



4 VẬT LÝ HẠT NHÂN

A. TÓM TẮT LÝ

1. Hạt nhân nguyên tử

– Thí nghiệm tán xạ hạt α đã cung cấp bằng chứng cho sự tồn tại của hạt nhân. Hạt nhân mang điện tích dương, có đường kính cỡ 10^{-14} m, nằm tại tâm của nguyên tử và tập trung gần như toàn bộ khối lượng nguyên tử.

– Hạt nhân cấu tạo gồm A nucleon, trong đó có Z proton và $N = A - Z$ neutron.

Kí hiệu hạt nhân: ${}_Z^AX \rightarrow \begin{cases} X: \text{Kí hiệu hóa học của nguyên tố} \\ \text{Số khối: } A = Z + N \\ Z = \text{Số proton} = \text{Số điện tích nguyên tố} = \text{Số hiệu nguyên tử} \end{cases}$

– Các hạt nhân đồng vị có cùng số proton Z nhưng khác số neutron N.

– Công thức gần đúng tính bán kính của hạt nhân: $R = (1,2 \cdot 10^{-15} \text{ m}) \cdot A^{1/3}$.

2. Mô hình đơn giản của nguyên tử

– Nguyên tử gồm hạt nhân ở giữa mang điện tích dương và các electron mang điện âm chuyển động quanh hạt nhân.

– Hạt nhân gồm proton và neutron. Số proton trong hạt nhân bằng số electron của nguyên tử.

3. Đơn vị khối lượng nguyên tử

– Đơn vị khối lượng nguyên tử được kí hiệu là amu (viết tắt là u):

$$1 \text{ amu} = 1,66054 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 931,5 \text{ MeV} / c^2$$

4. Hệ thức Einstein liên hệ giữa khối lượng và năng lượng

$$E = mc^2$$

5. Năng lượng liên kết và năng lượng liên kết riêng của hạt nhân

• Độ hụt khối của hạt nhân:

$$\Delta m = Zm_p + (A - Z)m_n - m_X$$

• Năng lượng liên kết hạt nhân bằng năng lượng tối thiểu cần cung cấp để tách hạt nhân đó thành các nucleon riêng lẻ:

$$E_{lk} = \Delta m \cdot c^2 = [Zm_p + (A - Z)m_n - m_X] c^2$$

• Năng lượng liên kết riêng và năng lượng liên kết tính cho một nucleon. Năng lượng liên kết riêng càng lớn thì hạt nhân càng bền vững.

$$E_{lkr} = \frac{E_{lk}}{A}$$

6. Phản ứng phân hạch và phản ứng nhiệt hạch

• Phân hạch là quá trình trong đó một hạt nhân nặng vỡ thành các hạt nhân nhẹ hơn.

- Nhiệt hạch là quá trình trong đó hai hay nhiều hạt nhân nhẹ kết hợp lại thành hạt nhân nặng hơn. Để tạo ra phản ứng nhiệt hạch cần tạo ra hỗn hợp chất có mật độ hạt nhân đủ lớn, ở nhiệt độ rất cao (cỡ 10^8 đến $10^9 K$) và duy trì trạng thái này đủ dài.
- Công thức tính năng lượng tỏa ra của một phản ứng hạt nhân:

$$E_{tỏa} = (m_{trc} - m_{sau})c^2$$

Trong đó m_{trc} và m_{sau} lần lượt là tổng khối lượng các hạt trước và tổng khối lượng các hạt sau phản ứng.

7. Hiện tượng phóng xạ

- Phóng xạ là quá trình phân rã tự phát của một hạt nhân không bền vững, phát ra các tia phóng xạ và biến đổi thành hạt nhân khác.
- Các tia phóng xạ:

Loại tia phóng xạ	Hạt phóng ra	Kí hiệu	Điện tích	Phương trình phân rã
α	Hạt nhân Helium	${}^4_2He$	+2e	${}_Z^AX \rightarrow {}_{Z-2}^{A-4}X + {}^4_2He$
β^+	Hạt positron	${}_1^0e$	+1e	${}_Z^AX \rightarrow {}_{Z-1}^AX + {}_1^0e$
β^-	Hạt electron	${}_{-1}^0e$	-1e	${}_Z^AX \rightarrow {}_{Z+1}^AX + {}_{-1}^0e$
γ	Hạt photon	γ	0	${}_Z^AX^* \rightarrow {}_Z^AX + \gamma$

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T}$$

- Liên hệ giữa hằng số phóng xạ λ và chu kỳ bán rã T:
- Độ phóng xạ H được xác định bằng số hạt nhân chất phóng xạ phân rã trong một giây và liên hệ với hằng số phóng xạ và số hạt nhân chất phóng xạ trong mẫu theo công thức:

$$H = \lambda N.$$

- Số hạt nhân chất phóng xạ và độ phóng xạ của một mẫu đều giảm theo quy luật hàm số mũ:

$$N = N_0 \cdot 2^{\frac{-t}{T}} = N_0 \cdot e^{-\lambda t} \quad \text{và} \quad H = H_0 \cdot 2^{\frac{-t}{T}} = H_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

- Liên hệ giữa số nguyên tử (N) và khối lượng (m) của một mẫu chất:

$$N = \frac{m}{A} N_A$$

8. Một số lưu ý

- Trong các bài tập ở chủ đề này, lấy số Avogadro nguyên tử là $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ nguyên tử/mol; khối lượng mol nguyên tử của các chất bằng số khối của chúng; $1MeV = 1,60 \cdot 10^{-13} J$.
- Coi một năm có 365 ngày.
- Độ hụt khối của hạt nhân ${}_Z^AX$ có thể tính bằng công thức:

$$\Delta m = Zm_H + (A - Z)m_n - m_X$$

trong đó m_H là khối lượng nguyên tử ${}_1^1H$;

m_n là khối lượng của hạt neutron;

m_X là khối lượng của nguyên tử ${}_Z^AX$.

- Để đánh giá độ bền vững của một hạt nhân, cần căn cứ vào năng lượng liên kết riêng, không phải năng lượng liên kết của nó.

