

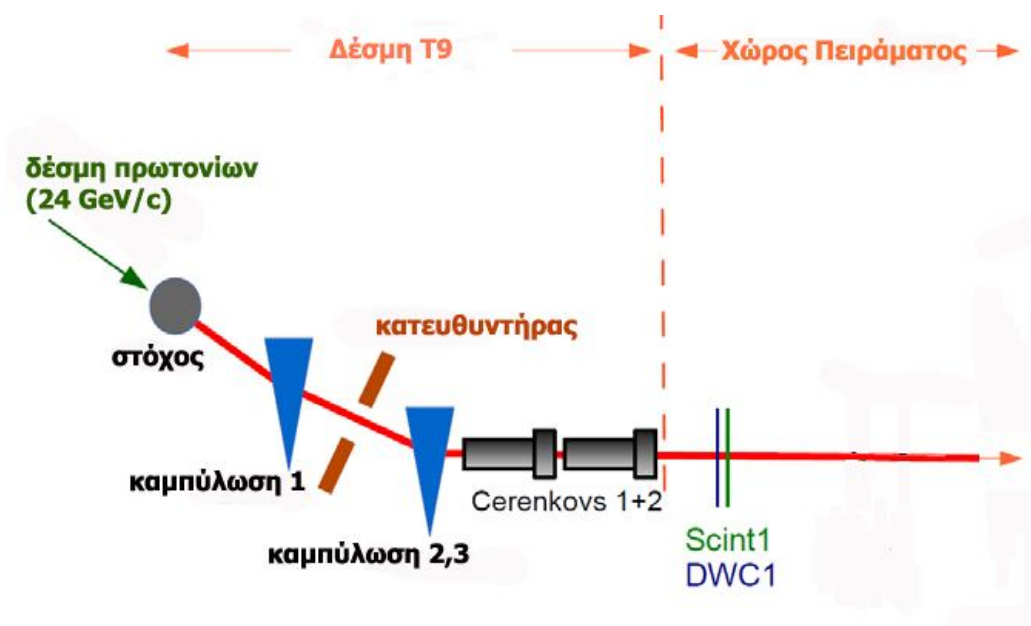
Πληροφορίες για την δέσμη T9 και τις πειραματικές εγκαταστάσεις

Η δέσμη πρωτονίων, που έρχεται από τον επιταχυντή PS, προσκρούει στον Βόρειο στόχο, δημιουργώντας έτσι τα σωματίδια της δέσμης T9. Οι σύγκρουση των πρωτονίων με τον στόχο, μπορεί να παράξει πληθώρα σωματιδίων όπως ηλεκτρόνια, ποζιτρόνια, μόνια, πιόνια, καόνια και (αντι)πρωτόνια. Η δέσμη T9 λοιπόν, η οποία θα χρησιμοποιηθεί στο πείραμα είναι μία ανάμεικτη δέσμη αδρονίων και ηλεκτρονίων και μπορεί να μεταφέρει είτε θετικά ή αρνητικά φορτισμένα σωματίδια σε ένα εύρος ορμών από 0.5 GeV/c έως 10 GeV/c. Η δέσμη αποτελείται από ομοιόμορφες δεσμίδες οι οποίες έχουν χρονική διάρκεια 0.4 δευτερολέπτων. Ανάλογα με το πρόγραμμα και την ζήτηση κάθε δεσμίδα παρέχεται μία ή δύο φορές ανά 15 δευτερόλεπτα. Ο μέγιστος αριθμός σωματιδίων ανά δεσμίδα είναι 10^6 , για θετικά φορτισμένα σωματίδια ορμής 10 GeV/c αλλά μειώνεται καθώς μειώνεται η ενέργεια. Για αρνητικές δέσμες η κάθε δεσμίδα περιέχει μικρότερο αριθμό σωματιδίων. Η δέσμη, πριν φτάσει στη περιοχή όπου διεξάγεται το πείραμα, διανύει μια απόσταση 55m.

