

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

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

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

$1 u c^2 = 931 (MeV)$.

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: $m_{Be} = 9,01219u$; $m_p = 1,0073u$; $m_{Li} = 6,01513u$; $m_X = 4,0015u$; $1 u c^2 = 931 (MeV)$. 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

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

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

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

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

+ 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 α có động năng 6,3 (MeV) bắn vào một hạt nhân ${}^4Be^9$ đứng yên, gây ra phản ứng: $\alpha + {}^4Be^9 \rightarrow {}^6C^{12} + n$. 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

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

Ví dụ 2: Bắn một hạt α có động năng 4,21 MeV vào hạt nhân nito đang đứng yên gây ra phản ứng: ${}^7N^{14} + \alpha \rightarrow {}^8O^{17} + p$. 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

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

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

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

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

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: (CĐ-2010) Dùng hạt prôtôn có động năng 1,6 MeV bắn vào hạt nhân liti (${}^3Li^7$) đứng yên. Giả sử sau phản ứng thu được hai hạt giống nhau có cùng động năng và không kèm theo tia γ . 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

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

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

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

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

Ví dụ 4: ho hạt proton có động năng 1,2 (MeV) bắn phá hạt nhân ${}^7_3\text{Li}$ đang đứng yên tạo ra 2 hạt nhân X giống nhau nhưng tốc độ chuyển động thì gấp đôi nhau. Cho biết phản ứng tỏa ra một năng lượng 17,4 (MeV) và không sinh ra bức xạ γ . Động năng của hạt nhân X có tốc độ lớn hơn là

- A.** 3,72 MeV **B.** 6,2 MeV **C.** 12,4 MeV **D.** 14,88 MeV

Hướng dẫn: Chọn đáp án D

Nếu $v_1 = 2v_2$ thì $W_{X1} = 4W_{X2}$.

$$\begin{cases} W_{X1} + W_{X2} = \Delta E + W_p = 18,6 \\ W_{X1} = 4W_{X2} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} W_{X2} = \frac{1}{5} \cdot 18,6 = 3,72 \text{ (MeV)} \\ W_{X1} = \frac{4}{5} \cdot 18,6 = 14,88 \text{ (MeV)} \end{cases}$$

Ví dụ 5: Hạt A có động năng W_A bắn vào một hạt nhân B đứng yên, gây ra phản ứng: $A + B \rightarrow C + D$. Hai hạt sinh ra có cùng độ lớn vận tốc và khối lượng lần lượt là m_C và m_D . Cho biết tổng năng lượng nghỉ của các hạt trước phản ứng nhiều hơn tổng năng lượng nghỉ của các hạt sau phản ứng là ΔE và không sinh ra bức xạ γ . Tính động năng của hạt nhân C.

- A.** $W_C = m_D(W_A + \Delta E)/(m_C + m_D)$.
B. $W_C = (W_A + \Delta E) \cdot (m_C + m_D)/m_C$.
C. $W_C = (W_A + \Delta E) \cdot (m_C + m_D)/m_D$.
D. $W_C = m_C(W_A + \Delta E)/(m_C + m_D)$.

Hướng dẫn: Chọn đáp án D

$$\begin{cases} \frac{W_C}{W_D} = \frac{\frac{m_C v_C^2}{2}}{\frac{m_D v_D^2}{2}} = \frac{m_C}{m_D} \Rightarrow W_C = (W_A + \Delta E) \frac{m_C}{m_C + m_D} \\ W_C + W_D = W_A \end{cases}$$

3) Quan hệ véc tơ vận tốc

Nếu cho $\vec{v}_C = a \cdot \vec{v}_D \cup \vec{v}_C = a \cdot \vec{v}_A$ thay trực tiếp vào định luật bảo toàn động lượng

$$m_A \vec{v}_A = m_C \vec{v}_C + m_D \vec{v}_D \text{ để biểu diễn } \vec{v}_C, \vec{v}_D, \text{ theo } \vec{v}_A \text{ và lưu ý } W = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow \boxed{(mv)^2 = 2mW}.$$

Biểu diễn W_C và W_D theo W_A rồi thay vào công thức: $\Delta E = W_C + W_D - W_A$ và từ đây sẽ giải quyết được 2 bài toán:

