ s} = 2.67 \text{ cm}$$

$$\Lambda \rightarrow \pi^- p \quad \tau = 2.6 \times 10^{-10} \text{ s}; \quad c\tau = 3 \times 10^{10} \text{ cm s}^{-1} \times 2.6 \times 10^{-10} \text{ s} = 7.8 \text{ cm}$$

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

Ασθενείς διασπάσεις

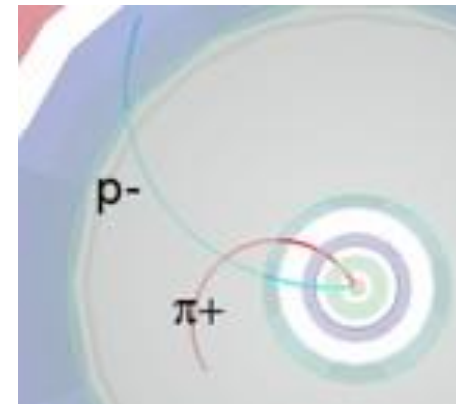
Η παραξενιά διατηρείται στις ισχυρές διασπάσεις $\Delta S = 0$ $\tau = 10^{-23}$
Στις ασθενείς διασπάσεις $\Delta S = 0$ ή $\Delta S = 1$ (εδώ $\Delta S = 1$) $\tau = 10^{-8} \text{ s} - 10^{-10} \text{ s}$



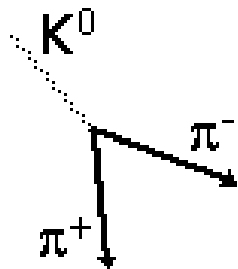
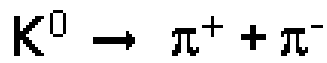
$K^0_s \rightarrow \pi^+ \pi^-$



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



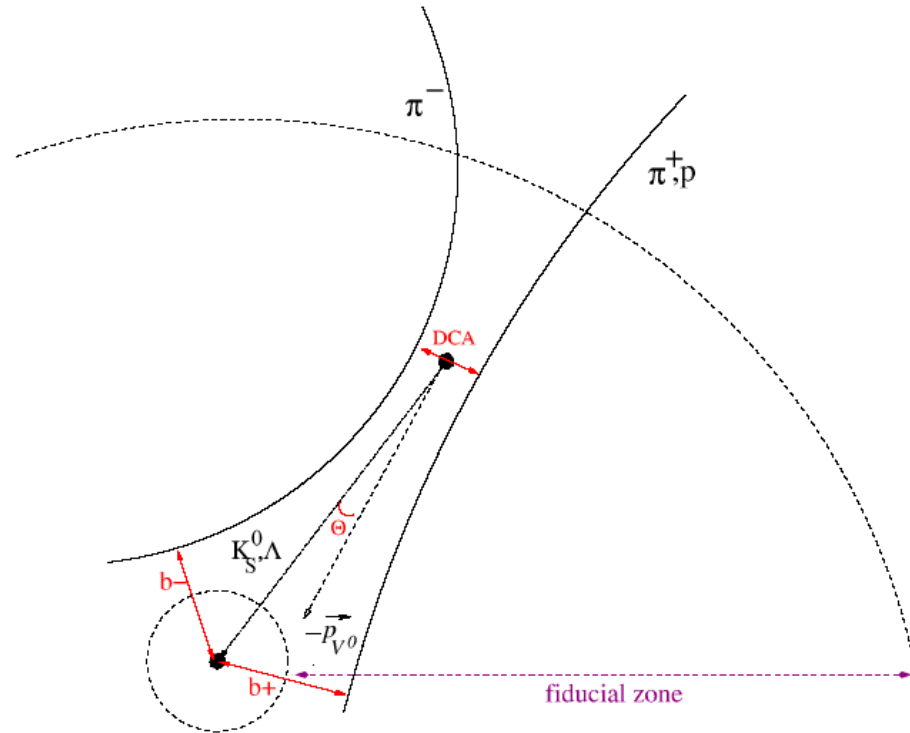
$\text{αντι-}\Lambda \rightarrow p^- + \pi^+$



Διάσπαση V0 :

