



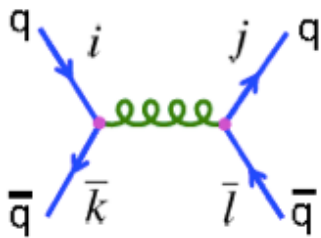
ΣΥΜΜΗΧΗ 7<sup>ο</sup> ΕΞΑΜΗΝΟ, ΧΕΙΜΕΡΙΝΟ 2023-24

Γ ΣΕΙΡΑ ΘΕΜΑΤΩΝ

Παράδοση μέχρι Πέμπτη 21.12.2023, 14:00

1<sup>ο</sup> ΘΕΜΑ

Να βρείτε τους χρωματικούς παράγοντες της QCD για τις αλληλεπιδράσεις:



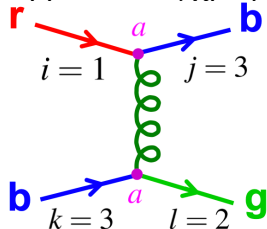
$$C(i\bar{k} \rightarrow j\bar{l}) \equiv \frac{1}{4} \sum_{a=1}^8 \lambda_{ki}^a \lambda_{jl}^a$$

$$\begin{aligned} C(r\bar{r} \rightarrow r\bar{r}) &= \frac{1}{3} \\ C(r\bar{g} \rightarrow r\bar{g}) &= \frac{1}{2} \\ C(r\bar{r} \rightarrow g\bar{g}) &= -\frac{1}{6} \end{aligned}$$

|  |  |  |   |
|--|--|--|---|
| $\lambda^1 = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$  | $\lambda^4 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}$  | $\lambda^6 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$  | $\lambda^3 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$                    |
| $\lambda^2 = \begin{pmatrix} 0 & -i & 0 \\ i & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$ | $\lambda^5 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & -i \\ 0 & 0 & 0 \\ i & 0 & 0 \end{pmatrix}$ | $\lambda^7 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -i \\ 0 & i & 0 \end{pmatrix}$ | $\lambda^8 = \frac{1}{\sqrt{3}} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -2 \end{pmatrix}$ |

2<sup>ο</sup> ΘΕΜΑ

Να βρείτε τους χρωματικούς παράγοντες της QCD για την κατακόρυφη αλληλεπίδραση:

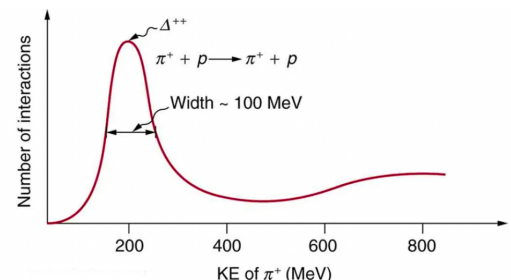


όπου ισχύει

$$C(ik \rightarrow jl) \equiv \frac{1}{4} \sum_{a=1}^8 \lambda_{ji}^a \lambda_{lk}^a$$

3<sup>ο</sup> ΘΕΜΑ

Θεωρείστε την αντίδραση:  $\pi^+ + p \rightarrow \Delta^{++} \rightarrow \pi^+ + p$ , όπου το  $\Delta^{++}$  είναι ένα πολύ βραχύχρονο σωματίδιο. Στο διπλανό διάγραμμα ανίχνευσης του  $\Delta^{++}$ , που ισοδυναμεί με την πιθανότητα πραγματοποίησης της αντίδρασης σαν συνάρτηση της κινητικής ενέργειας που αρχικού  $\pi^+$ . Υπάρχει μία σχετικά «ευρεία» κορυφή, με μέσο πλάτος  $\sim 100$  MeV, εξ αιτίας του πολύ μικρού χρόνου ημιζωής του  $\Delta^{++}$ .



α) Βρείτε τον χρόνο ημιζωής του σωματιδίου  $\Delta^{++}$ , β) γράψτε την ίδια αντίδραση με όρους από quarks. Από την σύνθεση των quarks των σωματιδίων που συμμετέχουν στην αντίδραση, επιβεβαιώστε την εξαύλωση και επαναδημιουργία των quarks d και d-bar, γ) Σχεδιάστε το διάγραμμα Feynman για την παραγωγή και εκπομπή του  $\Delta^{++}$ .

4<sup>ο</sup> ΘΕΜΑ

Θεωρείστε ένα άτομο Υδρογόνου που ευρίσκεται στη τροχιά  $\psi_{2,1,1}$ , spins του πρωτονίου και ηλεκτρονίου προσανατολισμένα στον άξονα z λόγω εξωτερικού μαγνητικού πεδίου. Ποιές είναι οι δυνατές μετρήσεις της ολικής στροφορμής  $J^2$  του Υδρογόνου, συμπεριλαμβανομένων των spins του πρωτονίου και ηλεκτρονίου και ποια η πιθανότητα των μετρήσεων.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Η άθροιση των spins του πρωτονίου και ηλεκτρονίου είναι:

$$|1/2, -1/2\rangle |1/2, -1/2\rangle = |1, -1\rangle$$

Οπότε πρέπει να αθροίσετε την κατάσταση της στροφορμής του Υδρογόνου  $|1, 1\rangle$  με την άθροιση των spins του πρωτονίου και ηλεκτρονίου  $|1, -1\rangle$  ώστε να βρείτε την τελική κατάσταση της ολικής στροφορμής με τους συντελεστές Clebsch-Gordon σε κάθε επιμέρους κατάσταση.

### 5ο ΘΕΜΑ

Θεωρείστε δύο σωματίδια με κατάσταση του spin για το καθένα  $|1, 0\rangle$  και  $|1, 0\rangle$ . Αν μετρήσουμε το μέγεθος του ολικού spin  $S^2$  για το σύστημα των δύο σωματιδίων, ποιες τιμές θα βρούμε και με ποιες πιθανότητες?

### 6ο ΘΕΜΑ

Σχεδιάστε τα διαγράμματα Feynman των κάτωθι αλληλεπιδράσεων, αφού ελέγξετε την δυνατότητα πραγματοποίησής τους:

$$\mu^- \rightarrow e^- + \bar{\nu}_e + \nu_\mu$$

$$\mu^- \rightarrow e^- + e^+ + e^-$$

$$p + \bar{p} \rightarrow \pi^+ + \pi^-$$

$$p \rightarrow \pi^+ + \pi^- + \pi^0$$

$$K^+ \rightarrow \pi^+ + \pi^0$$

$$e^- \rightarrow e^- + \gamma$$

$$\gamma + e^- \rightarrow e^-$$

$$e^+ \rightarrow e^+ + \gamma$$

$$\gamma + e^+ \rightarrow e^+$$

$$vacuum \rightarrow e^+ + e^- + \gamma$$