

ΦΥΣ 331 – Φυσική Στοιχειωδών Σωματιδίων

Παραδείγματα

Παρασκευή 06.10.23

1. Θεωρήστε το σύστημα δύο ουδέτερων πιονίων $\pi^0\pi^0$ το οποίο βρίσκεται σε μία κατάσταση στροφορμής l . Αυτό θα μπορούσε να συμβεί στην περίπτωση διάσπασης ενός σωματιδίου $X \rightarrow \pi^0\pi^0$ αν το spin του διασπώμενου σωματιδίου είναι $S_X = l$, εφόσον τα πιόνια έχουν μηδενικό spin.

(α) Ποιες τιμές του Isospin επιτρέπονται για το σύστημα των δύο πιονίων $\pi^0\pi^0$;

(β) Το $\pi^0\pi^0$ σύστημα μπορεί να περιγραφεί από μία κυματοσυνάρτηση της μορφής:

$|\Psi\rangle = |\chi_{\text{χωρική}}\rangle \times |Isospin\rangle$. Ποια είναι η συμμετρία του χωρικού τμήματος της κυματοσυνάρτησης κάτω από εναλλαγή των δύο πιονίων; Τι μπορούμε να πούμε για τις επιτρεπτές τιμές της στροφορμής l ;

(γ) Είναι επιτρεπτή η διάσπαση $\rho^0 \rightarrow \pi^0\pi^0$; Αν επιτρέπεται, μέσω ποιας αλληλεπίδρασης συμβαίνει;

(α) Η κατάσταση isospin των π^0 είναι $|I_1 I_3\rangle = |1,0\rangle$

Η περίπτωση επομένως δύο π^0 θα δώσει $|\pi^0\pi^0\rangle = |1,0\rangle |1,0\rangle \Rightarrow$

$$|\pi^0\pi^0\rangle = \sqrt{\frac{2}{3}} |2,0\rangle - \sqrt{\frac{1}{3}} |0,0\rangle \quad \text{όπου οι συντελεστές προμητώνται από τους τίτλους CG.}$$

Επομένως οι επιτρεπτές τιμές του isospin είναι $0 \text{ } \& \text{ } 2$ για το σύστημα των δύο π^0 .

(β) Η κυριαρχία των ευαίσθιων $\pi^0\pi^0$ θα πρέπει να είναι υψηλής

Οι καταστάσεις με isospin $0 \text{ } \& \text{ } 2$ είναι αυτομάτως

Επομένως η σρούτηση στροφορμής l των ευαίσθιων θα γρίζει να είναι στάχτη συμμετρική διπλαδή l είναι άρτια.

(γ) Το μεσόγειο ρ^0 έχει ενδιάμεση στροφορμή $J=1$. Σαν αντανακλά τη διείσταση

$\rho \rightarrow \pi^0\pi^0$ είναι απαραρτητική γιατί τα δύο π^0 είναι spin μηδενικά αυτοκατόδικα και η ενδιάμεση στροφορμή των ευαίσθιων $(\pi^0\pi^0)$ θα εφέσσει από την

σρούτηση στροφορμή των ευαίσθιων των $\pi^0\pi^0$. Επομένως θα έχουμε $l=1$.

Η περίπτωση αυτή ήδη είναι απαραρτητική γιατί τα π^0 είναι πανορθούσυνα μηδενικά και χρειάζεται να βρισκούνται σε μεταστάση με όρια στροφορμής l .

Νόμως παρεβίσουν στην C & διείσταση $\rho^0 \rightarrow \pi^0\pi^0$ δε θα πρέπει να προσγειωται ποιοδή;

Γιατί $C_{\pi^0\pi^0} = +1$ έτσι ρ^0 είναι $C = -1$.

2. Σε ποιες καταστάσεις isospin μπορούν να υπάρξουν τα (α) $\pi^+\pi^-\pi^0$ και (β) $\pi^0\pi^0\pi^0$.

