

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

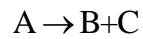
BÀI TOÁN LIÊN QUAN ĐẾN NĂNG LƯỢNG PHÓNG XẠ, NĂNG LƯỢNG PHÂN HẠCH, NĂNG LƯỢNG NHIỆT HẠCH.

Phương pháp giải

Phóng xạ, phân hạch và nhiệt hạch là các phản ứng hạt nhân tỏa năng lượng.

1) Năng lượng phóng xạ

Hạt nhân mẹ A đứng yên phóng xạ thành hai hạt B (hạt nhân con) và C (hạt phóng xạ):



Áp dụng định luật bảo toàn động lượng và định luật bảo toàn năng lượng toàn phần:

$$\begin{cases} \vec{0} = m_C \vec{v}_C + m_B \vec{v}_B \\ m_A c^2 = W_C + W_B + (m_C + m_B) c^2 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} m_C \vec{v}_C = -m_B \vec{v}_B \\ W_C + W_B = \Delta E \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} m_B W_B = m_C W_C \\ W_B + W_C = \Delta E \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} W_C = \frac{m_B}{m_C + m_B} \Delta E \\ W_B = \frac{m_C}{m_C + m_B} \Delta E \end{cases}$$

Nhận xét: Hai hạt sinh ra chuyển động theo hai hướng ngược nhau, có tốc độ và động năng tỉ lệ nghịch với khối lượng.

Nếu bỏ qua bức xạ gamma thì năng lượng tỏa ra chuyển hết thành động năng của các hạt tạo thành.

Ví dụ 1: Hạt nhân A (có khối lượng m_A) đứng yên phóng xạ thành hạt B (có khối lượng m_B) và C (có khối lượng m_C) theo phương trình phóng xạ: $A \rightarrow B+C$. Nếu phản ứng tỏa năng lượng ΔE thì động năng của B là

A. $\Delta E \cdot m_C / (m_B + m_C)$.

B. $\Delta E \cdot m_B / (m_B + m_C)$.

C. $\Delta E \cdot (m_B + m_C) / m_C$.

D. $\Delta E \cdot m_B / m_C$.

Hướng dẫn: Chọn đáp án A

Ta có cách nhớ nhanh: Động năng các hạt sinh ra tỉ lệ nghịch với khối lượng và tổng động năng của chúng bằng ΔE nên: “toàn bộ có $m_B + m_C$ phần trong đó W_B chiếm m_C phần và

W_C chiếm m_B phần”: $W_B = \frac{m_C}{m_B + m_C} \Delta E$

Ví dụ 2(ĐH – 2008): Hạt nhân A đang đứng thì phân rã thành hạt nhân B có khối lượng m_B và hạt α có khối lượng m_α . Tỉ số giữa động năng của hạt nhân B và động năng của hạt α ngay sau khi phân rã bằng

- A. (m_α/m_B) . B. $(m_B/m_\alpha)^2$. C. $(m_\alpha/m_B)^2$. D. m_B/m_α .

Hướng dẫn: Chọn đáp án A

$$A \rightarrow B + \alpha$$

Cách 1: Động năng các hạt sinh ra tỉ lệ nghịch với khối lượng: $\frac{W_B}{W_\alpha} = \frac{m_\alpha}{m_B}$

Cách 2: $\vec{0} = m_B \vec{v}_B + m_\alpha \vec{v}_\alpha \Rightarrow (m_B v_B)^2 = (m_\alpha v_\alpha)^2 \Rightarrow m_B W_B = m_\alpha W_\alpha \Rightarrow \frac{W_B}{W_\alpha} = \frac{m_\alpha}{m_B}$

Ví dụ 3(ĐH – 2011): Một hạt nhân X đứng yên, phóng xạ α và biến thành hạt nhân Y. Gọi m_1 và m_2, v_1 và v_2, K_1 và K_2 tương ứng là khối lượng, tốc độ, động năng của hạt α và hạt nhân Y. Hệ thức nào sau đây là đúng?

- A. $\frac{v_1}{v_2} = \frac{m_1}{m_2} = \frac{K_1}{K_2}$. B. $\frac{v_2}{v_1} = \frac{m_2}{m_1} = \frac{K_2}{K_1}$.
C. $\frac{v_1}{v_2} = \frac{m_2}{m_1} = \frac{K_1}{K_2}$. D. $\frac{v_1}{v_2} = \frac{m_2}{m_1} = \frac{K_2}{K_1}$.

