Φυσική των Στοιχειωδών Σωματιδίων ΣΕΜΦΕ-ΕΜΠ

Κανονική Εξέταση Χειμερινού Εξαμήνου

Διδάσκοντες: Ε.Ν. Γαζής, **05 Μαρτίου 2012**

Διάρκεια Εξέτασης: 1,5 ώρες **Τα 3 θέματα είναι ισοδύναμα**

ΛΥΣΕΙΣ ΘΕΜΑΤΩΝ ΚΑΝΟΝΙΚΗΣ ΕΞΕΤΑΣΗΣ

Θέμα 1. Σε ένα πείραμα εξαϋλωσης πρωτονίων-αντιπρωτονίων, έχουμε δέσμη αντιπρωτονίων που διατηρείται σε επιταχυντικό δακτύλιο και συγκρούεται με ένα θάλαμο υδρογόνου που βρίσκεται κάθετα στη δέσμη. Η ενέργεια της δέσμης ρυθμίζεται ώστε να παραχθεί σωματίδιο μάζας 3 GeV.

α) Ποιά πρέπει να είναι η ορμή της δέσμης για την συγκεκριμένη παραγωγή.

β) Υποθέστε ότι ο θάλαμος υδρογόνου έχει πάχος 1 mm και πυκνότητα 10^{-9} gr/cm^3, ενώ η δέσμη περιέχει 10^{11} αντιπρωτόνια που επιταχύνονται σε δακτύλιο διαμέτρου 100 m. Πόσα γεγονότα εξαϋλωσης θα εμφανιστούν ανά sec, αν η ενεργός διατομή $\sigma_{pp} \approx 30$ mb.

ΛΥΣΗ

(α) Τα πρωτόνια θεωρούνται ακίνητα και το τετράγωνο της αναλλοίωτης μάζας είναι:

$S = \left(E_p + m_p\right)^2 - p_p^2 = M^2$, δίδεται ότι: $M = 3GeV$, οπότε βρίσκουμε: $E_p = 3.86\ GeV$

και η απαιτούμενη ορμή είναι: $p_p = \sqrt{E_p^2 - m_p^2} = 3.74\ \ GeV/c$

(β) Με βάση τα προηγούμενα και τα δεδομένα βρίσκουμε την ταχύτητα των αντιπρωτονίων 0.97c και τον αριθμό των $p\overline{p}$ συγκρούσεων B=5.6X10^{30} cm^{-2}s^{-1}

Από τις συγκρούσεις αυτές μόνο οι $\sigma_{p\overline{p}}B$ = 1.68X10^5s^{-1}, αντιστοιχούν σε περιπτώσεις εξαϋλωσης.

Θέμα 2. Το βαρυόνιο Ω^- παράγεται από την αντίδραση $K^- + p \rightarrow \Omega^- + K^+ + K^0$.

α) Ποιό είναι το κατώφλι κινητικής ενέργειας για να προκύψει αυτή η αντίδραση, αν το πρωτόνιο είναι ακίνητο.

β) Σχεδιάστε τα διάγραμμα Feynman της αντίδρασης.

ΛΥΣΗ

(α) Το ελάχιστο τετράγωνο της αναλλοίωτης μάζας είναι:

$S = \left(E_K + m_p\right)^2 - p_K^2 = (m_\Omega + 2m_K)^2$, οπότε βρίσκουμε την ενέργεια E_K και εν συνεχεία την ζητούμενη κινητική ενέργεια T_K.

Θέμα 3. Η παρατήρηση των σωματιδίων (J/Ψ και Ψ') συνέστησαν την ύπαρξη του τέταρτου quark του ονομαζόμενου charm. Ακολούθησε η ανακάλυψη της σειράς των μεσονίων Υ, Υ', … με μάζες περίπου 10 GeV/c^2, πράγμα που επιβεβαίωσε την ύπαρξη του πέμπτου quark του beauty.

α) Βρείτε περίπου πόση είναι η μάζα του b-quark.

β) Επιβεβαιώστε ότι η σχέση Gell-Mann-Nishijima δίδει τα σωστά φορτία για τα quarks c και b.

γ) Έχοντας ως δεδομένο τα πέντε quarks u, d, s, c, b βρείτε τον λόγο R, στη περιοχή του b-quark.

ΛΥΣΗ

(α) Το μεσόνιο Υ είναι συνδυασμός $b\bar{b}$, οπότε μπορούμε να έχουμε είναι:

$$m_b \approx \frac{1}{2} M_Y \approx 5 \text{ GeV/e}^2$$

(β) Από τις σχέσεις: $Y \equiv B + S + C + \tilde{B} + T$, $I_3 \equiv Q - Y/2$ προκύπτει:

$Q = I_3 + 1/2\left(B + S + C + \tilde{B} + T\right)$, οπότε για το c quark Q(c) = 2/3

οπότε για το b quark Q(b) = -1/3

(γ) Από τη σχέση $\Rightarrow R(E) = 3\left[3\times\left(\frac{1}{3}\right)^2 + 2\times\left(\frac{2}{3}\right)^2\right] = \frac{11}{3}$

$$\Rightarrow R(E) = 3\left[3\times\left(\frac{1}{3}\right)^2 + 2\times\left(\frac{2}{3}\right)^2\right] = \frac{11}{3}$$