- Cho W_A tính ΔE
- Cho ΔE tính W_A

$$\Rightarrow W_O = \frac{m_O v_O^2}{2} = m_O \frac{m_\alpha W_\alpha}{(m_O + m_p)^2} = 17 \cdot \frac{4 \cdot W_\alpha}{(17+1)^2} \frac{17}{81} W_\alpha$$

Câu 110: Bắn hạt α vào hạt nhân nito ^{14}N đứng yên, xảy ra phản ứng tại thành một hạt nhân oxi và một hạt proton. Biết rằng hai hạt sinh ra có vectơ vận tốc như nhau, phản ứng thu năng lượng 1,21 (MeV). Cho khối lượng của các hạt nhân thỏa mãn: $m_O m_\alpha = 0,21(m_O + m_p)^2$ và $m_p m_\alpha = 0,012(m_O + m_p)^2$. Động năng hạt α là

- A.** 1,555 MeV. **B.** 1,656 MeV. **C.** 1,958 MeV **D.** 2,559 MeV.

Hướng dẫn: Chọn đáp án A

$${}^4_2\text{He} + {}^{14}_7\text{N} \rightarrow {}^{17}_8\text{O} + {}^1_1\text{H}; \quad m_\alpha \vec{v}_\alpha = m_O \vec{v}_O + m_p \vec{v}_P + \xrightarrow{v_O=v_P} \vec{v}_O = \vec{v}_P = \frac{m_\alpha \vec{v}_\alpha}{m_O + m_p}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} W_O = \frac{1}{2} m_O v_O^2 = \frac{m_O m_\alpha}{(m_O + m_p)^2} W_\alpha = 0,21 W_\alpha \\ W_P = \frac{1}{2} m_p v_P^2 = \frac{m_p m_\alpha}{(m_O + m_p)^2} W_\alpha = 0,012 W_\alpha \end{cases}$$

Ta có: $\Delta E = W_O + W_P - W_\alpha \Rightarrow W_\alpha \approx 1,555 \text{ (MeV)}$
-1,21 0,21W_α 0,012W_α

4) Phương chuyển động của các hạt

a) Các hạt tham gia có động năng ban đầu không đáng kể

Áp dụng định luật bảo toàn động lượng cho phản ứng: $A + B \rightarrow C + D$. (nếu bỏ qua bức xạ

gama): $m_A \vec{v}_A = m_C \vec{v}_C + m_D \vec{v}_D \Rightarrow \begin{cases} m_C \vec{v}_C = -m_D \vec{v}_D \\ m_C W_C = m_D W_D \end{cases}$

Chúng tỏ hai hạt sinh ra chuyển động theo hai hướng ngược nhau, có tốc độ và động năng tỉ lệ nghịch với khối lượng.

Ví dụ 1: Phản ứng hạt nhân: ${}^1_1\text{H}^2 + {}^1_1\text{H}^3 \rightarrow {}^2_2\text{He}^4 + {}^1_0\text{n}^1$ toả ra năng lượng 17,6 MeV. Giả sử ban đầu động năng các hạt không đáng kể. Coi khối lượng các hạt nhân (theo u) xấp xỉ số khối của nó. Động năng của ${}^1_0\text{n}^1$ là

- A.** 10,56 MeV **B.** 7,04 MeV. **C.** 14,08 MeV. **D.** 3,52 MeV.

Hướng dẫn: Chọn đáp án C

$$\vec{0} = m_\alpha \vec{v}_\alpha + m_n \vec{v}_n \Rightarrow (m_\alpha \vec{v}_\alpha)^2 = (-m_n \vec{v}_n)^2 \Rightarrow m_\alpha W_\alpha = m_n W_n \Rightarrow W_\alpha = 0,25 W_n$$

$$\Delta E = W_{\alpha} + W_n \Rightarrow W_n \approx 14,08 \text{ (MeV)}$$

+17,6 0,25W_n

b) Các hạt chuyển động theo hai phương vuông góc với nhau

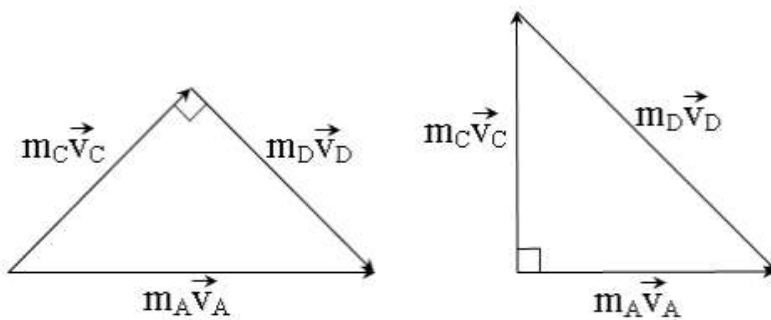
$$W = \frac{1}{2}mv^2 \Leftrightarrow 2mW = m^2v^2 \Rightarrow mv = \sqrt{2mW}$$

