

#1 Τι μέρος (%) πυρήνων  $^{37}\text{Ar}$   
θα έχει διασπασθεί σε 1 έτος;  
Τι θα έχει απομείνει μετά  
από 180 h?

$$t_{1/2} = 35 \text{ d}$$

Απάντηση:

$$N = N(0) e^{-\lambda t}$$

$$\text{ή } N = N(0) e^{-t/\tau}$$

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$$

Σε 1 έτος ή 365 d

έχουν απομείνει

$$N(365) = N(0) e^{-\frac{\ln 2 \times 365}{35}}$$

$$\text{ή } \frac{N(365)}{N(0)} = e^{-\frac{\ln 2 \times 365}{35}}$$

Επομένως έχω διασπασθεί

$$N(0) - N(365) = \quad \quad \quad \underline{\underline{365}}$$

$$\begin{aligned}
 N(t) &= N(0) e^{-\ln 2 \frac{t}{35}} \\
 &= N(0) \left( 1 - \exp\left(\ln 2 \times \frac{365}{35}\right) \right) \\
 &= N(0) \left( 1 - 7.2 \times 10^{-4} \right) \\
 &= 0.99927 N(0)
 \end{aligned}$$

Αντίστοιχα σε 180h έχουμε  
απομείνει

$$N(180 \text{ h}) = N(0) \exp\left(-\ln 2 \times \frac{180}{35.24}\right)$$

$$\begin{aligned}
 N(180) &= N(0) \times 0.86197 \\
 &\approx 86.2\%
 \end{aligned}$$

— \* —

#2

Η ενεργότητα ενός αεραίου  
ισοτόπου έχει μειωθεί 1.5  
φορά σε 51.1 d. Βρείτε το  
 $t_{1/2}$ , το  $\lambda$  ή το  $T$ .

Απάντηση:

$$A(t) = A(0) e^{-\lambda t} \text{ (Ανοξείωσις)}$$

άρα έχει διασπασθεί:

$$A(0) - A(0) e^{-\lambda t} = \frac{2}{3} A(0)$$

$$1 - e^{-\lambda t} = \frac{2}{3}$$

$$\Rightarrow e^{-\lambda t} = \frac{1}{3}$$

$$\Rightarrow -\lambda t = -\ln 3$$

$$\Rightarrow +\lambda (51.1 \text{ d}) = +\ln 3$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{\ln 3}{51.1 \text{ d}} = \dots$$

$$\text{Ομοίως } \tau = \frac{51.1 \text{ d}}{\ln 3}$$

$$\tau_{1/2} = \tau \ln 2$$

#3

Η μάζα ενός φρέσκου δείγματος ραδιενεργού  $^{59}\text{Fe}$

(με  $t_{1/2} = 44.5 \text{ d}$ ) είναι 2g.

- Ποια είναι η μέγιστη ενεργότητα;

— Ποια είναι η ενεργότητα μετά από 70 d;

Απόσταση:

$$A(t) = A(0) e^{-\lambda t}$$

$$A(0) = \lambda N(0)$$

↪ αρχικοί πυρήνες

$$1 \text{ mol} \Rightarrow N_A \frac{\text{πυρήνες}}{x} = \frac{59 \text{ gr}}{2 \text{ gr}}$$

$$x = \frac{2}{59} 6.022 \times 10^{23} = 0.204 \times 10^{23}$$

$$\begin{aligned} \text{i) } A(0) &= \frac{\ln 2}{44.5 \text{ d}} \times 0.204 \times 10^{23} \\ &= \frac{\ln 2 \times 0.204 \times 10^{23}}{44.5 \times 24 \times 3600 \text{ s}} \end{aligned}$$

$$= 3.678 \times 10^{15} \text{ Bq}$$

$$\text{ii) } A(70 \text{ d}) = A(0) e^{-\lambda \cdot 70 \text{ d}}$$

$$\Rightarrow A(70 \text{ d}) = 3.678 \times 10^{15} e^{-\frac{70 \ln 2}{44.5}}$$

$$\approx 1.24 \times 10^{15} \text{ Bq}$$

— \* —

#4] Οι μετρήσεις ενεργότητας μιας ραδιενεργής ουσίας έδωσαν τον παρακάτω πίνακα:

$t$ (h)	3	6	9	12
$A$ ( $10^{15}$ Bq)	4.66	2.09	0.941	0.423

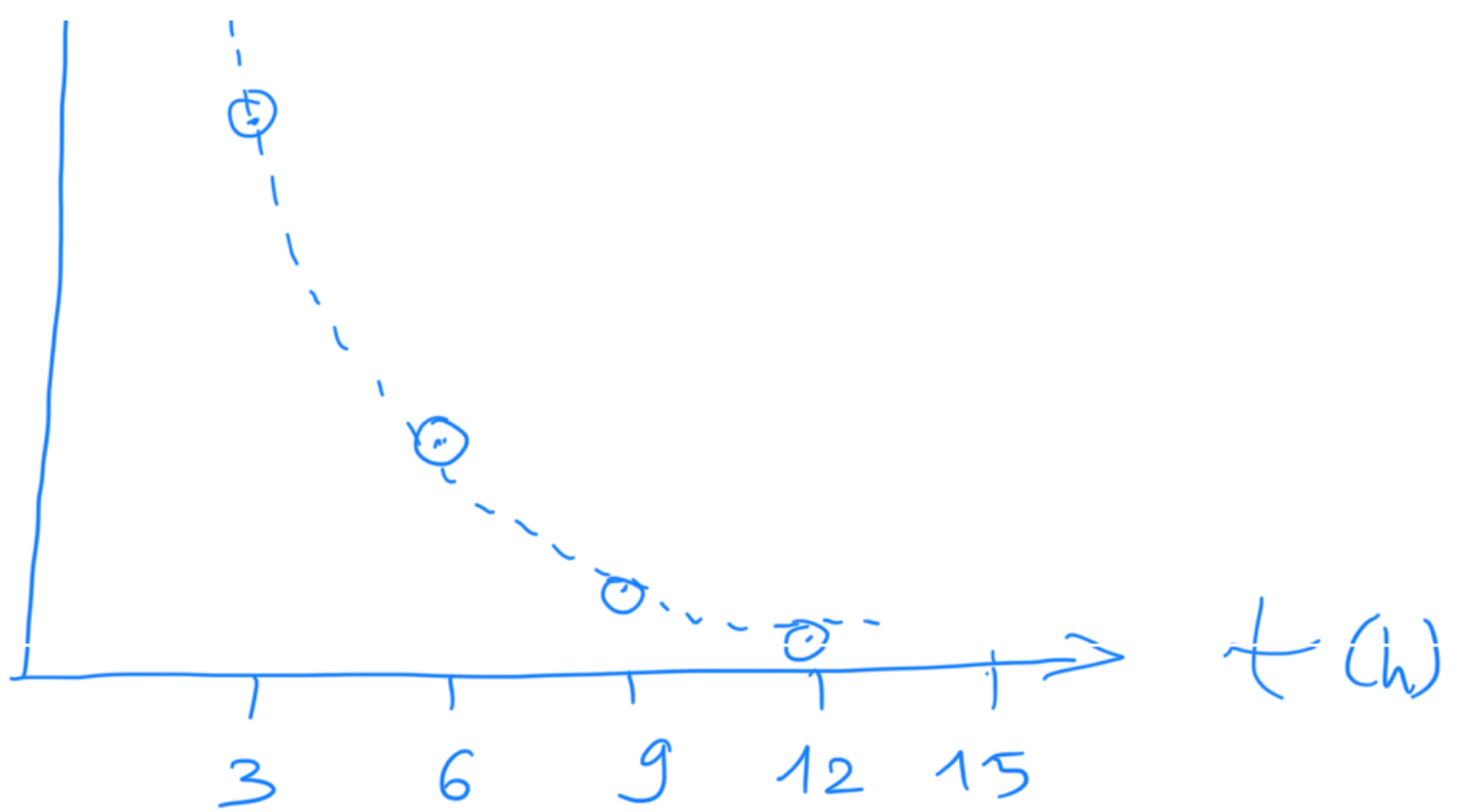
α) Βρείτε το χρόνο ημιζωής της ουσίας

β) Βρείτε το  $N(0)$

**Απάντηση:**

Σχεδιάζουμε το αντίστοιχο γράφημα  $A = f(t)$

↑  $A$  ( $\times 10^{15}$  Bq)



$$A(3h) = A(0) e^{-\lambda(3h)}$$

$$A(6h) = A(0) e^{-\lambda(6h)}$$

Με διαίρεση κατά μέλη:

$$\frac{A(6h)}{A(3h)} = \frac{A(0) e^{-\lambda(6h)}}{A(0) e^{-\lambda(3h)}}$$

$$\Rightarrow \frac{A(6h)}{A(3h)} = e^{-\lambda(6-3)}$$

$$\Rightarrow e^{-\lambda(3h)} = \frac{A(6h)}{A(3h)}$$

$$-\lambda(3h) = \ln \frac{A(6h)}{A(3h)}$$

$$-\lambda(3h) = 2.09$$

$$\Rightarrow e^{-3\lambda} = \frac{2.09}{4.66}$$

$$\ln \Rightarrow -3\lambda = \ln \frac{2.09}{4.66}$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{1}{3} \ln \frac{4.66}{2.09}$$