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T}$$

- Khi sử dụng công thức tính hằng số phóng xạ để λ có đơn vị là s^{-1} , chu kỳ bán rã T phải đổi ra đơn vị là giây (s).
- Khi áp dụng công thức $H = H_0 \cdot 2^{\frac{-t}{T}} = H_0 \cdot e^{-\lambda t}$ hoặc $N = N_0 \cdot 2^{\frac{-t}{T}} = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$, tùy vào các đơn vị tương ứng t , T và λ , có thể lựa chọn công thức tính phù hợp để tìm ra được kết quả nhanh hơn.
- Số hạt nhân chất phóng xạ đã bị phân rã trong thời gian t bằng số hạt nhân sản phẩm được sinh ra và bằng số hạt nhân số hạt tia phóng xạ được mẫu phát ra trong khoảng thời gian đó:

$$\Delta N = N_0 - N = N_0 \left(1 - 2^{\frac{-t}{T}} \right) = N_0 (1 - e^{-\lambda t})$$

B. BÀI TẬP VÍ DỤ

I. CẤU TRÚC HẠT NHÂN

Câu 1. Trong hạt nhân nguyên tử sắt ${}^{56}_{26}\text{Fe}$ có bao nhiêu neutron?

- A. 26 neutron. B. 30 neutron. C. 56 neutron. D. 82 neutron

Giải

Theo ký hiệu của hạt nhân: $Z = 26 \Rightarrow$ số proton là 26

$A = 56 \Rightarrow$ số neutron là $N = A - Z = 56 - 26 = 30$.

Hạt nhân nguyên tử sắt ${}^{56}_{26}\text{Fe}$ có 30 neutron.

Đáp án: B.

Câu 2. Cho ba hạt nhân X, Y, Z có các đặc điểm sau:

Hạt nhân X có 9 proton và 10 neutron.

Hạt nhân Y có tất cả 20 nucleon trong đó có 11 nucleon trung hòa.

Hạt nhân Z có 10 nucleon mang điện và 10 nucleon trung hòa.

Trong các phát biểu dưới đây, phát biểu nào là đúng, phát biểu nào là sai?

- X và Y là hai hạt nhân đồng vị.
- X và Z có cùng điện tích.
- Y và Z có cùng số khối.
- Y và Z có bán kính xấp xỉ bằng nhau.

Giải

Từ giữa kiện đề bài, ta biết được cấu tạo và kí hiệu của các hạt nhân:

Hạt nhân X có tất cả 19 nucleon, gồm 9 proton và 10 neutron ký hiệu là ${}^{19}_9\text{X}$.

Hạt nhân Y có tất cả 20 nucleon, gồm 9 proton và 11 neutron ký hiệu là ${}^{20}_9\text{Y}$.

Hạt nhân Z có tất cả 20 nucleon gồm 10 proton và 10 neutron ký hiệu là ${}^{20}_{10}\text{Z}$.

- Hạt nhân X và Y là hai hạt nhân đồng vị $\Rightarrow$ phát biểu a) Đúng.
- Hạt nhân X có điện tích + 9e, hạt nhân Z có điện tích + 10e $\Rightarrow$ phát biểu b) Sai.
- Hạt nhân Y và Z có cùng số khối là 20 $\Rightarrow$ phát biểu c) Đúng.
- Hạt nhân Y và Z có cùng số khối nên có bán kính xấp xỉ bằng nhau theo công thức

$$R = (1,2 \cdot 10^{-15} \text{ m}) \cdot A^{1/3} \Rightarrow \text{phát biểu d) Đúng.}$$

Đáp án: a) Đúng; b) Sai; c) Đúng; d) Đúng.

Câu 3. Nguyên tố boron có hai đồng vị bền là

${}^{10}_5\text{B}$ có khối lượng nguyên tử là 10,01294u và chiếm 19,9% boron trong tự nhiên.

${}^{11}_5\text{B}$ có khối lượng nguyên tử là 11,00931 u và chiếm 80,1% boron trong tự nhiên.

Tính khối lượng nguyên tử trung bình của nguyên tố boron. (Kết quả tính theo đơn vị amu và lấy đến một chữ số sau dấu phẩy thập phân).

Giải

Khối lượng nguyên tử trung bình của nguyên tố boron:

$$M_B = (10,01294\text{u}) \cdot 19,9\% + (11,00931\text{u}) \cdot 80,1\% = 10,81103\text{u}$$

Kết quả lấy đến một chữ số sau dấu phẩy thập phân: 10,8u.

Đáp án: 10,8u.

II. NĂNG LƯỢNG HẠT NHÂN

Câu 4. Biết khối lượng các hạt proton, neutron và hạt nhân $^{18}_8\text{O}$ lần lượt là 1,0073u; 1,0087u; 17,9948u.

Độ hụt khối của hạt nhân $^{18}_8\text{O}$ là

- A. 0,1376u. B. 0,1506u. C. 0,1478u. D. 8,2202u.

Giải

Độ hụt khối của hạt nhân $^{18}_8\text{O}$:

$$m_O = Zm_p + (A - Z)m_n - m_O = 8 \cdot 1,0073\text{u} + (18 - 8)(1,0087\text{u}) - 17,9948\text{u} = 0,1506\text{u}.$$

Đáp án: B

Câu 5. Cho hai hạt nhân A và B có các đặc điểm sau:

Hạt nhân A có 202 nucleon trong đó gồm 122 neutron. Độ hụt khối của hạt nhân A là 1,71228u.

Hạt nhân B có 204 nucleon trong đó gồm 80 proton. Độ hụt khối của hạt nhân B là 1,72675 u.

Trong các phát biểu nào sau đây, phát biểu nào là đúng, phát biểu nào là sai?

- A và B là hai hạt nhân đồng vị.
- Số nucleon trung hòa trong mỗi hạt nhân bằng nhau.
- Hạt nhân A có năng lượng liên kết nhỏ hơn hạt nhân B.
- Hạt nhân B bền vững hơn hạt nhân A.

Giải

- Hạt nhân A có $202 - 122 = 80$ proton.

Hạt nhân A và B là hai hạt nhân đồng vị.

$\Rightarrow$ Phát biểu a) Đúng.

- Hạt nhân B có $204 - 80 = 124$ neutron, trong khi đó hạt nhân A chỉ có 122 neutron $\Rightarrow$ Phát biểu b) Sai.

- Hạt nhân A có độ hụt khối nhỏ hơn hạt nhân B:

$$\Delta m_A < \Delta m_B \Leftrightarrow \Delta m_A c^2 < \Delta m_B c^2 \Leftrightarrow E_{\text{liA}} < E_{\text{liB}}$$

$\Rightarrow$ Phát biểu c) Đúng.

- Tính năng lượng liên kết riêng của mỗi hạt nhân:

$$E_{\text{liA}} = \frac{E_{\text{liA}}}{A_A} = \frac{1,71228 \cdot (931,5\text{MeV} / c^2) c^2}{202\text{nucleon}} = 7,896\text{MeV} / \text{nucleon}$$

$$E_{\text{liB}} = \frac{E_{\text{liB}}}{A_B} = \frac{1,72675 \cdot (931,5\text{MeV} / c^2) c^2}{204\text{nucleon}} = 7,885\text{MeV} / \text{nucleon}$$

$E_{\text{liA}} > E_{\text{liB}}$ nên hạt nhân A bền vững hơn hạt nhân B $\Rightarrow$ Phát biểu d) Sai.