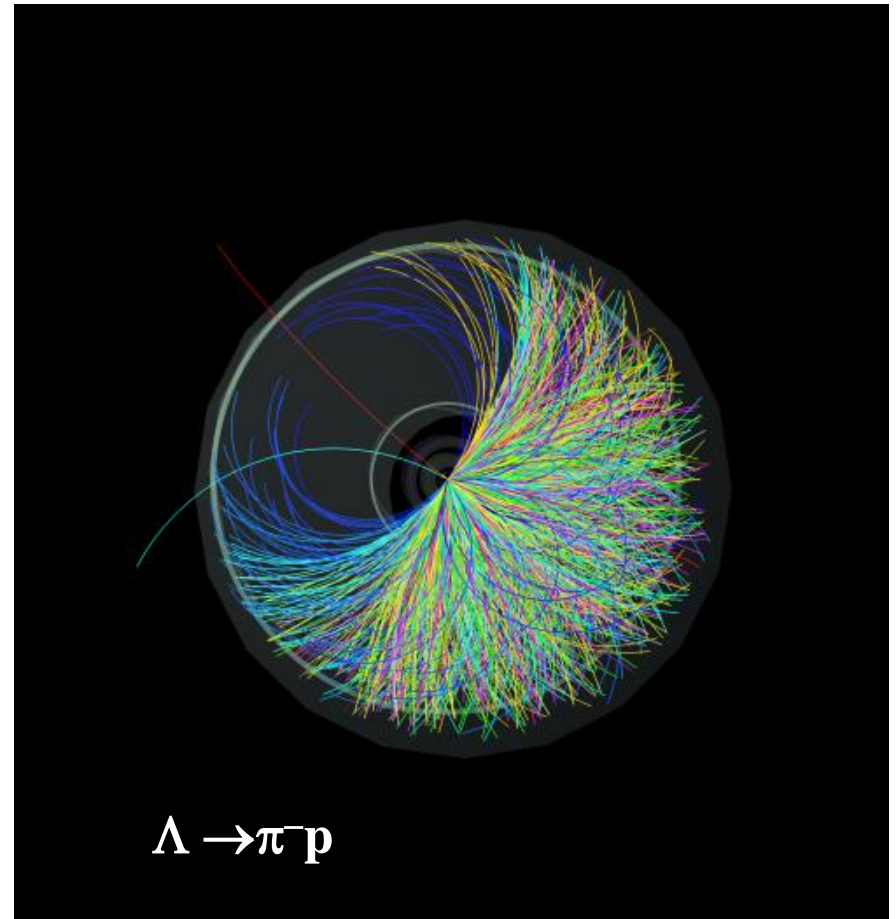
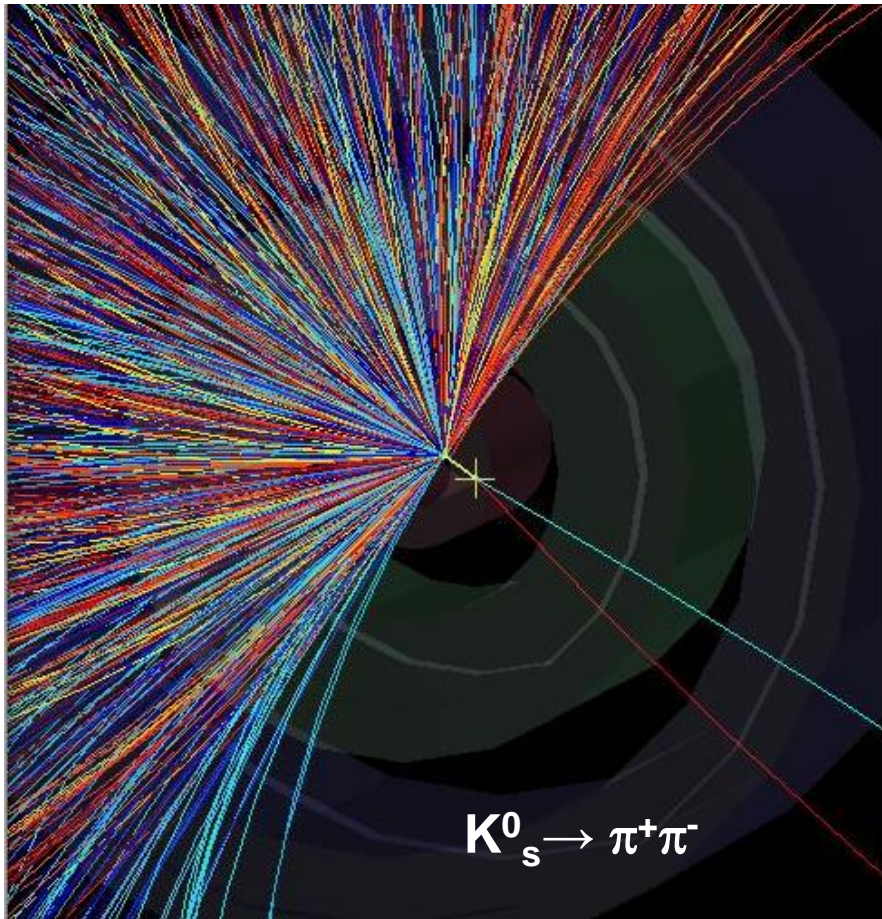
Ένα ουδέτερο σωματίο
 (που δεν αφήνει ίχνος στους ανιχνευτές)
 δίνει ξαφνικά δύο φορτισμένα σωματίια
 (δύο ίχνη που σχηματίζουν V)