(α) Η κατάσταση $\pi^+\pi^-\pi^0$ γράφεται ως $|1+1\rangle|1-1\rangle|10\rangle$

Ανά τα $S=0$ πρώτες καταστάσεις και ταυτόχρονα πίνακες CG έχουμε:

$$|1+1\rangle|1-1\rangle = \frac{1}{\sqrt{6}}|20\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|10\rangle + \frac{1}{\sqrt{3}}|00\rangle$$

Ταυτόχρονη είναι και η κατάσταση $|10\rangle$ οπότε δε έχουμε:

$$|20\rangle|10\rangle = \sqrt{\frac{3}{5}}|30\rangle - \sqrt{\frac{2}{5}}|10\rangle$$

$$|10\rangle|10\rangle = \sqrt{\frac{2}{3}}|20\rangle - \sqrt{\frac{1}{3}}|00\rangle$$

$$|00\rangle|10\rangle = |10\rangle$$

Επομένως οι καταστάσεις isospin δεύτερας: $I=0, 1, 2, 3$

(β) Η περίπτωση $\pi^0\pi^0\pi^0 \sim |10\rangle|10\rangle|10\rangle$

$$\text{Η αντίδραση } |10\rangle|10\rangle = \sqrt{\frac{2}{3}}|20\rangle - \sqrt{\frac{1}{3}}|00\rangle$$

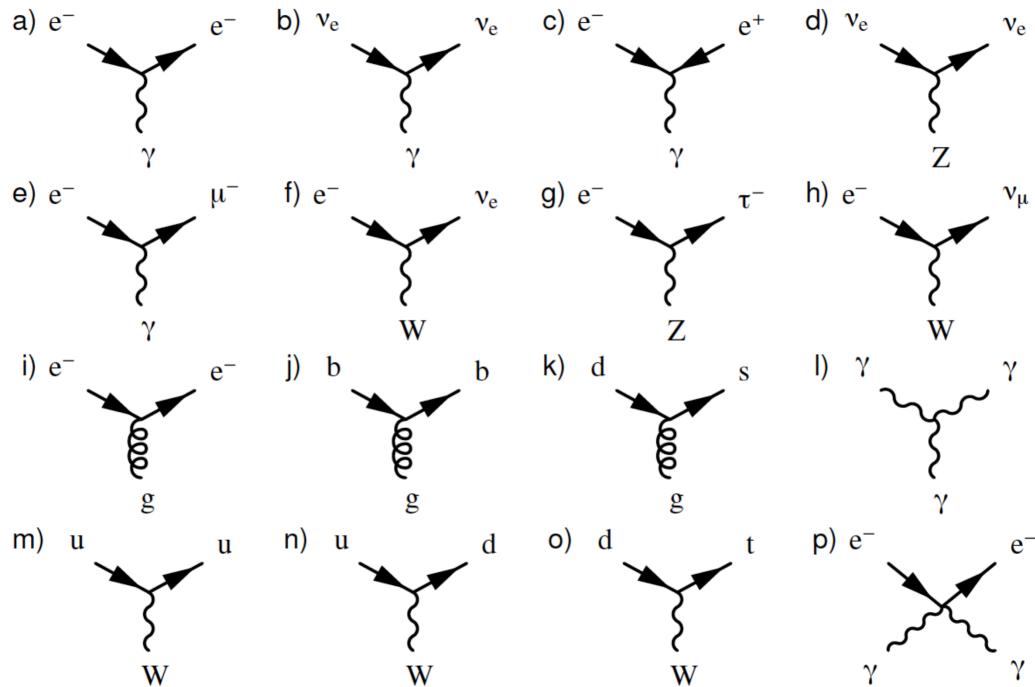
Στις δύο περιπτώσεις $|10\rangle$ δε δύεται:

$$|20\rangle|10\rangle = \sqrt{\frac{3}{5}}|30\rangle - \sqrt{\frac{2}{5}}|10\rangle$$

$$|00\rangle|10\rangle = |10\rangle$$

Επομένως προστίθεται να έχουμε τις καταστάσεις για $I=3, 1$

3. Θεωρήστε τα παρακάτω διαγράμματα Feynman τα οποία κατασκευάστηκαν από κορυφές του Καθιερωμένου Προτύπου. Μόνο διαγράμματα αλληλεπιδράσεων φορτισμένων ρευμάτων (αυτά που περιέχουν W) μπορούν να αλλάξουν την γεύση ενός σωματιδίου στην κορυφή της αλληλεπίδρασης. Εξηγήστε το σκεπτικό σας για το ποια από τα παρακάτω διαγράμματα μπορεί να αντιπροσωπεύει ένα δυνατό διάγραμμα Feynman.