Το πείραμα θα διεξαχθεί σε έναν χώρο $5 \times 12 \text{ m}^2$, στον οποίο υπάρχουν ανιχνευτές, σε σταθερές θέσεις, καθώς και άλλες συσκευές που μπορούν είτε να αντικατασταθούν ή να προστεθούν. Οι ανιχνευτές αυτοί, χρησιμοποιούνται για να μετρούν και να χαρακτηρίζουν τις ιδιότητες της δέσμης. Όλες οι διαθέσιμες συσκευές θα περιγραφούν παρακάτω. Υπάρχει βέβαια και η δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν συσκευές από την δική σας ομάδα. Σημειώστε όμως ότι το CERN δεν μπορεί να εγγυηθεί για την (σωστή) εγκατάσταση των εν λόγω συσκευών. Κάθε αίτηση θα αντιμετωπίζεται ξεχωριστά. Η χρησιμοποίηση εύφλεκτων υλικών (π.χ. ξύλο) δεν είναι δυνατή για ευνόητους λόγους.

Πειραματική διάταξη της δέσμης

(δείτε παρακάτω για επεξηγήσεις)





Στόχος

Η κύρια δέσμη που προέρχεται από τον επιταχυντή PS, προσκρούει σε έναν στόχο προτού εισέλθει στον δευτερεύοντα χώρο της δέσμης T9. Υπάρχουν διάφοροι στόχοι διαθέσιμοι, επιτρέποντας διαφορετική περιεκτικότητα της δέσμης σε ηλεκτρόνια. Ο στόχος αποτελείται κυρίως από ελαφρύ υλικό (αλουμίνιο ή βηρύλλιο). Σε κάποιους στόχους μια πλάκα βολφραμίου αυξάνει τον αριθμό των ηλεκτρονίων της δέσμης.

Απαριθμητές Σπινθηρισμών (Scint)

Ένας απαριθμητής σπινθηρισμών αποτελείται από έναν σπινθηριστή συνδεδεμένο με έναν ευαίσθητο φωτοπολλαπλασιαστή. Σπινθηρισμός είναι το φως που παράγεται από συγκεκριμένα υλικά, όταν αυτά διαπερνώνται από σωματίδια. Τέτοια υλικά μπορεί να είναι πλαστικά με κατάλληλες προσμίξεις. Ο σπινθηρισμός μπορεί να ανιχνευτεί από τους φωτοπολλαπλασιαστές. Ο φωτοπολλαπλασιαστικός σωλήνας, μετατρέπει το φως από τον σπινθηριστή σε ηλεκτρικό σήμα, το οποίο εν συνεχεία το ενισχύει. Μέρος της πειραματικής διάταξης αποτελεί ένας σταθερός απαριθμητής σπινθηρισμών. Υπάρχει δυνατότητα προσθήκης δύο ακόμη απαριθμητών σπινθηρισμών. Μπορείτε για παράδειγμα να μετρήσετε τον χρόνο που χρειάζεται ένα σωματίδιο, για να μετακινηθεί από τον ένα απαριθμητή στον άλλο ή απλά να καταμετράτε τα σωματίδια που φτάνουν.

Πολυσυρματικοί Θάλαμοι Καθυστέρησης(DWC)

Η συσκευή απεικόνισης των τροχιών, είναι μια εξέλιξη του πολυσυρματικού αναλογικού θαλάμου (MWPC), ο οποίος αναπτύχθηκε στο CERN από τον Georges Charpak. Ενώ ο MWPC ανιχνεύει την θέση του διερχόμενου σωματιδίου, υποδεικνύοντας το πλησιέστερο σύρμα στην θέση του σωματιδίου, ο πολυσυρματικός θάλαμος καθυστέρησης βελτιώνει την διακριτική ικανότητα μετρώντας παράλληλα τον χρόνο μεταξύ της διέλευσης του σωματιδίου και της καθυστέρησης του σήματος του θαλάμου, ο οποίος μετράται μέσω μιας γραμμής καθυστέρησης. Η καθυστέρηση μετράει την απόσταση μεταξύ του σωματιδίου και του σύρματος. Με αυτόν τον τρόπο μπορούν να επιτευχθούν ακρίβειες στην θέση μέχρι τα 100-200 μm . Δυστυχώς όμως ο ανιχνευτής μπορεί να μετρήσει μόνο ένα σωματίδιο μέσα σε ένα χρονικό παράθυρο. Μέρος της πειραματικής διάταξης αποτελεί ένας σταθερός πολυσυρματικός θάλαμος καθυστέρησης. Υπάρχει δυνατότητα προσθήκης δύο ακόμη πολυσυρματικών θαλάμων καθυστέρησης.

