

Πτυχιακή εργασία

Επίθετο: Παναγιωτακόπουλος

Όνομα: Θεόδωρος

ΑΜ: 201100143

Επιβλέπων Καθηγητής: Μανουσάκης - Κατσικάκης Αρκάδιος.

Τίτλος Εργασίας: Περιγραφή της ανάπτυξης μεθόδου για τον

διαχωρισμό των Daliz από τα κανονικά π^0 στον CDF ανιχνευτή.

Τομέας: Πυρηνικής Φυσικής και Στοιχειωδών Σωματιδίων.

Περιεχόμενα

Εισαγωγή.....σελ.	4
Αντιδράσεις διάσπασης.....σελ.	7
Ο επιταχυντής TEVATRONσελ.	9
Ο ανιχνευτής CDFσελ.	11
Συστήματα ανίχνευσης τροχιάς του CDF.....σελ.	13
SVXII-ANIXNEYTHΣ.....σελ.	18
ISL ANIXNEYTHΣ.....σελ.	20
Ο COT ANIXNEYTHΣ.....σελ.	21
Περιγραφή της μεθόδου ανακατασκευής της μάζας των π^0σελ.	24
Αναλλοίωτη κατανομή της μάζας.....σελ.	27
Τοπολογία των π^0σελ.	29
Τοπολογία των π^0 Dalitz.....σελ.	30

Τοπολογία των απλών π^0 και ακτινική απόσταση σημείου πρώτης μετατροπής.....σελ.	31
Μεταβλητές και τοπολογία μετατροπής.....σελ.	32
Ορισμός των μεταβλητών first point και minpoint.....σελ.	33
Κατανομή των Μόντε Κάρλο π^0 s για τα firstpoint και minpoint.....σελ.	34
Επιλογή των κατάλληλων μεταβλητών διαστήματος-απόστασης....σελ.	36
Μετατροπή των π^0 σε σχέση με τον z άξονα.....σελ.	37
Βιβλιογραφία.....σελ.	39

Εισαγωγή

Αρχικά γίνεται μια αναφορά τόσο στις αντιδράσεις διάσπασης των π^0 όσο και στην πιθανότητα που πραγματοποιείται κάθε μια από αυτές. Ακολουθεί μια λεπτομερειακή ανάλυση της δομής και του τρόπου λειτουργίας του επιταχυντή Tevatron και των ανιχνευτών CDF, SVXII, ISL και COT που είναι τα συστήματα ανίχνευσης τροχιάς και σαν σκοπό έχουν την ανίχνευση τροχιών φορτισμένων σωματιδίων.

Ακολούθως γίνεται μελέτη της διαδικασίας μετατροπής $\gamma \rightarrow e^-e^+$ στο Tevatron προκειμένου να ελαττωθεί η αβεβαιότητα στην αρχική πιθανότητα μετατροπής [1]. Η παραπάνω διαδικασία γίνεται με τη δημιουργία αλγορίθμου. Από την ανακατασκευή της μάζας των π^0 ($\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$) και από το συνδυασμό των τεσσάρων τροχιών, βρίσκω τη θέση διάσπασης των π^0 .

Εν συνεχεία αναλύεται η δυνατότητα χρησιμοποίησης των μεταβλητών διαστήματος και απόστασης στη διάσπαση των π^0 ενώ παράλληλα αναλύεται η τοπολογία τόσο των κανονικών όσο και των Dalitz π^0 . Μετά από μελέτη καταλήγουμε στην επιλογή των κατάλληλων

μεταβλητών οι οποίες ορίζονται ως firstpoint και minpoint και γίνεται κατανομή Monte Carlo για τα π^0 με τη βοήθειά τους.

Τέλος από το διάγραμμα που προέκυψε από τις θέσεις διάσπασης των π^0 , προχωρήσαμε στην αναγνώριση των ανιχνευτών των ISL, COT και SVXII.

CDF

Ανιχνευτής

Fermilab

Αντιδράσεις διάσπασης π^0

$$\pi^0$$

Η μάζα του π^0 είναι $m=134,9766 \pm 0,0006 \text{ MeV}$.

$$m_{\pi^\pm} - m_{\pi^0} = 4,5936 \pm 0,0005 \text{ MeV}$$

Ο μέσος χρόνος ζωής (τ) είναι $\tau = 8,4 \pm 0,6 \times 10^{-17} \text{ s}$.

$$C\tau=25,1 \text{ nm}$$

Αντιδράσεις π^0	Πιθανότητα	Ορμή(MeV/c)
$\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$	$98,798 \pm 0,032\%$	67
$\pi^0 \rightarrow e^+ e^- \gamma$	$1,198 \pm 0,032\%$	67
$\pi^0 \rightarrow \gamma \text{positronium}$	$(1,82 \pm 0,29) \times 10^{-9} \%$	67
$\pi^0 \rightarrow e^+ e^+ e^- e^-$	$(3,14 \pm 0,3) \times 10^{-5} \%$	67
$\pi^0 \rightarrow e^+ e^-$	$(6,46 \pm 0,33) \times 10^{-8} \%$	67
$\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma\gamma\gamma$	$< 2 \times 10^{-8} \%$	67
$\pi^0 \rightarrow \nu_e \tilde{\nu}_e$	$< 1,17 \times 10^{-6} \%$	67
$\pi^0 \rightarrow \nu_\mu \tilde{\nu}_\mu$	$< 1,6 \times 10^{-6} \%$	67

$\pi^0 \rightarrow \nu_\tau \tilde{V}_\tau$	$< 2,16 \times 10^{-6} \%$	67
$\pi^0 \rightarrow \gamma + \nu_i + \tilde{V}_i$	$< 6 \times 10^{-4} \%$	67
$\pi^0 \rightarrow \gamma \gamma \gamma$	$< 3,1 \times 10^{-8} \%$	
$\pi^0 \rightarrow \mu^+ e^-$	$< 3,8 \times 10^{-10} \%$	
$\pi^0 \rightarrow \mu^- e^+$	$< 3,4 \times 10^{-9} \%$	
$\pi^0 \rightarrow \mu^+ e^- + \mu^- e^+$	$< 1,72 \times 10^{-8} \%$	

Ο επιταχυντής TEVATRON ^{[2][3][4][10]}

Το Tevatron δέχεται δέσμες πρωτονίων και αντιπρωτονίων που έχουν ενέργεια 150GeV, οι οποίες ωθούνται σε ενέργεια της τάξης των 980 GeV και συγκρούονται στο κέντρο των ανιχνευτών CDF και D₀. Αυτός ο επιταχυντής είναι ένα σύγχροτρο υπεραγώγιμων μαγνητών που στεγάζονται μέσα σε ένα τούνελ το οποίο έχει ακτίνα 1km. Τα δίπολα τα τετράπολα και οι μαγνήτες διόρθωσης ψύχονται με υγρό ήλιο στη θερμοκρασία των 4,6K όπου γίνονται υπεραγώγιμοι. Ο δακτύλιος, είναι χωρισμένος σε έξι ισομήκεις τομείς που ορίζονται ως A,B,C,D,E και F. Κάθε τομέας αποτελείται από τέσσερα (4) τμήματα με συγκεκριμένες λειτουργίες και κάθε τομέας ξεκινάει με ένα τμήμα που ονομάζεται μηδέν. Το A₀ περιέχει τις δέσμες πρωτονίων και αντιπρωτονίων αποτρέποντας ή επιτρέποντας τη σύγκρουση.

