

55

BÀI TẬP VỀ PHÓNG XẠ VÀ PHẢN ỨNG HẠT NHÂN

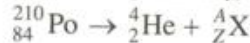
Bài tập 1

Pôlôni ${}_{84}^{210}\text{Po}$ là nguyên tố phóng xạ α , nó phóng ra một hạt α và biến đổi thành hạt nhân con X. Chu kỳ bán rã của pôlôni là $T = 138$ ngày.

- Viết phương trình phản ứng. Xác định cấu tạo, tên gọi của hạt nhân X.
- Một mẫu pôlôni nguyên chất có khối lượng ban đầu 0,01 g. Tính độ phóng xạ của mẫu chất trên sau 3 chu kỳ bán rã. Cho biết số A-vô-ga-đrô $N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$ nguyên tử/mol.
- Tính tỉ số giữa khối lượng pôlôni và khối lượng chất X trong mẫu chất trên sau 4 chu kỳ bán rã.

Bài giải

- a) Kí hiệu hạt nhân con X là ${}_Z^AX$, phương trình phản ứng có dạng :



Áp dụng định luật bảo toàn số khối : $210 = 4 + A$ và định luật bảo toàn điện tích : $84 = 2 + Z$, ta tìm được : $A = 206$ và $Z = 82$. Vậy hạt nhân X là hạt nhân đồng vị chì ${}_{82}^{206}\text{Pb}$, có cấu tạo gồm 82 prôtôn và $N = 206 - 82 = 124$ nơtron.

- b) Số hạt nhân pôlôni ban đầu là :

$$N_0 = N_A \frac{m_0}{A}$$

với $m_0 = 0,01$ g ; $A = 210$ g. Sau thời gian $t = 3T$ số hạt nhân pôlôni còn lại (chưa bị phân rã phóng xạ) là :

$$N = \frac{N_0}{2^{\frac{t}{T}}} = \frac{N_0}{2^3} = \frac{N_0}{8} = \frac{N_A m_0}{8A}$$

Độ phóng xạ của mẫu pôlôni sau 3 chu kỳ bán rã là :

$$H = \lambda N = \frac{0,693}{T} N = \frac{0,693 \cdot N_A m_0}{8AT}$$

với $T = 138$ ngày = $138 \cdot 24 \cdot 3600$ s, ta có :

$$H \approx 2,084 \cdot 10^{11} \text{ Bq}$$

c) Số hạt nhân pôlôni còn lại sau $t = 4T$ là :

$$N' = \frac{N_0}{2^{\frac{t}{T}}} = \frac{N_0}{2^4} = \frac{N_0}{16}$$

Số hạt nhân pôlôni đã bị phân rã phóng xạ sau thời gian t đó :

$$\Delta N = N_0 - N' = \frac{15N_0}{16}$$

Số hạt nhân ΔN này cũng chính bằng số hạt nhân X được tạo ra trong thời gian $t = 4T$. Vậy khối lượng chất X được tạo ra là :

$$m_X = \frac{A'}{N_A} \Delta N = \frac{15N_0 \cdot A'}{16N_A}$$

với $A' = 206$.

Khối lượng pôlôni còn lại sau thời gian $t = 4T$ là :

$$m' = \frac{A}{N_A} N' = \frac{AN_0}{16N_A}$$

Từ đó, ta tìm được tỉ số :

$$\frac{m'}{m_X} = \frac{A}{15A'} = \frac{210}{15 \cdot 206} = 0,068$$

Bài tập 2

Hạt nhân ${}^6_{14}\text{C}$ là một chất phóng xạ, nó phóng ra tia β^- có chu kì bán rã là 5 730 năm.

a) Viết phương trình của phản ứng phân rã.

b) Sau bao lâu lượng chất phóng xạ của một mẫu chỉ còn bằng $\frac{1}{8}$ lượng chất phóng xạ ban đầu của mẫu đó ?

c) Trong cây cối có chất phóng xạ ${}^6_{14}\text{C}$. Độ phóng xạ của một mẫu gỗ tươi và một mẫu gỗ cổ đại đã chết cùng khối lượng lần lượt là 0,250 Bq và 0,215 Bq. Xác định xem mẫu gỗ cổ đại đã chết cách đây bao lâu ?