Δυνατά Διαγράμματα Feynman είναι τα (a), (d), (f), (j), (n) και (o)

Τα υπόλοιπα Διαγράμματα παρουσιάζουν προβλήματα, ίσως παραβιασμούς ή σφάλματα σύμφωνα με την θεωρία:

Συγκεκρινώς:

(a) Παρουσιάζεται ευπομπή φωτονίου από νεαρίνιο, σε οποιούσια ουδέτερη η λειτουργία και επομένως δεν ασφαίγχεται ότι το μισόντο βαθμίδας την ηλεγχοφυγήνει αλληλεπιδράσεων.

(c) Το διαγράμμα αυτό παρεβιάζεται η διασύρηση φορτίου, εφόσον ένα μήκερο μεταφρέτεται σε πολύτερο ($\Delta Q \approx 2$) με εκπομπή φωτονίου που είναι μετέκτεντες από τέτοιο. Επίσης μεταφρέτεται σε συμβατίδο (e^-) σε ανασυμβατίδα (e^+)

- (e) Το Σωματόφυλα αυτό έχει παραβίαση του Ιεπτονού αριθμού, αφού είναι η Ιεπτόνως μετατροπής σε μόνο βίδων ηλεκτροφερμάτινον και Ιλιπεπτόνων του Διαστρού το Ιεπτόνο αριθμό.
- (f) Το Σωματόφυλα έχει παραβίαση Δεκανού αριθμού της εκπομπής αδιέργοντος τονοφονίας Βαρύνδες (Z^0) και δεν υπάρχουν αΙΙΙλιπεπτόνων που να εμπειριζούνται ΔZ^0 γενάρια (quark ή Ιεπτόνια) της ουδέτερης ρείκας.
- (h) Το Σωματόφυλα αυτό ανοίγει φορητόν πετύχει ανταλλαγής e^-e^+ νερόπινο (εκπομπή W) και η χρήση δε την αρρώστια να αλλάξει. Η σύστοιχη έχουμε παραβίαση του Ιεπτονού αριθμού του ηλεκτρονίου αφού το νερόπινο που εκπέμπεται είναι νερόπινο πυρινού και η συγκεκριμένη διεργασία δεν την θέτει να προχωρήσει.
- (i) Το ηλεκτρόνιο έχει ηλεκτρικό φορτίο αλλά όχι χρηματικό φορτίο. Επιφέρει πυρεί να αναγνωρίσει την g , W ή Z^0 αλλά δεν πυρεί να αναγνωρίσει την g που είναι φορτίος χρήματος.
- (k) Το Σωματόφυλα αυτό έχει ανταλλαγής γενάρια quark βίδων αδιέργερου φερμιτούς, και ίσως έχει ανατέθει παραπάνω δεν πυρεί να αναγνωρίσει τας λογικές αΙΙΙλιπεπτόνων ή σε άλλες αιιιιλιπεπτόνων που γίροφει: και συγκεκριμένη γονατιά κατά την μεταγραφή FCNC (flavor changing neutral currents).
- (l) Δεν υπάρχουν κυριότερη φορείς αΙΙΙιλιπεπτόνων φωτωνίων σαν λαντερόφινο Πρόσωπο.
- (m) Δεν υπάρχει Διαστρότερη φορείς σαν συγκεκριμένης κυριότερης αφού το W πυρόπινο είναι φορτίοντος και τα u -quarks έχουν φορτίο $+2/3$.
- (n) Το λαντερόφινο Πρόσωπο δύο γραμμής φερμιονίων (η Ιεπτόνια σαν γραμμή $\ell_{μεταβολής}$) επιπεράχων σε $\ell_{μεταβολής}$ που δεν είναι φατόνια και όχι με δύο.