Πώς βρίσκουμε τα $V0$



Αναζητούμε δύο ίχνη με αντίθετα φορτία που προέρχονται από το ίδιο σημείο, που δεν είναι το σημείο της αλληλεπίδρασης.

Πώς βρίσκουμε τα V^0



Αναζητούμε δύο ίχνη με αντίθετα φορτία που προέρχονται από το ίδιο σημείο, που δεν είναι το σημείο της αλληλεπίδρασης.

Πώς ταυτοποιούμε τα V0

Υπολογίζουμε την (αμετάβλητη) μάζα

Διατήρηση ενέργειας $E = E_1 + E_2$

Διατήρηση ορμής $\mathbf{p} = \mathbf{p}_1 + \mathbf{p}_2$

Ολική ενέργεια κινούμενου σωματιδίου $E^2 = p^2 c^2 + m^2 c^4$

Θεωρώντας $c=1$ $E^2 = p^2 + m^2$

$$E_1^2 = p_1^2 + m_1^2 \quad E_2^2 = p_2^2 + m_2^2$$

$$\begin{aligned} m^2 &= E^2 - p^2 = (E_1 + E_2)^2 - (\mathbf{p}_1 + \mathbf{p}_2)^2 \\ &= m_1^2 + m_2^2 + 2E_1 E_2 - 2\mathbf{p}_1 \cdot \mathbf{p}_2 \end{aligned}$$

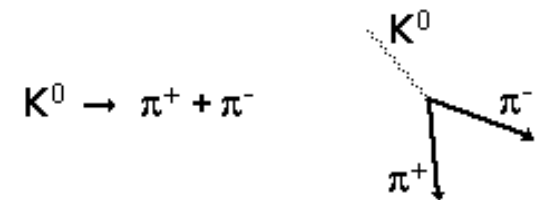
Βρίσκουμε τη μάζα του αρχικού σωματιδίου από τις μάζες και ορμές των προϊόντων της διάσπασης