Τα B₀ και D₀ περιέχουν ανιχνευτές σύγκρουσης. Στο C₀ υπάρχει ακόμα δυνατότητα διακοπής της κυκλοφορίας της δέσμης του πρωτονίου.

Ο E_0 περιέχει ξύστρα απορρόφησης που αφαιρούν τα πρωτόνια τα οποία κυκλοφορούν μετά την σύγκρουση. Ο F_0 περιέχει 8 RF κοιλότητες, καθώς και τις εκχυόμενες δέσμες από τον κεντρικό εκτοξευτή.

Με τους μαγνήτες του Tevatron να είναι τοποθετημένοι στα 150 GeV, 36 δέσμες πρωτονίων και αντιπρωτονίων εκχέονται από τον εκτοξευτή. Οι δέσμες εισάγονται μια τη φορά και απέχουν 396 ns. Τα πρωτόνια και τα αντιπρωτόνια μετά επιταχύνονται και φτάνουν στην ενέργεια των 980 GeV σε 8 δευτερόλεπτα. Τα πρωτόνια κινούνται δεξιόστροφα και τα αντιπρωτόνια αριστερόστροφα στον ίδιο δακτύλιο κάτω από την επίδραση του μαγνητικού πεδίου. Οι δέσμες πρωτονίων και αντιπρωτονίων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για αρκετές ώρες μετά την δημιουργία τους. Η ροή δέσμης, μετριέται με τη φωτεινότητα και η στιγμιαία φωτεινότητα δίνεται από τη σχέση $L = \frac{N_B N_p N_{\bar{p}} f}{2\pi \sigma_p^2 \sigma_{\bar{p}}^2}$, Όπου N_B είναι ο αριθμός των δεσμών στον επιταχυντή, N_p και $N_{\bar{p}}$ είναι ο αριθμός των πρωτονίων και αντιπρωτονίων ανά δέσμη και f τα ενεργά πλάτη των δεσμών πρωτονίων και αντιπρωτονίων.

Ο ανιχνευτής CDF ^{[2][3][6][7][8]}

Ο ανιχνευτής CDF λειτουργεί από το 2001. Είναι μια αξιμουθιακά και εμπρός – οπίσθια συμμετρική συσκευή για την μελέτη της σύγκρουσης των πρωτονίων και των αντιπρωτονίων σε ενέργεια κέντρου μάζας $\sqrt{s} = 1.96 \text{ TeV}$. Είναι ένας σωληνοειδής ανιχνευτής ο οποίος ανιχνεύει όχι μόνο τις τροχιές των φορτισμένων σωματιδίων αλλά κάνει και προβολική θερμιδομετρική μέτρηση των σωματιδίων. Ο σκοπός του είναι να κάνει μελέτη στη φυσική σωματιδίων υψηλής μάζας και υψηλής εγκάρσιας ορμής και κατασκευάστηκε για να διακρίνει και να μετράει τα ηλεκτρόνια, τα μίονια, τα παρτόνια (σαν τζετς), τα φωτόνια και τα νετρίνα.

Τα συστήματα που ανιχνεύουν την τροχιά των σωματιδίων, βρίσκονται σε ένα ομογενές μαγνητικό πεδίο της τάξης των 1,4 T στη διεύθυνση του άξονα της δέσμης που σχηματίζεται από υπεραγώγιμο σωληνοειδές υλικό 1,5 nm σε ακτίνα και 4,8 μέτρα σε μήκος. Τα θερμιδόμετρα και οι ανιχνευτές μιονίων βρίσκονται έξω από τη σωληνοειδή διάταξη. Ο άξονας Z είναι στη διεύθυνση της δέσμης

πρωτονίων – αντιπρωτονίων. Ο άξονας X είναι στο επίπεδο του TEVATRON με κατεύθυνση από μέσα προς τα έξω. Ο άξονας Y έχει κατεύθυνση προς τα πάνω επειδή ο ανιχνευτής του CDF είναι κυλινδρικά συμμετρικός ως προς τον άξονα Z συχνά χρησιμοποιούμε κυλινδρικές συντεταγμένες z, r, ϕ . Μερικές φορές χρησιμοποιείται και η πολική γωνία θ ως προς τον άξονα Z, ιδίως στην περίπτωση του ορισμού της ψευδοωκύτητας ($n = -\ln \frac{1}{2} \tan(\frac{\theta}{2})$). Στο σύστημα συντεταγμένων πρέπει η πολική γωνία θ να μετρηθεί από τη διεύθυνση της δέσμης των πρωτονίων (Z άξονας) και η αζιμουθιακή γωνία ϕ να μετρηθεί από το επίπεδο του Tevatron. Η ψευδοωκύτητα (η θετική φορά του y άξονα είναι προς τα πάνω) ορίζεται από τον τύπο $n = -\ln \frac{1}{2} \tan(\frac{\theta}{2})$.

Συστήματα ανίχνευσης τροχιάς του CDF_[2]

Ας δούμε τώρα τα συστήματα ανίχνευσης τροχιάς. Η τροχιά των φορτισμένων σωματιδίων είναι ένα από τα πιο σημαντικά στοιχεία κάθε ανάλυσης του CDF. Το σύστημα ανίχνευσης τροχιάς του CDF αποτελείται από ανιχνευτές μικρολωρίδων πυριτίου και ένα θάλαμο ολίσθησης ο οποίος τους περιβάλλει. Το σύστημα μικρολωρίδων πυριτίου αποτελείται από τρία (3) υποσυστήματα. Το πρώτο είναι το στρώμα L_{00} το οποίο είναι πιο κοντά στο σωλήνα της δέσμης και είναι ανιχνευτής μιας όψης ανθεκτικός στην ακτινοβολία. Οι άλλοι δύο (2) υποανιχνευτές αποτελούνται από δύο (2) στρώματα τα οποία είναι ανιχνευτές διπλής όψης ανθεκτικοί στην ακτινοβολία. Τα πέντε (5) πρώτα στρώματα συγκροτούν το SVXII σύστημα και τα τρία (3) επόμενα το ISL σύστημα. Ολόκληρο το σύστημα βρίσκεται σε κυλινδρική συμμετρία και καλύπτει τη ψευδοωκύτητα για $| \eta | < 2$. Εκτείνεται από 1,5cm μέχρι 28 cm από το σωλήνα της δέσμης και παρέχει μια

τρισευδιάστατη ανακατασκευή της τροχιάς. Οι ελικοειδείς τροχιές των φορτισμένων σωματιδίων περιγράφονται από πέντε (5) παραμέτρους:

- z_0 Z συντεταγμένης της ελάχιστης προσέγγισης στον άξονα Z.
- d_0 Παράμετρος κρούσης (απόσταση της τροχιάς από τον άξονα Z).
- ϕ_0 Διεύθυνση του P_T (εγκάρσια ορμή) του σωματιδίου στο σημείο z_0 .
- $\cot(\theta)$ Το άνοιγμα του έλικα που ορίζεται από το βήμα προς τη διάμετρο του έλικα.
- c Η καμπυλότητα του έλικα.