$$\Rightarrow \lambda \approx 0.74 \text{ h}^{-1}$$

Αντίστοιχες τιμές εξάγονται από

του λόγου  $\frac{A(9\text{h})}{A(6\text{h})}$ ,  $\frac{A(12)}{A(9)}$  κτλ

$$\text{Επομένως } A(3\text{h}) = A(0) e^{-3\lambda}$$

$$\Rightarrow A(0) = A(3\text{h}) e^{+3\lambda}$$

$$\Rightarrow A(0) = 4.66 \times 10^{15} \text{ Bq } e^{3 \times 0.74}$$

$$\Rightarrow A(0) \approx 43 \times 10^{15} \text{ Bq}$$

$$\text{Και από } \dot{N} \quad N(0) = \frac{A(0)}{\lambda}$$

$$\Rightarrow N(0) = \underline{43 \times 10^{15} \text{ Bq}}$$

$$\Rightarrow N(0) = \frac{43 \times 10^{15} \frac{\#}{s}}{0.74} \times 3600 s$$

$$\Rightarrow N(0) \approx 209 \times 10^{15} \text{ πυρήνες.}$$

— \* —

#5 | Πυρήνες  $^{192}_{84}\text{Po}$  σε ηρεμία διασπώνται από τη βασική κατάσταση εκπέμποντας σωφίστια  $\alpha$  με ενέργειες:

(i)  $T_{\alpha}^1 = 6416 \text{ keV} (0.7\%)$

(ii)  $T_{\alpha}^2 = 6611 \text{ keV} (1.4\%)$

(iii)  $T_{\alpha}^3 = 7167 \text{ keV} (17.3\%)$

α) Να βρεθεί ο θυμαρικός πυρήνας

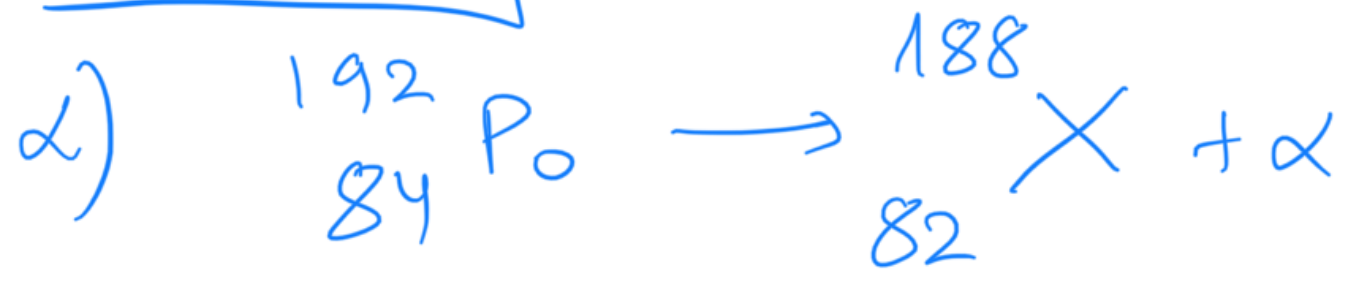
β) Να σχεδιαστεί το ενεργειακό διάγραμμα διάσπασης

γ) Να βρεθούν οι συχνότητες

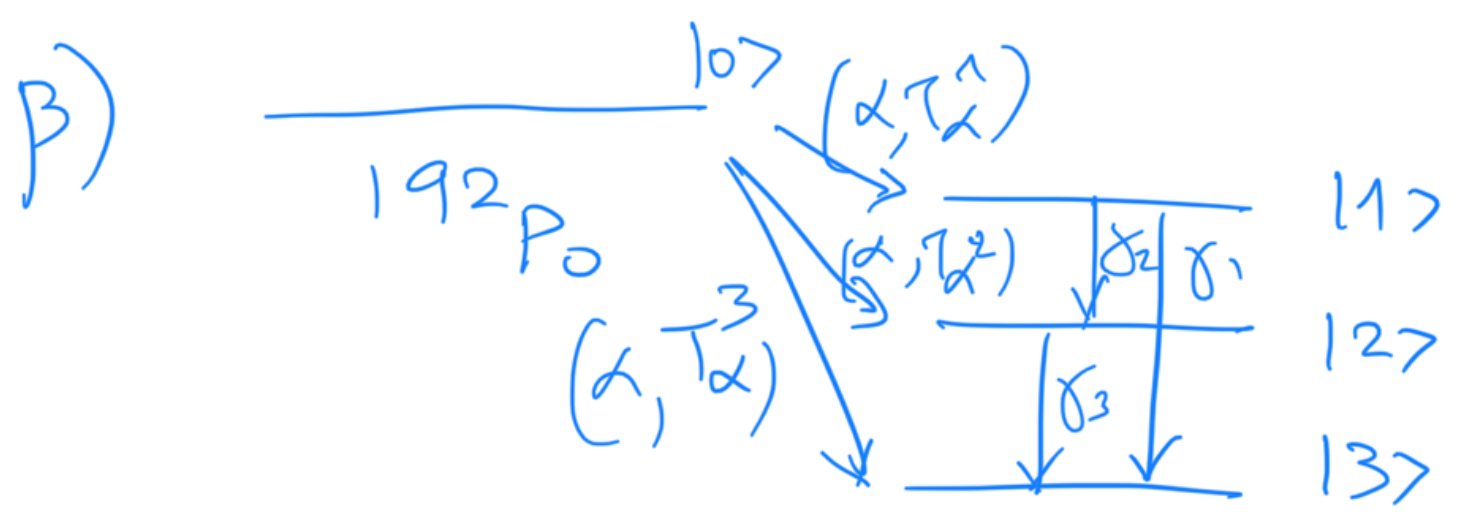


δ) Ποιες οι ενέργειες των φωτονίων γ του θυγατρικού;

Απάντηση:



Ο πυρήνας είναι ο  $^{188}_{82}\text{Pb}$   
 εφόσον  $\alpha \equiv {}^4_2\text{He}^2$



γ) Στις διατάξεις  $^{188}_{82}\text{Pb}$

$$\varphi_{\alpha} \approx T_{\alpha} \left( 1 + \frac{4}{A_D} \right)$$

... Α ... Τ ... Α ...

