



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

Εισαγωγή στη Σύγχρονη Φυσική II

Θ. Ν. Τομαράς

Τμήμα Φυσικής

ΣΕΙΡΑ ΑΣΚΗΣΕΩΝ 10
 ΝΑ ΛΥΣΕΤΕ ΤΙΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ 7, 8, 9 ΚΑΙ 10.
 ΠΑΡΑΔΟΣΗ ΤΗΝ ΗΜΕΡΑ ΤΗΣ ΤΕΛΙΚΗΣ ΕΞΕΤΑΣΗΣ

Διδάσκων: Θεόδωρος Ν. Τομαράς

1. Ποιοί νόμοι διατήρησης απαγορεύουν κάθε μία από τις παρακάτω αντιδράσεις

$$\mu^- \rightarrow e + \gamma \quad (1)$$

$$n \rightarrow p + e + \nu_e \quad (2)$$

$$\Lambda^0 \rightarrow p + \pi^0 \quad (3)$$

$$p \rightarrow e^+ + \pi^0 \quad (4)$$

$$\Xi^0 \rightarrow n + \pi^0 \quad (5)$$

Θεωρείστε ότι και οι τρεις λεπτονικοί αριθμοί είναι διατηρούμενοι.

Λύση: (1) L_e, L_μ

(2) L_e

(3) Q, S, I, I_3

(4) B, I, I_3, L_e

(5) $|\Delta S| = 2, I_3$

2. Βαρυόνιο ($B = 1$) έχει κβαντικούς αριθμούς $Q = 0, S = -2$. Βρείτε τα συστατικά του κουάρκς και αντικουάρκς, αν γνωρίζετε επιπλέον ότι η μάζα του είναι μικρότερη από $3GeV^1$. Προσδιορίστε τους υπόλοιπους κβαντικούς του αριθμούς.

Λύση: $B = 1$ συνεπάγεται 3 κουάρκς. $S = -2$ σημαίνει ότι τα δύο από αυτά είναι s . $Q = 0$ συνεπάγεται ότι το τρίτο είναι u ή c ή t . Αφού όμως η μάζα του $M \leq 3GeV$ αποκλείεται το τρίτο κουάρκ να είναι το t . Άρα τα συστατικά του εν λόγω βαρυονίου είναι είτε (uss) με το ελαφρύτερο να έχει μάζα περί τα $1.3GeV/c^2$ είτε (css) με το ελαφρύτερο να έχει μάζα περί τα $2.5GeV/c^2$.

Οι υπόλοιποι κβαντικοί αριθμοί στις δύο περιπτώσεις είναι (α) (uss): $I = 1/2, I_3 = +1/2, C = B = T = 0$ και (β) (css): $I = 0 = I_3, C = 1, B = T = 0$.

3. Θεωρείστε τα σωματάρια $\rho^0 \sim (u\bar{u})$ και $K^0 = (d\bar{s})$. Σχεδιάστε στη γλώσσα των κουάρκς και των φορέων των θεμελιωδών αλληλεπιδράσεων τα διαγράμματα που περιγράφουν τις αντιδράσεις διάσπασης

$$\rho^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^- \quad (6)$$

και

$$K^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^- \quad (7)$$

και διαπιστώστε ότι η πρώτη μπορεί να γίνει με βάση την ισχυρή αλληλεπίδραση, ενώ η δεύτερη χρησιμοποιεί αναγκαστικά την ασθενή, και επομένως είναι πολύ πιο αργή. Μπορείτε να εκτιμήσετε τι χαρακτηριστικούς χρόνους έχουν οι δύο αυτές διασπάσεις;

¹Σας υπενθυμίζω ότι με τα ίδια συστατικά κουάρκς τα σωματάρια μπορούν να έχουν διεγερμένες καταστάσεις που διαφέρουν στο σπιν και οι οποίες έχουν μεγαλύτερη ενέργεια δηλαδή μάζα. Επίσης σας υπενθυμίζω ότι η μάζα του ελαφρύτερου βαρυονίου ή αντιβαρυονίου με κάποια συστατικά κουάρκς, υπολογίζεται χωριστά αθροίζοντας τις μάζες των συστατικών κουάρκς με $m_u \simeq m_d \simeq 0.3GeV/c^2, m_s \simeq 0.5GeV/c^2, m_c \simeq 1.5GeV/c^2, m_b \simeq 4.8GeV/c^2, m_t \simeq 175GeV/c^2$. ΠΡΟΣΟΧΗ: Ο κανόνας αυτός ΔΕΝ ισχύει τόσο απλά για τα ελαφρά μεσόνια.

Λύση: (6): Το u ή το \bar{u} του ρ εκπέμπει ένα γλιόνιο, το οποίο στη συνέχεια δίνει ένα ζευγάρι $d\bar{d}$. Το \bar{d} με το αρχικό u οδηγούν σε π^+ ενώ το d με το \bar{u} δίνουν το π^- . Η αντίδραση αυτή γίνεται με χρήση μόνο της ισχυρής δύναμης και επομένως είναι ισχυρή, με το ρ να έχει μέσο χρόνο ζωής της τάξης των 10^{-23}sec .

