

Εξαιτίας μικρής βλάβης σε μηχανοκίνητο αεθμό, ο οποίος γυρίζει με νερό παλαιή βρωμιά, ραδιενεργό I-131 διέφυγε μέσω του νερού γύρω στο ύδρευση οικιακή. Μοζώνουμε δεξαμενή τροφοδοσίας πόλης, 20000 m³ με 40 mCi I-131. Αν το όριο είναι 18 Bq/lit το νερό είναι πόσιμο; Πόση χύμα θα χρειαστεί για να μειωθεί η συγκέντρωση σε επιτρεπτό όριο, με $t_{1/2} = 8d$. (1 Ci = 3,7 · 10¹⁰ Bq)

ΛΥΣΗ

Θα ελέγξω την ενεργότητα /lt της δεξαμενής.

$$40 \text{ mCi} = 40 \cdot 10^{-3} \text{ Ci} = \frac{40 \cdot 10^{-3} \cdot 3,7 \cdot 10^{10}}{1,48 \cdot 10^9}$$

1lt είναι 10⁻³ m³
 x 20000 m³
 ||
 2 · 10⁷ lt.

Άρα: $\frac{4,48 \cdot 10^9 \text{ Bq}}{2 \cdot 10^7 \text{ lt}} = 74 \text{ Bq/lt}$

Προφανώς και το H₂O ΔΕΝ ΕΙΝΑΙ πόσιμο για και το όριο είναι 18 Bq/lt.

Για να βρούμε πόση θα γίνει πόσιμο, πρέπει η ενεργότητα του/σε ταμ να είναι ≤ 18 Bq/l. Έστω R_t η αγωγή ενεργότητα /lt

$$\frac{R_t}{\text{lt}} = R_0 e^{-\lambda t} \leq 18 \text{ Bq/lt} \Leftrightarrow \frac{\ln(R_0) - \lambda t}{\text{lt}} \leq \frac{\ln 18}{\text{lt}}$$

$$\lambda = \frac{\ln 2}{8} = 0,0866 d^{-1} \Leftrightarrow 4,3041 - 0,0866 t \leq 3,8904$$

t ≥ 16,3 d

Να βρεθεί gr/Lt διαλύματος νηρηνιώ υασιφια $^{239}\text{PuO}_2(\text{NO}_3)_2$ σε φυσικό ύδωρ ώστε να γίνεται υασιφιο αίσθημα αδερών διασείσεων.

Δίνονται: $\eta[\text{PuO}_2(\text{NO}_3)_2] = 2,03$, $\epsilon = \rho = 1$, $\sigma_a(\text{Pu}) = 1015\text{b}$

$\sigma_a(\text{H}_2\text{O}) = 0,664\text{b}$, $\sigma_a(\text{N}) = 1,85\text{b}$, $\sigma_a(\text{O}) = 0$, $(\text{UB}) \text{PuO}_2(\text{NO}_3)_2 = 395,06$

και $\text{UB}_{\text{H}_2\text{O}} = 18,0153$.

(1)

ΛΥΣΗ

Μας δίνεται σαν δώδεμο οα το αίσθημα είναι αδερών και υασιφιο.

$K_{\text{eff}} = \eta \cdot \epsilon \cdot \rho \cdot f = \eta \cdot f = 1 \Rightarrow f = \frac{1}{\eta} = 0,49$

$f = \frac{\text{πληθος νετρονίων που απορροφώνται από νηρηνες του Π.Κ.}}{\text{πληθος νετρονίων που απορροφώνται ΓΕΝΙΚΑ.}}$

$f = \frac{\sum_{\text{AF}}^i \sigma_i N_i}{\sum_{\text{AF}}^i \sigma_i N_i + \underbrace{\sum_{\text{AM}} \sigma_{\text{AM}} N_{\text{AM}}}_{\text{αδερ.}}}$ • Εμ προεβίσημ έχω αναδιδάδια των ενεργών διασείσεων για ΚΑΘΕ ΣΤΟΙΧΕΙΟ!

Πηλδση:

$f = \frac{\sigma_{\text{AF}}(\text{Pu}) N_{\text{Pu}} + \sigma_{\text{AF}}(\text{N}) N_{\text{N}} + \sigma_{\text{AF}}(\text{O}) N_{\text{O}}}{\sigma_{\text{AF}}(\text{Pu}) N_{\text{Pu}} + \sigma_{\text{AF}}(\text{N}) N_{\text{N}} + \sigma_{\text{AF}}(\text{O}) N_{\text{O}} + \sigma_{\text{AM}}(\text{H}_2\text{O}) N_{\text{H}_2\text{O}}}$

Μας πνείται η αυμείνερων, δηλδση η μάζη του Π.Κ. Έχω:

Σε 1 mole εωωας περιέχονται 1Να νηρηνες Pu και 2Να νηρηνες N
 Σε 395,0608 gr εωωας
 Σε m_x gr
 1 x
 2 y

$x = \frac{1 \cdot m_x}{395,0608}$, $y = \frac{2 \cdot m_x}{395,0608}$ και έχωμ "μωδρείζει" τη μάζη μεσα, μεσ νηρηνεωα

How to calculate the mass of a group of z atoms. Ex: $z = 1$

$$0,334 \cdot 10^{23} \text{ mN} = 0,334 \cdot 10^{23} \text{ VN}$$

$$0,49 = \frac{1015 \cdot \text{NA} \cdot \text{m}_x}{395,0608} + \frac{2 \text{NA} \cdot \text{m}_x}{395,0608} \cdot 1,85$$

$$\frac{1015 \cdot \text{NA} \cdot \text{m}_x}{395,0608} + \frac{2 \text{NA} \cdot \text{m}_x}{395,0608} \cdot 1,85 + 0,644 \cdot \text{N}_N$$

$$\frac{m_N \cdot \text{NA}}{\text{AB}} = \frac{6,023 \cdot 10^{23} \cdot \text{m}_N}{18,0153}$$

$$d_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{m}{V} = 1 \text{ g} \\ m = V$$

$$0,49 = \frac{2,569 \text{NA} \cdot \text{m}_x + 9,3 \cdot 10^{-3} \text{NA} \cdot \text{m}_x}{2,569 \text{NA} \cdot \text{m}_x + 9,3 \cdot 10^{-3} \text{NA} \cdot \text{m}_x + 0,215 \cdot 10^{23} \text{VN}} \quad (\Rightarrow)$$

$$0,49 = \frac{15,47 \cdot 10^{23} \text{m}_x + 56,01 \cdot 10^{20} \text{m}_x}{15,47 \cdot 10^{23} \text{m}_x + 56,01 \cdot 10^{20} \text{m}_x + 0,215 \cdot 10^{23} \text{VN}} \quad (\Rightarrow)$$

$$0,49 = \frac{\text{m}_x \cdot 1,55 \cdot 10^{24}}{\text{m}_x \cdot 1,55 \cdot 10^{24} + 0,215 \cdot 10^{23} \text{VN}} \quad (\Rightarrow)$$

$$\text{m}_x \cdot 1,55 \cdot 10^{24} = 7,6 \cdot 10^{23} \text{m}_x + 1,05 \cdot 10^{22} \text{VN}$$

$$\text{m}_x (7,9 \cdot 10^{23}) = 1,05 \cdot 10^{22} \text{VN}$$

$$\text{m}_x = 0,01329 \cdot \text{VN} \quad (\Rightarrow) \quad \boxed{\frac{\text{m}_x}{\text{VN}} = 0,01329}$$

Η εμφάνιση φαίνεται σχεδιασμογράφηση:

(2)

Εστω N_0 ο αριθμός T-N από προηγούμενη σχέση

13% επιλεκτική αναμείκωση σε U-238

3% διαρροές

84% στη φάση επιβράδυνσης

5% διαρροών

95% θερμικά

18% δεν απορροούνται

89% από το Π.Κ

74% απορροούνται από U-235

26% από άλλες πυρήνες

Νέα ταξεία!

Ζητείται ο K_e .

ΛΥΣΗ

αρχικά είχα N_0 . Τελικά θα έχω N_0' . Προφανώς, $N_0' = K_e \cdot N_0$ είναι

$N_0' = \rho \epsilon \neq \eta$

Οι τρεις αυτοί ποσοστιαίοι αποτελεστές ως ποσοτικά υπολογίζονται γραφικά ακολουθώντας το "κουμπί" μονοπάτι στο γράφο της εμφάνισης. Ανν ξεκινήσει ο $\frac{\eta}{V} = \frac{\sigma_f}{\sigma_a}$ πω δίνονται. Άρα: $K_e = 0,84 \cdot 0,95 \cdot 0,82 \cdot 0,74 \cdot V \cdot \frac{\sigma_f}{\sigma_a}$.

ΆΣΚΗΣΗ 3

Πρόκειται να εωχροσφάδι πυρήνως (σπάρων διαστάσεων) ομοιογενή αντιδραστήρα από $Pu-239$ ή $Li-F$. Ποία είναι η μιν αναλογία πυρήνων Pu/Li που χρειάζεται για να αποκατασταθεί σε ένα τέτοιο μείγμα αλυσεωτή αντιδραστήρ χάθων σταθερού ρυθμού; Δίνεται ότι όλα τα νετρόνια είναι μονοενέργειακά.