$$m_A \vec{v}_A = m_C \vec{v}_C + m_D \vec{v}_D$$

* Nếu $\vec{v}_C \perp \vec{v}_D$ thì $(m_A v_A)^2 = (m_C v_C)^2 + (m_D v_D)^2 \Rightarrow m_A W_A = m_C W_C + m_D W_D$

* Nếu $\vec{v}_C \perp \vec{v}_A$ thì $(m_D v_D)^2 = (m_C v_C)^2 + (m_A v_A)^2 \Rightarrow m_D W_D = m_C W_C + m_A W_A$

Sau đó, kết hợp với phương trình: $\Delta E = W_C + W_D - W_A$



Có thể tìm ra các hệ thức trên bằng cách bình phương vô hướng đẳng thức vectơ:

+ Nếu cho $\vec{v}_C \perp \vec{v}_D$ thì bình phương hai vế $m_A \vec{v}_A = m_C \vec{v}_C + m_D \vec{v}_D$:

$$m_C^2 v_C^2 + m_D^2 v_D^2 + 2.m_C m_D v_C v_D \cos 90^\circ = m_A^2 v_A^2 \Leftrightarrow m_C W_C + m_D W_D = m_A W_A$$

+ Nếu cho $\vec{v}_C \perp \vec{v}_A$ viết lại $m_A \vec{v}_A = m_C \vec{v}_C + m_D \vec{v}_D$ thành $m_A \vec{v}_A - m_C \vec{v}_C = m_D \vec{v}_D$ bình phương

hai vế: $m_A^2 v_A^2 + m_C^2 v_C^2 - 2.m_C m_A v_C v_A \cos 90^\circ = m_D^2 v_D^2 \Leftrightarrow m_A W_A + m_C W_C = m_D W_D$

Ví dụ 1: Hạt nhân α có động năng 5,3 (MeV) bắn phá hạt nhân ${}^9_4\text{Be}$ đứng yên và gây ra phản ứng: ${}^9_4\text{Be} + \alpha \rightarrow n + X$. Hai hạt sinh ra có phương vectơ vận tốc vuông góc với nhau. Cho biết tổng năng lượng nghỉ của các hạt trước phản ứng nhiều hơn tổng năng lượng nghỉ của các hạt sau phản ứng là 5,6791 MeV, khối lượng của các hạt: $m_\alpha = 3,968m_n$; $m_X = 11,8965m_n$. Động năng của hạt X là

- A. 0,92 MeV
B. 0,95 MeV
C. 0,84 MeV
D. 0,75 MeV

Hướng dẫn: Chọn đáp án A

Vì hai hạt sinh ra chuyển động vuông góc với nhau nên:

$$m_n W_n + m_X W_X = m_\alpha W_\alpha$$

$$\begin{cases} m_n W_n + m_x W_x = m_\alpha W_\alpha \\ \Delta E = W_n + W_x - W_\alpha \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} m_n W_n + 11,8965 m_n W_x = 3,968 m_n \cdot 5,3 \\ 5,6791 = W_n + W_x - 5,3 \end{cases}$$

$$\Rightarrow W_x \approx 0,92 (MeV)$$

Ví dụ 2: (ĐH-2010) Dùng một prôtôn có động năng 5,45 MeV bắn vào hạt nhân ${}^9_4\text{Be}$ đang đứng yên. Phản ứng tạo ra hạt nhân X và hạt α . Hạt α bay ra theo phương vuông góc với phương tới của prôtôn và có động năng 4 MeV. Khi tính động năng của các hạt, lấy khối lượng các hạt tính theo đơn vị khối lượng nguyên tử bằng số khối của chúng. Năng lượng tỏa ra trong các phản ứng này bằng

- A.** 4,225 MeV **B.** 1,145 MeV. **C.** 2,125 MeV. **D.** 3,125 MeV.

