

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3**  
**ΠΥΡΗΝΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ**

**Απαντήσεις στις ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής**

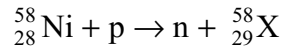
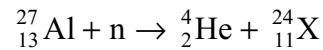
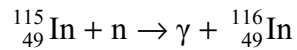
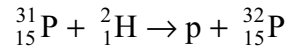
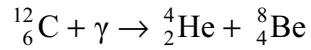
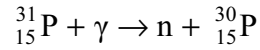
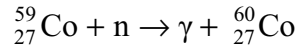
1. β	9. β	17. δ	25. δ	33. γ	41. α
2. α	10. γ	18. β	26. α	34. β	42. β
3. β	11. δ	19. α	27. β	35. δ	43. δ
4. δ	12. α	20. δ	28. β	36. δ	
5. α	13. δ	21. β	29. γ	37. δ	
6. α	14. α	22. β	30. α	38. β	
7. β	15. α	23. α	31. δ	39. β	
8. γ	16. γ	24. γ	32. δ	40. α	

**Απαντήσεις στις ερωτήσεις του τύπου Σωστό /Λάθος**

1. Λ	14. Σ	27. Σ	40. Λ	53. Σ	66. Σ
2. Λ	15. Λ	28. Λ	41. Σ	54. Λ	67. Σ
3. Λ	16. Λ	29. Λ	42. Σ	55. Λ	68. Λ
4. Σ	17. Σ	30. Σ	43. Σ	56. Λ	69. Λ
5. Λ	18. Σ	31. Σ	44. Λ	57. Σ	70. Λ
6. Λ	19. Λ	32. Σ	45. Λ	58. Σ	71. Λ
7. Λ	20. Λ	33. Σ	46. Σ	59. Λ	72. Λ
8. Σ	21. Λ	34. Λ	47. Λ	60. Λ	73. Σ
9. Λ	22. Λ	35. Σ	48. Λ	61. Λ	
10. Σ	23. Λ	36. Σ	49. Λ	62. Λ	
11. Σ	24. Λ	37. Σ	50. Λ	63. Λ	
12. Σ	25. Λ	38. Σ	51. Σ	64. Σ	
13. Σ	26. Σ	39. Λ	52. Σ	65. Λ	

**Απαντήσεις στις ερωτήσεις συμπλήρωσης κενού**

1. δεκάδες χιλιάδες, πρωτόνια	6. νουκλεόνια	14. ηλίου (He), ηλεκτρόνια και αντινετρίνα
2. θετικό, υδρογόνου	7. κβαντωμένο	15. γάμα
3. πρωτονίων, μαζικό	8. αδρόνια, quarks	16. νουκλεονίων
4. ενέργειας, $E = m c^2$	9. ηλεκτρικό φορτίο	17. σχάση, σύντηξη
5. σύνδεσης, έλλειμμα	10. λεπτόνια	18. θερμοπυρηνική, άστρα
	11. ηλεκτρονίων	
	12. γκλουόνια, $W^+$ , $W^-$ και $Z^0$	
	13. μεταστοιχείωση	

**Ερωτήσεις ανοικτού τύπου****70.****74.**

$$\gamma. {}_{82}^{208}\text{Pb} : 82 \cdot 1,008 \text{ u} + 126 \cdot 1,009 \text{ u} - 207,977 \text{ u} = 1,813 \text{ u}$$

$${}_{82}^{210}\text{Pb} : 82 \cdot 1,008 \text{ u} + 128 \cdot 1,009 \text{ u} - 209,984 \text{ u} = 1,824 \text{ u}$$

**75.**

$$\text{Έλλειμμα μάζας } \Delta m = 2 \cdot 1,0080 \text{ u} + 2 \cdot 1,0087 \text{ u} - 4,0026 \text{ u} = 0,0308 \text{ u}$$

$$\text{Ενέργεια σύνδεσης } E_b = 0,0308 \cdot 931 \text{ MeV} = 28,675 \text{ MeV}$$

$$\text{Ενέργεια σύνδεσης ανά νουκλεόνιο } \frac{28,675 \text{ MeV}}{4} = 7,17 \text{ MeV}$$