Ακτίνα καμπυλότητας του ίχνους λόγω του (γνωστού) μαγνητικού πεδίου

➡ Ορμή $p_1 + p$

$$P = Q \cdot B \cdot R$$

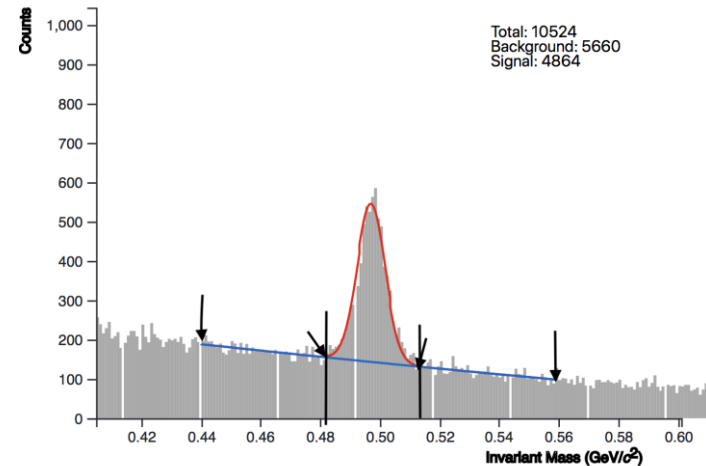
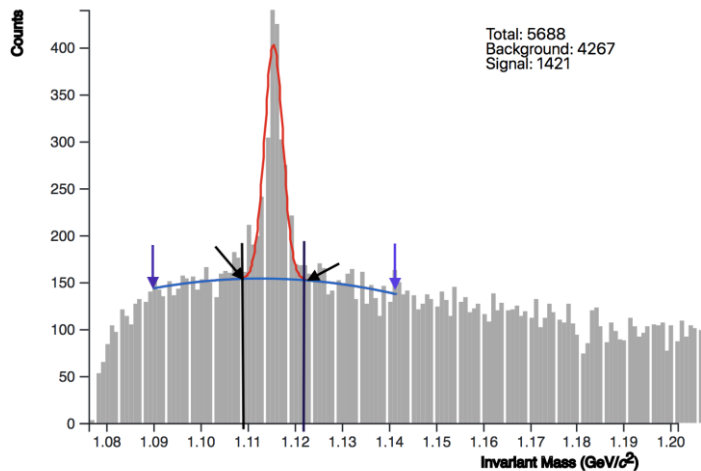
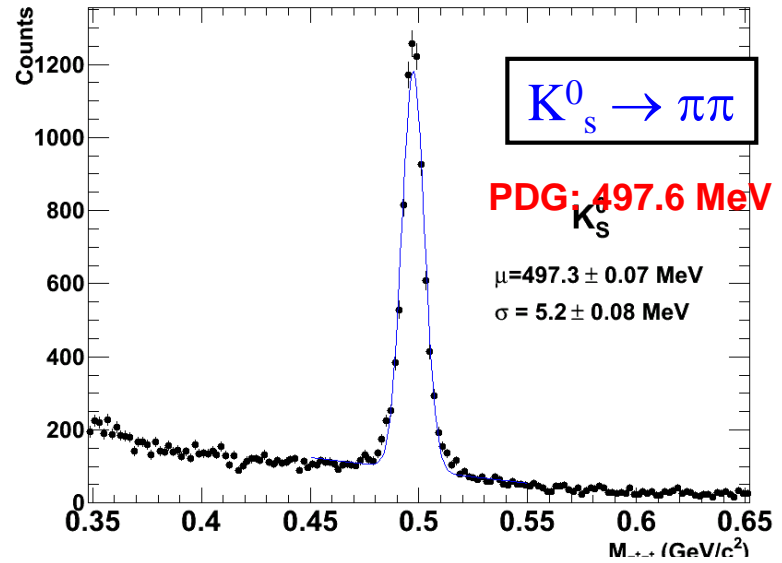
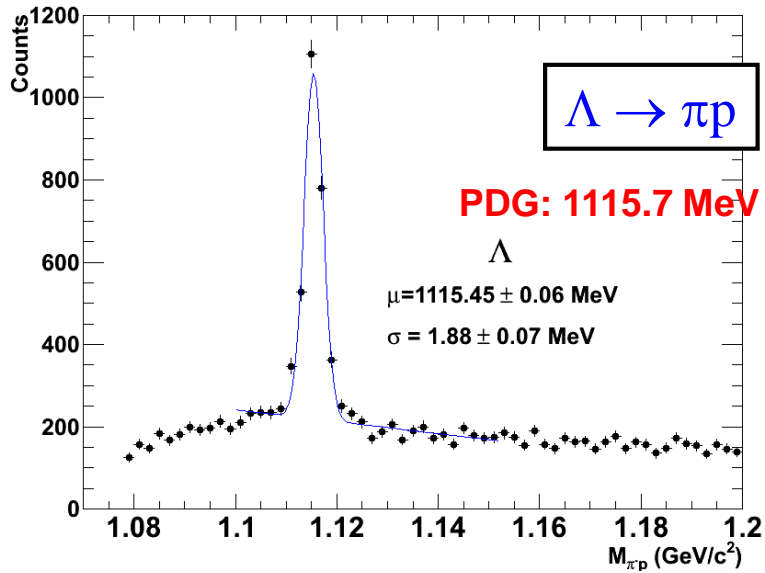
Ταυτοποίηση των σωματιδίων από ένα σύνολο ανιχνευτών ➡ μάζες m_1, m_2



