

## Chủ đề 13. PHẢN ỨNG HẠT NHÂN

### BÀI TOÁN LIÊN QUAN ĐẾN PHẢN ỨNG HẠT NHÂN KÍCH THÍCH

Phương pháp giải

Dùng hạt nhẹ A (gọi là đạn) bắn phá hạt nhân B đứng yên (gọi là bia):  $A + B \rightarrow C + D$  (nếu bỏ qua bức xạ gamma)

Đạn thường dùng là các hạt phóng xạ, ví dụ: 
$$\begin{cases} {}^4_2\alpha + {}^{14}_7N \rightarrow {}^{17}_8O + {}^1_1H \\ {}^4_2\alpha + {}^{27}_{13}Al \rightarrow {}^{30}_{15}P + {}^1_0n \end{cases}$$

Để tìm động năng, vận tốc của các hạt dựa vào hai định luật bảo toàn động lượng và bảo toàn

năng lượng: 
$$\begin{cases} m_A \bar{v}_A = m_C \bar{v}_C + m_D \bar{v}_D \\ \Delta E = (m_A + m_B - m_C - m_D) c^2 = W_C + W_D - W_A \end{cases}$$

#### 1) Tổng động năng của các hạt sau phản ứng

Ta tính  $\Delta E = (m_A + m_B - m_C - m_D) c^2$

Tổng động năng của các hạt tạo thành:  $W_C + W_D = \Delta E + W_A$

**Ví dụ 1:** Một hạt  $\alpha$  có động năng 3,9 MeV đến đập vào hạt nhân  ${}^{27}_{13}Al$  đứng yên gây nên phản ứng hạt nhân  $\alpha + {}^{27}_{13}Al \rightarrow n + {}^{30}_{15}P$ . Tính tổng động năng của các hạt sau phản ứng. Cho

$m_\alpha = 4,0015u$ ,  $m_n = 1,0087u$ ,  $m_{Al} = 26,97345u$ ,  $m_P = 29,97005u$ ,

$1 uc^2 = 931 (MeV)$ .

A. 17,4 (MeV).      B. 0,54 (MeV).      C. 0,5 (MeV).      D. 0,4 (MeV).

**Hướng dẫn:** Chọn đáp án D

**Cách 1:**  $\Delta E = (m_\alpha + m_{Al} - m_n - m_P) c^2 \approx -3,5 (MeV)$

$W_n + W_P = W_\alpha + \Delta E = 0,4 (MeV)$

**Cách 2:** Áp dụng định luật bảo toàn năng lượng toàn phần:

$(m_\alpha + m_{Al}) c^2 + W_\alpha = (m_n + m_P) c^2 + (W_n + W_P)$

$\Rightarrow W_n + W_P = W_\alpha + (m_\alpha + m_{Al} - m_n - m_P) c^2 = 0,4 (MeV)$

**Ví dụ 2:** Dùng proton có động năng 5,45 (MeV) bắn phá hạt nhân  ${}^9Be$  đứng yên tạo ra hai hạt nhân mới là hạt nhân  ${}^6Li$  hạt nhân X. Biết động năng của hạt nhân Li là 3,05 (MeV).

Cho khối lượng của các hạt nhân:  $m_{Be} = 9,01219u$ ;  $m_p = 1,0073u$ ;  $m_{Li} = 6,01513u$ ;  $m_X = 4,0015u$ ;  $1 uc^2 = 931 (MeV)$ . Tính động năng của hạt X.

A. 8,11 MeV.

B. 5,06 MeV.

C. 5,07 MeV.

D. 5,08 MeV.

**Hướng dẫn:** Chọn đáp án B

$$\begin{cases} \Delta E = (m_p + m_{Be} - m_{Li} - m_X)c^2 = 2,66(\text{MeV}) \\ \Delta E = \underbrace{W_{Li}}_{2,6} + W_X - \underbrace{W_p}_{3,05} \Rightarrow W_X = W_p + \Delta E - W_{Li} = 5,06(\text{MeV}) \end{cases}$$

Chú ý: Nếu phản ứng thu năng lượng  $\Delta E = \sum m_{tr\ddot{u}a}c^2 - \sum m_{sau}c^2 < 0$  thì động năng tối thiểu của hạt đạn A cần thiết để phản ứng thực hiện là  $W_{A\min} = -\Delta E$ .

**Ví dụ 3:** Hạt  $\alpha$  có động năng 7,7 MeV đến va chạm với hạt nhân  ${}^7\text{N}^{14}$  đứng yên, gây ra phản ứng:  $\alpha + {}^7\text{N}^{14} \rightarrow {}^1\text{H}^1 + X$ . Cho biết khối lượng các hạt nhân:  $m_\alpha = 4,0015\text{u}$ ;  $m_p = 1,0073\text{u}$ ;  $m_N = 13,9992\text{u}$ ;  $m_X = 16,9947\text{u}$ ;  $1\text{uc}^2 = 931(\text{MeV})$ . Động năng tối thiểu của hạt  $\alpha$  để phản ứng xảy ra là