**76.**

$$\alpha. \text{ Το έλλειμμα μάζας είναι } 1,00866 \text{ u} + 1,00783 \text{ u} - 2,01410 \text{ u} = 0,00239 \text{ u.}$$

$$\text{ Η ενέργεια σύνδεσης είναι } 0,00239 \cdot 931 \text{ MeV} = 2,225 \text{ MeV.}$$

$$\beta. \frac{2,225 \cdot 10^6 \text{ eV}}{13,6 \text{ eV}} \cong 160\,000$$

**77.**

Ο πυρήνας  ${}^{239}_{94}\text{Pu}$  περιέχει  $239 - 94 = 145$  νετρόνια, συνεπώς έχει έλλειμμα μάζας

$$\Delta m = 94 \cdot 1,00782 \text{ u} + 145 \cdot 1,00866 \text{ u} - 239,05216 \text{ u} = 1,93862 \text{ u}.$$

Η ενέργεια σύνδεσής του είναι  $1,93862 \cdot 931 \text{ MeV} = 1805 \text{ MeV}$ , άρα έχει ενέργεια σύνδεσης

ανά νουκλεόνιο ίση με  $\frac{1805 \text{ MeV}}{239} = 7,55 \text{ MeV}$ .

**78.**

$$\text{Είναι } \Sigma = \frac{E_B}{236} \rightarrow E_B = 236 \times 7,6 \text{ MeV} \rightarrow E_B = 1793,6 \text{ MeV}$$

$$\text{Το έλλειμμα μάζας είναι } \Delta m = \frac{1793,6 \text{ MeV}}{931 \text{ MeV/u}} = 1,927 \text{ u}. \quad (1)$$

$$\text{Είναι } \Delta m = Z \cdot m({}_1^1\text{H}) + Nm_n - m_{\alpha\tau} \rightarrow m_{\alpha\tau} = Z \cdot m({}_1^1\text{H}) + Nm_n - \Delta m \quad (1)$$

$$m_{\alpha\tau} = 92 \times 1,00782 \text{ u} + (236 - 92) \times 1,00866 \text{ u} - 1,927 \text{ u} \rightarrow m_{\alpha\tau} = 236,04 \text{ u}$$

**79.**

$$m_e c^2 = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot (3 \cdot 10^8 \text{ m/s})^2 = 8,2 \cdot 10^{-14} \text{ J}$$

**80.**

**α.** Η ελάττωση μάζας είναι

$$\Delta m = 224,02022 \text{ u} - (220,01140 \text{ u} + 4,00260 \text{ u}) = 0,00622 \text{ u}$$

**β.** Η ενέργεια που ελευθερώνεται είναι

$$E = 0,00622 \cdot 931 \text{ MeV} = 5,8 \text{ MeV}$$

**81.**

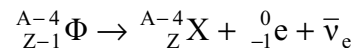
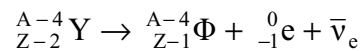
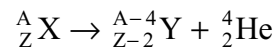
$$\alpha. E = mc^2 = 8,8 \cdot 10^{-30} \text{ kg} \cdot 9 \cdot 10^{16} \text{ J} = 7,92 \cdot 10^{-13} \text{ J}.$$

**β.** Κατά τη διάσπαση ενός πυρήνα  ${}^{226}_{88}\text{Ra}$  ελευθερώνεται ενέργεια  $7,92 \cdot 10^{-13} \text{ J}$ . Ένα μέρος της ενέργειας αυτής είναι η ενέργεια του σωματίου  $\alpha$  η οποία είναι  $4,6 \text{ MeV} = 4,6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ J} = 7,36 \cdot 10^{-13} \text{ J}$ . Η υπόλοιπη ενέργεια είναι η ενέργεια που μεταφέρει το φωτόνιο. Η ενέργεια αυτή θα είναι  $7,92 \cdot 10^{-13} \text{ J} - 7,36 \cdot 10^{-13} \text{ J} = 5,6 \cdot 10^{-14} \text{ J}$ . Συνεπώς η συχνότητα του εκπεμπόμενου φωτονίου είναι

