ΦΥΣΙΚΗ ΕΠΙΤΑΧΥΝΤΩΝ-ΑΝΙΧΝΕΥΤΩΝ (Νέου Προγράμματος)

Ιούνιος 2015

1. **α)** Χωρική κατανομή δέσμης, θεώρημα Lieuville.
   β) Αρχές λειτουργίας του Κύκλοτρου. Κατονομάστε μια διαφορά μεταξύ του κύκλοκτρου και του σύγχροτρου.

2. **α)** Πώς ορίζεται η φωτεινότητα σε έναν συγκρουστήρα και ποιες οι μονάδες μέτρησής της;
   β) Πώς μπορεί να αυξηθεί η φωτεινότητα σε δεδομένο συγκρουστήρα;
   γ) Πώς συνδέεται η φωτεινότητα με το ρυθμό συγκρούσεων σε ένα συγκρουστήρα (π.χ. LHC); Αν για συγκρούσεις πρωτονίων έχουμε ολική ενεργό διατομή αλληλεπίδρασης 100 mb, πόση φωτεινότητα πρέπει να έχει ο συγκρουστήρας ώστε να έχουμε 1 GHz αλληλεπιδράσεων;
   Δίνεται: 1b = (10 fm)^2

3. **α)** Πώς χρησιμοποιούνται οι διπολικοί και οι τετραπολικοί μαγνήτες στους επιταχυντές; Σχεδιάστε το μαγνητικό πεδίο σε κάθε περίπτωση.
   β) Πώς υλοποιείται η ισχυρή εστίαση και τι είναι η διάταξη FODO;

4. **α)** Ποιά είναι η ελάχιστη ορμή που πρέπει να έχει ένα πιόνιο, ένα καόνιο και ένα πρωτόνιο για να δώσουν ακτονοβολία Cerenkov στα εξής δύο υλικα; i) $PbWO_4$ (n=2.20) και ii) αέριο C_5F_{12} (n=1.0018) ;
   β) Αν έχετε μετρήσει ορμή 3 GeV/c για ένα σωματίδιο και παρατηρείτε ότι στο αέριο C_5F_{12} αυτό το σωματίδιο δίνει ακτινοβολία Cerenkov, ποιό από τα τρία σωματίδια (πιόνιο, καόνιο ή πρωτόνιο) νομίζετε ότι είναι;
   γ) Σε ποιά γωνία σε σχέση με την κατεύθυνση του σωματιδίου εκπέμπεται η ακτινοβολία Cerenkov;
   (Δίνονται οι μάζες, πιονίου: 140 MeV/c^2, καονίου:490 MeV/c^2, πρωτονίου: 938 MeV/c^2).

5. **α)** Σχεδιάστε την απώλεια ενέργειας ανά μονάδα μήκους (dE/dx) λόγω ιονισμών για ενα φορτισμένου σωματιδίο, συναρτήσει του βγ, όπου β είναι η ταχύτητα του σωματιδίου (σε μονάδες και της ταχύτητας του φωτός) και γ είναι το σχετιστικό $\gamma^2 = 1/(1-\beta^2)$. Επίσης δείξτε στο διάγραμμα σε ποιά τιμή του βγ το σωματίδιο είναι ακριβώς "ελάχιστα ιονιστικό" (minimum ionizing): βγ=0.3, βγ=3 ή βγ=30;
   β) Ένα μιόνιο της κοσμικής ακτινοβολία με ορμή 315 MeV/c

μπορούμε να πούμε ότι είναι περίπου ελάχιστα ιονιστικό; Ένα μιόνιο με ορμή ~1 GeV/c ; Πόσο βγ έχουν τέτοια μιόνια των 315 και των 1000 MeV/c ;

γ) Θεωρείστε ότι η ελάχιστη απώλεια ενέργειας είναι περίπου:

$$\frac{1}{\rho}\frac{dE}{dx} \simeq 1.4\, MeV\, cm^2/g$$

όπου ρ είναι η πυκνότητα του υλικού που διασχίζει το μιόνιο.

Ένα μιόνιο της κοσμικής ακτινοβολίας, που το θεωρούμε ελάχιστα ιονιστικό, διαπερνά κάθετα έναν ανιχνευτή αερίου γεμίσματος (που προσεγγιστικά μπορούμε να πούμε ότι είναι όλο Αργό), με πάχος 2mm. Πόσους ιονισμούς προκαλεί κατά μέσο όρο ένα τέτοιο μιόνιο στο διάκενο;

δ) Ποιά είναι η πιθανότητα ένα μιόνιο να περάσει απαρατήρητο επειδή δεν προκάλεσε κανέναν πρωτογενή ιονισμό στα 2mm ;

(Δίνονται: πυκνότητα Αργού = 1.4 g/cm^3 , ενέργεια που απαιτείται για τη δημιουργία ενός ιονισμού στο Αργό = 25 eV, μάζα μιονίου = 105 MeV/c^2).

6. Ένας ανιχνευτής για ακτίνες γάμμα αποτελείται από έναν σπινθηριστή LSO και έναν φωτοπολλαπλασιαστή (PMT). Το σήμα (που το θεωρούμε τριγωνικής μορφής) μεταφέρεται από την άνοδο του φωτοπολλαπλασιαστή με ένα ομοαξονικό (coax) καλώδιο 50 Ω και καταλήγει σ' έναν παλμογράφο που έχει εμπέδηση (impedance) εισόδου 50 Ω επίσης.

   α) Σχεδιάσε σχηματικά τη διάταξη με τον σπινθηριστή και τον φωτοπολλαπλασιαστή και εξηγείστε συνοπτικά πώς αυτή η διάταξη ανιχνεύει ακτίνες γάμμα.

   β) Υποθέστε ότι η απόδοση της συλλογής των φωτονίων του ορατού στον σπινθηριστή είναι 50%, ότι η κβαντική απόδοση μετατροπής του σε φωτοηλεκτρόνια στην φωτοκάθοδο του PMT είναι 25%, και ότι ο πολλαπλασιαστικός παράγοντας ενίσχυσης (“gain”) στον PMT είναι 10^5 .

   Πόσο θα έιναι το πλάτος του σήματος όταν αυτό προκύπτει από την παρατήρηση ακτίνων γάμμα ενέργειας 1 MeV ;

   (Δίνεται ότι 1 MeV ακτνοβολίας προσπίπτουσας στο LSO προκαλεί τη δημιουργία 28.000 φωτονίων μήκους κύματος 420nm).

Καλή Επιτυχία