Η διακριτική ικανότητα για την παράμετρο κρούσης του SVXII και του ISL είναι 40 μm . Η διακριτική ικανότητα για τη μέτρηση του Z^0 του SVXII και του ISL είναι 70 μm . Ο θάλαμος ολίσθησης ονομάζεται κεντρικός εξωτερικός ανιχνευτής τροχιάς (COT) και καλύπτει ψευδο-ωκύτητα $|\eta| < 1$ ενώ παράλληλα καλύπτει ένα εύρος του r (ακτινική απόσταση) από 40 έως 137cm. Αποτελείται από 96 επίπεδα οργανωμένα σε διαδοχικούς άξονες που διαφέρει ο ένας από τον άλλο

κατά 2° σε στερεά γωνία. Η διακριτική ικανότητα της εύρεσης σημείου τροχιάς είναι $140\mu\text{m}$ και η ανάλυση της ορμής είναι $\frac{\sigma(P_\tau)}{P_\tau^2} = 0,0015$ (όπου P_τ η εγκάρσια ορμή).

Ένας ανιχνευτής πυριτίου είναι κατασκευασμένος από μικρολωρίδες πυριτίου τοποθετημένες παράλληλα σε ίσες αποστάσεις μεταξύ τους.

Οι λωρίδες αυτές έχουν υποστεί ειδική επεξεργασία ώστε να έχουν περίσσεια οπών (p-type) και τοποθετούνται πάνω σε μια επιφάνεια με έλλειμμα οπών (n-type). Το πάχος του στρώματος είναι περίπου $300\mu\text{m}$.

Στην άλλη πλευρά έχει τοποθετηθεί ένα στρώμα πυριτίου με μεγάλη έλλειψη οπών (n-type). Στο τελευταίο στρώμα εφαρμόζουμε θετικό δυναμικό το οποίο αδειάζει το στρώμα με ελαφρά έλλειψη οπών

($\sim 300\mu\text{m}$) και δημιουργεί ηλεκτρικό πεδίο. Όταν ένα φορτισμένο σωματίδιο περάσει αφήνει ένα ίχνος από ζεύγη οπών ηλεκτρονίων.

Λόγω του πεδίου οι οπές απομακρύνονται από το θετικό τμήμα του πεδίου που ασκείται (προς τις λωρίδες) δίνοντας ένα πολύ εντοπισμένο σήμα. Αντίστοιχα τα ηλεκτρόνια κινούνται προς την αντίθετη

κατεύθυνση σε αντίστοιχες λωρίδες με προσανατολισμό κάθετο ως προς τις αρχικές λωρίδες που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Με αυτό τον τρόπο γίνεται η μέτρηση θέσης στο επίπεδο $r - z$ και $r - \varphi$.

Το L_{00} είναι το πρώτο στρώμα πυριτίου στο σύστημα ανίχνευσης τροχιάς του ανιχνευτή CDF και προστέθηκε κατά τη διάρκεια της CDFII αναβάθμισης. Αποτελείται από ανιχνευτές πυριτίου μιας όψης οι οποίοι βρίσκονται ανάμεσα στο διάστημα 1,35-1,62cm από τη γραμμή της δέσμης. Διαδοχικές λωρίδες διαβάζονται και δίνουν μια διακριτική ικανότητα στον προσδιορισμό της θέσης των σημείων της τροχιάς της τάξης των 6μm. Ο σκοπός αυτού του στρώματος είναι να βελτιώσει τη διακριτική ικανότητα στον προσδιορισμό της παραμέτρου κρούσης και να ενδυναμώσει την αναγνώριση των σημείων διάσπασης των αδρονίων

SVXII-ΑΝΙΧΝΕΥΤΗΣ [2]

Ο SVXII ανιχνευτής είναι κεντρικός ανιχνευτής του σημείου κορυφής της αρχικής αλληλεπίδρασης που παρέχει r-z και r-φ μετρήσεις. Αποτελείται από διπλής όψης αισθητήρες πυριτίου τοποθετημένους έτσι ώστε να καλύπτουν την περιοχή από 0-90°. Πιο λεπτομερειακά μπορούμε να πούμε ότι ο SVXII ανιχνευτής αποτελείται από τρία (3) βαρέλια μήκους 29m το κάθε ένα. Κάθε βαρέλι είναι χωρισμένο σε δώδεκα (12) σφήνες, η κάθε μια από τις οποίες έχει πέντε (5) στρώματα πυριτίου. Τα στρώματα αυτά είναι ευθυγραμμισμένα με τον z άξονα και καλύπτουν γωνία από 1,2-90°. Αυτό επιτρέπει καλή διακριτική ικανότητα κατά τη διαδικασία εύρεσης της z θέσης των δευτερευόντων κορυφών και βελτιώνει την τρισδιάστατη ικανότητα αναγνώρισης. Η ακτίνα του εγγύτερου και του απώτερου στρώματος είναι 2,24cm και 10,6cm αντίστοιχα. Τα ηλεκτρονικά υβριδικής τεχνολογίας είναι τοποθετημένα πάνω στην επιφάνεια των ανιχνευτών πυριτίου. Ο λόγος αυτής της τοποθέτησης είναι ότι θα ήταν εξαιρετικά δύσκολο να οδηγηθούν τόσα καλώδια έξω από τον ανιχνευτή. Η αρνητική συνέπεια αυτού του τρόπου

κατασκευής είναι ότι λόγω του πρόσθετου υλικού αυξάνεται η σκέδαση
Coulomb.

ISL ANIXNEYTHΣ_{[2][3][9]}

Ο ενδιαμέσος ανιχνευτής πυριτίου συνιστά τον εξωτερικό ανιχνευτή του συστήματος πυριτίου. Δύο στρώματα βρίσκονται σε απόσταση $r=20\text{cm}$ και $r=28\text{cm}$ στην περιοχή με ωκύτητα $1 < n < 2$ και ένα στα 22cm της κεντρικής περιοχής με $|n| \leq 1$. Οι κρύσταλλοι πυριτίου είναι εντελώς ίδιοι και έχουν πλάτος 58mm (56.3mm ενεργό) και 74mm μήκος (72.4mm ενεργό). Οι κρύσταλλοι είναι διπλής όψης με αξονικές λωρίδες στην κάθε μια πλευρά και λωρίδες στις $1,2^\circ$ στερεάς γωνίας στην άλλη, όπου ο συνολικός αριθμός λωρίδων είναι 512. Ο ανιχνευτής ISL απαρτίζεται από 296 μονάδες οι οποίες ονομάζονται σκάλες και κάθε σκάλα αποτελείται από δύο (2) μισοσκάλες.

Οι μισοσκάλες είναι φτιαγμένες από τρεις (3) αισθητήρες πυριτίου συνδεδεμένους μαζί για να σχηματίζουν μια ηλεκτρική μονάδα. Η διακριτική ικανότητα εύρεσης σημείου τροχιάς είναι $\leq 16\mu\text{m}$ και η στερεοσκοπική διακριτική ικανότητα του είναι $\leq 23\mu\text{m}$.