$$Pu: \sigma_a(Pu) = 1015b, \sigma_f(Pu) = 741b, \nu = 2,9n/6\chi\acute{\alpha}\theta\eta$$

$$Li: \sigma_a(Li) = 0,033b.$$

Λύση

- Θεωρώ ότι λόγω μη ύπαρξη άλλων βαρέων πυρήνων $\epsilon = p = 1$
- Θεωρώ ότι επειδή \nexists άλλοι πυρήνες εκτός από το π.κ, $f = 1$

Ευρησκών: $f = \frac{\text{μνθος θ.η που απορροφώνται από π.κ}}{\text{μνθος θ.η που απορροφώνται στο π.κ ή αλλού}} \rightarrow 0$

- Επειδή θέλωμε να έχουμε κριτικό σύστημα:

$$k_{\text{eff}} = \eta \cdot \epsilon \cdot p \cdot f = 1 \quad (\Rightarrow) \quad \eta = 1$$

- Έστω ότι η σύσταση του μείγματος είναι $a\%$ πυρήνες Pu
 $b\%$ πυρήνες Li

Ζητείται η αναλογία $\frac{N_{Pu}}{N_{Li}} = \frac{a}{b}$

Λόγους: $\eta = \nu \cdot \left(\frac{\sigma_f}{\sigma_a}\right)_{\text{π.κ}} \quad (\Rightarrow) \quad \frac{1}{\nu} = \left(\frac{\sigma_f}{\sigma_a}\right)_{\text{π.κ}} \quad (\Rightarrow) \quad \left(\frac{\sigma_f}{\sigma_a}\right)_{\text{π.κ}} = \frac{1}{2,9}$

Όμως $\sigma_{f,\text{π.κ}} = (a\sigma_f(Pu) + b\sigma_f(Li)) / 100 = a\sigma_f(Pu) / 100$

$$\sigma_{a,\text{π.κ}} = (a\sigma_a(Pu) + b\sigma_a(Li)) / 100$$

Άρα διαπώντας κατά μέλη: $\frac{1}{2,9} = \frac{741a}{1015a + 0,033b} \quad (\Rightarrow)$

$$29 \cdot 741a = 1015a + 0,033b$$

$$1.133,9a = 0,033b$$

$$\Leftrightarrow 2.148,9a - 1015a = 0,033b \quad (\Rightarrow)$$

$$\boxed{\frac{a}{b} = 2,91 \cdot 10^{-5}}$$

Άσκηση 4

Θα θεωρήσουμε κρίσιμο σύστημα περιορισμένων διαστάσεων από ομογενή μίγμα π.κ. ξ επιβραδυντού. Το π.κ είναι εμπλουτισμένο U με αναλογία ατόμων 24% U-235 ξ 76% U-238. Δίνονται τα ακόλουθα:

- i) Ανά μονάδα χρόνου απορροφούμενα θ.ν στο π.κ 8×10^{18} n/sec
- ii) Εκλυόμενη ισχύς στο σύστημα, από το σύνολο των κάθε είδους χάβων (U-235 ξ U-238) 220 MW.
- iii) Το U-235 χιάζεται μόνο με θ.ν (παράγονται 2,492 τ.ν/χάβη ξ 200 MeV/χάβη)
- iv) Το U-238 χιάζεται μόνο με τ.ν (παράγονται 2,849 τ.ν/χάβη ξ 205 MeV/χάβη)

Ζητούνται:

- a) Το ανά μονάδα χρόνου συνολικό πλήθος χάβων στις οποίες οφείλεται η πιο πάνω εκλυόμενη ισχύς στο σύστημα.
- b) Το ανά μονάδα χρόνου συνολικό πλήθος τ.ν που εκλύονται σε ολόκληρο το σύστημα από κάθε είδους χάβων.
- γ) Το μέγεθος η του π.κ
- δ) Ο συντελεστής ϵ

Δίνονται: για θ.ν $\left\{ \begin{array}{l} \text{U-235} \quad \sigma_{F5} = 577 \text{ b}, \quad \sigma_{C5} = 101 \text{ b} \\ \text{U-238} \quad \sigma_{F8} = 0 \text{ b}, \quad \sigma_{C8} = 2,73 \text{ b} \end{array} \right.$

$1 \text{ MeV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ MJ/sec}$

1724

- a) • Συμβολίζω με f_5 τω χάβων/sec του U-235 (οι οποίοι γίνονται με θ.ν)
- f_8 τω χάβων/sec του U-238

• Βρίσκουμε το πλήθος των χάβων από θερμικά νετρόνια:

$$8 \cdot 10^{18} \text{ απορροφούμενα } \theta.ν / \text{sec} \cdot \left(\frac{\sigma_F}{\sigma_a} \right)_{\text{π.κ}} = \text{χάβων με } \theta.ν / \text{sec} =$$

$$= \text{χάβων U-235 με } \theta.ν =$$

$$= f_5$$

Απλ. f_5 : χάβων/sec του U-235

Αλλά $\sigma_{F, \text{π.κ}} = 0,24 \sigma_{F_S} + 0,76 \sigma_{F_B} = 0,24 \sigma_{F_S} = 138,48$

$$\sigma_{C, \text{π.κ}} = 0,24 \sigma_{C_S} + 0,76 \sigma_{C_B} = 24,24 + 2,0748 = 26,31$$