Hướng dẫn: Chọn đáp án

${}^1_1\text{H} + {}^9_4\text{Be} \rightarrow {}^4_2\alpha + {}^6_3\text{X}$. Hạt α bay ra theo phương vuông góc với phương tới của prôtôn nên:

$$m_H W_H + m_\alpha W_\alpha = m_X W_X \Rightarrow 1 \cdot 5,45 + 4 \cdot 4 = 6 \cdot W_X$$

$$\Rightarrow W_X = 3,575 (MeV)$$

Năng lượng phản ứng:

$$\Delta E = W_\alpha + W_X - W_H - W_{Be} = 4 + 3,575 - 5,45 - 0 = 2,125 (MeV) > 0$$

Kinh nghiệm giải nhanh:

* Nếu $\vec{v}_C \perp \vec{v}_D$ thì $m_C W_C + m_D W_D = m_A W_A$

* Nếu $\vec{v}_C \perp \vec{v}_A$ thì $m_C W_C + m_A W_A = m_D W_D$

Sau đó kết hợp với $\Delta E = W_C + W_D - W_A$

Với mỗi bài toán cụ thể, phải xác định rõ đâu là hạt A, hạt B, hạt C và hạt D

c) Các hạt chuyển động theo hai phương bất kì

* Nếu $\varphi_{CD} = (\vec{v}_C; \vec{v}_D)$ thì $m_C W_C + m_D W_D + 2 \cos \varphi_{CD} \sqrt{m_C W_C} \sqrt{m_D W_D} = m_A W_A$

* Nếu $\varphi_{CA} = (\vec{v}_C; \vec{v}_A)$ thì $m_C W_C + m_A W_A - 2 \cos \varphi_{CA} \sqrt{m_C W_C} \sqrt{m_A W_A} = m_D W_D$

Sau đó, kết hợp với $\Delta E = W_C + W_D - W_A$

Thật vậy:

Áp dụng định luật bảo toàn động lượng:

$$m_C \vec{v}_C + m_D \vec{v}_D = m_A \vec{v}_A \Leftrightarrow m_C \vec{v}_C - m_A \vec{v}_A = m_D \vec{v}_D$$

* Nếu cho $\varphi_{CD} = (\vec{v}_C; \vec{v}_D)$ thì bình phương hai vế $m_C \vec{v}_C + m_D \vec{v}_D = m_A \vec{v}_A$:

$$m_C^2 v_C^2 + m_D^2 v_D^2 + 2m_C m_D v_C v_D \cos \varphi_{CD} = m_A^2 v_A^2$$

$$\Leftrightarrow m_C W_C + m_D W_D + 2\sqrt{m_C W_C m_D W_D} \cos \varphi_{CD} = m_A W_A$$

* Nếu cho $\varphi_{CA} = (\vec{v}_C; \vec{v}_A)$ thì bình phương hai vế $m_A \vec{v}_A - m_C \vec{v}_C = m_D \vec{v}_D$:

$$m_A^2 v_A^2 + m_C^2 v_C^2 + 2m_C m_A v_C v_A \cos \varphi_{CA} = m_D^2 v_D^2$$

$$\Leftrightarrow m_A W_A + m_C W_C - 2\sqrt{m_C W_C m_A W_A} \cos \varphi_{CA} = m_D W_D$$

(Ở trên ta áp dụng $W = \frac{1}{2}mv^2 \Leftrightarrow m^2v^2 = 2mW \Rightarrow mv = \sqrt{2mW}$)

Ví dụ 1: Dùng một proton có động năng 5,58 (MeV) bắn phá hạt nhân ${}_{11}\text{Na}^{23}$ đứng yên sinh ra hạt α và hạt nhân X và không kèm theo bức xạ γ . Biết năng lượng toả ra trong phản ứng chuyển hết thành động năng của các hạt tạo thành, động năng của hạt α là 6,6 (MeV) và động năng hạt X là 2,648 (MeV). Cho khối lượng các hạt tính theo u bằng số khối. Góc tạo bởi hướng chuyển động của hạt α và hướng chuyển động hạt proton là

- A. 147° . B. 148° . C. 150° D. 120°

Hướng dẫn: Chọn đáp án

$$m_p W_p + m_\alpha W_\alpha - 2 \cos \varphi_{p\alpha} \sqrt{m_p W_p m_\alpha W_\alpha} = m_X W_X$$

$$\Rightarrow 1.5,58 + 4.6,6 - 2 \cos \varphi_{p\alpha} \sqrt{1.5,58.4.6,6} = 20.2,648 \Rightarrow \varphi_{p\alpha} \approx 150^\circ$$

