

ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΠΥΡΗΝΙΚΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ

ΕΝΟΤΗΤΑ 2: ΠΡΟΤΥΠΟ ΦΛΟΙΩΝ – ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΡΟΠΗ

(*Για την επίλυση των ασκήσεων χρειάζονται οι τύποι του ΚΕΦ. 5 του βιβλίου σας, καθώς και ο πίνακας 5.1 που βρίσκεται στη σελίδα 83)

1. Στο πρότυπο της εκτίμησης των ενεργειών των νουκλεονίων, να δείξετε ότι όταν $N=Z=A/2$, θα ισχύει: $E_n^F = E_p^F - \bar{U} \sim 38 \text{ MeV}$
2. Α) Προτείνετε τιμές του σπιν (J), της ομοτιμίας και της μαγνητικής διπολικής ροπής της θεμελιώδους κατάστασης των παρακάτω πυρήνων στα πλαίσια του προτύπου των φλοιών: ${}^6_6\text{C}_7$, ${}^{13}_7\text{N}_6$, ${}^{17}_8\text{O}_9$. Οι υπολογισμοί να γίνουν αναλυτικά και να δικαιολογήσετε με σαφήνεια τα αποτελέσματά σας.
Β) Να εξηγήσετε τι είδους αποδιεγέρσεις μπορούν να συμβούν μεταξύ των ισοβαρών πυρήνων ${}^{13}\text{C}$ και ${}^{13}\text{N}$, να γράψετε τις αντίστοιχες αντιδράσεις και να υπολογίσετε την κινητική ενέργεια που παράγεται.
[Δίδονται οι ατομικές μάζες: $M({}^{13}\text{C})=13,003355u$, $M({}^{13}\text{N})=13,005739u$, όπου $1u=931,49 \text{ MeV}/c^2$ και $m_e=511 \text{ keV}/c^2$]
3. Α) Προτείνετε τιμές του σπιν (J), της ομοτιμίας και της μαγνητικής διπολικής ροπής της θεμελιώδους κατάστασης των παρακάτω πυρήνων στα πλαίσια του προτύπου των φλοιών: ${}^7_3\text{Li}_4$, ${}^{19}_9\text{F}_8$. Οι υπολογισμοί να γίνουν αναλυτικά και να δικαιολογήσετε με σαφήνεια τα αποτελέσματά σας.
Β) Στο πρότυπο των φλοιών η πρώτη διεγερμένη κατάσταση μπορεί να δημιουργηθεί είτε με διέγερση του ασύζευκτου νουκλεονίου στην αμέσως επόμενη ενεργειακή κατάσταση, είτε με διέγερση ενός νουκλεονίου από την αμέσως χαμηλότερη ενεργειακή κατάσταση και τη δημιουργία ενός ζεύγους νουκλεονίων με το αρχικά ασύζευκτο νουκλεόνιο. Υπολογίστε το σπιν και την ομοτιμία της πρώτης διεγερμένης κατάστασης των πιο πάνω πυρήνων για τις δύο δυνατές μορφές διέγερσης. Τα αποτελέσματα να παρουσιασθούν μέσω απλών ενεργειακών διαγραμμάτων.
4. Α) Να δείξετε ότι η θεμελιώδης κατάσταση του πυρήνα ${}^{19}_9\text{F}_{10}$ αναμένεται στα πλαίσια του προτύπου των φλοιών να έχει στροφορμή και ομοτιμία $J^\pi=5/2^+$. Η πειραματική όμως τιμή διαφέρει από τη θεωρητική πρόβλεψη. Να εκτιμήσετε λοιπόν την πραγματική τιμή J^π της θεμελιώδους κατάστασης του συγκεκριμένου ισοτόπου του φθορίου, γνωρίζοντας ότι η πειραματική τιμή της μαγνητικής ροπής του είναι $\mu=2,63\mu_N$.
[Να υπολογίσετε τη μαγνητική ροπή θεωρώντας ότι η στροφορμή του πυρήνα καθορίζεται από το ασύζευκτο πρωτόνιο που μπορεί να καταλάβει τις αμέσως ανώτερες στάθμες.]
5. Οι ενέργειες (σε MeV), τα σπιν (J) και οι ομοτιμίες της θεμελιώδους και των τριών πρώτων διεγερμένων καταστάσεων του πυρήνα ${}^{207}_{82}\text{Pb}_{125}$ είναι αντίστοιχα: $0.0 \ 1/2^-$, $0.57 \ 5/2^-$, $0.90 \ 3/2^-$ και $1.63 \ 13/2^+$. Μπορούν οι τιμές αυτές να δικαιολογηθούν στα πλαίσια του προτύπου των φλοιών, με όμοιο τρόπο όπως στην άσκηση 3B; Οι απαντήσεις θα πρέπει να έχουν σαφήνεια και να δίνονται οι καταστάσεις των 'τελευταίων' νουκλεονίων μέσω απλών ενεργειακών διαγραμμάτων.

