Ταυτοποίηση φορτισμένων Καονίων μέσω της τοπολογικής διάσπασης «kink» και μελέτη της παραγωγής του συντονισμού Λ(1520) σε αλληλεπιδράσεις αδρονίων (pp) και βαρέων ιόντων (Pb-Pb) στο πείραμα LHC/ALICE του CERN

Π. ΓΑΝΩΤΗ, Α.ΜΠΕΛΟΓΙΑΝΝΗ, Μ. ΣΠΥΡΟΠΟΥΛΟΥ-ΣΤΑΣΙΝΑΚΗ

Τομέας Πυρηνικής και Φυσικής Στοιχειωδών Σωματιδίων, Τμήμα Φυσικής, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

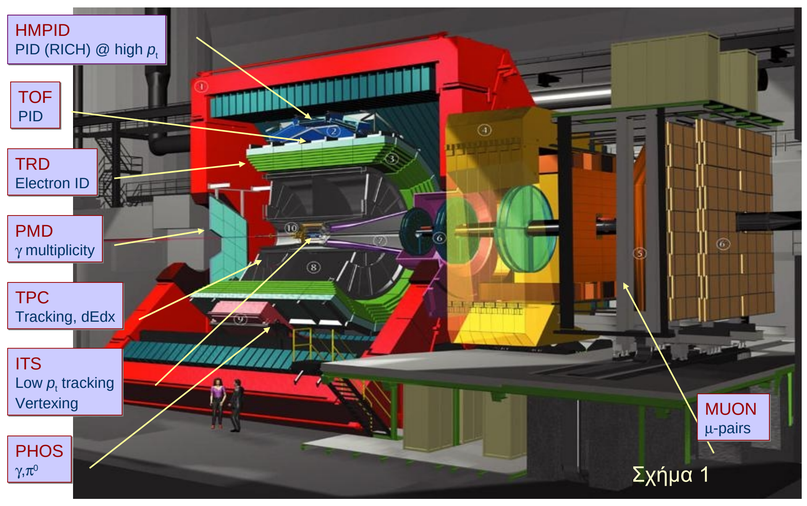
Περίληψη

Παρουσιάζονται συνοπτικά τα αποτελέσματα μελέτης σχετικά με τη δυνατότητα ταυτοποίησης φορτισμένων καονίων μέσω των τοπολογικών διασπάσεων «kink» σε αλληλεπιδράσεις pp και βαρέων ιόντων στα πλαίσια του πειράματος ALICE στον επιταχυντή LHC του CERN. Τα αποτελέσματα αυτά συγκρίνονται με τα αντίστοιχα που προκύπτουν από την ταυτοποίηση των φορτισμένων καονίων από τους ανιχνευτές.

Επίσης δίνονται τα αποτελέσματα σχετικά με τη δυνατότητα ανίχνευσης του συντονισμού Λ(1520) στο πείραμα ALICE, η μελέτη του οποίου σε συνδυασμό και με άλλους συντονισμούς, αναμένεται να δώσει απαντήσεις για τις ιδιότητες της πυρηνικής ύλης σε κατάσταση πολύ υψηλής ενεργειακής πυκνότητας.

Το ALICE είναι ένα πείραμα βαρέων ιόντων σχεδιασμένο να μελετήσει τη φυσική της ισχυρά αλληλεπιδρώσας ύλης και το πλάσμα κουάρκ-γκλουονίων (Quark Glouon Plasma) σε αλληλεπιδράσεις πυρήνων στον επιταχυντή LHC του CERN.

Σχεδιάστηκε με σκοπό να αποτελεί έναν πολύ καλό ανιχνευτή τροχιών με ικανότητα ταυτοποίησης σωματιδίων (Particle IDentification) σε μία ευρεία περιοχή ορμών, χαρακτηριστικό απαιτούμενο από πολλές «υπογραφές» του QGP.