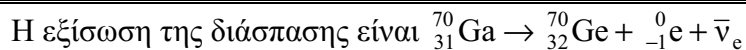
$$f = \frac{E}{h} = \frac{5,6 \cdot 10^{-14} \text{ J}}{6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}} = 8,48 \cdot 10^{19} \text{ Hz}$$

**82.**

**β.** Πραγματοποιούνται διαδοχικά οι εξής αντιδράσεις:

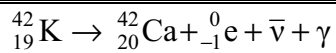


Ο αρχικός πυρήνας έχει μαζικό αριθμό  $A$  ενώ ο τελικός πυρήνας έχει μαζικό αριθμό  $A - 4$ . Δηλαδή ο μαζικός αριθμός ελαττώθηκε κατά 4.

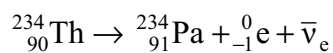
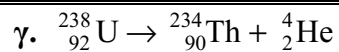
**83.**

$$\text{Ελάττωση μάζας } \Delta m = 69,92605 \text{ u} - 69,92425 \text{ u} = 0,0018 \text{ u}$$

$$\text{Ενέργεια που ελευθερώθηκε } E = 0,00180 \cdot 931 \text{ MeV} = 1,68 \text{ MeV}$$

**84.****85.****α.** Διάσπαση  $\beta^-$ 

**β.** Ο πυρήνας  ${}_{92}^{234}\text{U}$  έχει 92 πρωτόνια και 142 νετρόνια ενώ ο πυρήνας  ${}_{93}^{234}\text{Np}$  έχει 93 πρωτόνια και 141 νετρόνια

**86.****87.****β.**  $x = 214, y = 82$ 

**γ.** Σύμφωνα με τη σχέση  $\frac{dN}{dt} = -\lambda N$ , η ενεργότητα ενός δείγματος πυρήνων είναι ανάλογη με το πλήθος  $N$  των πυρήνων.

Μετά χρόνο 3 min το πλήθος των πυρήνων είναι  $N/2$ .

Μετά χρόνο 6 min το πλήθος των πυρήνων είναι  $N/4$ .

Μετά χρόνο 9 min το πλήθος των πυρήνων είναι  $N/8$  ενώ η ενεργότητα  $\left| \frac{dN}{dt} \right|$  έχει γίνει

$$\frac{5,12 \cdot 10^4 \text{ σωματλια/s}}{8} = 6400 \text{ σωματλια/s}$$

**88.**

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T} = \frac{0,693}{150 \text{ s}} = 0,00462 \text{ s}^{-1}$$

$$\left| \frac{dN}{dt} \right| = \lambda N \text{ άρα } N = \frac{1}{\lambda} \left| \frac{dN}{dt} \right| = 2,16 \cdot 10^{17} \text{ άτομα}$$

Δηλαδή τα  $6 \cdot 10^{23}$  άτομα P ζυγίζουν 30 g

τα  $2,16 \cdot 10^{17}$  άτομα P ζυγίζουν x; (= 11 μg)

**89.**

$\beta.$ $6 \cdot 10^{23}$ άτομα ${}^{238}_{94}\text{Pu}$ ζυγίζουν 240 g x; άτομα ${}^{238}_{94}\text{Pu}$ ζυγίζουν 1 g	x = $2,5 \cdot 10^{21}$ άτομα
--	-------------------------------

