

**ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΗΣ**

Διδάσκοντες: Κ. Φουντάς, Μ. Μπενής, Ν. Πατρώνης.

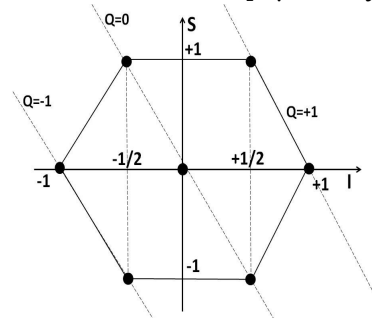
**“ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΦΥΣΙΚΗ ΙΙ”**

24 – 9 – 2012

**Θέμα 1<sup>ο</sup>:**

- (α) Η αντίδραση  $e^+e^- \rightarrow e^+e^-$  περιγράφεται από δύο διαγράμματα Feynman. Σχεδιάστε τα δύο διαγράμματα και δώστε τα ονόματα όλων των σωματιδίων καθώς και του μεταδότη/φορέα. [6 μονάδες]  
 (β) Αρχίζοντας από τα δύο διαγράμματα του (α) σχεδιάστε δύο διαγράμματα Feynman για την αντίδραση  $e^+e^- \rightarrow e^+e^-\gamma$ . [6 μονάδες]

(γ) Σύμφωνα με το μοντέλο των κουάρκ (quark) τα μεσόνια με σπιν μηδέν ακολουθούν τη συμμετρία του διπλανού διαγράμματος. Ο άξονας-y είναι βαθμονομημένος σε μονάδες παραδοξότητας και ο άξονας-x σε μονάδες ισospίν. Κάθε σημείο του διπλανού διαγράμματος αναπαριστά ένα μεσόνιο. Τα μεσόνια πάνω στις διακεκομμένες γραμμές έχουν φορτία -1, 0, +1.



- (1) Ποιοι συνδυασμοί από κουάρκ και αντι-κουάρκ αντιστοιχούν στα σημεία ;  
 (2) Γράψτε τα μεσόνια (πιόνια και καόνια) τα οποία αντιστοιχούν σε κάθε σημείο του διαγράμματος.

	u	d	c	s	t	b
Q	+2/3	-1/3	+2/3	-1/3	+2/3	-1/3
S	0	0	0	-1	0	0
I	+1/2	-1/2	0	0	0	0

Οι κβαντικοί αριθμοί των κουάρκ δίνονται στον πίνακα:

[7 μονάδες]

(δ) Σύμφωνα με τη θεωρία του Yukawa οι ισχυρή αλληλεπίδραση η οποία είναι υπεύθυνη για τη σταθερότητα των πυρήνων μεταδίδεται μέσω των σωματιδίων του Yukawa (τα οποία σήμερα ονομάζονται πιόνια). Εκτιμήστε την μάζα των πιονίων με δεδομένο ότι η εμβέλεια της ισχυρής αλληλεπίδρασης είναι 1-2 fm. Βάση αυτών εκτιμήστε τον χρόνο ζωής μεταπτώσεων που λαμβάνουν χώρα λόγω της ισχυρής αλληλεπίδρασης. Δίνεται ότι  $\hbar c \approx 200 \text{ MeV fm}$ . [6 μονάδες]

**Θέμα 2<sup>ο</sup>:**

- (α) Πρωτόνια με κινητική ενέργεια 5 MeV προσπίπτουν σε λεπτό φύλλο χρυσού. Θεωρείστε σκέδαση Rutherford και υπολογίστε τη διαφορική ενεργό διατομή σε μονάδες (b/sr) για γωνία σκέδασης 45°. Ο χρυσός έχει ατομικό αριθμό Z=79. [7 μονάδες]  
 (β) Σε συνέχεια του προηγούμενου ερωτήματος θεωρήστε ότι το πάχος του φύλλου χρυσού είναι 1 μm. Ένας ανιχνευτής επιφάνειας 1 cm<sup>2</sup> βρίσκεται σε απόσταση 50 cm από τον στόχο και σε γωνία 45°. Η δέσμη πρωτονίων έχει ροή-ένταση  $I = 5 \times 10^{10} \text{ sec}^{-1}$ . Υπολογίστε πόσα σωματίδια ανά δευτερόλεπτο ανιχνεύονται. (Το ατομικό βάρος του χρυσού είναι A=196.97 gr και η πυκνότητα του ρ=19.32 gr/cm<sup>3</sup>) [10 μονάδες]

