

## ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

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

### “ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΦΥΣΙΚΗ ΙΙ”

19 – 6 – 2012

#### Θέμα 1<sup>ο</sup>:

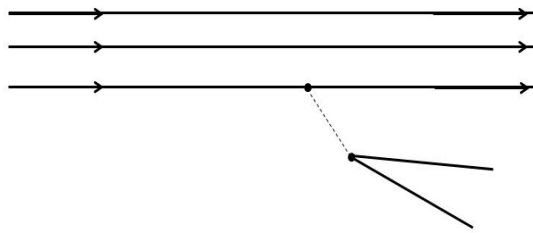
- (α) Ποια είναι τα στοιχειώδη σωματίδια (κουάρκς και λεπτόνια) του καθιερωμένου προτύπου ; [5 μονάδες]  
(β) Ποιες είναι οι αλληλεπιδράσεις που συμπεριλαμβάνονται στο καθιερωμένο πρότυπο ; [5 μονάδες]  
(γ) Ποιοι είναι η μεταδότες/φορείς των αλληλεπιδράσεων αυτών ; [3 μονάδες]  
(δ) Πέραν των (α) και (γ) υπάρχει ακόμα ένα σωματίδιο στο καθιερωμένο πρότυπο. Ποιο είναι το σωματίδιο αυτό και τι ρόλο παίζει ; [2 μονάδες]  
(ε) Ας υποθέσουμε ότι ο φορέας μιας κάποιας αλληλεπίδρασης έχει μάζα  $M = 100 \text{ GeV}$  . Τι εμβέλεια έχει αυτή η αλληλεπίδραση ; Δίνεται ότι  $\hbar c \approx 200 \text{ MeV fm}$  . [4 μονάδες]  
(ζ) Ένα ελεύθερο νετρόνιο αποδιεγείρεται μέσω μετάπτωσης β. Γράψτε την αντίδραση

$n \rightarrow$

και αιτιολογήστε τις επιλογές σας.

[3 μονάδες]

- (η) Το διάγραμμα Feynman με κουάρκς, λεπτόνια και μεταδότη/φορέα για την πιο πάνω μετάπτωση β είναι



Συμπληρώστε τα είδη των κουάρκς και λεπτονίων τόσο στην είσοδο όσο και στην έξοδο καθώς και το σχετικό μεταδότη/φορέα (αντικαταστήστε την διακεκομμένη γραμμή) και αιτιολογήστε τις επιλογές σας.

[3 μονάδες]

#### Θέμα 2ο:

- (α) Ποια είναι η μάζα σε (ngr) ενός δείγματος  $10 \mu\text{Ci } ^{136}\text{Cs}$  ( $T_{1/2}=13.16 \text{ d}$ ). Δίνεται ότι  $1 \text{ Ci} = 3.7 \times 10^{10} \text{ Bq}$ .  
(β) Η πυκνότητα του πυρήνα είναι περίπου σταθερή για όλους τους πυρήνες. Να εκτιμήσετε την πυρηνική πυκνότητα σε μονάδες ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ). [Δίνεται:  $m_n \approx m_p \approx 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$ ]  
(γ) Να βρεθεί σε MeV η ενέργεια σύνδεσης ανά νουκλεόνιο ( $E_b/A$ ) για τους πυρήνες  $^{17}\text{F}$  και  $^{19}\text{F}$ . Ο ατομικός αριθμός του φθορίου είναι  $Z=9$ . Με βάση την ενέργεια σύνδεσης που προσδιορίσατε ποιος από τους δύο πυρήνες είναι ο σταθερός και ποιος ο ασταθής και για ποιο λόγο; [Δίνονται οι ατομικές μάζες του υδρογόνου, των ισοτόπων του φθορίου καθώς και η μάζα του νετρονίου:  $M(^{17}\text{F})=17.002095 \text{ u}$ ,  $M(^{19}\text{F})=18.998403 \text{ u}$ ,  $M(^1\text{H})=1.007825 \text{ u}$ ,  $M(n)=1.008664 \text{ u}$ ,  $u=931.5 \text{ MeV}/c^2$ ]  
(δ) Να προσδιοριστεί ο ρυθμός αντιδράσεων  $^{27}\text{Al} + n \rightarrow \alpha + ^{24}\text{Na}$  από ένα φύλλο αλουμινίου πάχους  $300 \mu\text{m}$  όταν σε αυτό προσπίπτουν  $5 \times 10^6$  (νετρόνια/s). Δίδεται η ενεργός διατομή  $\sigma(n,\alpha)=200 \text{ mb}$  για την συγκεκριμένη ενέργεια του πειράματος καθώς επίσης και η πυκνότητα του αλουμινίου  $\rho=2.7 \text{ gr}/\text{cm}^3$ , το ατομικό του βάρος  $A = 27 \text{ gr}/\text{mole}$  και ο αριθμός Avogadro  $N=6.023 \times 10^{23} \text{ άτομα}/\text{mole}$ .  
(ε) Για την πιο πάνω αντίδραση  $^{27}\text{Al} + n \rightarrow \alpha + ^{24}\text{Na}$  ποια είναι η τιμή της ενέργειας  $Q$  που εκλύεται ή απορροφάται. [Δίνονται οι ατομικές μάζες του  $^{27}\text{Al}$ , του  $^{24}\text{Na}$ ,  $^4\text{He}$  καθώς και η μάζα του νετρονίου:  $M(^{27}\text{Al})=26.981538 \text{ u}$ ,  $M(^{24}\text{Na})= 23.990962 \text{ u}$ ,  $M(^4\text{He})=4.002603 \text{ u}$ ,  $M(n)=1.008664 \text{ u}$ ,  $u=931.5 \text{ MeV}/c^2$ ]  
[5 μονάδες ανά ερώτηση]