Ο COT ANΙΧNEYTHΣ_{[2][3]}

Ο COT (central-outer-tracker) είναι ένας θάλαμος ολίσθησης ο οποίος σχεδιάστηκε για να εκτελεί τη βασική ανίχνευση των τροχιών με μεγάλη διακριτική ικανότητα ορμής στο περιβάλλον της υψηλής φωτεινότητας (πολλά σωματίδια δέσμης) του Tevatron. Ο COT έχει τη δυνατότητα να παρέχει διακριτική ικανότητα εγκάρσιας ορμής της τάξης του $\frac{\delta P_\tau}{P_\tau^2} \leq 0.0015(\text{Gev}/c)^{-1}$. Ο COT αποτελείται από οκτώ (8) υπερστρώματα τα οποία χωρίζονται σε υπερ-κελιά. Το κάθε υπερ-κελί αποτελείται από δώδεκα (12) σύρματα με απόσταση ολίσθησης η οποία είναι σχεδόν ίδια για όλα τα υπερστρώματα. Τα υπερστρώματα εναλλάσσονται σύμφωνα με το στερεοαξονικό πρότυπο με στερεή γωνία $\pm 3^\circ$. Σε κάθε κελί υπάρχουν τέσσερα (4) σύρματα δυναμικού και ένα Au mylar επίπεδο φύλλο, για να διαμορφώσει το πεδίο.

Τα δώδεκα (12) σύρματα ανίχνευσης συστήματος, τα δεκατρία (13) σύρματα δυναμικού και το φύλλο Au mylar, σχηματίζουν ένα επίπεδο συρμάτων. Συνολικά υπάρχουν 30.240 σύρματα ανίχνευσης και 32.760 σύρματα δυναμικού. Τόσο τα σύρματα ανίχνευσης, όσο και τα σύρματα

δυναμικού έχουν διάμετρο της τάξης των 40μm και είναι κατασκευασμένα από επιχρυσωμένο βολφράμιο. Τα φύλλα Au-mylar είναι γειωμένα, τα σύρματα δυναμικού βρίσκονται σε δυναμικό της 2kV και τα σύρματα ανίχνευσης σε ένα θετικό δυναμικό της τάξης των 3kV. Η απόσταση των συρμάτων είναι 7,62μm στο επίπεδο των συρμάτων και η μέγιστη απόσταση ολίσθησης όπως ορίζεται από τον αζιμουθιακό διαχωρισμό αυτών των συρμάτων ανίχνευσης καθώς και των επιπέδων διαμόρφωσης πεδίου είναι 0,88cm. Τα κελιά είναι στραμμένα στις 35° σε σχέση με την ακτινική κατεύθυνση παίρνοντας υπόψη την γωνία Lorenz των ηλεκτρονίων στο μαγνητικό πεδίο μιας και η κατεύθυνση ολίσθησης είναι αζιμουθιακή.

Ο ενεργός όγκος (εκεί που ο ανιχνευτής έχει δυνατότητα ανίχνευσης φορτισμένων σωματιδίων) του COT είναι 43cm από τη γραμμή της δέσμης μέχρι τα 133cm. Εάν οι τροχιές έχουν ωκύτητα της τάξης $|n| < 1$ τότε περνάνε και τα οκτώ (8) υπερστρώματα. Τροχιές με ωκύτητα $|n| < 1,3$ περνάνε από τα τέσσερα ή παραπάνω υπερστρώματα. Το μείγμα του αερίου που χρησιμοποιείται στο θάλαμο είναι το Αργό-

Αιθάνιο, το οποίο διέρχεται με μορφή φυσαλλίδων μέσα από ισοπροπυλική αλκοόλη. Τα φορτισμένα σωμάτια αφήνουν ένα ίχνος ιονισμού κατά μήκος της πορείας τους. Η διαμόρφωση του πεδίου μέσω των επιπέδων της καθόδου αναγκάζουν τα ηλεκτρόνια να ολισθήσουν προς τα σύρματα ανίχνευσης. Η στοιβάδα πάνω στο σύρμα καταγράφεται ως παλμός και ο χρόνος ολίσθησης δίνει την πλησιέστερη απόσταση από το καλώδιο όπου πέρασε το σωματίδιο. Αυτές οι αποστάσεις δίνουν τη δυνατότητα να ανακατασκευαστεί σε τρεις (3) διαστάσεις η διαδρομή του φορτισμένου σωματιδίου στην ελικοειδή τροχιά του. Ο μέγιστος χρόνος ολίσθησης είναι 100ns η οποία έχει μέγιστη απόσταση ολίσθησης 0,88cm.

Περιγραφή της μεθόδου ανακατασκευής της μάζας των $\pi^0_{[2][11]}$

Θα μελετήσουμε τη διαδικασία μετατροπής φωτονίου $\gamma \rightarrow e^+e^-$ στο Tevatron με σκοπό να περιορίσουμε την υπάρχουσα αβεβαιότητα στην ολική πιθανότητα μετατροπής που οφείλεται στην αβεβαιότητα του υπάρχοντος υλικού στον αναβαθμισμένο CDF ανιχνευτή, ο οποίος έχει εν' ολίγοις περιγραφεί παραπάνω.

Ξεκινάμε τη μελέτη μας με την ήδη υπάρχουσα μέθοδο ανεύρεσης μετροπής των φωτονίων του υπάρχοντος επίσημου λογισμικού του CDF καθώς και των δεδομένων χαμηλής ενέργειας ηλεκτρονίων με εγκάρσια ενέργεια μεγαλύτερη των 8 GeV.

Σαν πρώτο βήμα, φτιάχνουμε ένα απλό πρόγραμμα για να τρέξουμε το λογισμικό της εύρεσης των μετατρεπόμενων φωτονίων και με αυτό επαληθεύουμε ότι τα ευρήματά μας είναι πανομοιότυπα με αυτά που είναι αποθηκευμένα στο πακέτο των δεδομένων. Μετά αναπαράγουμε εντός των σφαλμάτων τα αποτελέσματα της εφαρμογής του αλγορίθμου η οποία αναφέρεται στο CDF note 6250.

Συμπληρώνουμε αυτή την ανάλυση με αναλύσεις Monte Carlo κάνοντας χρήση του προγράμματος Pythia και δημιουργώντας ένα δείγμα Drell-Yan.

Ο αλγόριθμος μετατροπής ορίζει ένα κομμάτι από τροχιές σωματιδίων, τα οποία είναι αντίθετα φορτισμένα για να δημιουργήσουν ένα κοινό στοιχείο. Για κάθε τροχιά η οποία είναι offline ένας βρόγχος εκτελείται σε όλες τις offline τροχιές και εάν μια αντίθετα φορτισμένη τροχιά ικανοποιεί κάποιες από τις τιμές $|\Delta\cot\theta|$ και $|\Delta xy|$ τότε το ζευγάρι των τροχιών θεωρείται ότι συνιστά μια μετατροπή.

Η χρήση των μετατροπών των φωτονίων προκειμένου να ανιχνεύσουμε τη θέση του υλικού στον ανιχνευτή, προτέσθηκε στο CDF note 9605, όπου αναγνωρίστηκε ότι η κανονικοποίηση θα ήταν δύσκολη.

Το $\Delta\cot\theta$ μετράει τη γωνία στο r-z επίπεδο μεταξύ της ορμής των δύο (2) τροχιών που προέρχονται από τη μετατροπή φωτονίου.