Đáp án: a) Đúng; b) Sai; c) Đúng; d) Sai.

Câu 6. Cho phản ứng tổng hợp hạt nhân: ${}^6_3\text{Li} + {}^2_1\text{D} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^A_Z\text{X}$. Biết khối lượng nguyên tử của các hạt là $m_D = 2,01410 \text{ u}$; $m_{\text{Li}} = 6,01512 \text{ u}$; $m_{\text{He}} = 4,00260 \text{ u}$;

a) Hoàn thành phương trình phản ứng.

b) Tính năng lượng tỏa ra của mỗi phản ứng. (Viết kết quả theo đơn vị MeV và lấy đến một chữ số sau dấu phẩy thập phân).

c) Nếu tổng hợp được 1,00 g khí helium từ phương trình phản ứng này thì tổng năng lượng tỏa ra có thể đun sôi bao nhiêu kilogram nước ở 20°C ? Cho biết nhiệt dung riêng của nước là 4180 J/(kg.K) .

Giải

a) Do điện tích và số nucleon được bảo toàn trong các phản ứng hạt nhân nên:

$$3+1 = 2+Z \Rightarrow Z = 2$$

$$6+2 = 4+A \Rightarrow A = 4$$

Hạt nhân ${}^A_Z\text{X}$ là ${}^4_2\text{He}$.

Phương trình phản ứng có dạng: ${}^6_3\text{Li} + {}^2_1\text{D} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^4_2\text{He}$

b) Năng lượng tỏa ra của một phản ứng hạt nhân:

$$E_{\text{tỏa}} = (m_{\text{trước}} - m_{\text{sau}})c^2 = [(6,01512\text{u} + 2,01410\text{u}) - (2 \cdot 4,00260\text{u})]c^2 = 0,02402 \text{ u}c^2 = 0,02402 \cdot (931,5 \text{ MeV}/c^2) \cdot c^2 = 22,37 \text{ MeV}$$

c) Mỗi phản ứng tạo ra hai nguyên tử helium nên để tổng hợp được 1,00g helium, số phản ứng cần xảy ra là

$$\frac{(1,00\text{g})}{(4\text{g/mol})} \cdot (6,02 \cdot 10^{23} \text{ nguyên tử/mol}) : (2 \text{ nguyên tử/phản ứng}) = 7,53 \cdot 10^{22} \text{ phản ứng.}$$

Tổng năng lượng tỏa ra khi tổng hợp được 1,00 g helium là

$$E = (7,53 \cdot 10^{22} \text{ phản ứng}) \cdot (22,4 \text{ MeV/phản ứng}) \cdot (1,6 \cdot 10^{-13} \text{ J/MeV}) = 2,69 \cdot 10^{11} \text{ J.}$$

Năng lượng này đun sôi được số kilogram nước ở 20°C là

$$m = \frac{E}{c\Delta t} = \frac{(2,69 \cdot 10^{11} \text{ J})}{(4180 \text{ J/kg.K}) \cdot (100^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C})} = 8,07 \cdot 10^5 \text{ kg.}$$

Đáp án: a) ${}^6_3\text{Li} + {}^2_1\text{D} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^4_2\text{He}$; b) 22,4 MeV; c) $8,07 \cdot 10^5 \text{ kg}$.

III. Phóng xạ

Câu 7. Khi nói về sự phóng xạ, phát biểu nào dưới đây là **đúng**?

A. Độ phóng xạ của một khối chất phóng xạ phụ thuộc vào áp suất tác dụng lên bề mặt của khối chất phóng xạ đó

- B. Chu kì bán rã của một chất phóng xạ phụ thuộc vào khối lượng của chất đó.
- C. Phóng xạ là phản ứng hạt nhân tỏa năng lượng.
- D. Hằng số phóng xạ của một chất phụ thuộc vào nhiệt độ của chất đó.

Giải

Quá trình phóng xạ là quá trình tự phát, tỏa năng lượng, không điều khiển được, các đại lượng như độ phóng xạ, chu kì bán rã và hằng số phóng xạ chỉ phụ thuộc vào bản chất của nguồn phóng xạ chứ không bị ảnh hưởng bởi các yếu tố bên ngoài như nhiệt độ, áp suất...

Đáp án C.

Câu 8. Đồng vị phóng xạ β^- xenon $^{133}_{54}\text{Xe}$ được sử dụng trong phương pháp nguyên tử đánh dấu của y học hạt nhân khi kiểm tra chức năng và chẩn đoán các bệnh về phổi. Chu kì bán rã của xenon $^{133}_{54}\text{Xe}$ là 5,24 ngày. Một mẫu khí chứa xenon $^{133}_{54}\text{Xe}$ khi được sản xuất tại nhà máy có độ phóng xạ là $4,25 \cdot 10^9 \text{ Bq}$. Mẫu đó được vận chuyển về bệnh viện và sử dụng cho bệnh nhân sau đó 3,00 ngày. Các ý a), b), c), d) dưới đây là **đúng** hay **sai**?

- a) Sản phẩm phân rã của xenon $^{133}_{54}\text{Xe}$ là cesium $^{133}_{55}\text{Cs}$.
- b) Hằng số phóng xạ của xenon $^{133}_{54}\text{Xe}$ là $0,132 \text{ s}^{-1}$.
- c) Số nguyên tử $^{133}_{54}\text{Xe}$ có trong mẫu mới sản xuất là $2,78 \cdot 10^{15}$ nguyên tử.
- d) Khi bệnh nhân sử dụng, độ phóng xạ của mẫu khí là $1,86 \cdot 10^9 \text{ Bq}$.

Giải

a) Phương trình phóng xạ β^- có dạng: $^{133}_{54}\text{Xe} \rightarrow ^A_Z\text{X} + ^0_{-1}\text{e} + ^0_0\bar{\nu}$

Do điện tích và số nucleon được bảo toàn trong các phản ứng hạt nhân nên $Z = 55$ và $A = 133$

Vậy hạt nhân sản phẩm phân rã là $^{133}_{55}\text{Cs} \Rightarrow$ Phát biểu a) Đúng.

b) Hằng số phóng xạ của xenon là

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T} = \frac{\ln 2}{(5,24 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ s})} = 1,53 \cdot 10^{-6} \text{ s}^{-1}$$

$\Rightarrow$ Phát biểu b) Sai.

c) Số nguyên tử xenon trong mẫu mới sản xuất là

$$N_0 = \frac{H_0}{\lambda} = \frac{4,25 \cdot 10^9 \text{ Bq}}{1,53 \cdot 10^{-6} \text{ s}^{-1}} = 2,78 \cdot 10^{15} \text{ nguyên tử}$$

$\Rightarrow$ Phát biểu c) Đúng.

d) Độ phóng xạ của mẫu khi bệnh nhân sử dụng là

$$H = H_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}} = (4,25 \cdot 10^9 \text{ Bq}) \cdot 2^{-\frac{3,00}{5,24}} = 2,86 \cdot 10^9 \text{ Bq}$$

⇒ Phát biểu d) Sai.