μέχρι και
16/12/2011

ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΠΥΡΗΝΙΚΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ
ΕΝΟΤΗΤΑ 1: ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΥΡΗΝΩΝ –
ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ – β – ΔΙΑΣΠΑΣΗ

1. Ένα σχετικιστικό ηλεκτρόνιο του οποίου η μάζα ηρεμίας μπορεί να παραληφθεί, έχει ενέργεια E . Το ηλεκτρόνιο σκεδάζεται ελαστικά από σωματίο μάζας M που ηρεμεί, σε γωνία θ με ενέργεια E' .
- α) Δείξτε ότι η ολική ενέργεια του σωματίου μάζας M μετά τη σκέδαση είναι:
 $E_M = E - E' + Mc^2$
- β) Δείξτε ότι η ορμή του είναι: $P_M = [E^2 + E'^2 - 2EE' \cos\theta]^{1/2} / c$
- γ) Χρησιμοποιώντας ότι $E_M^2 = P_M^2 c^2 + M^2 c^4$ δείξτε ότι το κλάσμα της ενέργειας που χάνει το ηλεκτρόνιο είναι: $\frac{E - E'}{E} = \frac{1}{1 + Mc^2 / [E(1 - \cos\theta)]}$
2. Μέσω του ημιεμπειρικού τύπου της μάζας να δείξετε ότι:
α) Η ενέργεια που χρειάζεται να δώσουμε για να απελευθερώσουμε ένα νετρόνιο από τον πυρήνα (A, Z) , δηλαδή η ενέργεια διαχωρισμού $S_n = B(A, Z) - B(A-1, Z)$ δίδεται προσεγγιστικά από τη σχέση: $S_n = a - \frac{2}{3} b A^{-1/3} - s(1 - 4Z^2 / A^2) + \frac{1}{3} d Z^2 A^{-4/3}$
(Υπόδειξη: Αναπτύξτε κατά Taylor γύρω από την τιμή A , για $\Delta N = \Delta A = -1$, δηλαδή θέσετε $B(N-1, Z) = B(N, Z) + \frac{\partial B}{\partial N}$. Επίσης αγνοείστε την ενέργεια ζευγαρώματος)
3. Η ενέργεια σύνδεσης των κατοπτρικών πυρήνων ${}^{41}_{20}\text{Ca}$ και ${}^{41}_{21}\text{Sc}$ είναι 350,420 MeV και 343,143 MeV αντίστοιχα. Θεωρώντας ότι η διαφορά στην ενέργεια σύνδεσης οφείλεται σε φαινόμενα Coulomb και ότι το φορτίο των πρωτονίων είναι ομοιόμορφα κατανομημένο σε μια σφαίρα ακτίνας R_c και στους δύο πυρήνες, να υπολογίσετε την ακτίνα R_c και να τη συγκρίνετε με την τιμή $R = 1.1 A^{1/3}$. Σχολιάστε σύντομα τα αποτελέσματά σας.
4. Με βάση το πρότυπο της υγρής σταγόνας:
α) Για ένα σύνολο ισοβαρών πυρήνων ($A = \text{σταθ.}$) υπολογίστε τη σχέση μεταξύ του Z και του A που αντιστοιχεί στη μέγιστη σταθερότητα του πυρήνα και δείξτε ότι για $A=20$ ο λόγος $N/Z=1$ και για $A=200$ ο λόγος $N/Z=1.5$ και σχολιάστε το αποτέλεσμα.
β) Υπολογίστε μέσω του προτύπου αυτού τη διαφορά των ενεργειών σύνδεσης των πυρήνων ${}^{15}_7\text{N}$ και ${}^{15}_8\text{O}$, συγκρίνετέ την με την πειραματική τιμή που είναι 3,53 MeV και γράψτε τις αντιδράσεις αποδιέγερσης που συμβαίνουν μεταξύ των πιο πάνω πυρήνων.
5. Γράψτε τις αντιδράσεις αποδιέγερσης του πυρήνα ${}^{64}_{29}\text{Cu}$ και υπολογίστε:
α) Την κινητική ενέργεια που εκλείεται κατά την εκπομπή ηλεκτρονίου ή ποζιτρονίου.
β) Ποια είναι η ενέργεια του νετρίνου στην αντίδραση ηλεκτρονικής σύλληψης; (Παραλείψτε την ενέργεια ανάκρουσης του πυρήνα και την ενέργεια σύνδεσης του ατομικού ηλεκτρονίου που είναι πολύ μικρές διορθώσεις).
Δίδεται: ${}^{64}\text{Cu}$ ($M_a = 63.92976 \text{ u}$), ${}^{64}\text{Ni}$ ($M_a = 63.92796 \text{ u}$), ${}^{64}\text{Zn}$ ($M_a = 63.92914 \text{ u}$), $u = 931.49 \text{ MeV}$ και $m_e c^2 = 0.511 \text{ MeV}$.