Ví dụ 2: Bắn phá một prôtôn vào hạt nhân ${}_{3}\text{Li}^7$ đứng yên. Phản ứng hạt nhân sinh ra hai hạt nhân X giống nhau và có cùng tốc độ. Biết tốc độ của prôtôn bằng 4 lần tốc độ hạt nhân X. Coi khối lượng của các hạt nhân bằng số khối theo đơn vị u. Góc tạo bởi phương chuyển động của hai hạt X là

- A. 60° B. 90° C. 120° D. 150°

Hướng dẫn: Chọn đáp án C

$${}^1_1\text{H} + {}^7_3\text{Li} \rightarrow {}^4_2\text{X} + {}^4_2\text{X} \Rightarrow m_p \vec{v}_p = m_X \vec{v}_{X1} + m_X \vec{v}_{X2}$$

$$\Rightarrow (m_p v_p)^2 = (m_X v_{X1})^2 + (m_X v_{X2})^2 + 2m_X v_{X1} m_X v_{X2} \cos \varphi$$

$$\Rightarrow \frac{(m_p v_p)^2}{2(m_X v_{X1})^2} = 1 + \cos \varphi \Rightarrow \cos \varphi = -\frac{1}{2} \Rightarrow \varphi = 120^\circ$$

Ví dụ 3: Hạt α có động năng 5 MeV bắn vào một hạt nhân ${}^9_4\text{Be}$ đứng yên, gây ra phản ứng tạo thành một hạt C12 và một hạt neutron. Hai hạt sinh ra có vector vận tốc hợp với nhau một góc 80°. Cho biết phản ứng tỏa ra một năng lượng 5,6 MeV. Coi khối lượng của các hạt nhân bằng số khối theo đơn vị u. Động năng của hạt nhân C có thể bằng

- A. 7 MeV B. 0,589 MeV C. 8 MeV D. 2,5 MeV

Hướng dẫn: Chọn đáp án B

Phương trình phản ứng: ${}_2\alpha^4 + {}_4\text{Be}^9 \rightarrow {}_6\text{C}^{12} + {}_0n^1$.

Hai hạt sinh ra có vector vận tốc hợp với nhau một góc 80° nên:

$m_C W_C + m_n W_n + 2 \cos 80^\circ \sqrt{m_C W_C} \sqrt{m_n W_n} = m_\alpha W_\alpha$ kết hợp với $\Delta E = W_C + W_n - W_\alpha$

ta được hệ:
$$\begin{cases} 12.W_C + 1.W_n + 2 \cos 80^\circ \sqrt{12.W_C} \sqrt{1.W_n} = 4.5 \\ 5,6 = W_C + W_n - 5 \Rightarrow W_n = 10,6 - W_C \end{cases}$$

$\Rightarrow 11W_C + 2 \cos 80^\circ \sqrt{12.W_C} \sqrt{10,6 - W_C} = 9,4 \Rightarrow W_C \approx 0,589 (\text{MeV})$

Ví dụ 4: Bắn hạt α có động năng 4 (MeV) vào hạt nhân nitơ ${}^{14}_7\text{N}$ đứng yên, xảy ra phản ứng hạt nhân: $\alpha + {}_7\text{N}^{14} \rightarrow {}_8\text{O}^{17} + p$. Biết động năng của hạt prôtôn là 2,09 (MeV) và hạt prôtôn chuyển động theo hướng hợp với hướng chuyển động của hạt α một góc 60°. Coi khối lượng của các hạt nhân bằng số khối theo đơn vị u. Xác định năng lượng của phản ứng tỏa ra hay thu vào.

- A. Phản ứng tỏa năng lượng 2,1 MeV.
B. Phản ứng thu năng lượng -1,2 MeV.
C. Phản ứng tỏa năng lượng 1,2 MeV.
D. Phản ứng thu năng lượng 2,1 MeV.