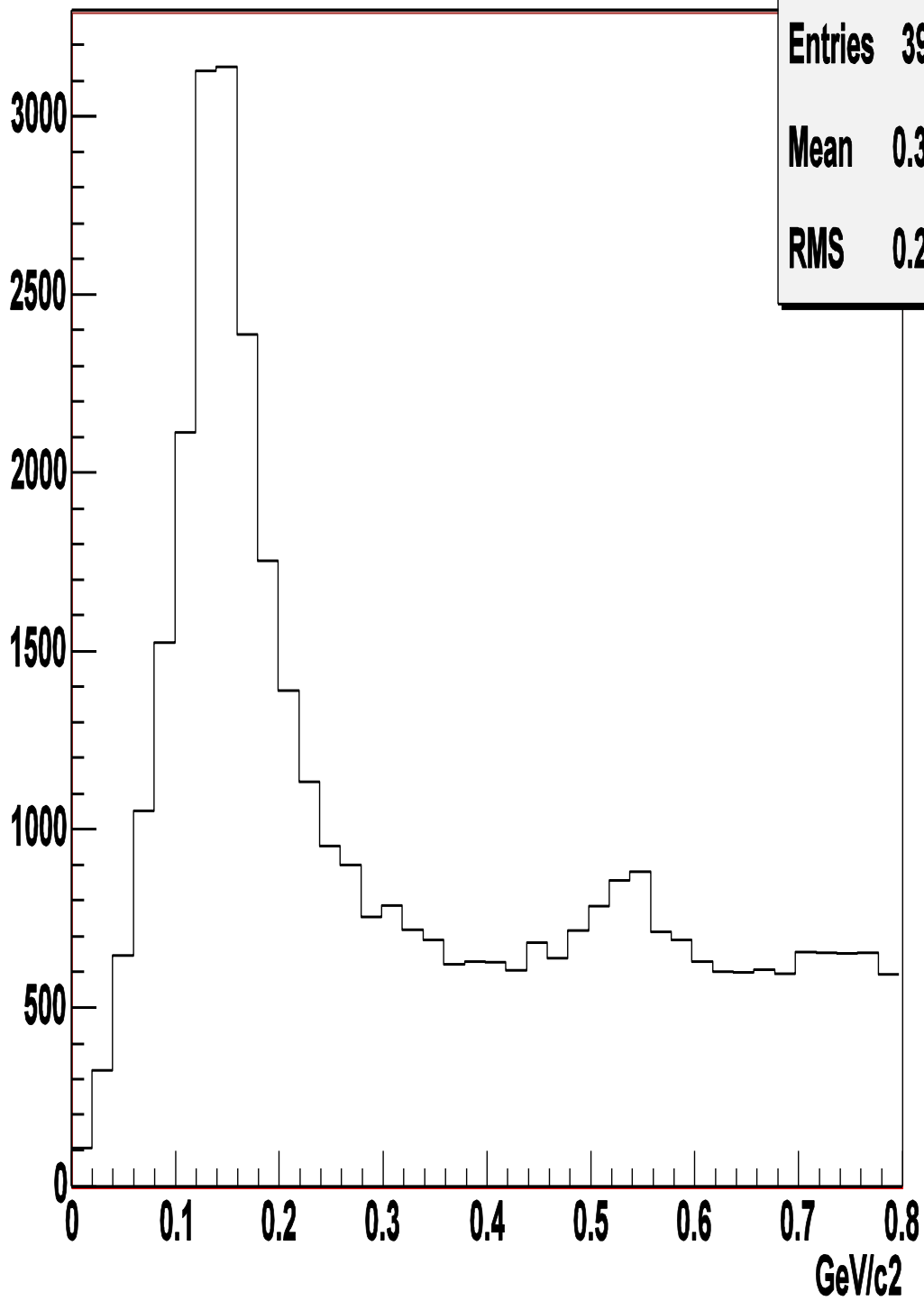
Για να μετρήσουμε τη συνολική πιθανότητα μετατροπής χρειάζεται να ανακατασκευάσουμε τα π^0 .

Τώρα θα προσπαθήσουμε να μετρήσουμε την ολική πιθανότητα μετατροπής, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο η οποία είναι βασισμένη στη σύγκριση του αριθμού των διασπάσεων των π^0 σε δυο φωτόνια ($\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$), τα οποία ακολούθως μετατρέπονται σε ζευγάρια ηλεκτρονίων-ποζιτρονίων, ως προς τον αριθμό των διασπάσεων των Dalitz π^0 ($\pi^0 \rightarrow \gamma e^+ e^-$).

Το πρώτο βήμα είναι η ανακατασκευή των διασπάσεων των π^0 σε δυο φωτόνια τα οποία ακολούθως μετατρέπονται σε ζεύγος ηλεκτρονίων-ποζιτρονίων.

Ξεκινάμε τη μελέτη μας χρησιμοποιώντας τη μέθοδο ανεύρεσης μετατροπής των φωτονίων καθώς και τα δεδομένα ηλεκτρονίων χαμηλής ενέργειας. Τα ακόλουθα ιστογράμματα παράχθηκαν από το συνδυασμό των δυο ζευγαριών των τροχιών που συνιστούν μετατροπές.

Data Pizero

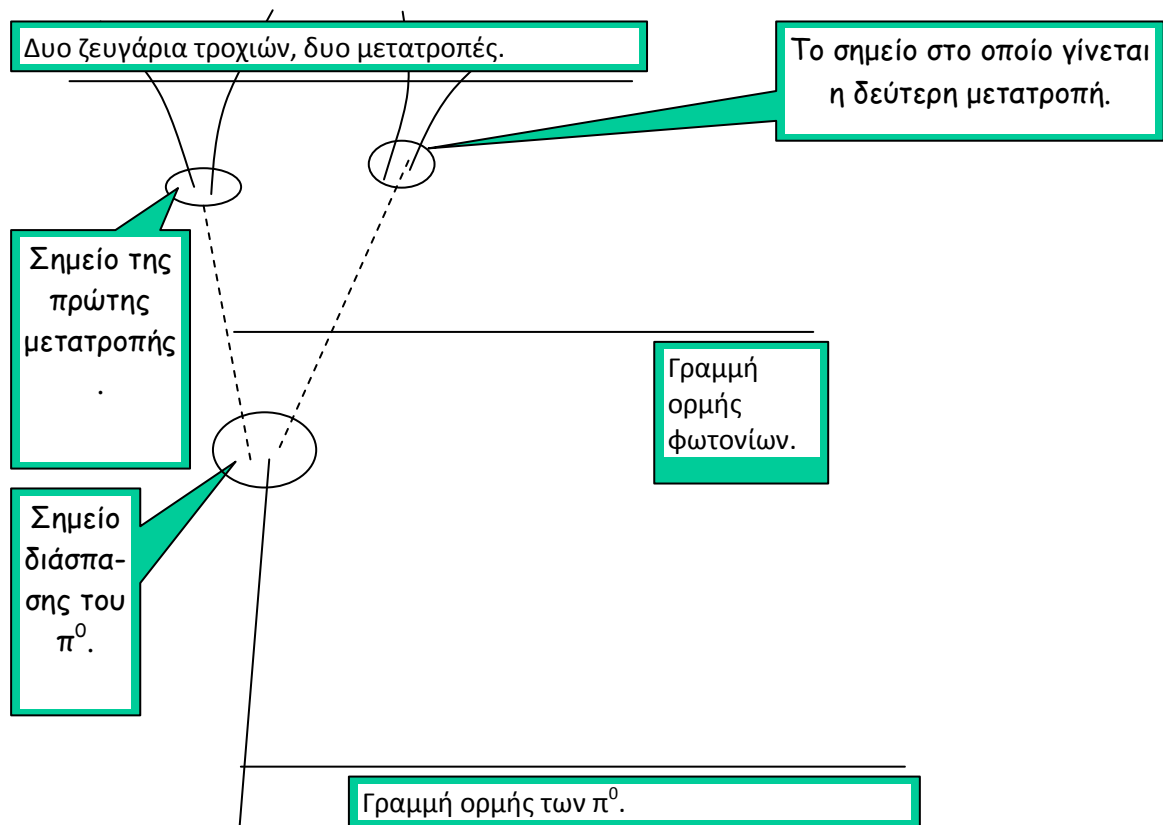


Το παραπάνω διάγραμμα δείχνει την αναλλοίωτη κατανομή της μάζας των δυο ζευγαριών που έχουν μετατραπεί, χρησιμοποιώντας ένα σύνολο αποκοπών.