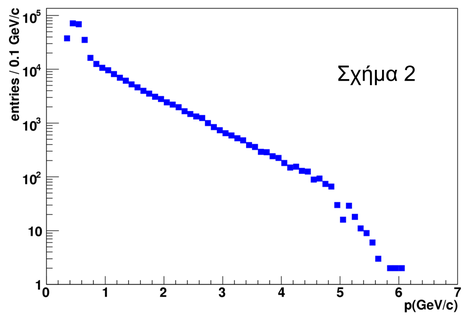
Σχήμα 1

ΤΑΥΤΟΠΟΙΗΣΗ ΦΟΡΤΙΣΜΕΝΩΝ ΚΑΟΝΙΩΝ ΣΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ ALICE ΑΠΟ ΤΑ ΣΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΑΝΙΧΝΕΥΤΩΝ

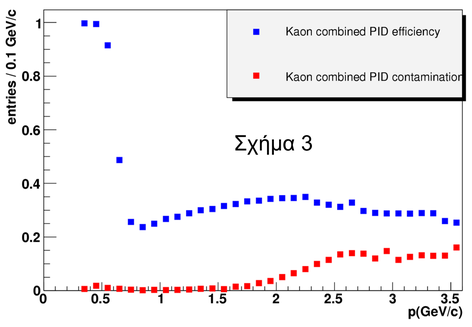
Οταν περισσότεροι από έναν ανιχνευτές μπορούν να διαχωρίσουν τα διάφορα είδη σωματιδίων, οι συνεισφορές τους προστίθενται με τα κατάλληλα βάρη (weights) παρέχοντας έτσι μία βελτιωμένη ικανότητα ταυτοποίησης.

Σχήμα 2 : Το φάσμα της ορμής των ταυτοποιημένων καονίων συνδυάζοντας τους ανιχνευτές TPC και TOF.

Σχήμα 3 : Η ικανότητα ανακατασκευής (efficiency) των φορτισμένων καονίων (μπλε τετράγωνα) και η μόλυνση (contamination, κόκκινα τετράγωνα) ως συνάρτηση της ορμής, συνδυάζοντας τους ανιχνευτές TPC και TOF.



Σχήμα 2

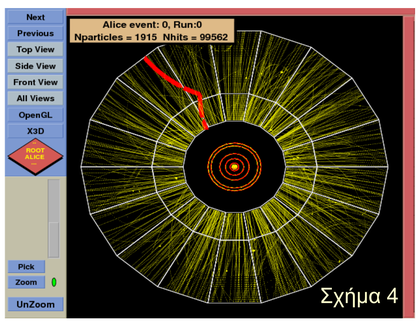


Σχήμα 3

ΤΑΥΤΟΠΟΙΗΣΗ ΦΟΡΤΙΣΜΕΝΩΝ ΚΑΟΝΙΩΝ ΣΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ ALICE ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΩΝΤΑΣ ΤΗΝ ΤΟΠΟΛΟΓΙΑ «kink»

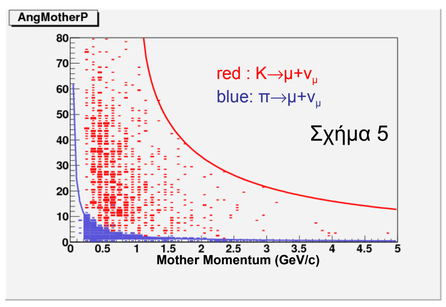
Η ανακατασκευή της τοπολογίας «kink» (δευτερεύουσα κορυφή με μία αρχική και μία τελική τροχιά που έχουν το ίδιο φορτίο, σχήμα 4) είναι μια τεχνική με την οποία μπορούν να ταυτοποιηθούν καόνια σε ευρύτερη περιοχή ορμών από αυτήν που μπορεί να επιτευχθεί συνδυάζοντας τα σήματα των ανιχνευτών.
Το υπόβαθρο στη μελέτη αυτή αποτελείται από kinks που προέρχονται από τις διασπάσεις των πιονίων, από αδρονικές αλληλεπιδράσεις μέσα στον ενεργό όγκο του TPC και από τυχαίες συνδέσεις τροχιών που αναγνωρίζονται ως kinks. Η τοπολογία kink είναι σημαντική τόσο σε συγκρούσεις βαρέων ιόντων όσο και σε αλληλεπιδράσεις πρωτονίου – πρωτονίου.

Η αναγνώριση – διαχωρισμός των καονίων από πιόνια βασίζεται στη διαφορετική κινηματική της διάσπασής τους σε $\mu+\nu_\mu$.

