

Ασκήσεις Ραδιενέργειας & Δοσίμετρίας

- 1) Να ευρεθεί η ενέργεια δέσμευσης (ή σύνδεσης) του αττικού πυρήνα του άνθρακα $^{12}_6\text{C}$. Δίνονται: μάζα πρωτονίου $1,0072706 \text{ u}$, μάζα νετρονίου $1,0086654 \text{ u}$, μάζα πυρήνα $^{12}_6\text{C}$ 12 u , $1 \text{ u} = 1,660531 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

Ο πυρήνας έχει 6 πρωτόνια και 6 νετρόνια

Η συνολική μάζα των 6p και 6n είναι:

$$m = 6 \cdot 1,0072706 \text{ u} + 6 \cdot 1,0086654 \text{ u} \Rightarrow m = 12,09562 \text{ u}$$

Διαφορά μάζας:

$$\Delta m = 12,09562 \text{ u} - 12,00000 \text{ u} \Rightarrow \Delta m = 0,09562 \text{ u}$$

1 u είναι $1,660531 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

$$E = mc^2 \Rightarrow E = 1,660531 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \cdot (3 \cdot 10^8 \text{ m/s})^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E = 1,66031 \cdot 9 \cdot 10^{-11} \text{ J} \quad \Rightarrow E = \frac{1,66031 \cdot 9 \cdot 10^{-11} \text{ J}}{1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J/eV}} \Rightarrow$$

$$1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$\Rightarrow E \approx 933 \text{ MeV} \rightarrow 1 \text{ u}$$

Άρα σε $\Delta m = 0,09562 \text{ u}$ η ισοδύναμη ενέργεια $E_{\Delta m} = 0,09562 \text{ u} \cdot \frac{933 \text{ MeV}}{\text{u}}$

$$\Rightarrow \Delta m = 89,21 \text{ MeV}$$

- 2) Να υπολογισθεί η ενέργεια που ελευρείται κατά την πυρηνική αντίδραση



Δίνονται: μάζα πυρήνα ^3_1H : $3,01669 \text{ u}$, μάζα πυρήνα ^2_1H : $2,01474 \text{ u}$, μάζα πυρήνα ^4_2He : $4,00387 \text{ u}$, μάζα νετρονίου: $1,00867 \text{ u}$ και $1 \text{ u} \rightarrow 933 \text{ MeV}$

Πριν την αντίδραση: η συνολική μάζα των αντιδρώντων είναι:

$$M = 3,01699 \text{ u} + 2,01474 \text{ u} \Rightarrow M = 5,03173 \text{ u}$$

Μετά την αντίδραση η συνολική μάζα των προϊόντων είναι:

$$m' = (1,00876 + 4,00387) \text{ u} \Rightarrow m' = 5,01263 \text{ u}$$

Ελλείμμα μάζας

$$\Delta m = m - m' \Rightarrow \Delta m = 0,0191 \text{ u}$$

Ισοδύναμη ενέργεια: $E = 0,0191 \text{ u} * 933 \text{ MeV/u} \Rightarrow E = 17,82 \text{ MeV}$

3) Όταν ο πυρήνας $^{35}_{17}\text{Cl}$ βομβαρδιστεί με ένα πρωτόνιο, μετασχηματίζεται με εμπορική ενός σωματιδίου α . Να γραφεί η πυρηνική αντίδραση



Από τον Περιοδικό Πίνακα συμπεραίνει ότι το X είναι το S (θείο)

$$\begin{aligned} 35 + 1 &= 4 + 32 \\ 17 + 1 &= 2 + 16 \end{aligned}$$

4) Όταν ο πυρήνας $^{14}_7\text{N}$ βομβαρδιστεί με ένα νετρόνιο, μετασχηματίζεται με εμπορική δύο σωματιδίων α . Να γραφεί η πυρηνική αντίδραση.



$$14 + 1 = 4 + 4 + 7$$

$$7 + 0 = 2 + 2 + 3$$

Li

5) Η φυσική ραδιενέργεια διέπεται από την ακόλουθη σχέση:

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

όπου N_0 είναι ο αριθμός των πυρήνων κατά την στιγμή $t=0$, N ο αριθμός των πυρήνων την στιγμή t , λ η σταθερά διάσπασης. Ποια σχέση συνδέει την σταθερά διάσπασης λ με τον χρόνο υποδιπλασιασμού $t_{1/2}$;

$$t_{1/2} \quad N = \frac{N_0}{2}$$

$$\text{Επομένως} \quad \frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda t_{1/2}} \Rightarrow \frac{1}{2} = e^{-\lambda t_{1/2}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \ln\left(\frac{1}{2}\right) = -\lambda t_{1/2} \Rightarrow \ln 1 - \ln 2 = -\lambda t_{1/2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 0 - 0,693 = -\lambda t_{1/2} \Rightarrow 0,693 = \lambda t_{1/2} \Rightarrow \lambda = \frac{0,693}{t_{1/2}}$$

6) Ο χρόνος υποδιπλασιασμού του ραδίου ${}_{88}^{226}\text{Ra}$ είναι $t_{1/2} = 1600$ ετη. Από 1g ραδίου, πόσο απομένει μετά από 1 έτος;

$$\lambda = \frac{0,693}{t_{1/2}} \Rightarrow \lambda = \frac{0,693}{1600 \text{ ετη}} \Rightarrow \boxed{\lambda = 0,000433 / \text{έτος}}$$

$$\left. \begin{array}{l} N = N_0 e^{-\lambda t} \\ m \sim N \\ m_0 \sim N_0 \end{array} \right\} \Rightarrow m = m_0 e^{-\lambda t} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} m = 1g \cdot e^{-0,000433} \\ t = 1 \text{ έτος} \end{array} \right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m = \exp(-0,000433)$$

$$\Rightarrow \boxed{m = 0,999567 \text{ g}}$$

$$\text{Διασπασθέν} (1 - 0,999567) \text{ g} = 0,000433 \text{ g}$$

8) Ο χρόνος υποδιπλασιασμού του ραδιενεργού ιωδίου ^{131}I είναι $t_{1/2} = 8$ ημέρες. Πόσο το ποσοστό των πυρήνων που απομένουν μετά από 16 ημέρες; Σε πόσες ημέρες θα απομείνουν το $1/8$ των αρχικών πυρήνων;

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \Rightarrow N = N_0 e^{-\frac{0,693}{8 \text{ ημ.}} \cdot 16 \text{ ημ.}} \Rightarrow N = N_0 \cdot 0,25 \Rightarrow$$

$$\lambda = \frac{0,693}{t_{1/2}} = \frac{0,693}{8 \text{ ημ.}}$$

$$\Rightarrow N = \frac{1}{4} N_0$$

$$\boxed{N = 25\% N_0}$$

$$\left. \begin{array}{l} N = N_0 e^{-\frac{0,693}{8} t} \\ N = \frac{1}{8} N_0 \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{1}{8} = e^{-\frac{0,693}{8} t}$$

$$\Rightarrow \ln\left(\frac{1}{8}\right) = -\frac{0,693}{8} t \Rightarrow$$

$$\Rightarrow -2,07944 = -\frac{0,693}{8} t \Rightarrow t = \frac{2,079944 \cdot 8}{0,693} \text{ ημερες}$$

$$\Rightarrow \boxed{t = 24 \text{ ημερες}}$$

9) Μονοχρωματική ακτινοβολία γ μήκους κύματος έχει ενέργεια 1 MeV. Πόσο είναι το μήκος κύματος της ακτινοβολίας; $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$, $1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$, $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

$$\left. \begin{array}{l} c = \lambda f \\ E = hf \end{array} \right\} \Rightarrow \lambda = \frac{h \cdot c}{E} \Rightarrow \lambda = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{1,602 \cdot 10^{-13} \text{ J}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \lambda = 12,36 \cdot 10^{-13} \text{ m} \Rightarrow \lambda = 12,36 \cdot 10^{-13} \cdot 10^9 \text{ nm} \Rightarrow \lambda = 1,236 \cdot 10^{-3} \text{ nm}$$