Απαριθμητής Cherenkov

Τίποτα δεν είναι ταχύτερο από το φως στο κενό. Σε άλλα μέσα βέβαια, όπως σε συγκεκριμένα αέρια, η ταχύτητα των σωματιδίων μπορεί να ξεπεράσει την αντίστοιχη του φωτός γι' αυτό το μέσο. Αν συμβαίνει αυτό, τα σωματίδια εκπέμπουν την λεγόμενη ακτινοβολία Cherenkov. Ρυθμίζοντας κατάλληλα την πίεση του αερίου, μπορεί να επιλεχθεί το κατώφλι της ταχύτητας των σωματιδίων που θα εκπέμπουν ακτινοβολία Cherenkov. Αφού η ορμή των διερχόμενων σωματιδίων έχει προεπιλεχθεί, οι διαφορετικές ταχύτητες

μπορούν να συνδεθούν με διαφορετικές μάζες και συνεπώς με διαφορετικά είδη σωματιδίων. Τα ηλεκτρόνια στην πράξη εκπέμπουν πάντα φως σε οποιοδήποτε αέριο, σε αντίθεση με άλλα σωματίδια. Ανάλογα με την επιλογή του αερίου, σε ένα δεδομένο εύρος ενεργειών, είναι δυνατός ένας διαχωρισμός μεταξύ ηλεκτρονίων, πιονίων και βαρύτερων σωματιδίων (κυρίως καονίων ή πρωτονίων). Μέρος της πειραματικής διάταξης αποτελούν δύο απαριθμητές Cherenkov, οι οποίοι αποτελούνται από έναν επιλογέα κατωφλίου Cherenkov και έναν φωτοπολλαπλασιαστή. Εκτός από την πίεση του αερίου, μπορείτε να επιλέξετε συγκεκριμένα αέρια όπως διοξείδιο του άνθρακα, ήλιο, αργό και άζωτο, ανάλογα με το είδος των σωματιδίων που θέλετε να ανιχνεύσετε. Αν επιλέξετε να μην χρησιμοποιήσετε τους απαριθμητές Cherenkov, αυτοί θα παραμείνουν εντός πορείας της δέσμης αλλά θα είναι κενοί από αέριο, ώστε να μην αλληλεπιδρούν με αυτήν.

Προαιρετικές επιπρόσθετες συσκευές

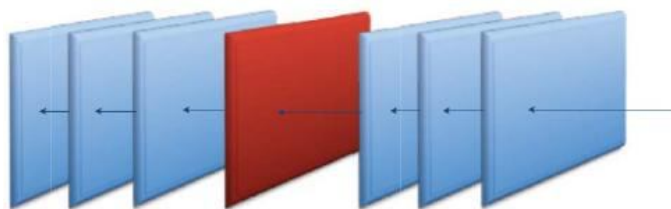
Τηλεσκόπιο ψηφίδας έξι επιπέδων



Αυτός ο ανιχνευτής τροχιών χρησιμοποιείται για να μετρήσει και να καταγράψει τις τροχιές των σωματιδίων της δέσμης με μεγάλη ακρίβεια. Είναι κατασκευασμένος από έξι επίπεδα από αισθητήρες πυριτίου, παρόμοιους με τις κάμερες που διαθέτουν τα κινητά μας τηλέφωνα. Κάθε αισθητήρας αποτελείται από μικρές ψηφίδες (pixels) με μέγεθος περίπου μισής ανθρώπινης τρίχας, με τις οποίες προσδιορίζεται η θέση του εκάστοτε σωματιδίου. Όπως ακριβώς το φως δίνει ένα σήμα στην κάμερα του κινητού μας τηλεφώνου, έτσι και τα σωματίδια δίνουν ένα σήμα σε αυτούς τους αισθητήρες. Συνδυάζοντας τις συντεταγμένες της θέσης από την οποία προήλθε το κάθε

σήμα για τους έξι ανιχνευτές, μπορούμε να υπολογίσουμε με ακρίβεια την τροχιά του σωματιδίου.