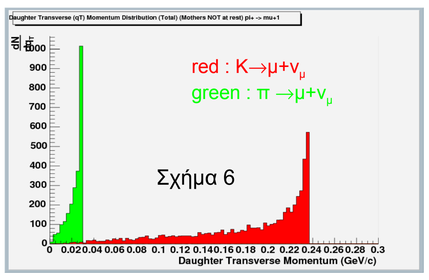


Σχήμα 4

Για τη μελέτη της ταυτοποίησης – διαχωρισμού των καονίων από πιόνια χρησιμοποιούνται μεταβλητές όπως η γωνία μεταξύ του μητρικού και του θυγατρικού σωματιδίου για δεδομένη ορμή του μητρικού στο σύστημα εργαστηρίου (σχήμα 5) και η εγκάρσια ορμή (q_T) **του θυγατρικού μιονίου** (σχήμα 6). Η ορμή του παραγόμενου μιονίου στο σύστημα ηρεμίας του **K/π είναι 236 και 30** MeV/c αντίστοιχα. Αυτή είναι και η μέγιστη τιμή της εγκάρσιας ορμής του μιονίου στο σύστημα εργαστηρίου.



Σχήμα 5



Σχήμα 6

$$\tan\theta_{lab} = \frac{p_{rest}\sin\theta_{rest}}{\gamma^* p_{rest}\cos\theta_{rest} + \beta^*\gamma^* E_{rest}}$$

Επόμενο βήμα είναι να ενσωματωθούν τα kinks στη διαδικασία ταυτοποίησης σωματιδίων.

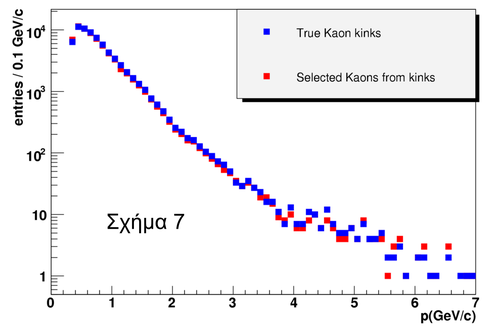
Μελέτη του δείγματος των kinks

- Κάθε ανακατασκευασμένη τροχιά ελέγχεται για το αν έχει αναγνωριστεί ως kink.
- Αν είναι τότε εφαρμάζονται τα κατάλληλα κριτήρια επιλογής (cuts) ώστε να ληφθεί ένα καθαρό δείγμα.

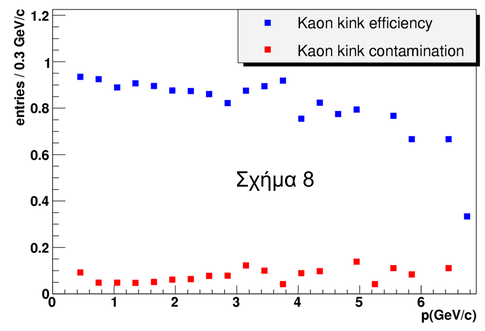
Κριτήρια με τις οποίες επιλέγονται τα kinks των καονίων :

- Η γωνία του kink πρέπει να είναι μεγαλύτερη από τη μέγιστη γωνία διάσπασης π→μν_μ αλλά μικρότερη από την αντίστοιχη μέγιστη γωνία της διάσπασης K→μν_μ
- q_T > 50MeV/c
- Η κορυφή του kink να είναι μεταξύ 110 cm και 230 cm (δηλαδή μέσα στον ενεργό όγκο του TPC)
- |η| < 1.1 (περιοχή ψευδοωκύτητας που καλύπτει το TPC)
- Η αναλλοίωτη μάζα θεωρώντας την θυγατρική τροχιά ως μιόνιο να είναι μικρότερη από 0.6 GeV/c^2

Η μελέτη και επιλογή των πραγματικών kink τροχιών είτε θα εμπλουτίσει το σύνολο των επιλεγμένων καονίων σε ένα γεγονός είτε θα διορθώσει τις τροχιές εκείνες στις οποίες η ταυτοποίηση από τα σήματα των ανιχνευτών είναι λανθασμένη. Σχήμα 7 : Το φάσμα της ορμής των πραγματικών καονίων που δίνουν kinks (monte carlo truth, μπλε τετράγωνα) και αυτών που έχουν επιλεγεί με τα προηγούμενα κριτήρια (κόκκινα τετράγωνα). Σχήμα 8 : Η ικανότητα ανακατασκευής των καονίων μέσω των διασπάσεων kink (μπλε τετράγωνα) και η μόλυνση (κόκκινα τεράγωνα).