Αλλά $\sigma_{a, \text{π.κ}} = \sigma_{F, \text{π.κ}} + \sigma_{C, \text{π.κ}} = 164,79$

Άρα $f_S = 8 \cdot 10^{18} \cdot \left(\frac{\sigma_F}{\sigma_{a, \text{π.κ}}} \right) = 8 \cdot 10^{18} \cdot \frac{138,48}{164,79} = 6,72 \cdot 10^{18} \text{ χατάω/sec.}$

- Τώρα θα πρέπει να βρούμε τω χατάω λόγω U-238, οι οποίοι παρα-
λύονται ΜΟΝΟ από ΤΑΧΕΑ ΝΕΥΤΡΟΝΙΑ

Θα χρησιμοποιήσουμε τω ολική ενέργεια ισχύ:

$$P_{\text{ολ}} = f_S \cdot 200 \text{ MeV} / \frac{\text{χατάω}}{\text{sec}} + f_B \cdot 205 \text{ MeV} / \text{χατάω}$$

$$P_{\text{ολ}} = 220 \text{ MW} = 220 / 1,6 \times 10^{-19} \text{ MeV/sec} = 137,5 \cdot 10^{19} \text{ MeV/sec}$$

$$137,5 \cdot 10^{19} \frac{\text{MeV}}{\text{sec}} = 6,72 \cdot 10^{18} \frac{\text{χατάω}}{\text{sec}} \cdot \frac{200 \text{ MeV}}{\text{χατάω}} + f_B \cdot 205 \text{ MeV} / \text{χατάω}$$

$$137,5 \cdot 10^{19} \text{ MeV/sec} = 134,4 \cdot 10^{19} \frac{\text{MeV}}{\text{sec}} + f_B \cdot 205 \text{ MeV} / \text{χατάω}$$

$$f_B = \frac{3,1 \cdot 10^{19} \text{ MeV/sec}}{205 \text{ MeV} / \text{χατάω}} =$$

$$f_B = 0,15 \cdot 10^{18} \text{ χατάω/sec}$$

Άρα τω ολικό αριθμό χατάω:

$$f_S + f_B = 6,72 \cdot 10^{18} + 0,15 \cdot 10^{18} = 6,87 \cdot 10^{18} \text{ χατάω/sec}$$

b)

Συμπλοήρω με N_5 : ταχεία νερόνια/sec που παράγονται από τις
εξάψεις του U-235

N_8 : ταχεία νερόνια/sec που παράγονται από τις
εξάψεις του U-238

$$\text{Άρα } N_5 = f_5 \cdot \frac{2,422}{\eta/\text{εξάψη}} = 6,72 \cdot 10^{18} \frac{\text{εξάψη}}{\text{sec}} \cdot \frac{2,422}{\text{εξάψη}} \frac{\text{P.N}}{\text{εξάψη}} = 16,28 \cdot 10^{18} \frac{\text{P.N}}{\text{sec}}$$

$$N_8 = f_8 \cdot \frac{2,842}{\text{εξάψη}} \frac{\text{P.N}}{\text{εξάψη}} = 0,15 \cdot 10^{18} \frac{\text{εξάψη}}{\text{sec}} \cdot \frac{2,842}{\text{εξάψη}} \frac{\text{P.N}}{\text{εξάψη}} = 0,43 \cdot 10^{18} \frac{\text{P.N}}{\text{sec}}$$

$$\text{Οπότε } N_{\text{ολ}} = \frac{\text{συνολικό πλήθος P.N από κάθε είδους εξάψεις}}{\text{sec}} = N_5 + N_8 = 16,71 \cdot 10^{18} \frac{\text{P.N}}{\text{sec}}$$

γ)

$$\eta = \frac{\text{πλήθος P.N από εξάψεις με θ.N}}{\text{πλήθος θ.N που απορροφώνται από Π.Κ}} = \frac{N_5}{8 \cdot 10^{18} \text{ n/sec}} = \frac{16,28 \cdot 10^{18} \text{ P.N/sec}}{8 \cdot 10^{18} \text{ n/sec}}$$

$$\eta = 2,035$$

δ)

$$\epsilon = \frac{\text{συνολικό πλήθος P.N από όλα τις εξάψεις}}{\text{πλήθος P.N από εξάψεις με θ.N}} = \frac{N_{\text{ολ}}}{N_5} = \frac{16,71 \cdot 10^{18}}{16,28 \cdot 10^{18}} = 1,026$$