Το δεύτερο βήμα είναι η μέτρηση του αριθμού των π^0 Dalitz. Αντί των χρησιμοποιούμενων ηλεκτρονίων που έχουν δημιουργηθεί κοντά στο σημείο της αρχικής αντίδρασης, όπως περιγράφεται στο Direct photon cross section with conversions at CDF, το οποίο σημαίνει ότι μια μετατροπή μπορεί να συνδυαστεί με τα δυο αυτά ηλεκτρόνια, θα χρησιμοποιήσουμε το συνδυασμό των δυο μετατροπών.

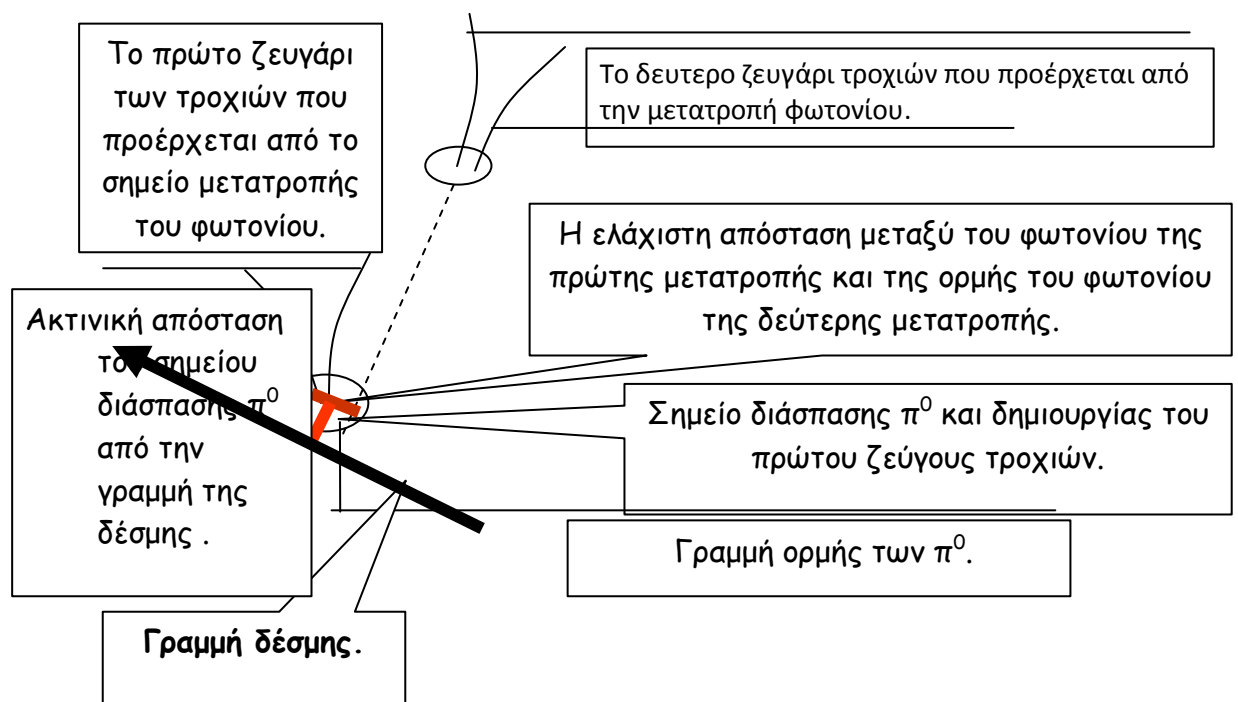
Θα εξετάσουμε τη δυνατότητα χρησιμοποίησης των μεταβλητών διαστήματος απόστασης της διάσπασης του π^0 .

Η διάσπαση των π^0 εξηγείται στο παρακάτω σχήμα.



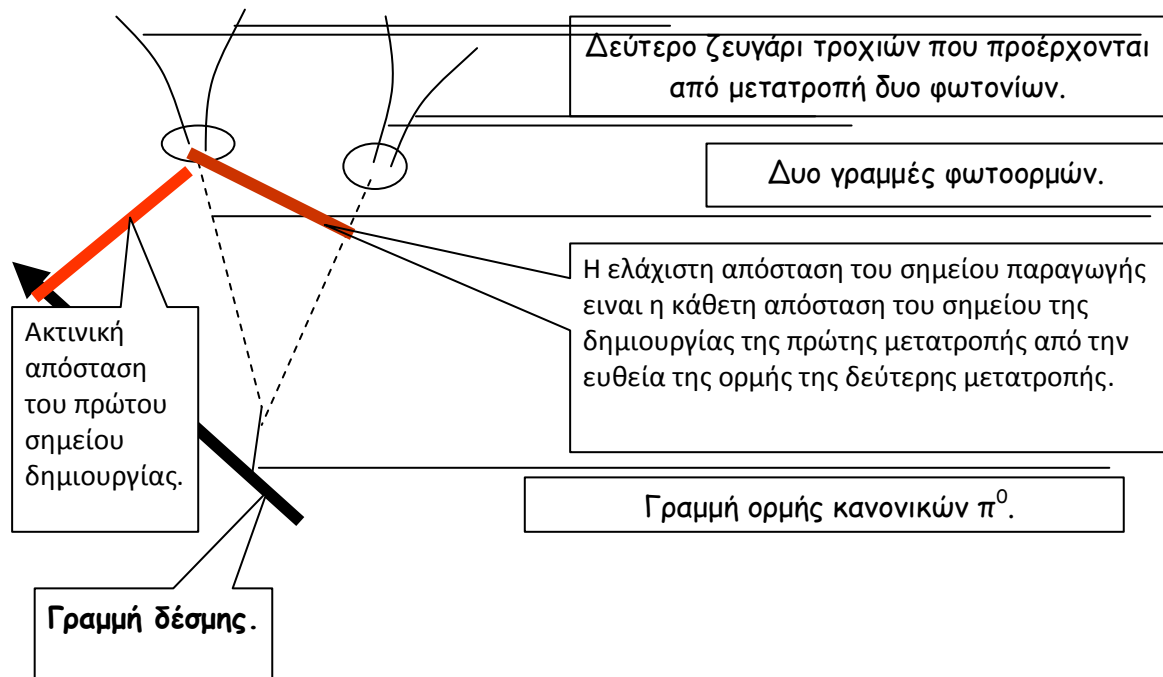
Το παραπάνω διάγραμμα περιγράφει την τοπολογία των π^0 .

Ακολουθεί το διάγραμμα που περιγράφει την τοπολογία των π^0 Dalitz καθώς και την ακτινική απόσταση της πρώτης μετατροπής από τη γραμμή της δέσμης.

