

ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

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

“ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΦΥΣΙΚΗ ΙΙ”

13 – 2 – 2013

Θέμα 1^ο:

(α) Η ενέργεια ενός σωματίου μάζας m μέσα σε ένα τρισδιάστατο κύβο ακμής L περιγράφεται από τη σχέση $E = \frac{\pi^2 \hbar^2}{2mL^2} (n_1^2 + n_2^2 + n_3^2)$, όπου n_1, n_2, n_3 οι τρεις κβαντικοί αριθμοί που περιγράφουν την κατάσταση.

(i) Ποια η τιμή της ενέργειας της πρώτης διεγερμένης κατάστασης και σε ποιους κβαντικούς αριθμούς αντιστοιχεί;

[5 μονάδες]

(ii) Ποιος ο εκφυλισμός της βασικής κατάστασης και ποιος της πρώτης διεγερμένης;

[5 μονάδες]

(iii) Προτείνεται τρόπους ώστε ο εκφυλισμός της πρώτης διεγερμένης κατάστασης να αρθεί είτε μερικά είτε ολικά.

[5 μονάδες]

(β) Οι ενέργειες των καταστάσεων των υδρογονοειδών ιόντων περιγράφονται από τη σχέση $E = -(13,6 \text{ eV}) \frac{Z^2}{n^2}$ όπου Z ο ατομικός αριθμός του ιόντος και n ο κύριος κβαντικός αριθμός. Ποια η ελάχιστη ενέργεια ενός φωτονίου που απαιτείται για την διέγερση $1s \rightarrow 2p$ του υδρογονοειδούς ιόντος F^{8+} ; Δίνεται ο ατομικός αριθμός του φθορίου, $Z = 9$.

[5 μονάδες]

(γ) Απαριθμήστε όλες τις καταστάσεις του ατόμου του υδρογόνου που αντιστοιχούν στον κύριο κβαντικό αριθμό $n = 2$ και δώστε τον φασματοσκοπικό συμβολισμό $\{n, l, j\}$ καθεμιάς από αυτές.

[5 μονάδες]

Θέμα 2^ο:

(α)

(i) Τι απέδειξε το πείραμα των Stern-Gerlach;

[5 μονάδες]

(ii) Ποιο θα ήταν ποιοτικά το αποτέλεσμα του πειράματος των Stern-Gerlach αν χρησιμοποιούνταν ομογενές μαγνητικό πεδίο; Σημειώνεται ότι στο πείραμα των Stern-Gerlach χρησιμοποιήθηκε δέσμη ατόμων αργύρου.

[5 μονάδες]

(β) Αποδώστε γραφικά την ποιοτική εξάρτηση της ολικής δυναμικής ενέργειας U ενός διατομικού μορίου ως συνάρτηση της απόστασης R των δυο ατομικών πυρήνων του. Να δικαιολογηθεί η απάντησή σας.

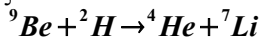
[5 μονάδες]

(γ) Δεδομένου ότι το κλασικό πλάτος ταλάντωσης του μορίου CO στην θεμελιώδη κατάσταση ταλάντωσης είναι $x_0 = 0,05 \text{ \AA}$, υπολογίστε το κλασικό πλάτος ταλάντωσης στην κατάσταση ταλάντωσης $\nu = 4$; Δίνεται: $E_{\text{vib}} = \left(\nu + \frac{1}{2}\right) \hbar\omega$.

[10 μονάδες]

Θέμα 3°:

- (α) Στόχος ${}^9\text{Be}$ βομβαρδίζεται από δέσμη πυρήνων δευτερίου (${}^2\text{H}$) με κινητική ενέργεια 30 MeV. Μία από τις πιθανές αντιδράσεις είναι:



Τα προϊόντα της πιο πάνω αντίδρασης ανιχνεύτηκαν σε σύμπτωση με κινητικές ενέργειες 22.496 MeV και 14.654 MeV αντίστοιχα. Υπολογίστε την τιμή Q για την πιο πάνω αντίδραση;

[5 μονάδες]

- (β) Το μόνο σταθερό ισότοπο του νατρίου είναι το ${}^{23}\text{Na}$. Τα γειτονικά ισότοπα του νατρίου αποδιεγείρονται ως εξής: ${}^{22}\text{Na} \rightarrow {}^{22}\text{Ne} + \dots$ και ${}^{24}\text{Na} \rightarrow {}^{24}\text{Mg} + \dots$. Καθορίστε το είδος των δύο αποδιεγέρσεων.