10) Κατά την σύντηξη μίγματος δύο ισοτόπων του υδρογόνου συνολικής μάζας 1kg οι περιεχόμενες σ' αυτό ποσότητες των δύο ισοτόπων αντιδρούν πλήρως, "εξαφανίζεται" δε κατά την αντίδραση 0,7% της μάζας του μίγματος. Πόση ενέργεια σε kWh εκλύεται κατά την σύντηξη; ($c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$)

$$\Delta m = 1 \text{ kg} \cdot 0,7/100 \Rightarrow \Delta m = 7 \cdot 10^{-1} \cdot 10^{-2} \text{ kg} \Rightarrow \Delta m = 7 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$$

$$\Rightarrow \Delta m = 0,007 \text{ kg}$$

$$E = \Delta m \cdot c^2 \Rightarrow E = 7 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot (3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1})^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E = 7 \cdot 10^{-3} \cdot 9 \cdot 10^{16} \text{ J} \Rightarrow E = 63 \cdot 10^{13} \text{ J}$$

$$1 \text{ kWh} = 1000 \text{ Wh} = 1000 \text{ W} \cdot 3600 \text{ s} = 36 \cdot 10^5 \text{ J}$$

$$E = \frac{63 \cdot 10^{13}}{36 \cdot 10^5} \text{ kWh} \Rightarrow E = 1,75 \cdot 10^8 \text{ kWh} \Rightarrow \boxed{E = 1,75 \cdot 10^2 \text{ GWh}}$$

$$\Rightarrow E = 0,175 \cdot 10^3 \text{ GWh} \Rightarrow \boxed{E = 0,175 \text{ TWh}}$$

11) Το ^{60}Co (κοβάλτιο) διασπάζεται με $t_{1/2} = 5,27 \text{ ετη} = 1,66 \cdot 10^8 \text{ s}$ σε ^{60}Ni , το οποίο στη συνέχεια εκπέμπει δύο ακτίνες γ που χρησιμοποιούνται στη θεραπεία από τον καρκίνο. Πόση είναι η μάζα μιας ραδιοεργού πηγής ^{60}Co ενεργότητας $a = 1000 \text{ Ci}$;

$$a = -\frac{\Delta N}{\Delta t} = \lambda N = \frac{0,693}{t_{1/2}} \eta N_A \Rightarrow \eta = \frac{a t_{1/2}}{0,693 N_A} \Rightarrow \eta =$$

$$\lambda = \frac{0,693}{t_{1/2}} \quad \Bigg| \quad = \frac{1000 \cdot 3,7 \cdot 10^{10} \text{ s}^{-1} \cdot 1,66 \cdot 10^8 \text{ s}}{0,693 \cdot 6,023 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}} \Rightarrow \eta = 0,0147 \text{ mol}$$

$$\rightarrow N = \eta \cdot N_A \quad \Bigg| \quad 1 \text{ mol } ^{60}\text{Co} \text{ είναι } 60 \text{ g, άρα } m = 0,0147 \cdot 60 \text{ g} = 0,882 \text{ g}$$

12) Είναι γνωστό ότι οι φωτανοί ιστοί, όταν δεχθούν απορροφούμενη δόση $D = 10.000 \text{ rad}$ ($1 \text{ rad} = 10^{-2} \text{ J/kg}$) καταστρέφονται τελείως. Αν υποθέσουμε ότι η ενέργεια που λαμβάνουν οι ιστοί από την ακτινοβολία παραμένει εξολοκλήρου σ' αυτούς, πόσο θα αυξηθεί η θερμοκρασία τους, όταν δεχθούν δόση $D = 10.000 \text{ rad}$; (Η ειδική θερμότητα των ιστών είναι περίπου ίδια με αυτή του νερού $c = 1 \text{ cal} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} = 4,18 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} = 4.180 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)

$$D = \frac{\Delta E}{\Delta m} = 10000 \text{ rad} = 10000 \cdot 10^{-2} \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} = 100 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$$

$$\Delta Q = \Delta m c \Delta T = \Delta E \Rightarrow \Delta T = \frac{\Delta E}{\Delta m} \frac{1}{c} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta T = 100 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \frac{1}{4180 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}} \Rightarrow \Delta T = 0,024 \text{ K}$$

Ασπράζει η αύξηση!!!

Πώς εξηγείται η θανατηφόρα δράση της ακτινοβολίας των 10000 rad;

Η ενέργεια της ακτινοβολίας δεν καταναλώνεται ομοιόμορφα σ' όλη την έκταση του ιστού. Η ενέργεια λαμβάνεται σε σχετικά μεγάλες ποσότητες από μεμονωμένα κύτταρα σε τυχαίες θέσεις με αποτέλεσμα την αλλοίωση υγιών κυττάρων γύρω τους!