Από τη σχέση  $\left| \frac{dN}{dt} \right| = \lambda N$  προκύπτει ότι η ενεργότητα 1g  ${}^{238}_{94}\text{Pu}$  είναι

$$\left| \frac{dN}{dt} \right| = 2,4 \cdot 10^{-10} \text{ s}^{-1} \times 2,5 \cdot 10^{21} = 6 \cdot 10^{11} \text{ Bq.}$$

γ. Αφού κάθε σωματίο α έχει κινητική ενέργεια  $8 \cdot 10^{-13}$  J, συμπεραίνουμε ότι 1g  ${}^{238}_{94}\text{Pu}$  αποδίδει ισχύ  $6 \cdot 10^{11} \frac{\text{διασπάσεις}}{\text{s}} \times 8 \cdot 10^{-13} \text{ J} / \text{διάσπαση} = 480 \cdot 10^{-3} \text{ W} = 480 \text{ mW}$ .

Συνεπώς, για την απόδοση ισχύος 48 mW απαιτείται 0,1 g  ${}^{238}_{94}\text{Pu}$ .

**90.**

Αφού το  ${}^{40}_{19}\text{K}$  διασπάται σχηματίζοντας  ${}^{40}_{18}\text{Ar}$ , το ηλίκιο  $\frac{\text{άτομα } {}^{40}_{19}\text{K}}{\text{άτομα } {}^{40}_{18}\text{Ar}}$  μειώνεται με την πά-

ροδο του χρόνου. Δηλαδή στα παλαιότερα πετρώματα το ηλίκιο αυτό είναι μικρότερο από ό-  
τι στα νεώτερα. Συνεπώς τα πετρώματα από τη Θάλασσα της Ηρεμίας είναι παλαιότερα.

---

**91.**


---

**β.** Μετά από 420 μέρες η ενεργότητα  $\left| \frac{dN}{dt} \right|$  πέφτει στο 1/8 της αρχικής της τιμής. Συνεπώς,

σύμφωνα με τη σχέση  $\frac{dN}{dt} = -\lambda N$  και ο αριθμός  $N$  των πυρήνων πέφτει στο 1/8 της αρχικής

του τιμής. Δηλαδή:

σε χρόνο  $T_{1/2}$  ο αριθμός των πυρήνων γίνεται  $N_0 / 2$

σε χρόνο  $2T_{1/2}$  ο αριθμός των πυρήνων γίνεται  $N_0 / 4$

σε χρόνο  $3T_{1/2}$  ο αριθμός των πυρήνων γίνεται  $N_0 / 8$

Δηλαδή  $3T_{1/2} = 420$  μέρες άρα  $T_{1/2} = 140$  μέρες

---

**92.**


---

$$\Delta m_1 = 14,00307 \text{ u} + 1,00867 \text{ u} - (14,00324 \text{ u} + 1,00783 \text{ u}) = 0,00067 \text{ u}$$

$$Q_1 = 0,00067 \cdot 931 \text{ MeV} = 0,624 \text{ MeV}$$

$$\Delta m_2 = 14,00307 \text{ u} + 1,00867 \text{ u} - (12,00000 \text{ u} + 3,01605 \text{ u}) = -0,00431 \text{ u}$$

$$Q_2 = -0,00431 \cdot 931 \text{ MeV} = -4,01 \text{ MeV}$$

---

**93.**


---

**α.** Για την αντίδραση  ${}_{92}^{238}\text{U} \rightarrow {}_{90}^{234}\text{Th} + {}_2^4\text{He}$

η διαφορά μάζας είναι  $238,05078 \text{ u} - (234,04359 \text{ u} + 4,00260 \text{ u}) = 0,00459 \text{ u}$  και

η ενέργεια  $Q$  είναι  $0,00459 \cdot 931 \text{ MeV} = 4,27 \text{ MeV}$ .