Câu 9. Một mẫu chứa hai đồng vị phóng xạ A và B. Tại thời điểm ban đầu, tỉ lệ nguyên tử đồng vị A trên số nguyên tử đồng vị B là 5. Sau đó 2,0 giờ, tỉ lệ số nguyên tử đồng vị A trên số nguyên tử đồng vị B là 1. Biết rằng chu kỳ bán rã của đồng vị A là 0,50 giờ. Chu kỳ bán rã của đồng vị B là mấy giờ? Biết rằng hai đồng vị phóng xạ này không phải là sản phẩm phân rã của nhau. (Kết quả lấy đến một chữ số sau dấu phẩy thập phân)

Giải

$$\frac{N_{0A}}{N_{0B}} = 5.$$

Thời điểm ban đầu có N_{0A} và N_{0B} hạt nhân A và B trong mẫu:

$$\text{Sau 2,0 giờ, số nguyên tử mỗi đồng vị có trong mẫu là } N_A = N_{0A} 2^{-\frac{t}{T_A}} \text{ và } N_B = N_{0B} 2^{-\frac{t}{T_B}}.$$

Theo đề bài:

$$\frac{N_A}{N_B} = \frac{N_{0A} 2^{-\frac{t}{T_A}}}{N_{0B} 2^{-\frac{t}{T_B}}} = \frac{N_{0A}}{N_{0B}} 2^{\left(\frac{1}{T_B} - \frac{1}{T_A}\right)t} = 1 \Rightarrow 2^{\left(\frac{1}{T_B} - \frac{1}{T_A}\right)t} = \frac{1}{5} \Rightarrow t \left(\frac{1}{T_B} - \frac{1}{T_A} \right) = \log_2 \left(\frac{1}{5} \right)$$

Thay số: $t = 2,0$ giờ và $T_A = 0,5$ giờ ta tìm được $T_B = 1,2$ giờ.

Đáp án: 1,2 giờ.

C. BÀI TẬP (Dùng chung cho cả phần Hướng dẫn ôn tập và phân soạn đề)

I. Cấu trúc hạt nhân

Câu 1. [NB] Trong hạt nhân nguyên tử vàng $^{197}_{79}\text{Au}$ có bao nhiêu hạt nucleon mang điện?
A. 276. **B.** 197. **C.** 79. **D.** 118.

Câu 2. [TH] Hạt nhân $^{23}_{11}\text{Na}$ và hạt nhân $^{24}_{12}\text{Mg}$ có cùng
A. điện tích. **B.** số nucleon. **C.** số proton. **D.** số neutron.

Câu 3. [NB] Số nucleon trung hoà trong hạt nhân $^{23}_{11}\text{Na}$ là
A. 11. **B.** 23. **C.** 12. **D.** 34.

Câu 4. [NB] Các hạt nhân đồng vị có
A. cùng khối lượng. **B.** cùng điện tích.
C. cùng số khối. **D.** cùng số neutron.

Câu 5. [VD] Trong $^{102}_{29}\text{Cu}$, số hạt neutron nhiều hơn số hạt proton là
A. $6,14 \cdot 10^{25}$ hạt. **B.** $4,87 \cdot 10^{24}$ hạt. **C.** $3,31 \cdot 10^{25}$ hạt. **D.** $2,83 \cdot 10^{25}$ hạt.

Câu 6. [TH] Số nucleon mang điện trong hạt nhân $^{71}_{31}\text{Ga}$ là
A. 31. **B.** 71. **C.** 40. **D.** 102.

Câu 7. [VD] Điện tích của hạt nhân $^{14}_6\text{C}$ là

- A. +6 C. B. +14 C. C. $+9,6 \cdot 10^{-19}$ C. D. $+12,8 \cdot 10^{-19}$ C.

Câu 8. [TH] So với hạt nhân vàng $^{197}_{79}\text{Au}$ thì hạt nhân bạc $^{107}_{47}\text{Ag}$ có

- A. ít hơn 32 nucleon. B. ít hơn 58 neutron.
C. ít hơn 90 proton. D. ít hơn 32 neutron.

Câu 9. [TH] Hạt nhân $^{28}_{14}\text{Si}$ và hạt nhân $^{28}_{15}\text{P}$ có cùng

- A. số proton. B. số neutron. C. điện tích. D. số nucleon.

Câu 10. [VD] Số neutron có trong 1,00 mol $^{239}_{94}\text{Pu}$ là

- A. $1,44 \cdot 10^{20}$ hạt. B. $5,66 \cdot 10^{25}$ hạt. C. $8,73 \cdot 10^{25}$ hạt. D. $4,21 \cdot 10^{30}$ hạt.

Câu 11. [TH] Một hạt nhân nguyên tử có ký hiệu $^{55}_{25}\text{Mn}$. Trong các nhận định dưới đây, nhận định nào là đúng, nhận định nào là sai?

Mệnh đề	Đúng	Sai
a) Nguyên tố Mn đứng ở ô số 55 trong bảng hệ thống tuần hoàn.		
b) Hạt nhân $^{55}_{25}\text{Mn}$ có điện tích +25e.		
c) Hạt nhân $^{55}_{25}\text{Mn}$ chứa 30 nucleon trung hoà.		
d) Nguyên tử $^{55}_{25}\text{Mn}$ có 25 electron quay quanh hạt nhân.		

Câu 12. [TH] Trong các nhận định dưới đây, nhận định nào là đúng, nhận định nào là sai?

Mệnh đề	Đúng	Sai
a) Các đồng vị phóng xạ đều không bền.		
b) Các nguyên tử mà hạt nhân có cùng số proton nhưng có số neutron khác nhau gọi là đồng vị.		
c) Các đồng vị của cùng một nguyên tố có số neutron khác nhau nên tính chất hoá học khác nhau.		
d) Các hạt nhân đồng vị có điện tích giống nhau.		

