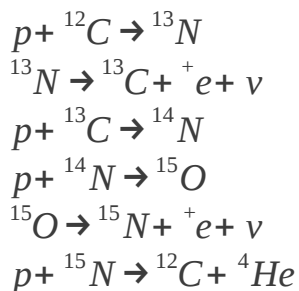


Σύγχρονη Φυσική II: Πυρηνική Φυσική & Φυσική Στοιχειωδών Σωματιδίων

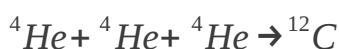
1ο Φυλλάδιο Ασκήσεων (Πυρηνική Φυσική)

- 1) Υπολογίστε την ενέργεια σύνδεσης και την ενέργεια σύνδεσης ανά νουκλεόνιο για τους εξής πυρήνες: ^{12}C , ^{56}Fe , ^{238}U . Τι παρατηρείτε; Ποιος πυρήνας διαθέτει την μεγαλύτερη ενέργεια σύνδεσης ανά νουκλεόνιο;
(Δίνονται: $m_p=1.007825\text{ u}$, $m_n=1.008665\text{ u}$, $m(^{12}\text{C})=12.000000\text{ u}$, $m(^{56}\text{Fe})=55.934937\text{ u}$, $m(^{238}\text{U})=238.050788\text{ u}$)
- 2) Δώστε μια πρώτη εκτίμηση της ακτίνας των πιο κάτω πυρήνων:
 ^{39}K , ^{12}C , ^{208}Pb , ^2H , ^{238}U
- 3) Υπολογίστε την ηλεκτροστατική ενέργεια δύο πυρήνων (^2H και ^3H) όταν ο ένας "αγγίζει" το άλλον. Δηλαδή όταν τα κέντρα των πυρήνων απέχουν απόσταση ίση με το άθροισμα των ακτίνων τους. Ο υπολογισμός της ηλεκτροστατικής ενέργειας να γίνει σε MeV.
- 4) Ένας ερευνητής ενός εργαστηρίου λαμβάνει ένα δείγμα όπου ο μετρητής Geiger καταγράφει 1000 cnts/sec. Μετά από 10 λεπτά ο ίδιος ανιχνευτής με την ίδια ακριβώς γεωμετρία μέτρησης καταγράφει 250 cnts/sec. Ποιος είναι ο χρόνος ημιζωής του ασταθούς ισότοπου; Ποιος θα είναι ο ρυθμός γεγονότων στον ανιχνευτή 20 min αργότερα από την τελευταία μέτρηση (τότε δηλαδή που είχε 250 cnts/sec).
- 5) Να βρεθεί η μικρότερη απόσταση την οποία μπορεί να πλησιάσει ένα σωματίο α κινητικής ενέργειας 1 MeV έναν πυρήνα ^{197}Au . Ποια είναι η ελάχιστη ενέργεια που απαιτείται ώστε να πλησιάσει απόσταση 300 fm.
- 6) Χρησιμοποιώντας το διάγραμμα της ενέργειας σύνδεσης ανά νουκλεόνιο υπολογίστε την ενέργεια που απελευθερώνεται όταν ένας πυρήνας με μαζικό αριθμό 200 διασπάται σε δύο πυρήνες με μαζικό αριθμό 100.
- 7) Το ^{60}Co ($Z=27$) αποδιεγείρεται σε ^{60}Ni ($Z=28$). Ποιος είναι ο μηχανισμός αποδιέγερσης και ποια η ολική κινητική ενέργεια των προϊόντων της αποδιέγερσης.
(Δίνονται οι ατομικές μάζες: ^{60}Co : 59.933820 u, ^{60}Ni : 59.930788 u)
- 8) Ποσότητα 0.1 μCi τριτίου ($T_{1/2}=12.32\text{ y}$) περιέχεται σε φιάλη ερμητικά κλειστή. Την χρονική στιγμή όπου σφραγίστηκε η φιάλη δεν περιείχε κανένα άλλο συστατικό ή ισότοπο. Μετά από τέσσερα έτη ποια ισότοπα και σε τι αναλογία περιέχονται στην σφραγισμένη φιάλη.
- 9) Άτομα υδρογόνου εισάγονται σε μαγνητικό πεδίο έντασης 2 T. Να βρεθεί η ενεργειακή διαφορά μεταξύ των δύο καταστάσεων με σπιν παράλληλο και σπιν αντιπαράλληλο με το μαγνητικό πεδίο (αγνοήστε το σπιν του ηλεκτρονίου). Επιπλέον να βρεθεί η συχνότητα του φωτονίου που εκπέμπεται ή απορροφάται όταν τα πρωτόνια μεταπίπτουν από την μια κατάσταση στην άλλη.
- 10) Άτομα υδρογόνου βρίσκονται εντός άγνωστου μαγνητικού πεδίου. Για τα πρωτόνια αυτά παρατηρείται μετάβαση από την μια κατάσταση στην άλλη (παράλληλο και αντιπαράλληλο σπιν) για φωτόνια συχνότητας 92.3 MHz. Προσδιορίστε την ένταση του μαγνητικού πεδίου μέσα στο οποίο βρίσκονται τα φωτόνια.
- 11) Το κοινό ισότοπο του οξυγόνου είναι το ^{16}O . Για το ισότοπο αυτό προσδιορίστε το