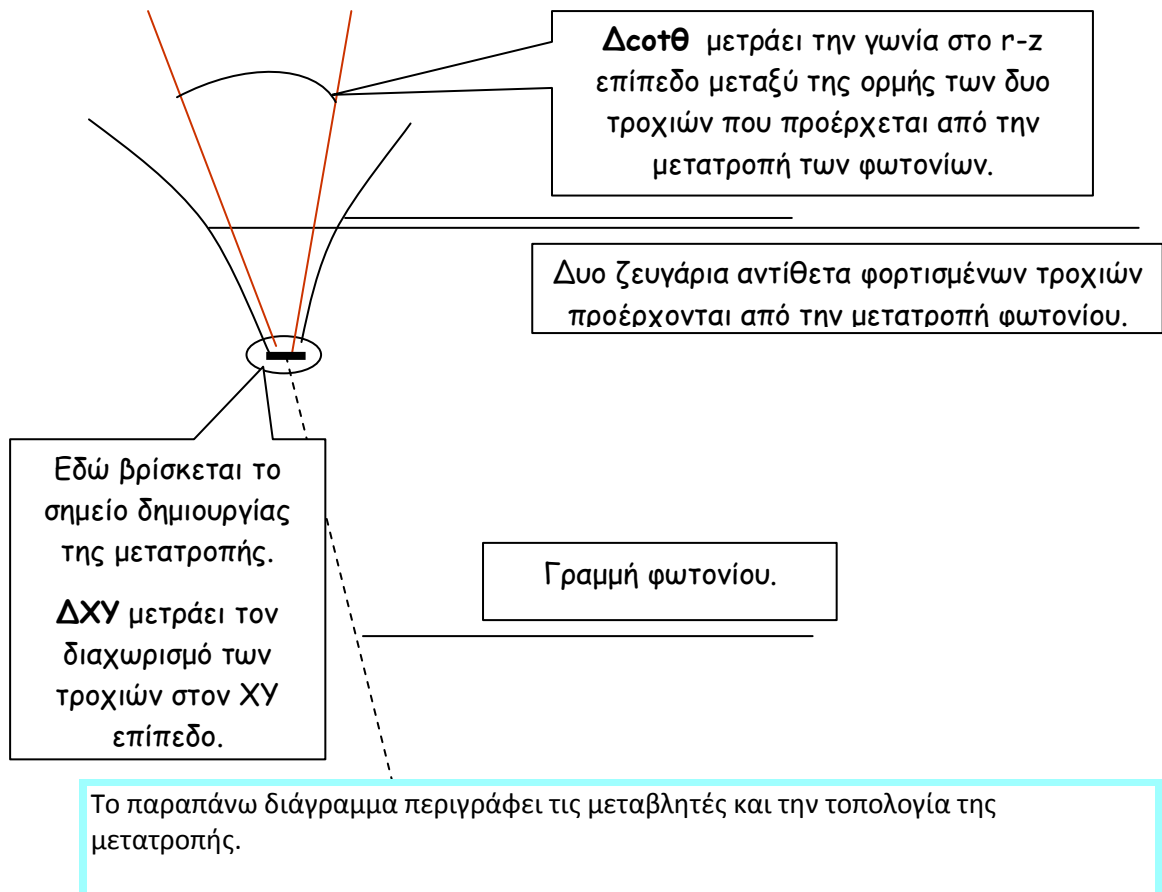


Το παραπάνω διάγραμμα περιγράφει την τοπολογία των π^0 dalitz και την ακτινική απόσταση της πρώτης μετατροπής από την γραμμή δέσμης.

Εν συνεχεία ακολουθεί το διάγραμμα που περιγράφει τόσο την τοπολογία των απλών π^0 όσο και την ακτινική απόσταση του σημείου δημιουργίας της πρώτης μετατροπής.



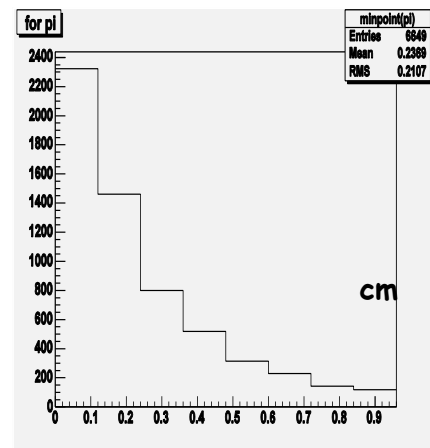
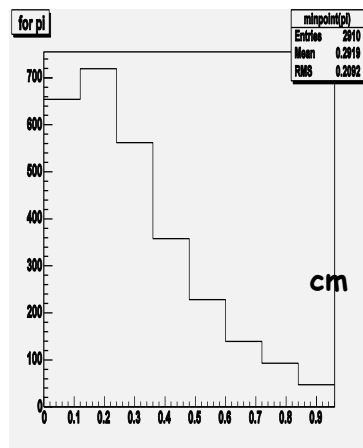
Το παραπάνω διάγραμμα περιγράφει την τοπολογία των απλών π^0 και την ακτινική απόσταση του σημείου δημιουργίας της πρώτης μετατροπής.



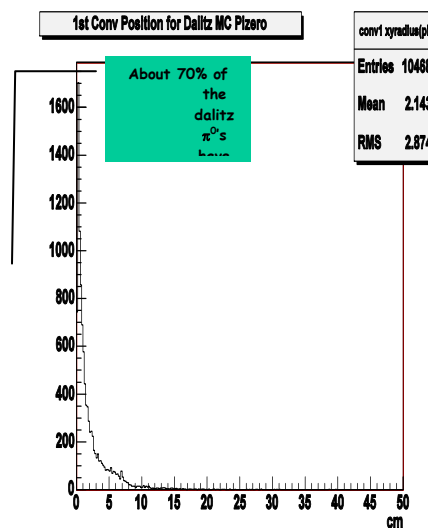
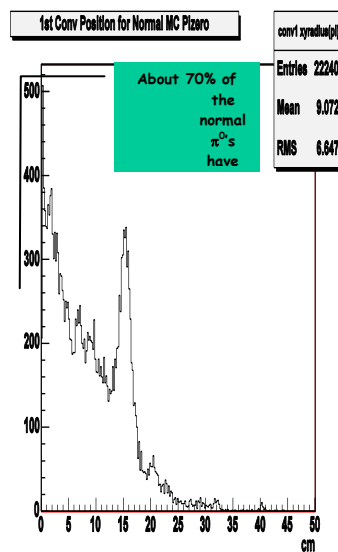
Τώρα θα κάνουμε την επιλογή των κατάλληλων μεταβλητών διαστήματος και απόστασης. Από τις μελέτες Monte Carlo φαίνεται ότι πιο ισχυρές μεταβλητές διαστήματος για να ξεχωρίσουμε τα Dalitz π^0 από τα κανονικά είναι η ακτινική απόσταση του σημείου παραγωγής της πρώτης μετατροπής (ή αλλιώς το πρώτο σημείο από εδώ και πέρα, **firstpoint**) και η ελάχιστη ακτινική απόσταση παραγωγής της πρώτης μετατροπής (το ελάχιστο σημείο από εδώ και πέρα, **minpoint**).

Κατανομή των Μόντε Κάρλο π^0 ς για τα firstpoint και minpoint.