Hướng dẫn: Chọn đáp án B

Hạt prôtôn chuyển động theo hướng hợp với hướng chuyển động của hạt α một góc 60° nên

$m_p W_p + m_\alpha W_\alpha - 2 \cos 60^\circ \sqrt{m_p W_p} \sqrt{m_\alpha W_\alpha} = m_O W_O$

$\Rightarrow 1.2,09 + 4.4 - \sqrt{1.2,09.4.4} = 17W_O \Rightarrow W_O \approx 0,72 (\text{MeV})$

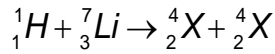
Năng lượng: $\Delta E = W_O + W_p - W_\alpha = 0,72 + 2,09 - 4 \approx -1,2 (\text{MeV})$

Ví dụ 5: Dùng chùm proton bắn phá hạt nhân ${}^7_3\text{Li}$ đang đứng yên tạo ra 2 hạt nhân X giống nhau có cùng động năng là W nhưng bay theo hai hướng hợp với nhau một góc φ và không sinh ra tia gama. Biết tổng năng lượng nghỉ của các hạt trước phản ứng chuyển nhiều hơn tổng

năng lượng nghỉ của các hạt tạo thành là $2W/3$. Coi khối lượng hạt nhân đo bằng đơn vị khối lượng nguyên tử gần bằng số khối của nó thì

- A. $\cos\varphi = -7/8$ B. $\cos\varphi = +7/8$ C. $\cos\varphi = 5/6$ D. $\cos\varphi = -5/6$

Hướng dẫn: Chọn đáp án D



$$\Delta E = 2W_X - W_p \Rightarrow W_p = 2W_X - \Delta E = \frac{4W}{3}$$

$$m_p \vec{v}_p = m_x \vec{v}_{x1} + m_x \vec{v}_{x2} \Rightarrow (m_p v_p)^2 = (m_x v_{x1})^2 + (m_x v_{x2})^2 + 2m_x v_{x1} m_x v_{x2} \cos\varphi$$

$$\Rightarrow m_p W_p = 2m_x W_x + 2m_x W_x \cos\varphi \Rightarrow 1 \cdot \frac{4W}{3} = 2 \cdot 4W + 2 \cdot 4W \cos\varphi \Rightarrow \cos\varphi = -\frac{5}{6}$$

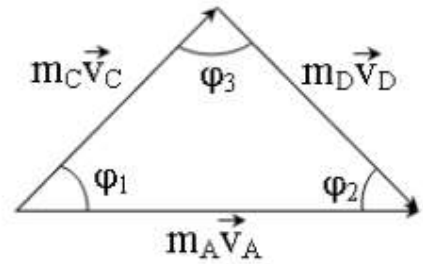
d) Cho biết hai góc hợp phương chuyển động của các hạt

* Chiều $m_C \vec{v}_C + m_D \vec{v}_D = m_A \vec{v}_A$.lên phương của hạt đạn:

$$m_C v_C \cos\varphi_1 + m_D v_D \cos\varphi_2 = m_A v_A$$

* Áp dụng định lí hàm số sin:

$$\frac{m_A v_A}{\sin\varphi_3} = \frac{m_C v_C}{\sin\varphi_2} = \frac{m_D v_D}{\sin\varphi_1} \Rightarrow \frac{\sqrt{m_A W_A}}{\sin\varphi_3} = \frac{\sqrt{m_C W_C}}{\sin\varphi_2} = \frac{\sqrt{m_D W_D}}{\sin\varphi_1}$$



Ví dụ 1: có khối lượng mp có tốc độ vp bắn vào hạt nhân bia đứng yên Li7. Phản ứng tạo ra 2 hạt X giống hệt nhau có khối lượng mx bay ra với vận tốc có độ lớn bằng nhau và hợp với nhau một góc 120° . Tốc độ của các hạt X là

A. $v_x = \sqrt{3}m_p v_p / m_x$ B. $v_x = m_p v_p / (m_x \sqrt{3})$

C. $v_x = m_p v_p / m_x$ D. $v_x = \sqrt{3}m_p v_x / m_p$

Hướng dẫn: Chọn đáp án C

$$m_p \vec{v}_p = m_x \vec{v}_{x1} + m_x \vec{v}_{x2} \xrightarrow{\text{Chiếu lên hướng của } \vec{v}_p}$$

$$m_p v_p = m_x v_x \cos 60^\circ + m_x v_x \cos 60^\circ \Rightarrow v_x = \frac{m_p v_p}{m_x}$$

