

WS 9/11

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 σωμάτιο 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 $Sn=B(A,Z)-B(A-1,Z)$ δίδεται προσεγγιστικά από τη σχέση: $Sn = a - \frac{2}{3}bA^{-1/3} - s(1 - 4Z^2 / A^2) + \frac{1}{3}dZ^2 A^{-4/3}$
(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 $^{41}_{20}Ca$ και $^{41}_{21}Sc$ 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 κατανεμημένο σε μια σφαίρα ακτίνας Rc και στους δύο πυρήνες, να υπολογίσετε την ακτίνα Rc και να τη συγκρίνετε με την τιμή $R=1.1A^{1/3}$. Σχολιάστε σύντομα τα αποτελέσματά σας.
4. Με βάση το πρότυπο της υγρής σταγόνας:
 - α) Για ένα σύνολο ισοβαρών πυρήνων ($A=σταθ.$) 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 $^{15}_7N$ και $^{15}_8O$, συγκρίνετε 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 $^{64}_{29}Cu$ και υπολογίστε:
 - α) Την κινητική ενέργεια που εκλείσται 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}Cu ($Ma=63.92976$ u), ^{64}Ni ($Ma=63.92796$ u), ^{64}Zn ($Ma=63.92914$ u), $u = 931.49$ MeV και $m_e c^2 = 0.511$ MeV.