Bài giải

a) Phương trình của phản ứng phân rã là :



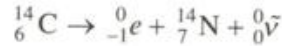
Áp dụng định luật bảo toàn số khối và bảo toàn điện tích, ta có :

$$14 = 0 + A \quad \Rightarrow \quad A = 14$$

$$6 = -1 + Z \quad \Rightarrow \quad Z = 7$$

Như vậy, hạt nhân X chính là hạt nhân nitơ ${}^7_{14}\text{N}$.

Vậy ta có phương trình :



b) Ta có :

$$m = \frac{m_0}{2^{\frac{t}{T}}} \Rightarrow \frac{m}{m_0} = \frac{1}{2^{\frac{t}{T}}}$$

Theo đề bài :

$$\frac{m}{m_0} = \frac{1}{8}$$

$$\text{Từ đó : } \frac{1}{2^{\frac{t}{T}}} = \frac{1}{8} = \frac{1}{2^3} \Rightarrow \frac{t}{T} = 3 \Rightarrow t = 3T$$

và $t = 3,5730 = 17\,190$ năm.

Vậy, sau $t = 17\,190$ năm lượng chất phóng xạ chỉ còn bằng $\frac{1}{8}$ lượng chất phóng xạ ban đầu.

c) Kí hiệu t là khoảng thời gian mà mẫu gỗ cổ đại đã chết, ta có :

$$H = H_0 e^{-\lambda t}$$

với $H_0 = 0,250$ Bq ; $H = 0,215$ Bq.

$$\text{Từ đó : } \lambda t = \ln \frac{H_0}{H} = \ln \frac{0,250}{0,215} = \ln(1,162) = 0,1508$$

$$\text{và } t = \frac{0,1508}{\lambda} = \frac{0,1508 T}{0,693} = \frac{0,1508 \cdot 5730}{0,693}$$

hay $t \approx 1\,250$ năm.

Bài tập 3

Bắn hạt α có động năng 4 MeV vào hạt nhân ${}^7_{14}\text{N}$ đứng yên thì thu được một hạt prôtôn và một hạt nhân X.

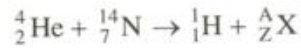
a) Tìm hạt nhân X và tính xem phản ứng đó toả ra hay thu vào năng lượng bao nhiêu MeV.

b) Giả sử hai hạt sinh ra có cùng tốc độ, tính động năng và tốc độ của prôtôn.

$$\begin{aligned} \text{Cho : } m_\alpha &= 4,0015 \text{ u ;} & m_X &= 16,9947 \text{ u ;} \\ m_N &= 13,9992 \text{ u ;} & m_p &= 1,0073 \text{ u ;} \\ 1 \text{ u} &\approx 931 \text{ MeV}/c^2 ; & c &= 3 \cdot 10^8 \text{ m/s.} \end{aligned}$$

Bài giải

a) Phương trình phản ứng :



Áp dụng các định luật bảo toàn số khối và bảo toàn điện tích tìm được $A = 17$; $Z = 8$. Đó là hạt nhân ${}^{17}_8\text{O}$.

Ta thấy : $m_0 = m_\alpha + m_N = 18,0007 \text{ u}$; $m = m_p + m_X = 18,0020 \text{ u}$.

Như vậy, $m_0 < m$ phản ứng thu năng lượng, với :

$$W = (m_0 - m)c^2 = -1,2103 \text{ MeV}$$

b) Theo định luật bảo toàn năng lượng, ta có :

$$m_0c^2 + W_\alpha = mc^2 + W_O + W_p \quad (1)$$

Trong đó W_α , W_O , W_p là động năng của hạt α , hạt nhân ${}^{17}\text{O}$ và hạt prôtôn. Vì hai hạt sinh ra, ${}^{17}\text{O}$ và prôtôn có cùng tốc độ, nên ta có :

$$\frac{W_O}{W_p} = \frac{m_O}{m_p} \Rightarrow W_O = \frac{m_O}{m_p} W_p \quad (2)$$

Từ (1) và (2) thay số, ta được :

$$W_p = 0,156 \text{ MeV}$$

Suy ra tốc độ của prôtôn :

$$v_p = \sqrt{\frac{2W_p}{m_p}} \approx 5,5 \cdot 10^6 \text{ m/s}$$