[5 μονάδες]

- (γ) Να προσδιοριστεί η ενέργεια που απαιτείται για να αφαιρέσουμε ένα νετρόνιο από τους πυρήνες ${}^4\text{He}$ και ${}^7\text{Li}$. Σε ποια από τις δύο περιπτώσεις η ενέργεια σύνδεσης του νετρονίου είναι μεγαλύτερη; Δίνονται οι πιο κάτω ατομικές μάζες: $m({}^4\text{He})=4.002603\text{u}$, $m({}^3\text{He})=3.016029\text{u}$, $m({}^7\text{Li})=7.016005\text{u}$, $m({}^6\text{Li})=6.015123\text{u}$, $m(n)=1.00866$, $u=931.49 \text{ MeV}/c^2$

[5 μονάδες]

- (δ) Μια μπανάνα περιέχει **0.5 gr** καλίου (ατομικό βάρος καλίου = **39.1**). Το φυσικό κάλιο περιέχει κατά **0.0117%** ${}^{40}\text{K}$. Υπολογίστε την ενεργότητα μιας μπανάνας σε **Bq**. Δίνεται $T_{1/2}({}^{40}\text{K})=1.28 \cdot 10^9 \text{ y}$

[5 μονάδες]

- (ε) Πολύ συχνά οι πυρηνικοί αντιδραστήρες πυρηνικής σχάσης ${}^{235}\text{U}$ χρησιμοποιούν ως μέσο ψύξης το νερό. Πέρα από την ψύξη, ποιος είναι ο δεύτερος ρόλος του νερού στην λειτουργία ενός αντιδραστήρα.

[5 μονάδες]

Θέμα 4°:

- (α) Ποιες είναι οι αλληλεπιδράσεις της φύσης; [4 μονάδες]

- (β) Ποιοι είναι οι φορείς (μεταδότες) αυτών των αλληλεπιδράσεων; [4 μονάδες]

- (γ) Σύμφωνα με τη θεωρία του H. Yukawa τα πρωτόνια και τα νετρόνια είναι δέσμια του πυρήνα μέσω μίας αλληλεπίδρασης της οποίας οι μεταδότες είναι πόνια. Η μάζα των πιονίων είναι περίπου ίση με $m_\pi \approx 140 \text{ MeV}$. Υπολογίστε κατά προσέγγιση τον χρόνο ζωής αυτής της αλληλεπίδρασης.

Δίνεται $\hbar c = 197.3 \text{ MeV fm}$.

[6 μονάδες]

- (δ) Καθορίστε το είδος της αλληλεπίδρασης η οποία είναι υπεύθυνη για τις πιο κάτω μεταπτώσεις και αιτιολογήστε την απάντησή σας.

1. $K^+ \rightarrow \pi^0 \nu_\mu \mu^+$ 2. $\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$ 3. $H^0 \rightarrow \gamma\gamma$ 4. $\mu^- \rightarrow e^- \nu_\mu \bar{\nu}_e$ 5. $\rho^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$ $\tau \sim 10^{-23} \text{ s}$

[5 μονάδες]

- (ε) Καθορίστε ποιες από τις πιο κάτω αντιδράσεις είναι επιτρεπτές και ποιες δεν είναι. Αιτιολογήστε την απάντησή σας.

1. $\nu_\mu + p \rightarrow \mu^+ + n$

4. $K^+ \rightarrow \pi^0 + \mu^+ + \nu_\mu$

2. $\nu_e + p \rightarrow e^- + n + \pi^+$

5. $\nu_e + p \rightarrow e^- + p + \pi^+$

3. $A \rightarrow e^- + \bar{\nu}_e + \pi^+$

6. $\tau^+ \rightarrow \mu^+ + \bar{\nu}_\mu + \nu_\tau$

Δίνονται

$$m_p c^2 = 938.27 \text{ MeV}, m_n c^2 = 939.57 \text{ MeV}, m_e c^2 = 0.511 \text{ MeV}, m_A c^2 = 1115.68 \text{ MeV}, m_{\pi^0} c^2 = 134.98 \text{ MeV},$$

$$m_{\pi^+} c^2 = 139.57 \text{ MeV}, m_{K^+} c^2 = 493.68 \text{ MeV}, m_\nu c^2 = 0, m_\mu c^2 = 105.67 \text{ MeV}, m_\tau c^2 = 1776.82 \text{ MeV}$$

[6 μονάδες]

ΚΑΛΗ ΕΠΙΤΥΧΙΑ !