οπου  $H_D$  ο μαζικός πυρήνας

με βάση αυτού υπολογίζονται:

$$Q_{\alpha}^1 = 6416 \text{ keV} \left( 1 + \frac{4}{188} \right)$$

$$\approx 6552 \text{ keV}$$

$$Q_{\alpha}^2 \approx 6786 \text{ keV}$$

$$Q_{\alpha}^3 \approx 7358 \text{ keV}$$

$$\delta) E_{\gamma_1} \approx 7358 - 6552 \\ = 806 \text{ keV}$$

$$E_{\gamma_2} \approx 7358 - 6786 \\ = 572 \text{ keV}$$

$$E_{\gamma_3} \approx 6786 - 6552 \\ = 234 \text{ keV}$$

#6] Πυρήνας  ${}^{66}\text{Cr}$  με ηρεμία  
διασπάται με βήτα, οδηγώντας

σε βασική σταθμική ζωοθωγαστική.  
 Να βρεθεί η  $E_{kin}(e^-)$ ,  $E_{kin}(\bar{\nu}_e)$   
 αν ο μητρικός πυρήνας δεν  
 ανακρούεται.

**Απάντηση**

$\beta^-:$	${}^{66}_{29}\text{Cu} \rightarrow$	${}^{66}_{30}\text{Zn} + e^- + \bar{\nu}_e$
πρω	$0 + m_1 c^2$	$0 \quad 0 \quad 0$
μια	$0$	$T_2 + m_2 c^2 \quad T_e + m_e c^2 + T_{\bar{\nu}_e}$

$T_2 = 0 \Rightarrow$

$m_1 c^2 = m_2 c^2 + T_e + m_e c^2 + T_{\bar{\nu}_e}$

$(m_1 - m_2 - m_e) c^2 = T_e + T_{\bar{\nu}_e}$

$Q = T_e + T_{\bar{\nu}_e} \quad (1)$

ΑΔΟ:

πρω  $0$

μια  $0 \quad P_e \quad P_{\bar{\nu}_e}$

$$P_e + P_{\bar{e}} = 0$$

$$T_e - m_e c^2 = T_{\bar{e}} \quad (2)$$

Από τα άγνωστα (1) ή (2)

Βρίσκουμε  $T_e, T_{\bar{e}}$

#7 Να βρεθεί η σχέση διάσπα  
για  $A, Z$  για β-ακτινοβολία  
υψηλές

Απάντηση Από την εξίσωση  
 $\rightarrow BE(A, Z)$  με παραγωγή  
 $\rightarrow$  προς  $Z$  λαμβάνουμε ότι

$$Z \approx A / (0.015 A^{2/3} + 1.973)$$

#8 Χρησιμοποιώντας τα υφιστάμενα  
τύπου της μάζας υπολογίστε  
την εκλυόμενη ενέργεια κατά τη  
ορο.

Εργασία του  $\leftrightarrow$  ου σε δύο ίσα τμήματα  
92

Απάντηση:

$$BE(238, 92) = \dots$$

$$BE(119, 46) = \dots$$

$$\Delta E = BE(238, 92) - 2 * BE(119, 46)$$
$$\approx 194 \text{ MeV}$$

#9 Να βρεθεί το  $J^P$  κ' η  $\pi$   
για το  ${}^3_1\text{H}$

Απάντηση



Υπάρχει αβύθρο κ' η  $\pi$  πρωτόνιο  
εμφ  $1s_{1/2} \implies$

$$J^n = \frac{1}{2}^+ \quad \text{καθώς } l=0$$

$$\text{Επιπέδου } j = l + s \quad \leftarrow (\text{επιθυμητή κατάσταση})$$

ή με κρίση των ποσών Schmidt

$$\mu = gJ \quad \text{όπου } g = g_e \pm \frac{g_s - g_l}{2l+1}$$

ή για  $20^3\text{H}$

$$g = g_e^{(n)} + \frac{g_s^{(n)} - g_l^{(n)}}{1}$$

$$\Rightarrow g = g_s^{(n)} = 2 \cdot 2.793$$

$$\Rightarrow \mu = \frac{1}{2} g_s^{(n)} = 2.793 \mu_N$$

— \* —

#10 Το ίδιο με #9 αλλά για  ${}_{14}^{29}\text{Si}$

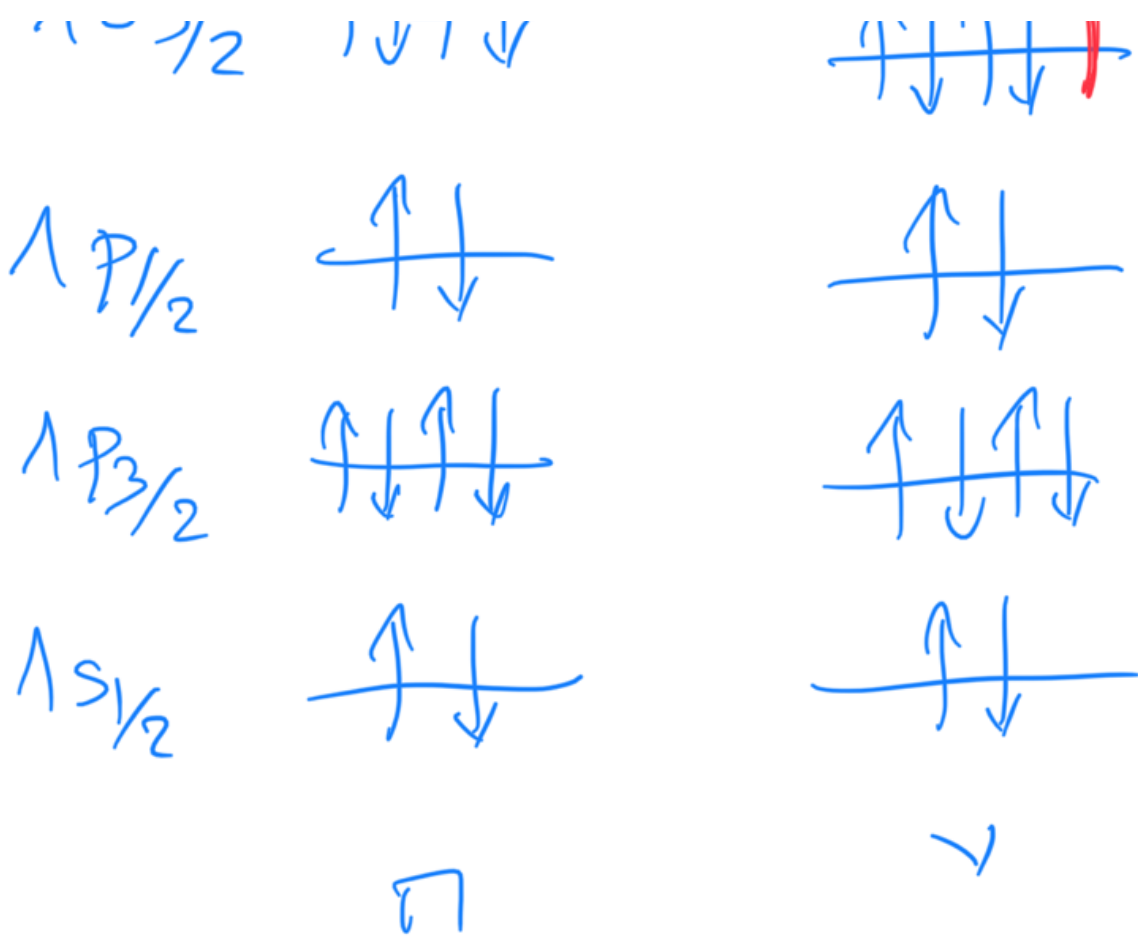
Απάντηση:

$2s_{1/2}$  —————

125,  $\uparrow\uparrow\uparrow$

—————

1111  $\uparrow$



Αδύναμο νετρόνιο στον  $1s_{1/2}$  οπότε  $J(2g_{Si}) = \frac{5}{2}^+$

$j = l + s$  άρα

$\mu = gJ$  όπου  $g = g_e^{(s)} + \frac{g_s^{(s)} - g_e^{(s)}}{2-2+1}$

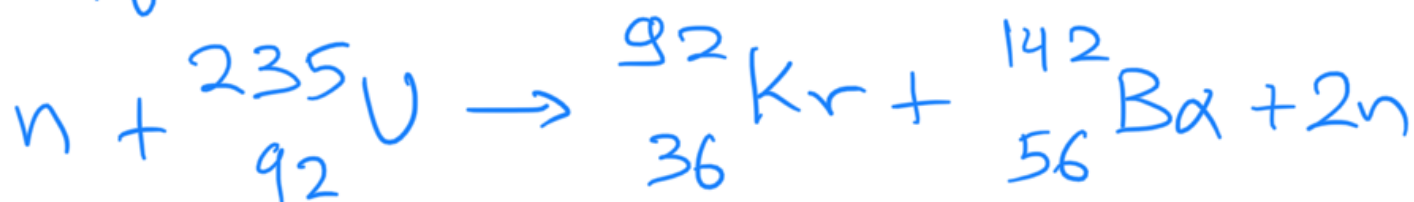
$\Rightarrow g = \cancel{g_e^{(s)}} + \frac{g_s^{(s)} - \cancel{g_e^{(s)}}}{5}$

$\Rightarrow g = \frac{2(-1.913)}{5}$

$\Rightarrow \mu = \frac{2}{5}(-1.913) \times \frac{5}{2}$

$$\Rightarrow \mu = -1.913 \mu\text{m}$$

#11 α) Υπολογίστε την ενέργεια που εκλύεται στην παρακάτω διεργασία:



$$\text{όταν } m({}_{92}^{235}\text{U}) = 235.0439299 \text{ u}$$

$$m({}_{36}^{92}\text{Kr}) = 91.926269 \text{ u}$$

$$m({}_{56}^{142}\text{Ba}) = 141.916361 \text{ u}$$

β) Το αποτέλεσμα που θα βρείτε είναι 6 MeV μεγαλύτερο από όταν συμβαίνει αυθόρμητη σχάση.  
Εξουχίστε

γ) Επιβεβαιώστε ότι ο συνολικός αριθμός νουκλεονίων και το φορτίο διατηρούνται.

Απάντηση:



$$\begin{aligned}
 \Delta Q &= m_n + m(^{235}\text{U}) - m(^{92}\text{Kr}) \\
 &\quad - m(^{142}\text{Ba}) - 2m_n \\
 &= m(^{235}\text{U}) - m(^{92}\text{Kr}) - m(^{142}\text{Ba}) - m_n \\
 &= 235.043928\text{u} - 91.926269\text{u} \\
 &\quad - 141.916361\text{u} \\
 &\quad - 1.0086649\text{u} \\
 &= 0.1926331\text{u} = \\
 &= 0.1926331\text{u} \times 931.5 \frac{\text{MeV}}{\text{u}} \\
 &= 179.44 \text{ MeV}
 \end{aligned}$$

β) Η επιπλέον ενέργεια προέρχεται από τη διαφορετική συνολική ενέργεια της αντίδρασης. Στην αυθόρμητη βλάβη η

$\psi$  να κινεί δεν περιλαμβάνει  
την  $T_n$  που χτυπάει το  $^{235}\text{U}$   
και τον διεγείρει

$$\gamma) \text{ Πριν } B = 235 + 1 = 236$$

$$Z = 92 + 0 = 92$$

$$\text{Μετά } B = 92 + 142 + 2 = 236$$

$$Z = 36 + 56 + 0 = 92$$

— \* —