A. 1,21 MeV

B. 1,32 MeV

C. 1,24 MeV

D. 2 MeV

**Hướng dẫn:** Chọn đáp án A

**Cách 1:**  $\Delta E = (m_\alpha + m_N - m_H - m_X)c^2 = -1,21(\text{MeV})$

$$\Rightarrow (W_\alpha)_{\min} = -\Delta E = 1,21(\text{MeV})$$

**Cách 2:** Áp dụng định luật bảo toàn năng lượng toàn phần

$$W_\alpha + (m_\alpha + m_N)c^2 = (m_H + m_X)c^2 + W_H + W_X$$

$$\Rightarrow (W_\alpha)_{\min} + (m_\alpha + m_N)c^2 = (m_H + m_X)c^2 + \underbrace{W_H + W_X}_0 \Rightarrow (W_\alpha)_{\min} \approx 1,21(\text{MeV})$$

## 2) Tỷ số động năng

+ Nếu cho biết  $\frac{W_C}{W_D} = b \cup \frac{W_C}{W_A} = b$  thì chỉ cần sử dụng thêm định luật bảo toàn năng lượng:

$$W_A + (m_A + m_B)c^2 = W_C + W_D + (m_C + m_D)c^2 \Leftrightarrow W_C + W_D = W_A + \Delta E$$

$$+ \text{Giải hệ: } \begin{cases} \frac{W_C}{W_D} = b \\ W_C + W_D = W_A + \Delta E \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} W_C = (W_A + \Delta E) \frac{b}{b+1} \\ W_D = (W_A + \Delta E) \frac{1}{b+1} \end{cases}$$

**Ví dụ 1:** Hạt  $\alpha$  có động năng 6,3 (MeV) bắn vào một hạt nhân  ${}^9\text{Be}$  đứng yên, gây ra phản ứng:  $\alpha + {}^9\text{Be} \rightarrow {}^6\text{C}^{12} + n$ . Cho biết phản ứng tỏa ra một năng lượng 5,7 (MeV), động năng của hạt C gấp 5 lần động năng hạt n. Động năng của hạt nhân n là

A. 9,8 MeV.

B. 9 MeV.

C. 10 MeV.

D. 2 MeV.

**Hướng dẫn: Chọn đáp án D**

$$\begin{cases} W_C + W_n = \underbrace{\Delta E}_{+5,7} + \underbrace{W_\alpha}_{6,3} = 12 \\ W_C = 5W_n \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} W_n = \frac{1}{6} \cdot 12 = 2 (MeV) \\ W_C = \frac{5}{6} \cdot 12 = 10 (MeV) \end{cases}$$

**Ví dụ 2:** Bắn một hạt  $\alpha$  có động năng 4,21 MeV vào hạt nhân nito đang đứng yên gây ra phản ứng:  ${}_7\text{N}^{14} + \alpha \rightarrow {}_8\text{O}^{17} + p$ . Biết phản ứng này thu năng lượng là 1,21 MeV và động năng của hạt O gấp 2 lần động năng hạt p. Động năng của hạt nhân p là

- A. 1,0 MeV      B. 3,6 MeV      C. 1,8 MeV      D. 2,0 MeV

**Hướng dẫn: Chọn đáp án A**

$$\begin{cases} W_O + W_p = \underbrace{\Delta E}_{-1,21} + \underbrace{W_\alpha}_{4,21} = 3 \\ W_O = 2W_p \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} W_p = \frac{1}{3} \cdot 3 = 1 (MeV) \\ W_O = \frac{2}{3} \cdot 3 = 2 (MeV) \end{cases}$$

**Bình luận thêm:** Để tìm tốc độ của hạt p ta xuất phát từ  $W_p = \frac{1}{2} m_p v_p^2$

$$\Rightarrow v_p = \sqrt{\frac{2W_p}{m_p}}, \text{ thay } W_p = 1\text{MeV và } m_p = 1,0073\text{u ta được:}$$

$$\Rightarrow v_p = \sqrt{\frac{2W_p}{m_p}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1 \cdot 1,6 \cdot 10^{-13}}{1,0073 \cdot 1,66058 \cdot 10^{-27}}} \approx 13,8 \cdot 10^6 (m/s)$$

*Chú ý: Nếu hai hạt sinh ra có cùng động năng thì  $W_C = W_D = \frac{W_A + \Delta E}{2}$*

**Ví dụ 3:** (CD-2010) Dùng hạt prôtôn có động năng 1,6 MeV bắn vào hạt nhân liti ( ${}_3\text{Li}^7$ ) đứng yên. Giả sử sau phản ứng thu được hai hạt giống nhau có cùng động năng và không kèm theo tia  $\gamma$ . Biết năng lượng tỏa ra của phản ứng là 17,4 MeV. Động năng của mỗi hạt sinh ra là

- A. 19,0 MeV      B. 15,8 MeV      C. 9,5 MeV      D. 7,9 MeV

**Hướng dẫn: Chọn đáp án C**

$$\text{Cách 1: } W_X = \frac{\Delta E + W_p}{2} = \frac{17,4 + 1,6}{2} = 9,5 (MeV)$$

$$\text{Cách 2: } (m_p c^2 + m_{Li} c^2) + W_p + W_{Li} = 2m_X c^2 + 2W_X$$

$$\underbrace{(m_p c^2 + m_{Li} c^2)}_{\Delta E = 17,4} - 2m_X c^2 + \underbrace{W_p}_{1,6} + \underbrace{W_{Li}}_0 = 2W_X \Rightarrow W_X = 9,5 (MeV)$$

*Chú ý: Nếu cho biết tỉ số tốc độ của các hạt ta suy ra tỉ số động năng.*