(γ) Κατά την διάρκεια λειτουργίας ενός πυρηνικού αντιδραστήρα αφαιρούμε ένα μονο-ισοτοπικό δείγμα. Η ενεργότητα του δείγματος αυτού την χρονική στιγμή t=0 είναι 230 kBq. Μετά από χρονικό διάστημα τεσσάρων ωρών (4 h) η ενεργότητα του δείγματος έχει μειωθεί στα 68.7 kBq. Να βρεθεί ο μέσος χρόνος ζωής (το αντίστροφο της σταθεράς αποδιέγερσης), ο χρόνος ημιζωής (ο χρόνος στον οποίο ο αριθμός των πυρήνων είναι ίσος με το ήμισυ του αρχικού), και το πλήθος των πυρήνων του ασταθούς ισотоπου την χρονική στιγμή t=0. [8 μονάδες]

Δίνονται:

$$\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0\hbar c} = \frac{1}{137}, \quad \hbar \cdot c = 197.3 \text{ MeV fm}, \quad 1\text{Bq} = 1 \times \text{αποδιέγερση/sec}$$

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \left[ \frac{Z \cdot z \cdot e^2}{16 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot K} \right]^2 \frac{1}{\sin^4(\theta/2)} \quad \frac{d\sigma}{d\Omega} = \frac{(Z \cdot z)^2}{16} \left[ \frac{1}{137} \right]^2 \left[ \frac{197.3}{K(\text{MeV})} \right]^2 \frac{1}{\sin^4(\theta/2)} (\text{fm}^2/\text{sr})$$

**Θέμα 3ο:**

(α)

Θεωρήστε ότι ένα ηλεκτρόνιο σε ένα άτομο βρίσκεται στην κατάσταση με κβαντικό αριθμό στροφορμής  $l = 2$ . Υπολογίστε το μέτρο της  $|\mathbf{L}|$  της ολικής στροφορμής, και τις επιτρεπόμενες τιμές των  $L_z$  και  $\theta$ , όπου  $L_z$  η προβολή του  $\mathbf{L}$  στον άξονα  $z$ , και  $\theta$  η γωνία των διανυσμάτων  $\mathbf{L}$  και  $L_z$ . Να παραστήσετε γραφικά το διανυσματικό μοντέλο των παραπάνω λαμβάνοντας υπ' όψιν ότι οι τρεις συνιστώσες της στροφορμής  $L_x$ ,  $L_y$  και  $L_z$  δεν μπορεί να είναι γνωστές επακριβώς. [10 μονάδες]

(β)

(i) Ένα ηλεκτρόνιο βρίσκεται στην κατάσταση  $5D_{5/2}$ . Ποιες είναι οι τιμές των κβαντικών αριθμών  $n, l, j$ ; Ποιο είναι το μέτρο της ολικής στροφορμής της κατάστασης; Ποια η πολλαπλότητα της κατάστασης;  
 (ii) Ποιοι φασματοσκοπικοί συμβολισμοί από τις παρακάτω ηλεκτρονιακές καταστάσεις είναι δυνατοί και ποιοι όχι:  $2D_{1/2}$ ,  $3D_{5/2}$ ,  $4F_{7/2}$ ,  $1S_{1/2}$ ,  $1P_{1/2}$ ,  $2D_{5/2}$ .

[10 μονάδες]

(γ) Θα μπορούσε να εκτελεστεί το πείραμα των Stern-Gerlach με ιόντα αντί των ουδέτερων ατόμων;

[5 μονάδες].

**Θέμα 4ο:**

(α) Περιγράψτε το ομαλό φαινόμενο Zeeman για την περίπτωση της φασματικής γραμμής Lyman

( $n=2, l=1 \rightarrow n=1, l=0$ ). Να φτιάξετε το ενεργειακό διάγραμμα της αποδιέγερσης καθώς και το προκύπτον φάσμα περιγράφοντας τις αντίστοιχες παραμέτρους.

[10 μονάδες]

(β) Ένα μόριο CO για να μεταβεί από την περιστροφική ενεργειακή στάθμη με  $l=0$  στη στάθμη με

$l=1$  πρέπει να απορροφήσει φωτόνιο συχνότητας  $f = 1,15 \times 10^{11}$  Hz. Ποιο είναι το μήκος ισορροπίας  $R$  του μορίου στη θεμελιώδη του κατάσταση; Δίνονται: Ατομικές μάζες  $C = 12$  u,  $O = 16$  u,  $u = 1,66 \times 10^{-27}$  kg,  $\hbar = 1,055 \times 10^{-34}$  J·sec.

[15 μονάδες]

**ΚΑΛΗ ΕΠΙΤΥΧΙΑ !**