Câu 13. [TH] Hạt nhân $^{60}_{28}\text{Ni}$ có điện tích là +28e. Có bao nhiêu neutron trong hạt nhân $^{58}_{28}\text{Ni}$?

Câu 14. [VD] Tìm số hạt proton có trong 132 g phosphorus $^{31}_{15}\text{P}$?

Câu 15. [VDC] Nguyên tố đồng có hai đồng vị bền là $^{63}_{29}\text{Cu}$ có khối lượng nguyên tử là 62,93 u và chiếm 69,15% đồng trong tự nhiên và $^{65}_{29}\text{Cu}$ có khối lượng nguyên tử là 64,93 u và chiếm 30,85% đồng trong tự nhiên. Tính khối lượng nguyên tử trung bình của nguyên tố đồng. (Kết quả tính theo đơn vị u và lấy đến một chữ số sau dấu phẩy thập phân).

Câu 16. [VD] Silic (Si) hay còn được gọi là silicon (nguyên tố phổ biến thứ hai trong vỏ Trái Đất sau oxygen) là vật liệu bán dẫn được sử dụng phổ biến trong ngành công nghiệp điện tử.

- a) Xác định số electron, số proton và số neutron trong nguyên tử silicon $^{28}_{14}\text{Si}$.
b) Xác định điện tích của hạt nhân $^{28}_{14}\text{Si}$.

Câu 17. [VDC] Sử dụng công thức tính bán kính hạt nhân $R = 1,2 \cdot 10^{-15} \cdot A^{\frac{1}{3}} \text{ (m)}$ để tính gần đúng bán kính, thể tích và khối lượng riêng của hạt nhân barium $^{138}_{56}\text{Ba}$.

II. Năng lượng hạt nhân

Câu 18. [NB] Đại lượng nào đặc trưng cho mức độ bền vững của hạt nhân?

- A. Năng lượng liên kết. B. Năng lượng liên kết riêng.
C. Độ hụt khối. D. Số khối.

Câu 19. [NB] Phát biểu nào sau đây về phản ứng nhiệt hạch là sai?

- A. Phản ứng nhiệt hạch là nguồn gốc năng lượng của Mặt Trời và các ngôi sao.
B. Phản ứng nhiệt hạch chỉ có thể xảy ra ở nhiệt độ rất cao, cỡ hàng trăm triệu độ.
C. Phản ứng nhiệt hạch là quá trình tổng hợp các hạt nhân trung bình thành các hạt nhân nặng hơn.
D. Phản ứng nhiệt hạch toả năng lượng.

Câu 20. [TH] Xét phản ứng nhiệt hạch ${}^2_1\text{D} + {}^2_1\text{D} \rightarrow {}^3_2\text{He} + \text{X}$. Hạt X là

- A. proton. B. neutrino. C. neutron. D. positron.

Câu 21. [TH] Hạt nhân có độ hụt khối càng lớn thì

- A. càng bền vững. B. càng kém bền vững.
C. có năng lượng liên kết càng lớn. D. có năng lượng liên kết riêng càng lớn.

Câu 22. [VD] Cho khối lượng của hạt proton; neutron và hạt nhân deuterium ${}^2_1\text{D}$ lần lượt là 1,0073 u; 1,0087 u và 2,0136 u. Năng lượng liên kết riêng của hạt nhân deuterium ${}^2_1\text{D}$ là

- A. 2,24 MeV/nucleon. B. 3,06 MeV/nucleon.
C. 1,12 MeV/nucleon. D. 4,48 MeV/nucleon.

Câu 23. [VD] Cho khối lượng của hạt nhân ${}^{10}_4\text{Be}$, hạt neutron và hạt proton lần lượt là 10,0113 u; 1,0087 u và 1,0073 u. Năng lượng tối thiểu để phá vỡ hạt nhân ${}^{10}_4\text{Be}$ thành các nucleon riêng lẻ là

- A. 0,0701 MeV. B. 65,30 MeV. C. 6,530 MeV. D. 653,0 MeV.

Câu 24. [VD] Hạt nhân ${}^{235}_{92}\text{U}$ hấp thụ một neutron nhiệt rồi vỡ ra thành hai hạt nhân ${}^{95}_{37}\text{Rb}$ và ${}^{137}_{55}\text{Cs}$. Phản ứng này giải phóng kèm theo

- A. 1 neutron. B. 2 neutron. C. 3 neutron. D. 4 neutron.

Câu 4.25. Trong các nhận định dưới đây, nhận định nào là đúng, nhận định nào là sai?

- a) Hạt nhân có số khối càng lớn thì càng bền vững.
b) Hạt nhân nào có độ hụt khối lớn hơn thì có năng lượng liên kết lớn hơn.
c) Hạt nhân có năng lượng liên kết riêng càng lớn thì càng bền vững.
d) Trong các hạt nhân có cùng năng lượng liên kết, hạt nhân nào có số khối càng lớn thì càng kém bền vững.

Câu 4.26. Một phản ứng tổng hợp hạt nhân có phương trình: ${}^2_1\text{D} + {}^2_1\text{D} \rightarrow {}^3_1\text{T} + \text{X}$

Cho biết tổng khối lượng của các hạt trước phản ứng lớn hơn tổng khối lượng của các hạt sau phản ứng là 0,00432 u. Các ý a), b), c), d) dưới đây là đúng hay sai?

- a) Hạt nhân X có điện tích +1e.
b) Năng lượng tỏa ra của một phản ứng là 4,02 MeV.
c) Năng lượng tỏa ra khi 1,00 g ${}^2_1\text{D}$ được tổng hợp hoàn toàn là $2,0 \cdot 10^{11}$ J.

d) Biết rằng nhiệt nóng chảy riêng của nước đá là $3,33 \cdot 10^5 \text{ J/kg}$. Năng lượng tỏa ra khi tổng hợp hoàn toàn $1,00 \text{ g } {}^2_1\text{D}$ có thể làm nóng chảy hoàn toàn $2,91 \cdot 10^6 \text{ kg}$ nước đá ở 0°C .

Câu 4.27. Hạt nhân ${}^{235}_{92}\text{U}$ hấp thụ một neutron nhiệt rồi vỡ ra thành hai hạt nhân ${}^{138}_{53}\text{I}$ và ${}^A_Z\text{X}$ kèm theo giải phóng 3 hạt neutron mới. Cho biết khối lượng nguyên tử của ${}^{235}_{92}\text{U}$, ${}^{138}_{53}\text{I}$ và ${}^A_Z\text{X}$ lần lượt là $235,04394 \text{ u}$, $137,92281 \text{ u}$ và $94,91281 \text{ u}$; khối lượng của hạt neutron là $1,00866 \text{ u}$. Các ý a), b), c), d) dưới đây là đúng hay sai?