Ví dụ 2: Hạt neutron có động năng 2 (MeV) bắn vào hạt nhân 6_3Li đứng yên, gây ra phản ứng hạt nhân tạo thành một hạt α và một hạt T. Các hạt α và T bay theo các hướng hợp với hướng tới của hạt neutron những góc tương ứng bằng 15° và 30° . Bỏ qua bức xạ γ . Phản ứng thu hay tỏa năng lượng? (cho tỷ số giữa các khối lượng hạt nhân bằng tỷ số giữa các số khối của chúng)

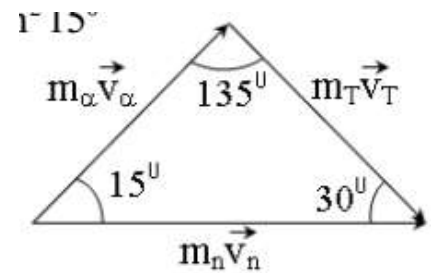
- A. 17,4 (MeV). B. 0,5 (MeV). C. -1,3 (MeV). D. -1,66 (MeV).

Hướng dẫn: Chọn đáp án D

$$\frac{m_\alpha v_\alpha}{\sin 30^\circ} = \frac{m_n v_n}{\sin 45^\circ} = \frac{m_T v_T}{\sin 15^\circ} \Rightarrow \frac{m_\alpha W_\alpha}{\sin^2 30^\circ} = \frac{m_n W_n}{\sin^2 45^\circ} = \frac{m_T W_T}{\sin^2 15^\circ}$$

$$\begin{cases} W_\alpha = 0,25 \text{ (MeV)} \\ W_T \approx 0,09 \text{ (MeV)} \end{cases}$$

$$\Delta E = W_\alpha + W_T - W_n = -1,66 \text{ (MeV)}$$

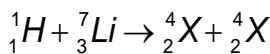


Ví dụ 3: (CĐ - 2011) Bắn một prôtôn vào hạt nhân ${}^7_3\text{Li}$ đứng yên. Phản ứng tạo ra hai hạt nhân X giống nhau bay ra với cùng tốc độ và theo các phương hợp với phương tới của prôtôn các góc bằng nhau là 60° . Lấy khối lượng của mỗi hạt nhân tính theo đơn vị u bằng số khối của nó. Tỉ số giữa tốc độ của prôtôn và tốc độ của hạt nhân X là

- A. 4 B. 0,25 C. 2 D. 0,25

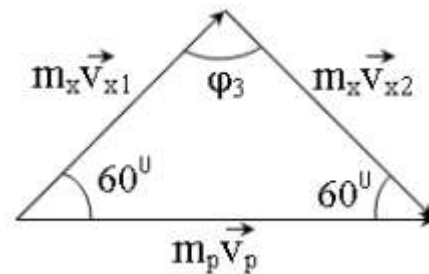
Hướng dẫn: Chọn đáp án A

Phương trình phản ứng hạt nhân:



Từ tam giác đều suy ra

$$m_p v_p = m_x v_x \Rightarrow \frac{v_p}{v_x} = \frac{m_x}{m_p} = 4$$



Ví dụ 4: Dùng chùm proton có động năng 1 (MeV) bắn phá hạt nhân ${}^7_3\text{Li}$ đang đứng yên tạo ra 2 hạt nhân X có bản chất giống nhau và không kèm theo bức xạ γ . Biết hai hạt bay ra đối xứng với nhau qua phương chuyển động của hạt prôtôn và hợp với nhau một góc $170,5^\circ$. Coi khối lượng xấp xỉ bằng số khối. Cho biết phản ứng thu hay tỏa bao nhiêu năng lượng?

- A. Tỏa 16,4 (MeV). B. Thu 0,5 (MeV). C. Thu 0,3 (MeV). D. Tỏa 17,2 (MeV).

Hướng dẫn: Chọn đáp án

$$m_p \vec{v}_p = m_x \vec{v}_{x1} + m_x \vec{v}_{x2} \xrightarrow{\text{Chiếu lên hướng của } \vec{v}_p} m_p v_p = 2m_x v_x \cos 85,25^\circ$$

$$\Rightarrow m_p W_p = 4m_x W_x \cos^2 85,25^\circ \Rightarrow W_x \approx 9,11 \text{ (MeV)}$$

$$\Rightarrow \Delta E = 2W_x - W_p = 17,22 \text{ (MeV)}$$