Σχήμα 7

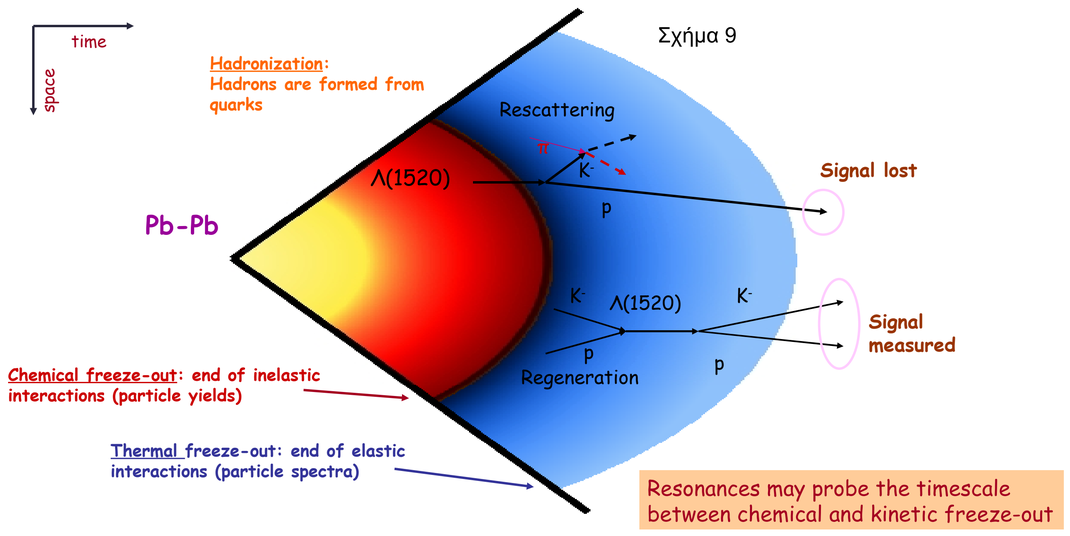


Σχήμα 8

Η μέθοδος των **kinks** για ταυτοποίηση καονίων αναμένεται να δώσει σημαντική πληροφορία (με τη συλλογή ικανοποιητικής στατιστικής) στην **ενδιάμεση περιοχή ορμών** (p > 2 - 6 GeV/c) όπου η πληροφορία από τους ανιχνευτές είναι σχετικά περιορισμένη.

ΑΝΑΔΕΙΞΗ ΤΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ ΤΟΥ ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΥ Λ(1520) ΣΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ ALICE

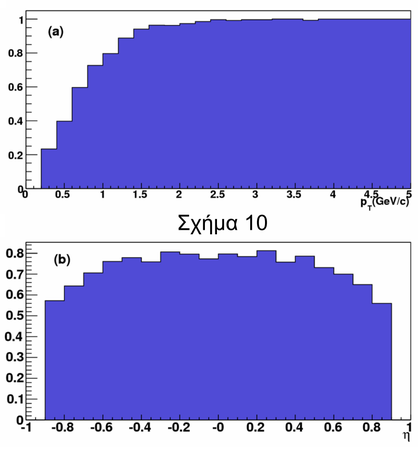
Η μελέτη της παραγωγής συντονισμών σε αλληλεπιδράσεις πρωτονίου – πρωτονίου και βαρέων ιόντων είναι μία μέθοδος για τη μελέτη της δυναμικής της αδρονοποίησης του **QGP.** Για το λόγο αυτό μελετώνται συντονισμοί με διαφορετικούς χρόνους ζωής (οι τυπικοί χρόνοι, 1.3 έως 45 fm/c, είναι συγκρίσιμοι με το χρόνο ζωής της ύλης που δημιουργείται στις συγκρούσεις βαρέων ιόντων) με σκοπό να καθοριστεί η επίδραση της επανασκέδασης (rescattering) και επαναδημιουργίας (regeneration) στον αριθμό των συντονισμών που ανιχνεύονται τελικά από το πείραμα.