Πορεία των μετρήσεων

- Ανάλυση μικρού αριθμού γεγονότων (ένα-ένα) για να βρούμε K , Λ , αντι- Λ σ'ένα δείγμα από συγκρούσεις πρωτονίων.
- Ανάλυση μεγάλου αριθμού γεγονότων για να βρούμε τον αριθμό των K , Λ , αντι- Λ σε γεγονότα από συγκρούσεις πυρήνων μολύβδου.
- Υπολογισμός του αριθμού των σωματιδίων K , Λ , αντι- Λ ανά αλληλεπίδραση
- Υπολογισμός του παράγοντα ενίσχυσης της παραδοξότητας

Κατανομές αμετάβλητης μάζας



Υπόστρωμα: πολυώνυμο δευτέρου βαθμού $f(x) = ax^2+bx+c$
 Κορυφή (αντιστοιχεί σε K, Λ,..) : Gaussian distribution

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

Signal : Αριθμος σωματιδίων που μετρήσατε (N_{measured})

Efficiency = Αριθμος σωματιδίων που μετρήσατε / Αριθμος σωματιδίων που δημιουργήθηκαν =>
Αριθμος σωματιδίων που δημιουργήθηκαν = Αριθμος σωματιδίων που μετρήσατε / efficiency

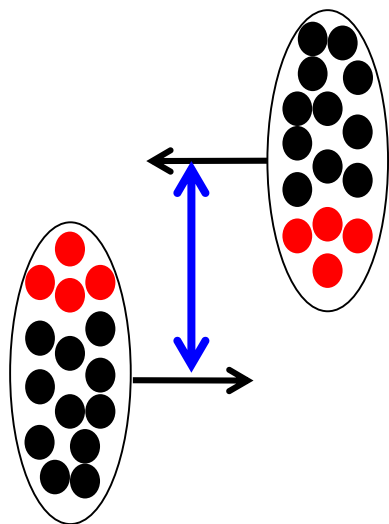
Αριθμος σωματιδίων ανά αλληλεπίδραση = Αριθμος σωματιδίων που δημιουργήθηκαν / N_{events}
(yield)

Ενίσχυση της
παραδοξότητας

$$\frac{\text{Αριθμος των σωματιδίων ενός τύπου ανά αλληλεπίδραση PbPb} / \langle N_{\text{part}} \rangle}{\text{Αριθμος των σωματιδίων του ίδιου τύπου ανά αλληλεπίδραση pp}/2}$$

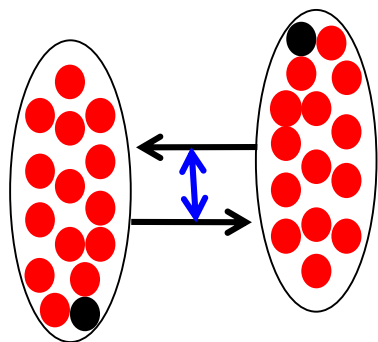
N_{part} Number of participants : αριθμός των νουκλεονίων (πρωτονίων και νετρονίων)
Που συμμετείχαν στην αλληλεπίδραση

Γεωμετρία της σύγκρουσης Pb-Pb



Περιφερειακή σύγκρουση

- Μεγάλη απόσταση ανάμεσα στα κέντρα των πυρήνων
- Μικρός αριθμός νουκλεονίων που συμμετέχουν → παράγονται λίγα φορτισμένα σωμάτια (μικρή πολλαπλότητα)



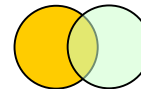
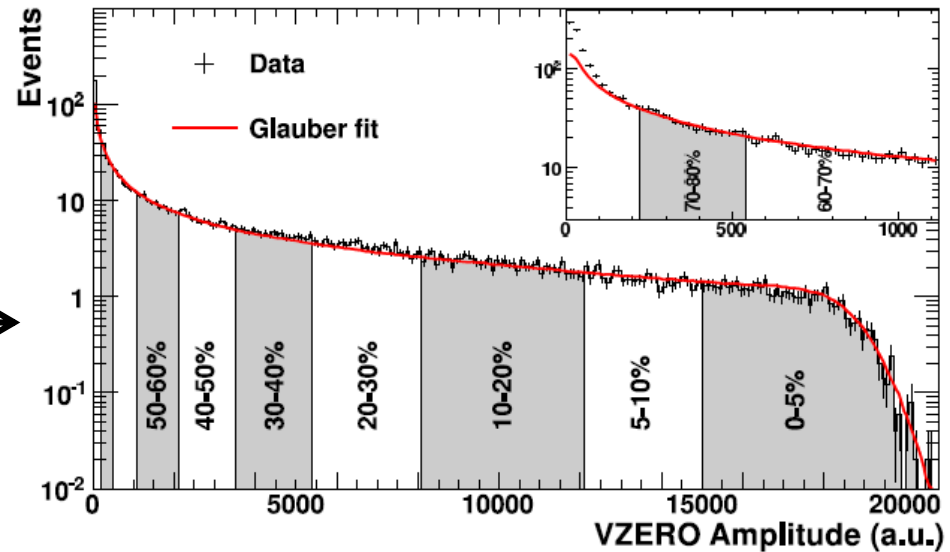
Κεντρική σύγκρουση