Το τηλεσκόπιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε ως ένας ανιχνευτής τροχιών ή ως ένα εργαλείο με το οποίο θα δοκιμαστεί ένας άλλος ανιχνευτής τροχιών. Στο διπλανό σχήμα οι ανιχνευτές τροχιών απεικονίζονται με μπλε χρώμα ενώ ο υπό δοκιμή ανιχνευτής με κόκκινο. Μετά τον υπολογισμό της διαδρομής των σωματιδίων στους έξι ανιχνευτές του τηλεσκοπίου, η σύγκριση με την μέτρηση του υπό δοκιμή ανιχνευτή θα δείξει με πόση ακρίβεια μπορεί να μετρήσει.



Θερμιδόμετρο Κρυσταλλικού Μολύβδου

Καλορίμετρο είναι ένας ανιχνευτής ο οποίος μετρά τις ενέργειες και τις θέσεις των προσπιπτόντων σωματιδίων. Για παράδειγμα, ένα ηλεκτρόνιο θα δημιουργήσει έναν ηλεκτρομαγνητικό καταιγισμό, εναποθέτοντας όλη του την ενέργεια, επιτρέποντας με αυτόν τον τρόπο μια ακριβή μέτρησή της. Τα πιο βαριά σωματίδια θα δημιουργήσουν και αυτά σήμα αλλά η ενέργεια που εναποθέτουν είναι σημαντικά μικρότερη από αυτήν των ηλεκτρονίων. Μετρώντας αυτήν την ενέργεια, τα σήματα που έχουν προέλθει από ηλεκτρόνια μπορούν να διαχωριστούν από τα αντίστοιχα των μιονίων, καονίων, πιονίων ή πρωτονίων. Παρά το γεγονός ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν ανιχνευτές θέσης, ο προσδιορισμός είναι λιγότερος ακριβής.

Ανιχνευτής τεσσάρων επιπέδων τύπου «καλαμάκι»

Αυτός ο ανιχνευτής αποτελείται από πολλούς σωλήνες με μεταλλική επίστρωση, που μοιάζουν με καλαμάκια, είναι γειωμένοι και περιέχουν κάποιο συγκεκριμένο αέριο. Στον άξονα του σωλήνα βρίσκεται ένα λεπτό μεταλλικό σύρμα που βρίσκεται σε πολύ υψηλό θετικό δυναμικό. Κατά την διέλευση σωματιδίου από τον σωλήνα το αέριο ionίζεται και τα παραγόμενα ηλεκτρόνια έλκονται από τα θετικά σύρματα, όπου και αφήνουν ένα σήμα. Ο αριθμός του σύρματος καθώς και ο χρόνος διολίσθησης (που καταμετρά απόσταση) από τη διέλευση του σωματιδίου έως την άφιξη του σήματος μας δίνουν μια πολύ ακριβή μέτρηση της θέσης του σωματιδίου. Ακριβώς, τα τέσσερα αυτά επίπεδα θα επιτρέψουν μια ακριβή μέτρηση της διέλευσης του σωματιδίου.

Κατευθυντήρας

Ο κατευθυντήρας είναι ένα εξάρτημα για το φιλτράρισμα της δέσμης από σωματίδια. Στην δέσμη T9 υπάρχουν δύο κατευθυντήρες. Ο οριζόντιος αλλάζει το πλάτος της κατανομής των ορμών της δέσμης, ανάλογα με το άνοιγμά του. Με αυτόν τον τρόπο απορρίπτονται σωματίδια με μικρότερη ή μεγαλύτερη ορμή από αυτήν που επιβάλλει το άνοιγμα. Αντίθετα, ο κάθετος φιλτράρει τα σωματίδια ανάλογα με την γωνία που εξέρχονται από τον στόχο. Έτσι απορρίπτονται σωματίδια με γωνίες μεγαλύτερες από την προκαθορισμένη.