Σχήμα 9

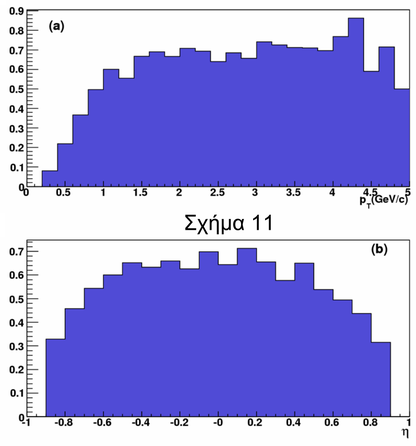
1.08M γεγονότα από προσομοίωση έχουν αναλυθεί. Η ταυτοποίηση των σωματιδίων έγινε χρησιμοποιώντας τους ανιχνευτές TPC και TOF.

Μέση Γεωμετρική Αποδοχή : ~73%



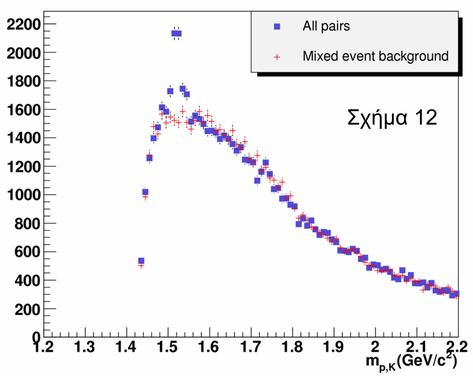
Σχήμα 10

Μέση ικανότητα ανακατασκευής 57%

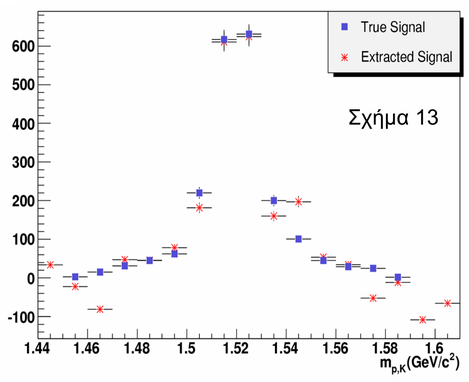


Σχήμα 11

Σχήμα 12 : Ολοι οι K-p συνδυασμοί από το ίδιο γεγονός (μπλε τετράγωνα) και το υπόβαθρο (κόκκινα τετράγωνα) όπως υπολογίστηκε με τη μέθοδο της μίξης γεγονότων (mixed event). Σχήμα 13 : Σύγκριση του σήματος που λαμβάνεται με τη αφαίρεση των δύο προηγούμενων καμπυλών και του πραγματικού σήματος των συντονισμών Λ(1520) που αναμένονται.



Σχήμα 12



Σχήμα 13

Βιβλιογραφία

1) «*Estimation of Kaon and Pion Yields from the decay K/π → μ+ν_μ, kink topology, in one year of Pb-Pb running of the ALICE experiment* »
By: A.Belogianni, P.Ganoti, F.Roukoutakis, M.Spyropoulou-Stassinaki
Internal Note/physics, ALICE-INT-2006-012
2) «*Study of Λ(1520) resonance in pp interactions at ALICE and Kaon identification from its decay μ + μ_ν*»
By M.Spyropoulou-Stassinaki
Proceedings of the 1st International Workshop on Soft Physics in ultrarelativistic Heavy Ion Collisions
http://www.ct.infn.it/SPHIC06/
3) «*Study of Λ(1520) production in pp interactions at 14 TeV with the ALICE detector*»
By P.Ganoti
Proceedings of the International Conference on Strangeness in Quark Matter, Levoca-Slovakia, 24-29/6/2007
J. Phys. G: Nucl. Part. Phys. 35 (2008) 401 – 407
4) Physics Performance Report I, ALICE Collaboration et al 2004 *J. Phys. G: Nucl. Part. Phys.* **30** 1517- 1763
5) Physics Performance Report II, ALICE Collaboration et al 2006 *J. Phys. G: Nucl. Part. Phys.* **32** 1295-2040