Τα επάνω
ιστογράμ-
ματα
περιέχουν
την
minpoint
μεταβλητή.



Τα κάτω
ιστογράμματα
περιέχουν την
firstpoint
μεταβλητή.



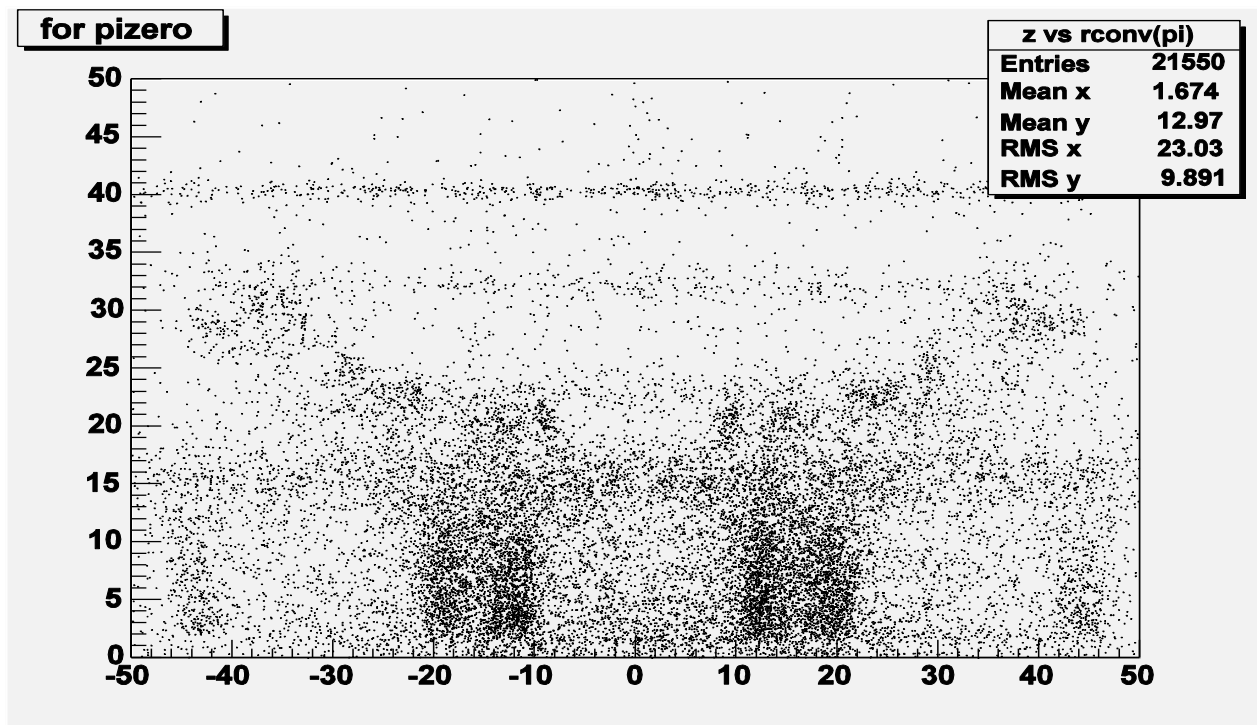
Τα αριστερά ιστογράμματα περιέχουν τις
μεταβλητές των κανονικών π^0 .

Τα δεξιά ιστογράμματα περιέχουν
τις μεταβλητές των dalitz π^0 .

- Τα επάνω ιστογράμματα περιέχουν την minpoint μεταβλητή.
- Τα κάτω ιστογράμματα περιέχουν την firstpoint μεταβλητή.
- Τα αριστερά ιστογράμματα περιέχουν τις μεταβλητές των κανονικών π^0 .
- Τα δεξιά ιστογράμματα περιέχουν τις μεταβλτές των π^0 dalitz.

Συνεχίζοντας την επιλογή των κατάλληλων μεταβλητών διαστήματος-απόστασης

Μετά από πολλές δοκιμές έχουμε καταλήξει στο συμπέρασμα ότι το πρώτο σημείο είναι η καλύτερη επιλογή κυρίως για δυο λόγους. Ο πρώτος λόγος είναι ότι διαχωρίζει καλύτερα τα Dalitz από τα απλά π^0 και ο δεύτερος είναι επειδή υπάρχει μια ισχυρή συσχέτιση με τη θέση του υλικού όπως φαίνεται στο διάγραμμα παρακάτω. Το δισδιάστατο ιστόγραμμα έχει γεμίσει με την ακτινική μετατροπή των π^0 σε σχέση με τον z άξονα.



Το δισδιάστατο ιστόγραμμα έχει γεμίσει με την ακτινική απόσταση του σημείου μετατροπής των π^0 από τον Z άξονα (γραμμή δέσμης).

Στο σημείο όπου υπάρχει συμπύκνωση σημαίνει ότι υπάρχει πολύ υλικό.

Beam line=z άξονας

Στον κάτω άξονα κινούνται οι δέσμες πρωτονίων και αντιπρωτονίων και συγκρούονται στην αρχή των αξόνων O.

Ανάλυση του παραπάνω ιστογράμματος

- Από 1,5 έως 28 cm εκτείνεται τόσο το SVXII όσο και το ISL σύστημα.
- Από 1,32-1,62cm βρίσκεται το L_{00} .
- Στα 2,24cm βρίσκεται η ακτίνα του εγγύτερου στρώματος του SVXII.
- Στα 10,6cm βρίσκεται η ακτίνα του απώτερου στρώματος του SVXII.
- Στα 15cm βρίσκεται το μέσα κέλυφος του ISL.
- Στα 20cm βρίσκεται το στρώμα του ISL με ωκότητα $1 < \eta < 2$.
- Στα 22cm βρίσκεται το στρώμα του ISL με ωκότητα $\eta < 1$.
- Στα 28cm βρίσκεται το στρώμα του ISL με ωκότητα $1 < \eta < 2$ και είναι το κομμάτι εκείνο που στρέφει τα κοίλα προς τα πάνω.
- Στα 40cm βρίσκεται το κέλυφος του COT και από το σχήμα που εικονίζεται στο διάγραμμα καταλαβαίνουμε ότι έχει πολύ μάζα.
- Στο κάτω μέρος του διαγράμματος φαίνονται τα τρία βαρελάκια από τα οποία αποτελείται ο SVXII.

Βιβλιογραφία

1. Hep-ex/0404022 v2 20 Apr 2004 “Direct photon cross section with conversions at CDF.
2. Διδακτορική διατριβή Βικτωρίας Γιακουμοπούλου με θέμα “Nuclear and elementary particle physics”
3. www-cdf.fnal.gov
4. Tevatron rookie book
5. Antiproton source rookie book
6. “The CDF central outer tracker” CDF note 3944
7. “Design and construction of the cdf central outer tracker” CDF note 6227 K.Barrket
8. The CDF II detector, technical design report, fermilab - pub-96/390-c
9. S.Leone “The intermediate silicon layers (ISL) detector for the collider detector at Fermi lab” CDF note 5129
10. The D0 collaboration: “ The upgraded D0 detector “ Nucl. Instum. Meth A565 (2006) 463-537

11. “Total conversion probability and material uncertainty”

Arkadios Manousakis-Victoria Giakoumopoulou-Nikos

Giokaris-Costas Velidis CDF notenumber 10067