

Chủ đề 14. PHÓNG XẠ. PHÂN HẠCH. NHIỆT HẠCH

BÀI TOÁN LIÊN QUAN ĐẾN VẬN DỤNG ĐỊNH LUẬT PHÓNG XẠ

Phương pháp giải

1) Khối lượng còn lại và khối lượng đã bị phân rã

Giả sử khối lượng nguyên chất ban đầu là m_0 thì đến thời điểm t khối lượng còn lại và khối lượng bị phân rã lần lượt là:

$$\begin{cases} m = m_0 e^{-\frac{\ln 2}{T}t} \\ \Delta m = m_0 \left(1 - e^{-\frac{\ln 2}{T}t}\right) \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} m = m_0 2^{-\frac{t}{T}} \\ \Delta m = m_0 \left(1 - 2^{-\frac{t}{T}}\right) \end{cases}$$

Ví dụ 1: Radon ${}_{86}\text{Rn}^{222}$ là một chất phóng xạ có chu kỳ bán rã là 3,8 ngày đêm. Nếu ban đầu có 64 g chất này thì sau 19 ngày khối lượng Radon bị phân rã là:

- A. 62 g. B. 2 g. C. 16 g. D. 8 g.

Hướng dẫn: Chọn đáp án A

$$m = m_0 \left(1 - e^{-\frac{\ln 2}{T}t}\right) = 64 \left(1 - e^{-\frac{\ln 2}{3,8} \cdot 19}\right) = 62 \text{ (g)}$$

Ví dụ 2: Ban đầu có một mẫu ${}^{210}\text{Po}$ nguyên chất khối lượng 1 (g) sau 596 ngày nó chỉ còn 50 mg nguyên chất. Chu kì của chất phóng xạ là

- A. 138,4 ngày. B. 138,6 ngày. C. 137,9 ngày. D. 138 ngày.

Hướng dẫn: Chọn đáp án C

$$m = m_0 e^{-\frac{\ln 2}{T}t} \Rightarrow \frac{m_0}{m} = e^{\frac{\ln 2}{T}t} \Rightarrow 20 = e^{\frac{\ln 2}{T} \cdot 596} \Rightarrow T = 137,9 \text{ (ngày)}$$

Ví dụ 3: ${}^{24}\text{Na}$ là một chất phóng xạ β^- có chu kỳ bán rã $T = 15$ giờ. Một mẫu ${}^{24}\text{Na}$ nguyên chất ở thời điểm $t = 0$ có khối lượng $m_0 = 72$ g. Sau một khoảng thời gian t , khối lượng của mẫu chất chỉ còn $m = 18$ g. Thời gian t có giá trị

- A. 30 giờ. B. 45 giờ. C. 120 giờ. D. 60 giờ.

Hướng dẫn: Chọn đáp án A

$$m = m_0 e^{-\frac{\ln 2}{T}t} \Rightarrow \frac{m_0}{m} = e^{\frac{\ln 2}{T}t} \Rightarrow \frac{72}{18} = e^{\frac{\ln 2}{15}t} \Rightarrow t = 30 \text{ (h)}$$

2) Số hạt còn lại và số hạt đã bị phân rã

Số nguyên tử ban đầu:
$$\begin{cases} N_0 = \frac{m_0}{A} N_A \\ N_0 = \frac{\text{Khối lượng tổng}}{\text{Khối lượng 1 hạt}} \end{cases}$$

Giả sử số hạt nguyên chất ban đầu là N_0 thì đến thời điểm t số hạt còn lại và số hạt bị phân rã

lần lượt là:
$$\begin{cases} N = N_0 e^{-\frac{\ln 2}{T} t} \\ \Delta N = N_0 \left(1 - e^{-\frac{\ln 2}{T} t} \right) \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} N = N_0 2^{-\frac{t}{T}} \\ \Delta N = N_0 \left(1 - 2^{-\frac{t}{T}} \right) \end{cases}$$

Nếu $t \ll T$ thì $1 - e^{-\frac{\ln 2}{T} t} \approx \frac{\ln 2}{T} t$

Ví dụ 1: Ban đầu có 5 gam chất phóng xạ radon ${}_{86}\text{Rn}^{222}$ với chu kỳ bán rã 3,8 ngày. Số nguyên tử radon còn lại sau 9,5 ngày là