- Μικρή απόσταση ανάμεσα στα κέντρα των πυρήνων
- Μεγάλος αριθμός νουκλεονίων που συμμετέχουν → παράγονται πολλά φορτισμένα σωμάτια (μεγάλη πολλαπλότητα)

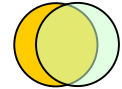
Γεωμετρία της σύγκρουσης Pb-Pb

Κατανομή πλάτους σήματος σε πλαστικούς σπινθηριστές V0 περιγράφεται με ένα απλό μοντέλο (Glauber, **κόκκινη γραμμή**).

Centrality	$dN_{ch}/d\eta$	$\langle N_{part} \rangle$	$(dN_{ch}/d\eta)/(\langle N_{part} \rangle/2)$
0%-5%	1601 ± 60	382.8 ± 3.1	8.4 ± 0.3
5%-10%	1294 ± 49	329.7 ± 4.6	7.9 ± 0.3
10%-20%	966 ± 37	260.5 ± 4.4	7.4 ± 0.3
20%-30%	649 ± 23	186.4 ± 3.9	7.0 ± 0.3
30%-40%	426 ± 15	128.9 ± 3.3	6.6 ± 0.3
40%-50%	261 ± 9	85.0 ± 2.6	6.1 ± 0.3
50%-60%	149 ± 6	52.8 ± 2.0	5.7 ± 0.3
60%-70%	76 ± 4	30.0 ± 1.3	5.1 ± 0.3
70%-80%	35 ± 2	15.8 ± 0.6	4.4 ± 0.4



ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΕΣ



ΚΕΝΤΡΙΚΕΣ

centrality	<Npart>	Nevents	NKs	efficiency Ks	yield Ks	Ks enhancem
0-10	360	213	4816	0.26	86.963	1.933
10-20	260	290	4638	0.26	61.512	1.893
20-30	186	302	3750	0.29	42.818	1.842
30-40	129	310	2610	0.29	29.032	1.800
40-50	85	302	1493	0.29	17.047	1.604
50-60	52	300	777	0.29	8.931	1.374
60-70	30	315	409	0.35	3.710	0.989
70-80	16	350	149	0.26	1.637	0.819

↑
↑
↑
↑
↑
↑
↑

known
given
measured
given
calculated

Efficiency = $N_{\text{particles}}(\text{measured}) / N_{\text{particles}}(\text{produced})^*$

*assumption on efficiency values : to match yields in Analysis Note

Measurement of Ks and Λ spectra and yields in Pb–Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}}=2.76$ TeV with the ALICE experiment

Yield : number of particles produced per interaction

Yield = $N_{\text{particles}}(\text{produced}) / N_{\text{events}} = N_{\text{particles}}(\text{measured}) / (\text{efficiency} \times N_{\text{events}})$

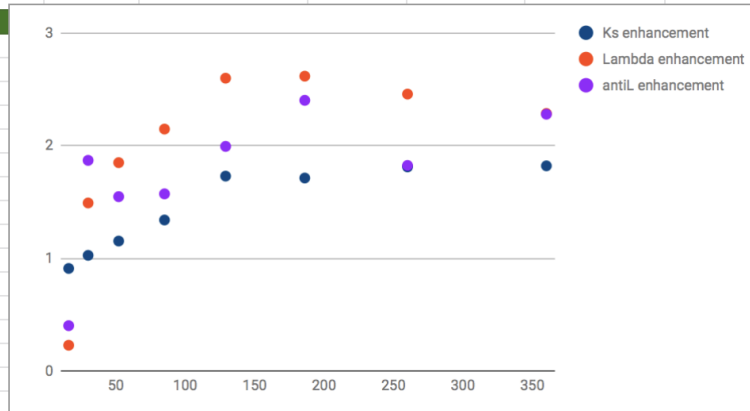
Strangeness enhancement: the particle yield normalised by the number of participating nucleons in the collision, and divided by the yield in proton-proton collisions*