Απαριθμητής της Άλω

Ο απαριθμητής της άλω, είναι ένα ειδικό είδος απαριθμητού σπινθηρισμών, ο οποίος έχει μια οπή γύρω από τον άξονα της δέσμης. Αυτοί οι ανιχνευτές χρησιμοποιούνται για να ταυτοποιήσουν σωματίδια, μακριά από την δέσμη. Ενώ ο κατευθυντήρας φιλτράρει την

δέσμη, απορρίπτοντας σωματίδια ανάλογα με την γωνία, ο απαριθμητής της άλω τα ταυτοποιεί, κάνοντας έτσι δυνατή την απόρριψη ή την επισήμανσή τους. Αυτή η διαδικασία είναι χρήσιμη για να επισημανθούν π.χ. σωματίδια τα οποία αλληλεπίδρασαν με έναν συγκεκριμένο απορροφητή και σκεδάστηκαν.

Απορροφητές

Ο απορροφητής είναι μια πλάκα ενός υλικού το οποίο απορροφά ένα μέρος των σωματιδίων της δέσμης ή μειώνει την ορμή συγκεκριμένων σωματιδίων. Τυπικοί απορροφητές είναι ο μόλυβδος ή το βολφράμιο, αλλά μπορούν να χρησιμοποιηθούν και άλλα ελαφρά υλικά (π.χ. πολυαιθυλένιο). Χρησιμοποιώντας μόλυβδο, τα ηλεκτρόνια θα χάσουν ένα μεγάλο κομμάτι της ενέργειάς τους, ενώ τα περισσότερα αδρόνια θα τον διαπεράσουν σχεδόν ανεπηρέαστα. Τα ηλεκτρόνια που αλληλεπίδρασαν με τον απορροφητή μπορούν εν συνεχεία να επισημανθούν με τον απαριθμητή της άλω (βλ. παραπάνω).

Φίλτρο Μιονίων

Το φίλτρο μιονίων είναι ένας ειδικός απορροφητής υπό την μορφή ενός ογκώδους σιδερένιου κύβου. Αν χρειαστεί, η εγκατάστασή του γίνεται με την βοήθεια γερανού. Όλα τα σωματίδια της δέσμης, τα οποία διέρχονται από το σιδερένιο κύβο, απορροφώνται, εκτός από τα μίονια. Τοποθετώντας έναν ανιχνευτή (π.χ. ένα απαριθμητή σπινθηρισμών) αμέσως μετά από το φίλτρο μιονίων, μπορούμε να ανιχνεύσουμε το μιονικό περιεχόμενο της δέσμης.

Μαγνήτης MNP17



Ο μεγάλος αυτός οριζόντιος διπολικός μαγνήτης του CERN με εναλλασσόμενη πολικότητα, μπορεί να δημιουργήσει ένα μαγνητικό πεδίο της τάξης των 0.96 T σε μια εμβέλεια 52 cm. Η απόσταση μεταξύ των δύο πόλων είναι 30 cm ενώ το πλάτος του είναι 1 m. Το μαγνητικό πεδίο μπορεί να μεταβληθεί, αν μεταβληθεί το ηλεκτρικό ρεύμα. Ο μαγνήτης αυτός μπορεί να τοποθετηθεί στην πειραματική διάταξη, για τον προσδιορισμό της ορμής των σωματιδίων.

Μαγνήτες Καμπύλωσης

Οι μαγνήτες καμπύλωσης, χρησιμοποιούνται στην δέσμη, όχι μόνο για να καθοδηγούν τα σωματίδια σε συγκεκριμένες διευθύνσεις αλλά και για να επιλέγουν τις ενέργειές τους (μεταξύ 0.5 και 10 GeV) ρυθμίζοντας κατάλληλα το ρεύμα που διαρρέει τους μαγνήτες.



Τετραπολικοί Μαγνήτες

Οι τετραπολικοί μαγνήτες χρησιμοποιούνται για να ελέγχεται το μέγεθος της δέσμης και για την εστίαση-απεστίαση των σωματιδίων στην δέσμη. Ο ρόλος τους είναι παρόμοιος με τον φακό της φωτογραφικής σας μηχανής. Σε αντίθεση όμως με αυτούς θα εστιάσει την δέσμη σε ένα επίπεδο, αλλά θα την απεστιάσει σε ένα άλλο. Αυτό σημαίνει ότι ένα τετράπολο που εστιάζει την δέσμη οριζόντια, την απεστιάζει κάθετα και αντίστροφα.

Μετάφραση: Θάνος Σταματόπουλος