

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ ΚΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΩΔΗ ΣΩΜΑΤΙΑ
Περίοδος Φεβρουαρίου 14/2/ 2003

Απαντήστε σε **ΤΡΙΑ** από τα παρακάτω τέσσερα ισοδύναμα θέματα.

Θέμα 1

A) Στη διάσπαση του νετρονίου η πιθανότητα εκπομπής ηλεκτρονίου του οποίου η ορμή κείται μεταξύ p_e και $p_e + dp_e$ δίδεται από τη σχέση:

$$W(p_e) dp_e = \frac{2\pi}{\hbar} g^2 |M_{fi}|^2 \frac{16\pi^2}{(2\pi\hbar)^6 c^3} (E_0 - E)^2 (p_e)^2 dp_e,$$

όπου E είναι η ενέργεια του εκπεμπομένου ηλεκτρονίου με μέγιστη τιμή E_0 .

α) Εξηγήστε την προέλευση και τη σημασία των όρων στην ανωτέρω σχέση καθώς και τις προσεγγίσεις που υποθέσαμε.

β) Απεικονίστε την διάσπαση του νετρονίου με διάγραμμα κατά Fermi και κατά Feynman.

B) α) Τι γνωρίζετε για τη δράση των τελεστών της ομοτομίας (P) και της συζυγίας φορτίου (C) στις αντιδράσεις των στοιχειωδών σωματιδίων. Με ποιές συμμετρίες συνδέονται;

β) Η διάσπαση $\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$ τι είδους αλληλεπίδραση είναι και γιατί. Ποιές καταστάσεις προκύπτουν μετά τη δράση των τελεστών P , C και CP (χωριστά για τον κάθε τελεστή) στην παραπάνω αντίδραση. Ποιά από τις προκύπτουσες καταστάσεις υπάρχουν στη φύση; Δικαιολογήστε με σαφήνεια την απάντησή σας.

Θέμα 2

A) Περιγράψτε μία πειραματική μέθοδο για τη μέτρηση της ακτινικής **κατανομής** της μάζας ενός πυρήνα (${}_Z^A X$). Από την μετρούμενη κατανομή ποιές άλλες φυσικές ποσότητες δύναται να μετρηθούν;

B) α) Ποιοί είναι οι κβαντικοί αριθμοί του σωματιδίου $\Delta^{++} (uuu)$ ($Q, B, I, I_3, S, J^P, C, \dots$) και ποιά άλλα σωματίδια συμπληρώνουν την ισοτοπική πολλαπλότητα των σωματιδίων $\Delta (1236)$.

β) Τοποθετείστε τα σωματίδια Δ σε διάγραμμα με άξονες S και I_3 και συμπληρώστε το με τα υπόλοιπα σωματίδια που έχουν το ίδιο J^P (σπιν-ομοτιμία) και αποτελούν αποτελούν την δεκάδα των βαρυονίων στο στατικό υπόδειγμα των κουάρκ.

γ) Εξηγήστε γιατί η παρατήρηση του σωματίου Δ^{++} εισηγείται την εισαγωγή του χρωμοφορτίου στις ισχυρές αλληλεπιδράσεις;

Θέμα 3

A) α) Τι είναι η ακτινοβολία Cherenkov. Να αιτιολογήσετε τη συνθήκη εκπομπής της.

β) Μία δέσμη σωματιδίων συνίσταται από θετικά φορτισμένα πιόνια, καόνια και πρωτόνια ορμής $10 \text{ GeV}/c$. Προτείνετε τις συνθήκες λειτουργίας ενός συστήματος ανιχνευτών Cherenkov αερίου αζώτου, κατάλληλου για την ταυτοποίηση των σωματιδίων, λαμβάνοντας υπ' όψη ότι ο δείκτης διάθλασης του αζώτου μεταβάλλεται με την πίεση $P(\text{atm})$, σύμφωνα με τη σχέση:

$$n = 1 + 3 \cdot 10^{-4} P.$$

(Δίδονται : $m_\pi = 0.140 \text{ GeV}/c^2$, $m_K = 0.494 \text{ GeV}/c^2$, $m_p = 0.938 \text{ GeV}/c^2$)

B) Να υπολογιστεί η ολική ενέργεια (\sqrt{s}) στο σύστημα κέντρου μάζας (κέντρου ορμών):

α) σε πείραμα σταθερού στόχου, π.χ. p σε p , όπου η ορμή της δέσμης είναι $450 \text{ GeV}/c$

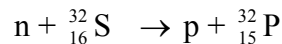
β) σε πείραμα συγκρουομένων δεσμών πρωτονίων, όπου κάθε μία έχει ορμή $50 \text{ GeV}/c$.

γ) Συγκρίνετε τα αποτελέσματα. Σε ποιά από τα παραπάνω πειράματα είναι ενεργειακά δυνατή η παραγωγή περισσότερων των 32 πρωτονίων ή/και η μελέτη της παραγωγής του ενδιάμεσου μποζονίου (σωματιδίου) W και γιατί.

Θέμα 4

A) α) Οι ατομικές μάζες των ${}^{74}_{32}\text{Ge}$, ${}^{74}_{33}\text{As}$ και ${}^{74}_{34}\text{Se}$ είναι 73.92118 u , 73.92393 u και 73.92248 u αντίστοιχα. Ποιές μεταπτώσεις είναι δυνατές μεταξύ των πυρήνων και ποιές οι χαρακτηριστικές ενέργειες των εκπεμπόμενων ακτινοβολιών.

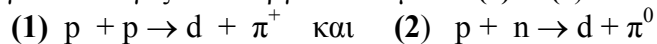
β) Να υπολογισθεί η Q -τιμή και η ενέργεια κατοφλίου T_n για τη πυρηνική αντίδραση:



(Δίδονται : $\Delta(n)=8665 \text{ } \mu\text{u}$, $\Delta({}^1\text{H})=7825 \text{ } \mu\text{u}$, $\Delta({}^{32}_{16}\text{S}) = -27926 \text{ } \mu\text{u}$, $\Delta({}^{32}_{15}\text{P}) = -26091 \text{ } \mu\text{u}$)

B) α) Ποιά είναι η Φυσική σημασία της Ισοτοπικής ιδιοτροφορμής (ισοτοπικού σπίν). Δώστε τη σχέση που συνδέει το ισοτοπικό σπίν με το φορτίο των σωματιδίων και υπολογίστε το φορτίο των μελών της ισοτοπικής πολλαπλότητας (p, n) και της ομάδας των πιονίων.

β) Αν υποθεθεί ότι το ισοτοπικό σπίν διατηρείται στις ισχυρές αλληλεπιδράσεις, να υπολογιστεί ο λόγος των ενεργών διατομών $\sigma(1) / \sigma(2)$ των αλληλεπιδράσεων :



Καλή επιτυχία,

Οι διδάσκοντες,

Μ. Βασιλείου, Α. Πετρίδης, Μ. Στασινάκη