(7): Το \bar{s} του K μετατρέπεται σε \bar{u} εκπέμποντας ένα W^- , το οποίο στη συνέχεια διασπάται σε $\bar{u}d$. Το \bar{u} μαζί με το αρχικό d δίνουν π^- , ενώ το d με το \bar{u} δίνουν π^+ . Για να γίνει η αντίδραση πρέπει να εξαφανιστεί το αρχικό παράδοξο κνάρκ και να μετατραπεί σε \bar{u} . Αυτό μπορεί να το κάνει ΜΟΝΟ η ασθενής δύναμη, μέσω του W . Η αντίδραση επομένως είναι ασθενής και ο χρόνος ζωής του K της τάξης του 10^{-10}sec .

4. Περιγράψτε στη γλώσσα των στοιχειωδών σωματιδίων και των φορέων των θεμελιωδών δυνάμεων την διάσπαση του μιονίου. Παρατηρείστε ότι το διάγραμμα είναι παρόμοιο αυτού της διάσπασης του νετρονίου.

Λύση: Το μόνιο μετατρέπεται σε μιονικό νετρίνο εκπέμποντας ένα W^- , το οποίο στη συνέχεια διασπάται σε ηλεκτρόνιο και ηλεκτρονικό αντινετρίνο. Το διάγραμμα που παίρνετε είναι ίδιο με αυτό που περιγράφει τη διάσπαση του d κνάρκ ή του νετρονίου.

5. Βαρυόνιο έχει για συστατικά uds . Προσδιορίστε τις δυνατές τιμές των κβαντικών του αριθμών $Q, B, S, I, I_3, spin$. Δείτε τον πίνακα των βαρυονίων και πείτε ποιά μπορεί να είναι το βαρυόνιο αυτό.

Λύση: $Q = 0, = 1, S = -1, = 0$ ή $1, = 0, spin = 1/2, 3/2, 5/2, \dots$ Μερικά βαρυόνια με αυτούς τους κβαντικούς αριθμούς είναι τα: $\Lambda^0, \Sigma^0, \Lambda^0(1405), \Lambda^0(1520), \Sigma^0(1385), \Sigma^0(1660), \dots$ (Σε παρένθεση είναι η μάζα του σωματιδίου σε MeV/c^2).

6. Περιγράψτε στη γλώσσα των στοιχειωδών σωματιδίων και των φορέων των δυνάμεων τις αντιδράσεις

$$e + e^+ \rightarrow e + e^+ \quad (8)$$

$$e + e^+ \rightarrow \gamma + \gamma \quad (9)$$

$$\pi^+ + \pi^- \rightarrow \pi^+ + \pi^- \quad (10)$$

Λύση: (8) Το ηλεκτρόνιο και το ποζιτρόνιο δίνουν ένα φωτόνιο το οποίο στη συνέχεια γίνεται ηλεκτρόνιο και ποζιτρόνιο.

(9) Το ηλεκτρόνιο εκπέμπει το ένα φωτόνιο, ενώ στη συνέχεια ενώνεται με το αρχικό ποζιτρόνιο και δίνει το δεύτερο φωτόνιο.

(10) Τετριμμένη με βάση την ισχυρή δύναμη και αλληλεπιδράσεις με γλιόνια.

7. Στους πίνακες των σωματιδίων μπορείτε να δείτε (α) ότι τα σωματάρια Σ^+ και Σ^0 διασπώνται σύμφωνα με τις παρακάτω αντιδράσεις:

$$\Sigma^0 \rightarrow \Lambda^0 + \gamma \quad (11)$$

$$\Sigma^+ \rightarrow p + \pi^0, \quad \Sigma^+ \rightarrow n + \pi^+ \quad (12)$$

και (β) ότι ο χρόνος ζωής του Σ^0 είναι 10^{-19}sec , ενώ του Σ^+ είναι 10^{-10}sec .

Να εξηγήσετε το (β) με βάση το (α) και τους κβαντικούς αριθμούς των εμπλεκόμενων σωματιδίων που μπορείτε να βρείτε στους πίνακες.

8. Να περιγράψετε με διαγράμματα Feynman με στοιχειώδη σωματάρια τις διασπάσεις της άσκησης 7.

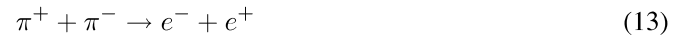
9. (α) Να αποδείξετε, υποθέτοντας ότι και οι τρεις λεπτονικοί αριθμοί διατηρούνται, ότι η διάσπαση του μιονίου σε δύο σωματία είναι αδύνατη.

(β) Με την ίδια υπόθεση, να αποδείξετε ότι η διάσπασή του σε τρία άλλα σωματία είναι μονοσήμαντη.

(γ) Να αποφασίσετε ποιά αλληλεπίδραση είναι υπεύθυνη για τη διάσπαση του μιονίου σε τρία σωματία.

(δ) Να περιγράψετε με διάγραμμα Feynman τη διάσπαση του μιονίου.

10. Να χαρακτηρίσετε την αντίδραση



και να την περιγράψετε με διάγραμμα Feynman.

Σημειώματα

Σημείωμα αναφοράς

Copyright Πανεπιστήμιο Κρήτης, Θ. Ν. Τομαράς, 2014. «Εισαγωγή στη Σύγχρονη Φυσική II». Έκδοση: 1.0. Ηράκλειο 2014. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <https://opencourses.uoc.gr>.

Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση, Όχι Παράγωγο Έργο 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Κρήτης» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.