- a) Phản ứng này chỉ có thể xảy ra ở nhiệt độ cỡ hàng trăm triệu độ.
- b) Hạt nhân ${}^A_Z\text{X}$ có 39 proton và 95 neutron.
- c) Năng lượng tỏa ra sau phản ứng là $177,9 \text{ MeV}$.
- d) Năng lượng tỏa ra khi $1,00 \text{ g } {}^{235}_{92}\text{U}$ phân hạch hết theo phản ứng trên là $7,29 \cdot 10^{10} \text{ J}$.

Câu 4.28. Cho biết khối lượng nguyên tử của các hạt ${}^1_1\text{H}$, ${}^{31}_{15}\text{P}$, ${}^{32}_{16}\text{S}$, ${}^{33}_{17}\text{Cl}$ lần lượt là $1,00783 \text{ u}$; $30,97376 \text{ u}$; $31,97207 \text{ u}$; $32,97745 \text{ u}$; hạt neutron có khối lượng $1,00866 \text{ u}$. Các ý a), b), c), d) dưới đây là đúng hay sai?

- a) Các hạt nhân ${}^{31}_{15}\text{P}$, ${}^{32}_{16}\text{S}$, ${}^{33}_{17}\text{Cl}$ có số neutron bằng nhau.
- b) Độ hụt khối của hạt nhân ${}^{31}_{15}\text{P}$ là $0,28225 \text{ u}$.
- c) Năng lượng liên kết của hạt nhân ${}^{32}_{16}\text{S}$ là $271,8 \text{ MeV}$.
- d) Hạt nhân ${}^{33}_{17}\text{Cl}$ bền vững hơn hạt nhân ${}^{32}_{16}\text{S}$.

Câu 4.29. Hạt nhân ${}^{39}_{19}\text{K}$ có năng lượng liên kết riêng là $8,557 \text{ MeV/nucleon}$. Tính:

- a) Năng lượng tối thiểu cần cung cấp để tách hạt nhân ${}^{39}_{19}\text{K}$ thành các nucleon riêng lẻ. (Kết quả tính theo đơn vị MeV và làm tròn tới hàng đơn vị).
- b) Độ hụt khối của hạt nhân ${}^{235}_{92}\text{U}$. (Kết quả tính theo đơn vị u và lấy đến hai chữ số sau dấu phẩy thập phân).

Câu 4.30. Nếu mỗi hạt nhân ${}^{235}_{92}\text{U}$ phân hạch giải phóng trung bình $200,0 \text{ MeV}$ thì năng lượng tỏa ra khi $2,50 \text{ g } {}^{235}_{92}\text{U}$ phân hạch hoàn toàn có thể thắp sáng một bóng đèn 100 W trong bao lâu? (Kết quả tính theo đơn vị năm và lấy đến một chữ số sau dấu phẩy thập phân).

III. PHÓNG XẠ

Câu 4.31. Tia α là dòng các hạt

- A. positron.
- B. hạt nhân ${}^4_2\text{He}$.
- C. neutron.
- D. electron.

Câu 4.32. Cho 4 tia phóng xạ: α , β^+ , β^- và γ đi vào miền điện trường đều theo phương vuông góc với đường sức điện. Tia phóng xạ **không** bị lệch khỏi phương truyền ban đầu là

- A. tia γ . B. tia β^- . C. tia β^+ . D. tia α .

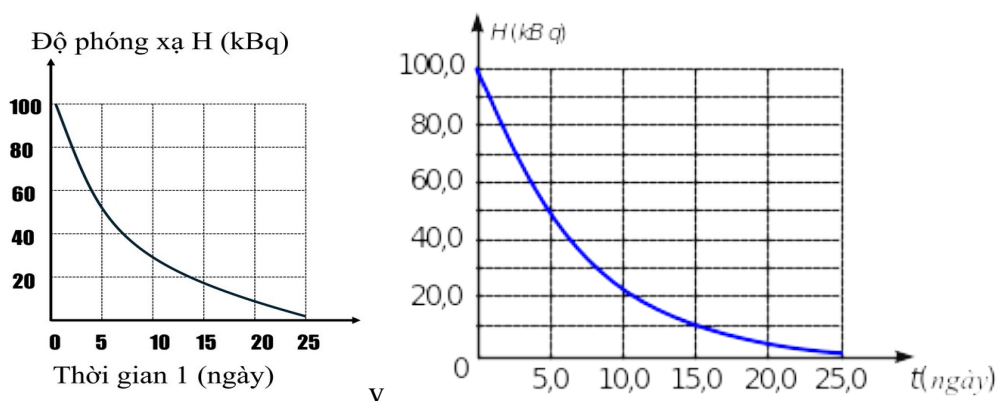
Câu 4.33. Tia phóng xạ nào sau đây là dòng các hạt positron?

- A. tia α . B. tia γ . C. tia β^- . D. tia β^+ .

Câu 4.34. Khi nói về các tia phóng xạ, phát biểu nào sau đây là đúng?

- A. Tia β là các dòng hạt proton.
 B. Tia γ có bản chất là sóng điện từ bước sóng dài.
 C. Tia β^- là các dòng hạt electron.
 D. Tia α là dòng các hạt điện tích âm.

Câu 4.35. Hình 4.1 biểu diễn sự thay đổi độ phóng xạ của một mẫu chất phóng xạ theo thời gian. Hằng số phóng xạ của chất này là



- A. 5 ngày. B. $0,137 \text{ s}^{-1}$. C. $1,60 \text{ s}^{-1}$. D. $5,78 \text{ s}^{-1}$.

Câu 4.36. Chất phóng xạ $^{225}_{88}\text{Ra}$ phát ra tia β^- và biến đổi thành hạt nhân khác. Hạt nhân sản phẩm được tạo thành có số hạt proton là

- A. 88 proton. B. 87 proton. C. 89 proton. D. 225 proton.

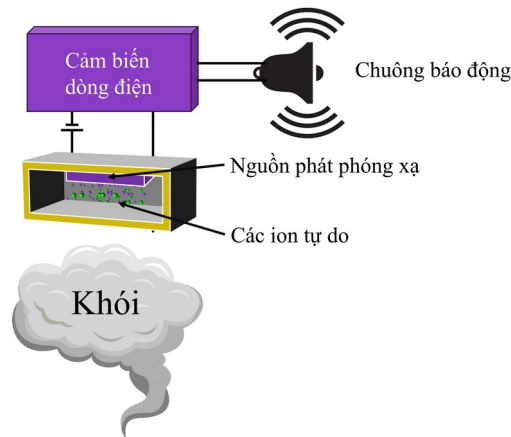
Câu 4.37. Ban đầu ($t=0$) có một mẫu chất phóng xạ X nguyên chất. Ở thời điểm t_1 , mẫu chất phóng xạ X còn lại 20% hạt nhân chưa bị phân rã. Đến thời điểm $t_2 = t_1 + 100 \text{ (s)}$ số hạt nhân X chưa bị phân rã chỉ còn 5% so với số hạt nhân ban đầu. Chu kỳ bán rã của chất phóng xạ đó là

- A. 50 s. B. 25 s. C. 400 s. D. 200 s.