K_s -Yield (pp) = 0.25 /interaction ; Λ -Yield(pp) = 0.0617 /interaction ; $\langle N_{\text{part}} \rangle = 2$ for pp

*pp yields at 2.76 TeV from interpolation between 900 GeV and 7 TeV

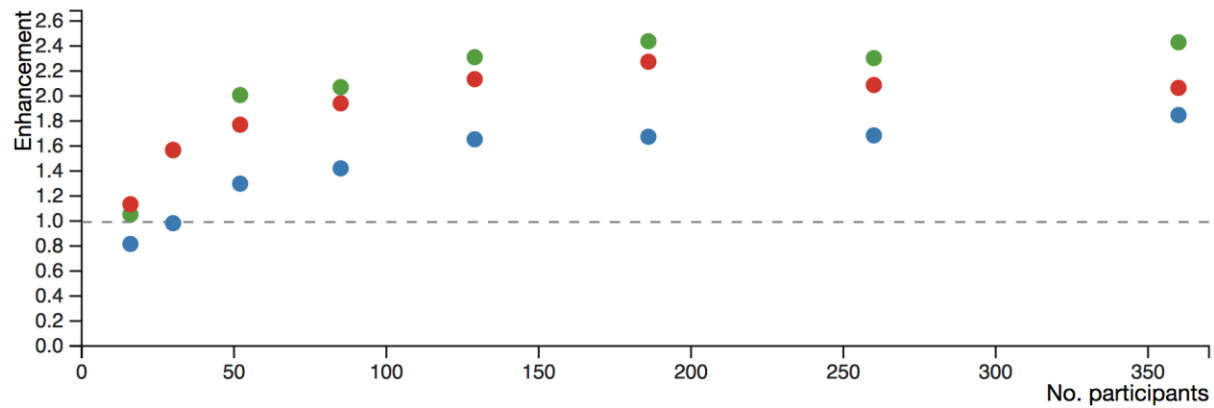
Analysis Note “Ks, Λ and anti Λ production in pp collisions at 7 TeV”

centrali	<Npart	Nevent	NKs	efficien	yield Ks	Ks enhancemer	Nlambd	efficiency	Yield Lambd	Lambda enhancemen	Nantilambd	effic anti	yield antiLan	antiL enhancemen
0-10	360	213	4538.00	0.26	81.942939	1.820954215	1081.00	0.2	25.37558685	2.28485385	1078.00	0.2	25.30516432	2.278512905
10-20	260	290	4439.00	0.26	58.872679	1.811467048	1200.00	0.21	19.7044335	2.456605597	891.00	0.21	14.63054187	1.824029656
20-30	186	302	3488.00	0.29	39.826444	1.71296535	997.00	0.22	15.00602047	2.615154924	915.50	0.22	13.77934979	2.401378468
30-40	129	310	2508.00	0.29	27.897664	1.730087694	705.00	0.22	10.3372434	2.597525763	541.00	0.22	7.93255132	1.993278635
40-50	85	302	1248.00	0.29	14.249828	1.341160351	374.00	0.22	5.629139073	2.146682838	274.00	0.22	4.124021674	1.57270347
50-60	52	300	653.00	0.29	7.5057471	1.154730327	178.00	0.2	2.966666667	1.849312222	149.00	0.2	2.483333333	1.548019781
60-70	30	315	425.00	0.35	3.8548752	1.027966742	87.00	0.2	1.380952381	1.492114944	109.00	0.2	1.73015873	1.869431367
70-80	16	350	166.00	0.26	1.8241758	0.9120879121	8.00	0.2	0.1142857143	0.2315350776	14.00	0.2	0.2	0.4051863857



Add 1000 more rows at bottom.