A. $23,9 \cdot 10^{21}$. B. $2,39 \cdot 10^{21}$. C. $3,29 \cdot 10^{21}$. D. $32,9 \cdot 10^{21}$.

Hướng dẫn: Chọn đáp án B

$$N = N_0 e^{-\frac{\ln 2}{T} t} = \frac{m_0}{A} N_A e^{-\frac{\ln 2}{T} t} = \frac{5}{222} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} e^{-\frac{\ln 2}{3,8} 9,5} \approx 2,39 \cdot 10^{21}$$

Ví dụ 2: (CĐ-2012) Chất phóng xạ X có chu kỳ bán rã T. Ban đầu ($t = 0$), một mẫu chất phóng xạ X có số hạt là N_0 . Sau khoảng thời gian $t = 3T$ (kể từ $t = 0$), số hạt nhân X đã bị phân rã là

A. $0,25N_0$. B. $0,875N_0$. C. $0,75N_0$. D. $0,125N_0$.

Hướng dẫn: Chọn đáp án B

$$\Delta N = N_0 \left(1 - 2^{-\frac{t}{T}} \right) = N_0 \left(1 - 2^{-3} \right) = 0,875 N_0$$

Ví dụ 3: (TN-2008) Ban đầu có một lượng chất phóng xạ nguyên chất của nguyên tố X, có chu kỳ bán rã là T. Sau thời gian $t = 3T$, tỉ số giữa số hạt nhân chất phóng xạ X phân rã thành hạt nhân khác và số hạt nhân còn lại của chất phóng xạ X bằng

A. 8. B. 7. C. $\frac{1}{7}$. D. $\frac{1}{8}$.

Hướng dẫn: Chọn đáp án B

$$\frac{\Delta N}{N} = \frac{N_0 \left(1 - e^{-\frac{\ln 2}{T} t} \right)}{N_0 e^{-\frac{\ln 2}{T} t}} = e^{\frac{\ln 2}{T} t} - 1 = 7$$

Ví dụ 4: Đồng vị ${}_{92}\text{U}^{238}$ là chất phóng xạ với chu kỳ bán rã là 4,5 (tỉ năm). Ban đầu khối lượng của Uran nguyên chất là 1 (g). Cho biết số Avôgađrô là $6,02 \cdot 10^{23}$. Tính số nguyên tử bị phân rã trong thời gian 1 (năm).

- A. $38 \cdot 10^{10}$. B. $39 \cdot 10^{10}$. C. $37 \cdot 10^{10}$. D. $36 \cdot 10^{10}$.

Hướng dẫn: Chọn đáp án B

$$\Delta N = N_0 \left(1 - e^{-\frac{\ln 2}{T} t} \right) \approx \frac{m_0}{238} \cdot N_A \cdot \frac{\ln 2}{T} t \approx 39 \cdot 10^{10}$$

Ví dụ 5: Một hỗn hợp phóng xạ có hai chất phóng xạ X và Y. Biết chu kỳ bán rã của X và Y lần lượt là $T_1 = 1$ h và $T_2 = 2$ h và lúc đầu số hạt X bằng số hạt Y. Tính khoảng thời gian để số hạt nguyên chất của hỗn hợp chỉ còn một nửa số hạt lúc đầu.

- A. 0,69 h. B. 1,5 h. C. 1,42 h. D. 1,39 h.

Hướng dẫn: Chọn đáp án D

$$N_x + N_r = \frac{2N_0}{2} \Leftrightarrow N_0 e^{-\frac{\ln 2}{1} t} + N_0 e^{-\frac{\ln 2}{2} t} = N_0 \Rightarrow e^{-\frac{\ln 2}{2} t} \approx 0,618 \Rightarrow t \approx 1,39 \text{ (h)}$$

Ví dụ 6: Một đồng vị phóng xạ A lúc đầu có $2,86 \cdot 10^{26}$ hạt nhân. Trong giờ đầu tiên có $2,29 \cdot 10^{25}$ bị phân rã. Chu kỳ bán rã đồng vị A là

- A. 8 giờ 18 phút. B. 8 giờ. C. 8 giờ 30 phút. D. 8 giờ 15 phút.

Hướng dẫn: Chọn đáp án A

$$\Delta N = N_0 \left(1 - e^{-\frac{\ln 2}{T} t} \right) \Rightarrow 2,29 \cdot 10^{25} = 2,86 \cdot 10^{26} \left(1 - e^{-\frac{\ln 2}{T} 1} \right) \Rightarrow T \approx 8\text{h}18'$$

Ví dụ 7: Một mẫu chất chứa hai chất phóng xạ A và B với chu kỳ bán rã lần lượt là $T_A = 0,2$ (h) và T_B . Ban đầu số nguyên tử A gấp bốn lần số nguyên tử B, sau 2 h số nguyên tử của A và B bằng nhau. Tính T_B .