- έλλειμμα μάζας, την ενέργεια σύνδεσης και την ενέργεια σύνδεσης ανά νουκλεόνιο. Να γίνει το ίδιο για το ^{17}O . Τι παρατηρείτε;
- 12) Να υπολογιστεί η ενεργότητα μιας μπανάνας σε Bq δεδομένου ότι: α) κάθε μπανάνα περιέχει περίπου 0.5 gr καλίου. β) Το φυσικό κάλιο περιέχει κατά 0.0117% ^{40}K ($T_{1/2}=1.28 \cdot 10^9$ y).
- 13) Ποιο νουκλίδιο παράγεται στις ακόλουθες αποδιεγέρσεις: α) Διάσπαση α του ^{238}Pu , β) Διάσπαση β^- του ^{19}O και γ) διάσπαση β^+ του ^{25}Al
- 14) Συνήθως τα ασταθή ισότοπα πλούσια σε πρωτόνια αποδιεγείρονται μέσω αποδιέγερσης β^+ και μέσω σύλληψης ηλεκτρονίου (EC). Πολύ συχνά οι δύο μηχανισμοί αποδιέγερσης συνυπάρχουν. Ισχύει αυτό για την περίπτωση της αποδιέγερσης του ^{83}Rb ; Εξηγήστε.
- 15) Εφαρμόζοντας το πρότυπο της υγρής σταγόνας να βρεθούν οι σταθερότεροι ισοβαρείς πυρήνες για $A=25, 43, 77$
- 16) Σύμφωνα με το μοντέλο των φλοιών (μοντέλο ανεξάρτητων σωματιδίων) να βρεθεί η στροφορμή της βασικής κατάστασης των εξής πυρήνων: ^{15}O , ^{39}K , ^{20}Ne . Μπορούμε να εφαρμόσουμε το μοντέλο ανεξάρτητων σωματιδίων σε αυτούς τους πυρήνες και αν ναι γιατί.
- 17) Να υπολογιστεί η ενέργεια σύνδεσης ανά νουκλεόνιο για τους πιο κάτω πυρήνες: ^4He , ^{12}C , ^{40}Ca , ^{202}Hg .
- 18) Να υπολογιστεί η απαιτούμενη ενέργεια για να απομακρυνθεί το ασθενέστερα συνδεδεμένο νετρόνιο του πυρήνα ^{17}O
- 19) Να βρεθεί η στροφορμή της βασικής στάθμης για τους πιο κάτω πυρήνες: ^{41}Ca , ^{80}Kr και ^{91}Zr
- 20) Να προσδιοριστεί η μάζα δείγματος ^{14}C ο οποίος έχει ενεργότητα 5 Ci.
- 21) Να προσδιοριστεί η ενέργεια του νετρίνου που εκπέμπει ο πυρήνας ^{41}Ca ο οποίος αποδιεγείρεται μέσω σύλληψης ηλεκτρονίου.
- 22) Να υπολογιστεί η τιμή Q των αντιδράσεων: $^{42}\text{Ca}(d,p)^{41}\text{Ca}$, $^{182}\text{W}(^3\text{He},n)^{184}\text{Os}$ και $^{42}\text{Ca}(^6\text{Li},^3\text{He})^{45}\text{Sc}$
- 23) Στα άστρα δεύτερης ή τρίτης γενιάς τα οποία είναι βαρύτερα από τον ήλιο μας λαμβάνει χώρα ο κύκλος καύσης CNO. Από τις πιο κάτω αντιδράσεις να προσδιορίσετε την ολική ενέργεια που απελευθερώνεται στην διάρκεια ενός κύκλου.