Plot

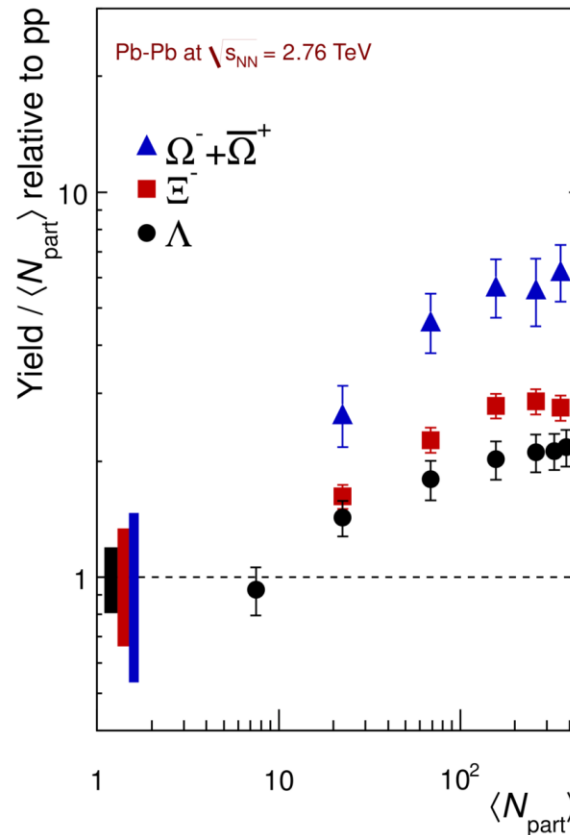


Results

Centrality	No. participants	No. events	No. K	Efficiency K	Yield K	Enhancement K ●	No. L	Efficiency L	Yield L	Enhancement L ●	No. AL	Efficiency AL	Yield AL	Enhancement AL ●
0 - 10%	360	213	4,605.0	0.260	83.153	1.848	1,149.6	0.200	26.985	2.430	977.0	0.200	22.934	2.065
10 - 20%	260	290	4,129.0	0.260	54.761	1.685	1,125.1	0.210	18.475	2.303	1,020.0	0.210	16.749	2.088
20 - 30%	186	302	3,409.1	0.290	38.926	1.674	929.6	0.220	13.991	2.438	867.0	0.220	13.049	2.274
30 - 40%	129	310	2,397.5	0.290	26.669	1.654	627.1	0.220	9.195	2.311	579.4	0.220	8.496	2.135
40 - 50%	85	302	1,322.4	0.290	15.099	1.421	360.8	0.220	5.430	2.071	338.2	0.220	5.090	1.941
50 - 60%	52	300	734.5	0.290	8.443	1.299	193.3	0.200	3.221	2.008	170.4	0.200	2.840	1.770
60 - 70%	30	315	406.3	0.350	3.685	0.983	91.3	0.200	1.448	1.585	91.5	0.200	1.452	1.589
70 - 80%	16	350	148.6	0.260	1.633	0.817	36.4	0.200	0.520	1.053	39.2	0.200	0.560	1.135

Ενίσχυση της παραδοξότητας (Strangeness enhancement)

Ενα από τα πρώτα σήματα για το πλάσμα κουάρκ και γλουονίων



ALI-DER-80680

Αριθμος των σωματιδίων ενός τύπου ανά αλληλεπίδραση PbPb/ $\langle N_{part} \rangle$

Αριθμος των σωματιδίων του ίδιου τύπου ανά αλληλεπίδραση pp/2

Πορεία των μετρήσεων

- Ανάλυση μικρού αριθμού γεγονότων (ένα-ένα) για να βρούμε K , Λ , αντι- Λ σ'ένα δείγμα από συγκρούσεις πρωτονίων.
- Ανάλυση μεγάλου αριθμού γεγονότων για να βρούμε τον αριθμό των K , Λ , αντι- Λ σε γεγονότα από συγκρούσεις πυρήνων μολύβδου.
- Υπολογισμός του αριθμού των σωματιδίων K , Λ , αντι- Λ ανά αλληλεπίδραση
- Υπολογισμός του παράγοντα ενίσχυσης της παραδοξότητας



ALICE

INTERNATIONAL
MASTERCLASSES

hands on particle physics

Main Menu

- Home page
- Installation
- Instructions for the Institute
- Description of Exercises
- English
- .docx
- .pdf
- .docx (web edition)



Welcome to ALICE International MasterClasses