Câu 4.38. Trong các phát biểu sau đây, phát biểu nào là đúng, phát biểu nào là sai?

- a) Quá trình phóng xạ β^+ luôn giải phóng kèm theo một hạt neutrino không mang điện.
 b) Khi đi trong điện trường giữa hai bản kim loại song song tích điện trái dấu, tia γ bị lệch về phía bản dương.
 c) Tia β^- là dòng các hạt electron nên được phóng ra từ lớp vỏ electron của nguyên tử.
 d) Khi đi trong không khí, tia α làm ion hóa môi trường và mất năng lượng rất nhanh.

Câu 4.39. Hình 4.2 mô tả sơ đồ hoạt động đơn giản hóa của cảm biến khói ion hóa. Nguồn phóng xạ α americium $^{241}_{95}\text{Am}$ có hằng số phóng xạ $5,081 \cdot 10^{-11} \text{ s}^{-1}$ được đặt giữa hai bản kim loại kết nối với một pin. Các hạt α phóng ra làm ion hóa không khí giữa hai bản kim loại, cho phép một dòng điện nhỏ chạy giữa hai bản kim loại đó và chuông báo không kêu.



Nếu có khói bay vào giữa hai bản kim loại, các ion trong này sẽ kết hợp với những phân tử khói và dịch chuyển chậm hơn làm cường độ dòng điện chạy giữa hai bản kim loại giảm đi. Khi dòng điện giảm tới mức nhất định thì cảm biến báo khói sẽ gửi tín hiệu kích hoạt chuông báo cháy. Các ý a), b), c), d) dưới đây là đúng hay sai?

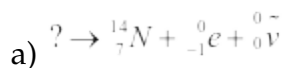
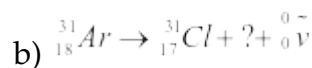
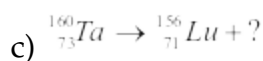
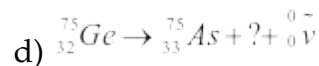
a) Tia α phát ra từ nguồn phóng xạ bị lệch về phía bản kim loại nhiễm điện dương.

b) Chu kỳ bán rã của americium $^{241}_{95}\text{Am}$ là $1,58 \cdot 10^5$ ngày.

c) Độ phóng xạ của nguồn americium $^{241}_{95}\text{Am}$ có khối lượng $0,125 \mu\text{g}$ là $25,7 \text{ kBq}$.

d) Sau khi sử dụng 15 năm, độ phóng xạ của nguồn americium $^{241}_{95}\text{Am}$ trong cảm biến giảm còn 3,47% so với độ phóng xạ ban đầu lúc mới mua.

Câu 4.40. Hoàn thành các phương trình của các quá trình phóng xạ sau:



Câu 4.41. Một phòng thí nghiệm nhập về lượng đồng phóng xạ nguyên chất ^{64}Cu có khối lượng ban đầu là 55g. Chu kỳ bán rã của đồng vị này là 12,7 giờ. Tính khối lượng ^{64}Cu đã bị phân rã trong ngày thứ 10 kể từ lúc nhập về. (Kết quả tính có đơn vị mg và lấy một chữ số sau dấu phẩy thập phân)

Câu 4.42. Đồng vị $^{238}_{92}\text{U}$ phân rã qua một số phóng xạ α và β biến thành hạt nhân bền $^{206}_{82}\text{Pb}$. Biết chu kỳ bán rã của $^{238}_{92}\text{U}$ là $4,47 \cdot 10^9$ năm. Một khối đá được phát hiện chứa 46,97 mg $^{238}_{92}\text{U}$ và 23,15 mg $^{206}_{82}\text{Pb}$. Giả sử khối đá khi mới hình thành không chứa nguyên tố chì và tất cả lượng chì có mặt trong đó đều là sản phẩm phân rã của $^{238}_{92}\text{U}$. Tuổi của khối đá đó là bao nhiêu tỉ năm? (Kết quả lấy một chữ số sau dấu phẩy thập phân)

Câu 4.43. Một mẫu chất chứa đồng vị phóng xạ có chu kỳ bán rã là 12,7 giờ. Sau 38,1 giờ, độ phóng xạ của mẫu này còn bao nhiêu phần trăm so với lúc ban đầu? (Kết quả lấy một chữ số sau dấu phẩy thập phân)

Câu 4.44. Potassium (kali) là nguyên tố dinh dưỡng khoáng thiết yếu đối với cây trồng. Trong potassium tự nhiên có 0,0117% là đồng vị phóng xạ $^{40}_{19}K$ với chu kỳ bán rã là $1,25 \cdot 10^9$ năm.

- Xác định độ phóng xạ của $^{40}_{19}K$ trong mỗi gam potassium tự nhiên.
- Chuối, khoai tây, khoai lang là những thực phẩm có hàm lượng potassium cao. Một quả chuối trung bình chứa khoảng 450 mg potassium. Xác định độ phóng xạ của lượng potassium đó.
- Potassium cũng là một trong những khoáng chất cần thiết cho cơ thể con người. Hàm lượng potassium trung bình trên mỗi kilogram cơ thể người trưởng thành là $2,5g/kg$. Xác định độ phóng xạ của $^{40}_{19}K$ trong cơ thể một người trưởng thành có khối lượng 65 kg

B. ĐÁP SỐ VÀ HƯỚNG DẪN GIẢI

Câu	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	4.10
Chọn	C	D	C	B	B	A	C	B	D	C

CÂU 4.11	CÂU 4.12
a) Sai	a) Đúng
b) Đúng	b) Đúng
c) Đúng	c) Sai
d) Đúng	d) Đúng

Câu 4.13. 30 neutron

Câu 4.14. $3,85 \cdot 10^{25}$ proton

Câu 4.15. 63,6 u.