- 24) Υπολογίστε την ενέργεια που απελευθερώνεται από την τριπλή διαδικασία σωματιδίων άλφα:



- 25) Θεωρήστε σκέδαση Rutherford και υπολογίστε την ενεργό διατομή της σκέδασης σωματιδίων α ($z=2$), με κινητική ενέργεια 5 MeV, από φύλλο χρυσού ($Z=79$, $\rho=19.32$ gr/cm³, $A=196.97$ gr) για γωνία σκέδασης μεγαλύτερη από 20° .

Υποθέστε ότι η δέσμη σωματιδίων α έχει ένταση $I = 5 \times 10^8$ σωματίδια ανά δευτερόλεπτο τα οποία προσπίπτουν κάθετα πάνω στο φύλλο χρυσού πάχους $\Delta x = 20 \mu\text{m}$. Υπολογίστε πόσα σωματίδια σκεδάζονται ανά δευτερόλεπτο σε γωνία μεγαλύτερη από 20° .

- 26) Υπολογίστε τη διαφορική ενεργό διατομή $d\sigma/d\Omega$ σε $\text{b} \times \text{sr}^{-1}$ της σκέδασης σωματιδίων α ($z=2$) με κινητική ενέργεια 5.5 MeV από λεπτό φύλλο χρυσού ($Z=79$, $\rho=19.32 \text{ gr/cm}^3$, $A=196.97 \text{ gr}$) για γωνία $\theta = 150^\circ$. Υποθέστε ότι η ένταση της δέσμης είναι 5×10^{10} σωματίδια ανά δευτερόλεπτο τα οποία προσπίπτουν κάθετα πάνω στο φύλλο χρυσού πάχους $\Delta x = 50 \mu\text{m}$. Ανιχνευτής σωματιδίων α με επιφάνεια $\Delta S = 1 \text{ cm}^2$ τοποθετείται σε απόσταση $r = 20 \text{ cm}$ από το σημείο πρόσπτωσης της δέσμης πάνω στο χρυσό και σε γωνία $\theta = 150^\circ$ από την διεύθυνση της δέσμης. Υπολογίστε πόσα σωματίδια ανιχνεύονται ανά δευτερόλεπτο από τον ανιχνευτή.
- 27) Εκτιμήστε το βάθος δυναμικού σε MeV των νετρονίων για του πυρήνες ^{235}U και ^{135}Cs με βάση την ενέργεια διαχωρισμού νετρονίου (S_n) και την ενέργεια Fermi (E_F) των νετρονίων τα οποία βρίσκονται σε όγκο V ίσο με το όγκο του πυρήνα.

Δίνονται:

$$E_F = \frac{\hbar^2}{2m} \left(\frac{3N}{8\pi V} \right)^{2/3} \quad \text{και} \quad R = r_0 A^{1/3}, r_0 = 1.2 \text{ fm}$$