**β.** Για την αντίδραση  ${}_{92}^{238}\text{U} \rightarrow {}_{91}^{237}\text{Pa} + {}_1^1\text{H}$

η διαφορά μάζας είναι  $238,05078 \text{ u} - (237,05114 \text{ u} + 1,00782 \text{ u}) = -0,00818 \text{ u}$  και

η ενέργεια  $Q$  είναι  $-0,00818 \cdot 931 \text{ MeV} = -7,62 \text{ MeV}$ .

**γ.** Αυθόρμητα μπορεί να πραγματοποιηθεί μόνο η εξώθερμη, δηλαδή η (α).

**94.**

Η διαφορά μάζας είναι  $(235,04 + 1,01)u - (140,91 + 91,91 + 3 \cdot 1,01)u = 0,2 u$

Η ενέργεια που ελευθερώνεται ανά άτομο είναι  $0,2 \cdot 931 = 186,2 \text{ MeV}$ .

Τα  $235,04 \cdot 10^{-3} \text{ kg } {}_{92}^{235}\text{U}$  περιέχουν  $6,02 \cdot 10^{23}$  άτομα.

Συνεπώς, τα  $10 \text{ kg } {}_{92}^{235}\text{U}$  περιέχουν  $\frac{10 \cdot 6,02 \cdot 10^{23}}{235,04 \cdot 10^{-3}} = 2,56 \cdot 10^{25}$  άτομα.

Η ενέργεια που ελευθερώνεται από τα  $10 \text{ kg } {}_{92}^{235}\text{U}$  είναι

$$2,56 \cdot 10^{25} \cdot 186,2 \text{ MeV} = 4,77 \cdot 10^{27} \text{ MeV}.$$

**95.**

Η διαφορά μάζας είναι

$$\Delta m = 235,044 u + 1,009 u - (94,906 u + 138,906 u + 2 \cdot 1,009 u) = 0,223 u \rightarrow$$

$$\Delta m = 0,223 \cdot (1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}) = 3,7018 \cdot 10^{-28} \text{ kg}$$

Η ενέργεια που ελευθερώνεται σε κάθε αντίδραση σχάσης είναι

$$E = (3,7018 \cdot 10^{-28} \text{ kg}) \cdot (3 \cdot 10^8 \text{ m/s})^2 = 3,33162 \cdot 10^{-11} \text{ J}.$$

Σε κάθε αντίδραση σχάσης καταναλώνεται ένας πυρήνας  ${}_{92}^{235}\text{U}$ , δηλαδή καταναλώνεται μάζα  $235,044 u = 235,044 \cdot (1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}) = 3,90 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$ .

Δηλαδή

όταν καταναλώνεται μάζα  $3,90 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$  παράγεται ενέργεια  $3,33 \cdot 10^{-11} \text{ J}$

όταν καταναλώνεται μάζα  $10^{-3} \text{ kg}$  παράγεται ενέργεια  $x$ ;  $(= 8,54 \cdot 10^{10} \text{ J})$

**96.**

**α.** Τα νετρόνια γράφονται  ${}_0^1n$ . Από τη διατήρηση του συνολικού αριθμού νουκλεονίων προκύπτει ότι σ' αυτήν την αντίδραση σχάσης παράγονται τρία νετρόνια.



**97.**

Η ενέργεια σύνδεσης του  $^{146}_{57}\text{La}$  είναι  $146 \cdot 8,41 \text{ MeV} = 1227,86 \text{ MeV}$ .

Η ενέργεια σύνδεσης του  $^{87}_{35}\text{Br}$  είναι  $87 \cdot 8,59 \text{ MeV} = 747,33 \text{ MeV}$ .

Η συνολική ενέργεια σύνδεσης μετά τη σχάση είναι  
 $1227,86 \text{ MeV} + 747,33 \text{ MeV} = 1975,19 \text{ MeV}$ .

Η ενέργεια σύνδεσης του  $^{236}_{92}\text{U}$  είναι  $236 \cdot 7,59 \text{ MeV} = 1791,24 \text{ MeV}$ .