### Θέμα 3<sup>ο</sup>:

(α) [10 μονάδες]. Για την θεμελιώδη κατάσταση 1s του υδρογόνου, ενώ η πυκνότητα πιθανότητας  $|\Psi_{1s}|^2$  είναι μέγιστη στην αρχή των αξόνων, η πιθανότητα  $P(r)$  να βρεθεί το ηλεκτρόνιο σε απόσταση  $r$  από τον πυρήνα μηδενίζεται στην αρχή των αξόνων. Εξηγήστε γιατί. Δίνεται:  $\Psi_{1s} = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \left(\frac{1}{a_0}\right)^{3/2} e^{-r/a_0}$ .

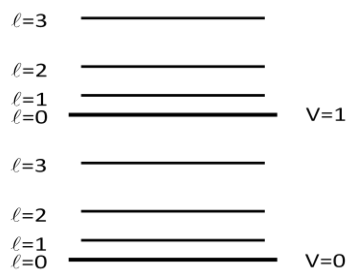
(β) [5 μονάδες]. Ένα ηλεκτρόνιο βρίσκεται στην κατάσταση  $4F_{5/2}$ . i) Βρείτε τις τιμές των κβαντικών αριθμών  $n$ ,  $\ell$  και  $j$ . ii) Ποιο είναι το μέτρο της ολικής στροφορμής του ηλεκτρονίου; iii) Ποιες είναι οι δυνατές τιμές της συνιστώσας  $z$  της ολικής στροφορμής του ηλεκτρονίου;

(γ) [10 μονάδες]. Θεωρείστε τις στάθμες 1s και 2p του υδρογόνου.: i) Παρουσιάστε σε ενεργειακό διάγραμμα τις δοθείσες ενεργειακές στάθμες, καθώς και αυτές που προκύπτουν λαμβάνοντας υπ' όψιν την σύζευξη της τροχιακής στροφορμής και της στροφορμής του σπιν. Χρησιμοποιήσετε τον αντίστοιχο φασματοσκοπικό συμβολισμό των καταστάσεων. ii) Πώς ονομάζεται το φαινόμενο; iii) Ποια σχέση περιγράφει την ενεργειακή διαφορά  $\Delta E$  των νέων ενεργειακών σταθμών της αρχικής κατάστασης 2p; iv) Εάν  $\Delta E = 5 \times 10^{-5}$  eV υπολογίστε την ένταση του μαγνητικού πεδίου στην περιοχή του ηλεκτρονίου 2p. Δίνεται: Μαγνητόνη Bohr  $\mu_B = 5,788 \times 10^{-9}$  eV/Gauss.

### Θέμα 4<sup>ο</sup>:

(α) [5 μονάδες]. Η ολική εσωτερική ενέργεια ενός διατομικού μορίου είναι  $E_0$ . Εκφράστε την  $E_0$  ως άθροισμα συνεισφορών των επί μέρους τρόπων διέγερσης των καταστάσεων του διατομικού μορίου κι εξηγήστε ποιοι είναι αυτοί. Εάν χρησιμοποιήσουμε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία για την διέγερση των ανωτέρω τρόπων, τι μήκη κύματος πρέπει να χρησιμοποιηθούν για τον κάθε τρόπο; Σε θερμοκρασία δωματίου ποιοι τρόποι μπορεί να είναι διεγερμένοι;

(β) [5 μονάδες]. Δίνεται το παρακάτω ταλαντωτικό-περιστροφικό ενεργειακό διάγραμμα. Ποιες διεγέρσεις που επάγονται από ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία είναι επιτρεπτές;



(γ) [15 μονάδες]. Το μεγαλύτερο μήκος κύματος του περιστροφικού φάσματος απορρόφησης του HCl είναι  $\lambda = 0,48$  mm. i) Ποιο είναι το μήκος κύματος της μετάβασης  $\ell=3 \rightarrow \ell=4$ ; ii) Ποιο είναι το μήκος ισορροπίας  $R$  του μορίου στη θεμελιώδη του κατάσταση; Δίνονται: Ατομικές μάζες  $H = 1$  u,  $Cl = 35$  u,  $u = 1,66 \times 10^{-27}$  kg,  $\hbar = 1,055 \times 10^{-34}$  J·s,  $c = 3 \times 10^8$  m/s.

**ΚΑΛΗ ΕΠΙΤΥΧΙΑ!**