- A. 0,25 h. B. 0,4 h. C. 0,1 h. D. 2,5 h.

Hướng dẫn: Chọn đáp án A

$$\begin{cases} N_A = 4N_0 e^{-\frac{\ln 2}{T_A} t} \\ N_B = N_0 e^{-\frac{\ln 2}{T_B} t} \end{cases} \xrightarrow[N_A=N_B]{t=2h} 4e^{-\frac{\ln 2}{0,2} 2} = e^{-\frac{\ln 2}{T_B} 2} \Rightarrow T_B = 0,25 \text{ (h)}$$

Ví dụ 8: Một mẫu radon ${}_{86}\text{Rn}^{222}$ chứa 10^{10} nguyên tử. Chu kỳ bán rã của radon là 3,8 ngày. Sau bao lâu thì số nguyên tử trong mẫu radon còn lại 10^5 nguyên tử.

- A. 63,1 ngày. B. 3,8 ngày. C. 38 ngày. D. 82,6 ngày.

Hướng dẫn: Chọn đáp án A

$$N = N_0 e^{-\frac{\ln 2}{T} t} \Rightarrow 10^5 = 10^{10} e^{-\frac{\ln 2}{3,8} t} \Rightarrow t \approx 63,1 \text{ (ngày)}$$

Ví dụ 9: Có hai mẫu chất phóng xạ A và B thuộc cùng một chất có chu kỳ bán rã $T = 138,2$ ngày và có khối lượng ban đầu như nhau. Tại thời điểm quan sát, tỉ số số hạt nhân hai mẫu chất

$$\frac{N_B}{N_A} = 2,72. \text{ Tuổi của mẫu A nhiều hơn mẫu B là}$$

- A. 199,8 ngày. B. 199,5 ngày. C. 190,4 ngày. D. 189,8 ngày.

Hướng dẫn: Chọn đáp án B

$$2,72 = \frac{N_B}{N_A} = \frac{N_0 e^{-\frac{\ln 2}{T} t_B}}{N_0 e^{-\frac{\ln 2}{T} t_A}} = e^{\frac{\ln 2}{T}(t_A - t_B)} \Rightarrow (t_A - t_B) \approx 199,5 \text{ (ngày)}$$

3) Phần trăm còn lại, phần trăm bị phân rã

Phần trăm chất phóng xạ còn lại sau thời gian t : $h = \frac{N}{N_0} = \frac{m}{m_0} = \frac{H}{H_0} = e^{-\frac{\ln 2}{T} t}$

Phần trăm chất phóng xạ bị phân rã sau thời gian t : $1 - h$

Ví dụ 1: (ĐH-2008) Một chất phóng xạ có chu kỳ bán rã là 3,8 ngày. Sau thời gian 11,4 ngày thì độ phóng xạ (hoạt độ phóng xạ) của lượng chất phóng xạ còn lại bằng bao nhiêu phần trăm so với độ phóng xạ của lượng chất phóng xạ ban đầu?

- A. 25%. B. 75%. C. 12,5%. D. 87,5%.

Hướng dẫn: Chọn đáp án C

$$h = \frac{H}{H_0} = e^{-\frac{\ln 2}{T} t} = e^{-\frac{\ln 2}{3,8} \cdot 11,4} = 0,125 = 12,5\%$$

Ví dụ 2: Gọi Δt là khoảng thời gian để số hạt nhân của một lượng chất phóng xạ giảm đi e lần (e là cơ số của loga tự nhiên $\ln e = 1$). Sau khoảng thời gian $0,51 \Delta t$ chất phóng xạ còn lại bao nhiêu phần trăm lượng ban đầu?

- A. 50%. B. 60%. C. 70%. D. 80%.

Hướng dẫn: Chọn đáp án B

$$\begin{cases} N = N_0 e^{-\lambda t} \xrightarrow{t=\Delta t} \frac{N_0}{e} = N_0 e^{-\lambda \Delta t} \Rightarrow \lambda \Delta t = 1 \\ t = 0,51 \Delta t \Rightarrow \% \text{ chất còn lại} = \frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t} = e^{-\lambda \cdot 0,51 \Delta t} = e^{-0,51} \approx 60\% \end{cases}$$