Η αύξηση της ενέργειας σύνδεσης είναι  
 $1975,19 \text{ MeV} - 1791,24 \text{ MeV} = 183,95 \text{ MeV}$ .

**98.**

**β.**  $E = \Delta mc^2$ . Επομένως

$$E = [3,345 \cdot 10^{-27} \text{ kg} + 5,008 \cdot 10^{-27} \text{ kg} - (6,647 \cdot 10^{-27} \text{ kg} + 1,675 \cdot 10^{-27} \text{ kg})] \cdot (3 \cdot 10^8 \text{ m/s})^2 \text{ άρα}$$

$$E = 2,79 \cdot 10^{-12} \text{ J}$$

**99.**

**α.**  $\Delta m_1 = 2 \cdot 1,00759 \text{ u} + 2 \cdot 1,00898 \text{ u} - 4,00277 \text{ u} = 0,03037 \text{ u}$

$$E_1 = 0,03037 \cdot 931 \text{ MeV} = 28,3 \text{ MeV}$$

**β.**  $\Delta m_2 = 2 \cdot 2,01419 \text{ u} - 4,00277 \text{ u} = 0,02561 \text{ u}$

$$E_2 = 0,02561 \cdot 931 \text{ MeV} = 23,8 \text{ MeV}$$

**100.**

**β.** Σε κάθε αντίδραση σχάσης έχουμε διαφορά μάζας

$$\Delta m = 2 \cdot 2,0136 \text{ u} - 4,0015 \text{ u} = 0,0257 \text{ u} = 0,0257 \cdot (1,661 \cdot 10^{-27} \text{ kg}) \rightarrow$$

$$\Delta m = 4,2688 \cdot 10^{-29} \text{ kg}$$

Δηλαδή σε κάθε αντίδραση σύντηξης παράγεται ενέργεια  $E = \Delta mc^2 = 3,8419 \cdot 10^{-12} \text{ J}$ .

Συνεπώς, για να παραχθεί ενέργεια 1 J απαιτούνται  $\frac{1 \text{ J}}{3,8419 \cdot 10^{-12} \text{ J}} = 2,6 \cdot 10^{11}$  αντιδράσεις.

γ. Σε κάθε αντίδραση καταναλώνονται 2 πυρήνες  ${}^2_1\text{H}$  δηλαδή καταναλώνεται μάζα

$$2 \cdot 2,0136 \text{ u} = 4,0272 \text{ u} = 4,0272 \cdot (1,661 \cdot 10^{-27} \text{ kg}) = 6,689 \cdot 10^{-27} \text{ kg}.$$

Η συνολική μάζα που απαιτείται να καταναλωθεί είναι  $(6,689 \cdot 10^{-27} \text{ kg}) \cdot (2,6 \cdot 10^{11}) = 1,7 \cdot 10^{-15} \text{ kg}$ .

### 101.

$$\gamma. \Delta m = 3 \cdot 1,008 \text{ u} + 4 \cdot 1,009 \text{ u} - 7,018 \text{ u} = 0,042 \text{ u}$$

$$E = 0,042 \cdot 931 \text{ MeV} = 39,1 \text{ MeV}$$

### 102.

β. Τα νετρόνια γράφονται  ${}^1_0\text{n}$ . Από τη διατήρηση του συνολικού αριθμού νουκλεονίων προκύπτει ότι σ' αυτήν την αντίδραση παράγεται ένα νετρόνιο.

### 103.

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow V = \frac{m}{\rho} = \frac{1,99 \cdot 10^{30} \text{ kg}}{4,6 \cdot 10^{17} \text{ kg/m}^3} = 4,3 \cdot 10^{12} \text{ m}^3$$

Η ακτίνα του Ήλιου βρίσκεται από τη σχέση  $V = \frac{4}{3} \pi R^3$ . Άρα

$$R = \sqrt[3]{\frac{3V}{4\pi}} = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 4,3 \cdot 10^{12} \text{ m}^3}{12,56}} \cong 10 \text{ km}$$