Câu 4.16. a) Nguyên tử ${}^{28}_{14}\text{Si}$ có 14 electron, 14 proton và 14 neutron.

b) $+14e$

Câu 4.17. Bán kính: $R = 6,2 \cdot 10^{-15} \text{ m}$

Thể tích: $V = \frac{4}{3} \pi R^3 = \frac{4}{3} \pi (1,2 \cdot 10^{-15})^3 \text{ A} = 1,0 \cdot 10^{-42} \text{ m}^3$

$$D = \frac{m}{V} = \frac{A(1,66054 \cdot 10^{-27} \text{ kg})}{\frac{4}{3} \pi (1,2 \cdot 10^{-15})^3 \text{ A}} = 2,3 \cdot 10^{17} \text{ kg / m}^3.$$

Khối lượng riêng:

Câu	4.18	4.19	4.20	4.21	4.22	4.23	4.24
Chọn	B	C	C	C	C	B	D

CÂU 4.25	CÂU 4.26	CÂU 4.27	CÂU 4.28
a) Sai	a) Đúng	a) Sai	a) Đúng
b) Đúng	b) Đúng	b) Sai	b) Đúng
c) Đúng	c) Sai	c) Đúng	c) Đúng
d) Đúng	d) Sai	d) Đúng	d) Sai

Câu 4.26.

a) ${}^2_1\text{D} + {}^2_1\text{D} \rightarrow {}^3_1\text{T} + {}^1_1\text{H}$ nên hạt nhân X là ${}^1_1\text{H}$

Chọn ĐÚNG.

b) $E_{\text{tỏa}} = 4,02 \text{ MeV}$.

Chọn ĐÚNG.

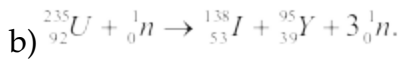
c) Mỗi phản ứng cần sử dụng 2 hạt nhân ${}^2_1\text{D}$. Tổng năng lượng tỏa ra nếu tổng hợp hoàn toàn 1,00g deuterium là: $E = 9,71 \cdot 10^{10} \text{ J}$.

Chọn SAI.

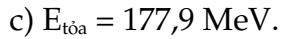
d) $m = \frac{E}{\lambda} = \frac{9,71 \cdot 10^{10} \text{ J}}{3,33 \cdot 10^5 \text{ J / kg}} = 2,92 \cdot 10^5 \text{ kg}$.

Chọn SAI.

Câu 4.27.



Chọn ĐÚNG.



Chọn ĐÚNG.

Câu 4.29. a) 334 MeV; b) 0,36 u.

Câu 4.30. 65,0 năm

Câu	4.31	4.32	4.33	4.34	4.35	4.36	4.37
Chọn	B	A	D	C	C	C	A

Câu 4.37. Chọn A

$$N_1 = N_0 \cdot 2^{-\frac{t_1}{T}} = 20\% N_0; N_2 = N_0 \cdot 2^{-\frac{t_2}{T}} = 5\% N_0$$

$$\Rightarrow \frac{N_1}{N_2} = 2^{\frac{t_2 - t_1}{T}} = 4 \Rightarrow 2^{\frac{100}{T}} = 2^2 \Rightarrow T = 50\text{s}$$

CÂU 4.38	CÂU 4.39
a) Đúng	a) Sai
b) Sai	b) Đúng
c) Sai	c) Sai
d) Đúng	d) Sai

Câu 4.39. a) Sai; b) Đúng; c) Sai; d) Sai.

a) Tia α mang điện tích dương nên bị lệch về phía bản kim loại nhiễm điện âm.

Chọn SAI.

b) $T = \frac{\ln 2}{\lambda} = 1,58 \cdot 10^5$ ngày.

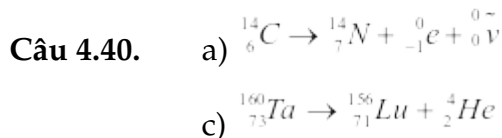
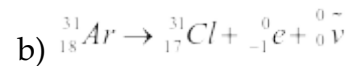
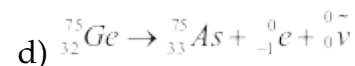
Chọn ĐÚNG.

c) $H_0 = \lambda N_0 = 15,9 \cdot 10^3 \text{ Bq}$

Chọn SAI.

d) $H = H_0 \cdot 2^{-\lambda t} = 97,6\% H_0$

Chọn SAI.



Câu 4.41. Khối lượng đồng còn lại sau ngày thứ 9 và thứ 10 là $m = m_0 \cdot 2^{-\frac{9,24}{12,7}}$ và $m' = m_0 \cdot 2^{-\frac{10,24}{12,7}}$
 Khối lượng đồng đã bị phân rã trong ngày thứ 10 là

$$\Delta m = m - m' = m_0 \cdot \left(2^{-\frac{9,24}{12,7}} - 2^{-\frac{10,24}{12,7}} \right) = (55\text{g}) \cdot \left(2^{-\frac{9,24}{12,7}} - 2^{-\frac{10,24}{12,7}} \right) = 0,3 \cdot 10^{-3} \text{ g}$$

Câu 4.42. Trong thời gian t , số hạt ${}_{92}^{238}\text{U}$ bị phân rã bằng số hạt ${}_{82}^{206}\text{Pb}$ được tạo thành.

$$N_{Pb} = \Delta N = N_0 - N = N_0 \left(1 - 2^{-\frac{t}{T}} \right) \quad m = \frac{N}{N_A} \cdot A$$

mặt khác

Do đó tỉ lệ khối lượng giữa $^{206}_{82}Pb$ và $^{238}_{92}U$ là: $\frac{m_{Pb}}{m_U} = \frac{206 N_{Pb}}{238 N_U} = \frac{23,15}{46,97}$

$$\Rightarrow \frac{\Delta N}{N} = \frac{23,15 \cdot 238}{46,97 \cdot 206} \Rightarrow \frac{N_0 \left(1 - 2^{-\frac{t}{T}} \right)}{N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}} = \frac{23,15 \cdot 238}{46,97 \cdot 206}$$

$$\Rightarrow 2^{\frac{t}{T}} = \left(1 + \frac{23,15 \cdot 238}{46,97 \cdot 206} \right) \Rightarrow t = T \log_2 \left(1 + \frac{23,15 \cdot 238}{46,97 \cdot 206} \right) = 2,9 \cdot 10^9 \text{ năm.}$$

Câu 4.43. $H = H_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}} = H_0 \cdot 2^{-\frac{38,1}{12,7}} = 0,125 H_0 = 12,5\% H_0$

Câu 4.44.

a) $H = \lambda \cdot N = 31,0 Bq.$

b) $H = (450 \cdot 10^{-3} g) \cdot (31,0 Bq / g) = 13,9 Bq$

c) $H = (65 kg) \cdot (2,5 g / kg) \cdot (31,0 Bq / g) = 13,9 Bq$