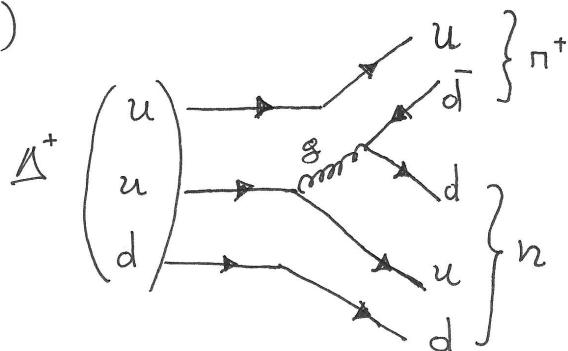
4. Σχεδιάστε τα διαγράμματα Feynman των ακόλουθων διασπάσεων και κατατάξτε τα σύμφωνα με τον χρόνο ζωής των σωματιδίων:

i) $\Delta^+(uud) \rightarrow n(udd)\pi^+(u\bar{d})$

ii) $\Sigma^0(uds) \rightarrow \Lambda^0(uds)\gamma$

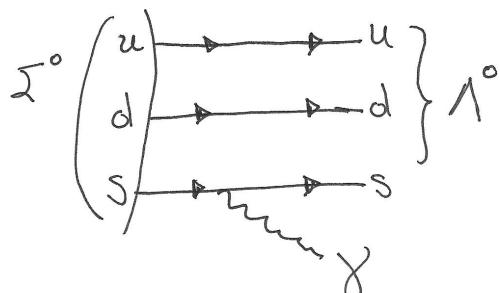
iii) $\pi^+(u\bar{d}) \rightarrow \mu^+\nu_\mu$

(i)



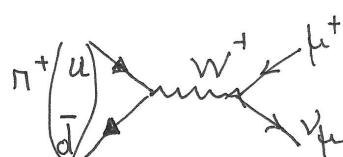
Ισχυρή αλληλεπίδραση

(ii)



Ηλεκτροφορική αλληλεπίδραση

(iii)



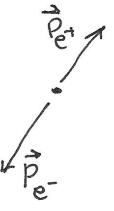
Ασύντονή αλληλεπίδραση

Οι διασπάσεις που διένοταν από τις ισχυρές αλληλεπιδράσεις ήχουν χρόνους γιών μικρότερους των διασπάσεων των ηλεκτροφορικής/αλληλεπιδρασης που δε τη σερά τους, ήχουν χρόνους γιών που είναι μικρότερα από τις διασπάσεις που προγραφούνται από ασθενείς.

5. Να δείξετε ότι η διεργασία $\gamma \rightarrow e^+e^-$ δεν μπορεί να συμβεί στο κενό.

Θεωρούμε το σύστημα ανεφόδως των νέντρων Li^{7+} και Si^{14+} σε περιοχή - πολιτρονίου.

Στο σύστημα αυτό, η συνάντηση οφείλεται στη δίνη $\vec{P}_{\text{obj}} = \vec{P}_{e^+} + \vec{P}_{e^-} = \vec{0}$


Η ενέργεια των νέντρων Li^{7+} και Si^{14+} δια στοιχεία:

$$E_{\text{CM}} = E_{e^+} + E_{e^-} = \sqrt{\vec{P}_{e^+}^2 + m_{e^+}^2} + \sqrt{\vec{P}_{e^-}^2 + m_{e^-}^2} \Rightarrow E_{\text{CM}} \geq 2m_e$$

Εφόσον τα Si^{14+} παραβαλλούνται στη συρροώση $\gamma \rightarrow e^+e^-$

Θα πρέπει να ισχύει διατήρηση ορθού γύρου ενέργειας πριν και μετά την συρροώση.

Επομένως εφόσον $\vec{P}_{\text{obj}} = \vec{0} \Rightarrow \vec{P}_\gamma = \vec{0}$, Από διατήρηση ενέργειας στην

προηγούμενη $E_\gamma \geq 2m_e$ Επομένως $E_\gamma \neq P_\gamma$ που δεν μπορεί να ισχύει για φωτόνια με μηδενική ταχύτητα.