

Πυρηνική Φυσική και Στοιχειώδη Σωματίδια

1ο φυλλάδιο ασκήσεων

A. Ενέργειες σύνδεσης και ευστάθεια

1. Γράψτε μία γενική έκφραση για την ενέργεια που εκλύεται σε διάσπαση άλφα: ${}^A_ZW \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}B + {}^4_2\text{He}$. Είναι δυνατόν να υπάρξει διάσπαση άλφα για τους πυρήνες ${}^{238}_{92}\text{U}$, ${}^{211}_{83}\text{At}$ και ${}^{60}_{26}\text{Fe}$;
2. Είναι δυνατή η διάσπαση ${}^{12}_6\text{C} \rightarrow 3{}^4_2\text{He}$; (Θεωρείστε γνωστή την ενέργεια σύνδεσης του σωματιδίου άλφα).
3. Υπολογίστε την εκλυόμενη ενέργεια στην αντίδραση σχάσης $n + {}^{235}_{92}\text{U} \rightarrow {}^{141}_{56}\text{Ba} + {}^{92}_{36}\text{Kr} + 3n$.
4. Θεωρείστε την αντίδραση απορρόφησης νετρίνου $\nu + {}^A_ZX \rightarrow e^- + {}^A_{Z+1}Y$. Υπολογίστε πόση ενέργεια πρέπει να έχει το νεutrίνο για να γίνει η αντίδραση όταν $X = {}^{37}_{17}\text{Cl}$ και όταν $X = {}^{71}_{31}\text{Ga}$. Θεωρείστε ότι τα νετρίνα που ανιχνεύονται προέρχονται από την αντίδραση $2p \rightarrow {}^2_1\text{D} + e^+ + \nu$. Αφού υπολογίσετε τις δυνατές τιμές της ενέργειας των εκλυόμενων νετρίνων, εξηγήστε ποιο από τα ${}^{37}_{17}\text{Cl}$ και ${}^{71}_{31}\text{Ga}$ θεωρείτε καλύτερα για να χρησιμοποιηθεί σε ανιχνευτή νετρίνων.
5. Γράψτε μία γενική έκφραση για την ενέργεια που εκλύεται σε σχάση ${}^A_ZW \rightarrow {}^{A-Y}_{Z-X}B + {}^Y_XC$. Θεωρείστε ότι οι δύο θυγατρικοί πυρήνες είναι ίδιοι $X = Z/2, Y = A/2$. Δείξτε ότι η σχάση είναι ενεργειακά επιτρεπτή για $\frac{Z^2}{A} > 18$.

B. Μοντέλο φλοιών

6. Θεωρείστε ενεργό δυναμικό $V(r) = \frac{1}{2}m\omega^2r^2 - V_0$ μαζί με όρο σύζευξης στροφορμής $-C\hat{\ell} \cdot \hat{s}$, όπου $\omega = \omega_0 A^{-1/3}$, $V_0 = 3\omega_0$ και $C = \frac{1}{20}\omega$. Βρείτε την ενέργεια της θεμελιώδους κατάστασης των ισοτόπων ${}^{90}_{40}\text{Zr}$ και ${}^{91}_{40}\text{Zr}$ του ζirkονίου στο μοντέλο των φλοιών.
7. Τι τιμές σπιν και πάριτυ δίνει το μοντέλο των φλοιών για τους πυρήνες ${}^{31}_{15}\text{P}$, ${}^{67}_{30}\text{Zn}$ και ${}^{238}_{92}\text{U}$;
8. Τι τιμές σπιν και μαγνητικής ροπής δίνει το μοντέλο των φλοιών για τους πυρήνες ${}^{43}_{20}\text{Ca}$ και ${}^{197}_{79}\text{Au}$;

Στον ημιεμπειρικό τύπο για την ενέργεια σύνδεσης

$$B(Z, A) = aA - bA^{2/3} - s \frac{(A - 2Z)^2}{A} - d \frac{Z^2}{A^{1/3}} - \frac{\delta}{A^{1/2}}, \quad (1)$$

οι συντελεστές είναι $a = 15, 8\text{MeV}$, $b = 18, 3\text{MeV}$, $s = 23, 2\text{MeV}$, $d = 0, 7\text{MeV}$, $\delta = \pm 11, 2\text{MeV}$.

Επίσης δίνονται οι μάζες $m_e = 0, 5\text{MeV}$, $m_p = 938, 3\text{MeV}$, $m_n = 939, 6\text{MeV}$, και οι ενέργειες σύνδεσης $B({}^2_1\text{D}) = 2, 2\text{MeV}$ και $B({}^4_2\text{He}) = 28, 3\text{MeV}$.