

ΦΥΣ 331 – Φυσική Στοιχειωδών Σωματιδίων

Εργασία 3^η

Επιστροφή: Παρασκευή 7.10.22

1. Υποθέστε ότι ένας επιταχυντής μπορεί να επιταχύνει πρωτόνια με κινητική ενέργεια 980GeV . Η μάζα ηρεμίας του πρωτονίου είναι $938\text{MeV}/c^2$. Υπολογίστε τη μεγαλύτερη τιμή της μάζας ηρεμίας ενός άγνωστου σωματιδίου X το οποίο μπορεί να παραχθεί όταν η δέσμη των πρωτονίων χτυπήσει ακίνητο στόχο στην αλληλεπίδραση, $p + p \rightarrow p + p + X$.
2. Ένα ποζιτρόνιο έχει κινητική ενέργεια 0.511MeV και εξαυλώνεται με ένα ηλεκτρόνιο το οποίο βρίσκεται σε ηρεμία παράγοντας δύο φωτόνια. Ένα από τα φωτόνια εξέρχεται σε γωνία 90° ως προς την διεύθυνση των προσπιπόντων ποζιτρονίων. (α) Ποιες είναι οι ενέργειες των δύο φωτονίων; (Η μάζα ηρεμίας του ηλεκτρονίου είναι $0.511\text{MeV}/c^2$. Η μάζα ηρεμίας του ποζιτρονίου είναι ακριβώς ίδια). (β) Ποια η διεύθυνση εκπομπής του δεύτερου φωτονίου;
3. Δείξτε ότι σε μία σκέδαση $A + B \rightarrow C + D$ χρησιμοποιώντας τις μεταβλητές Mandelstam ισχύει η ακόλουθη σχέση:

$$s + t + u = m_A^2 + m_B^2 + m_C^2 + m_D^2$$

όπου m_A, m_B, m_C , και m_D οι μάζες ηρεμίας των σωματιδίων που συμμετέχουν στη σκέδαση. Οι μεταβλητές Mandelstam ορίζονται από τις σχέσεις: $s = (p_A + p_B)^2$, $t = (p_A - p_C)^2$ και $u = (p_A - p_D)^2$, όπου p_A, p_B, p_C και p_D τα 4-διανύσματα των ορμών των σωματιδίων A, B, C και D αντίστοιχα.

4. Ένα φορτισμένο πόνιο ενέργειας 1.0GeV διασπάται στο εργαστήριο σε ένα μόνιο και ένα αντινετρίνο μιονίου. Βρείτε την μέγιστη δυνατή γωνία μεταξύ των κατευθύνσεων πτήσης του πιονίου και του μιονίου στο σύστημα αναφοράς του εργαστηρίου. Υπόδειξη: Χρησιμοποιείστε μετασχηματισμούς Lorentz και βρείτε τη μέγιστη τιμή του $\tan\theta_{lab}$ χρησιμοποιώντας τις σχετικές σχέσεις από το σύστημα αναφοράς του κέντρου-μάζας στο σύστημα αναφοράς του εργαστηρίου.
5. Ποια είναι τα ολικά isospins για τις ακόλουθες αντιδράσεις:
(α) $K^- + p \rightarrow \Sigma^0 + \pi^0$ (β) $K^- + p \rightarrow \Sigma^+ + \pi^-$
(γ) $\bar{K}^0 + p \rightarrow \Sigma^+ + \pi^0$ (δ) $\bar{K}^0 + p \rightarrow \Sigma^0 + \pi^+$
Προσδιορίστε το λόγο των ενεργών διατομών, υποθέτοντας ότι η μία ή η άλλη isospin κατάσταση υπερισχύει.
6. Το σωματίδιο Δ είναι έχει isospin $I = 3/2$ και εμφανίζεται σε διάφορες καταστάσεις. Θεωρήστε δύο μηχανισμούς παραγωγής του: $\pi^- p \rightarrow \Delta^0$ και $\pi^+ p \rightarrow \Delta^{++}$. Προσδιορίστε το λόγο των δύο ρυθμών παραγωγής.
7. Δείξτε ότι οι ακόλουθες διασπάσεις ικανοποιούν όλους τους νόμους διατήρησης:

$$\begin{aligned} &(\alpha) \bar{K}^0 p \rightarrow K^- p \pi^+ & (\beta) \pi^- p \rightarrow K^- \Sigma^+ & (\gamma) \pi^- p \rightarrow \bar{\Sigma}^- \Sigma^0 p \\ &(\delta) p \bar{p} \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^+ \pi^- & (\epsilon) \pi^+ p \rightarrow K^+ \Sigma^+ \end{aligned}$$

8. Το η^0 μεσόνιο είναι ένα ψευδο-βαθμωτό μεσόνιο (σωματίδιο το οποίο έχει spin 0 αλλά περιττή parity) με κβαντικούς αριθμούς $J^{PC} = 0^{-+}$, μάζα 548MeV και εύρος $\Gamma = 1.30\text{keV}$. Πέρα από τις συνηθισμένους τρόπους διάσπασης του μεσονίου αυτού ($\eta^0 \rightarrow \gamma\gamma$ [39.3%], $\eta^0 \rightarrow \pi^0 \pi^0 \pi^0$ [32.6%] και $\eta^0 \rightarrow \pi^0 \pi^- \pi^+$ [22.7%]) υπάρχουν και μερικές ακόμα διασπάσεις για τις οποίες έχουν καθοριστεί πάνω όρια για το ποσοστό διακλάδωσής τους. Οι διασπάσεις αυτές με τα

αντίστοιχα ποσοστά διακλάδωσης είναι $\eta^0 \rightarrow \gamma\gamma\gamma$ με $Br(< 1.6 \times 10^{-5})$, $\eta^0 \rightarrow \pi^0\pi^0$ με $Br(< 3.5 \times 10^{-4})$, $\eta^0 \rightarrow \pi^0\gamma$ με $Br(< 0.9 \times 10^{-6})$ και $\eta^0 \rightarrow e^\pm\mu^\mp$ με $Br(< 6 \times 10^{-6})$. Εξηγήστε με βάση τους νόμους διατήρησης, το λόγο για τον οποίο οι παραπάνω σπάνιες διασπάσεις δεν έχουν παρατηρηθεί.