Hướng dẫn: Chọn đáp án C

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 4: Ban đầu hạt nhân ^{210}Po đứng yên phóng xạ α theo phản ứng: $^{210}\text{Po} \rightarrow \alpha + X$. Cho khối lượng của các hạt $m_\alpha = 4,0015\text{u}; m_{\text{Po}} = 209,9828\text{u}; m_X = 205,9744\text{u}; 1\text{uc}^2 = 931(\text{MeV});$

$1\text{MeV} = 1,6 \cdot 10^{-13}\text{J}$. Biết năng lượng tỏa ra trong phản ứng chuyển hết thành động năng của các hạt tạo thành. Động năng của hạt X là

- A. $1,94 \cdot 10^{-14}\text{J}$. B. $1,95 \cdot 10^{-14}\text{J}$. C. $1,96 \cdot 10^{-14}\text{J}$. D. $1,97 \cdot 10^{-14}\text{J}$.

Hướng dẫn: Chọn đáp án C

$$\Delta E = (m_{\text{Po}} - m_\alpha - m_X)c^2 = 6,4239(\text{MeV})$$

Động năng các hạt sinh ra tỉ lệ nghịch với khối lượng và tổng động năng của chúng bằng ΔE nên: “toàn bộ có $m_\alpha + m_X$ phần trong đó W_α chiếm m_X phần và W_X chiếm m_α phần”:

$$W_X = \frac{m_\alpha}{m_\alpha + m_X} \Delta E \approx 1,96 \cdot 10^{-14} (J)$$

Ví dụ 5: Hạt nhân ^{226}Ra đứng yên phóng xạ ra hạt α theo phương trình sau:

$^{226}\text{Ra} \rightarrow \alpha + ^{222}\text{Rn}$. Cho biết tỉ lệ khối lượng của hạt nhân Rn và hạt α là 55,47. Biết năng lượng tỏa ra trong phản ứng chuyển hết thành động năng của các hạt tạo thành. Hỏi bao nhiêu % năng lượng tỏa ra chuyển thành động năng của hạt α .

- A.** 98,22 % **B.** 98,23 % **C.** 98,24 % **D.** 98,25 %.

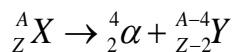
Hướng dẫn: Chọn đáp án B

$$\%W_\alpha = \frac{W_\alpha}{\Delta E} = \frac{m_{Th}}{m_{Th} + m_\alpha} \approx 98,23\%$$

Ví dụ 6 (ĐH – 2012): Một hạt nhân X, ban đầu đứng yên, phóng xạ α và biến thành hạt nhân Y. Biết hạt nhân X có số khối là A, hạt α phát ra tốc độ v. Lấy khối lượng của hạt nhân bằng số khối của nó tính theo đơn vị u. Tốc độ của hạt nhân Y bằng

- A.** $\frac{4v}{A+4}$ **B.** $\frac{2v}{A-4}$ **C.** $\frac{4v}{A-4}$ **D.** $\frac{2v}{A+4}$.

Hướng dẫn: Chọn đáp án C



$$\vec{0} = m_Y \vec{v}_Y + m_\alpha \vec{v}_\alpha \Rightarrow m_Y \vec{v}_Y = -m_\alpha \vec{v}_\alpha \Rightarrow v_Y = \frac{m_\alpha v_\alpha}{m_Y} = \frac{4v}{A-4}$$

Ví dụ 7: Hạt nhân U234 đứng yên phóng xạ ra hạt α theo phương trình: $^{234}\text{U} \rightarrow \alpha + ^{230}\text{Th}$.

Biết năng lượng tỏa ra trong phản ứng là $2,2 \cdot 10^{-12}$ J và chuyển hết thành động năng của các hạt tạo thành. Cho khối lượng các hạt: $m_\alpha = 4,0015u$, $m_{Th} = 229,9737u$, $1u = 1,6605 \cdot 10^{-27} \text{kg}$. Tốc độ của hạt anpha là:

- A.** $0,256 \cdot 10^8 \text{m/s}$ **B.** $0,255 \cdot 10^8 \text{m/s}$. **C.** 0,084 m/s. **D.** $0,257 \cdot 10^8 \text{m/s}$

Hướng dẫn: Chọn đáp án B

$$W_\alpha = \frac{m_{Th}}{m_{Th} + m_\alpha} \Delta E = \frac{229,9737}{229,9737 + 4,0015} \cdot 2,2 \cdot 10^{-12} \approx 2,1624 \cdot 10^{-12} (J)$$

$$\Rightarrow v_\alpha = \sqrt{\frac{2W_\alpha}{m_\alpha}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2,1624 \cdot 10^{-12}}{4,0015 \cdot 1,6605 \cdot 10^{-27}}} \approx 0,255 \cdot 10^8 (m/s)$$

Chú ý: Để tính năng lượng do 1 phân rã tạo ra có thể làm theo 1 trong các cách sau:

$$* \Delta E = (m_A - m_B - m_C)c^2 = (\Delta m_B + \Delta m_C - \Delta m_A)c^2 = W_{kB} + W_{kC} - W_{kA}$$

$$* \Delta E = W_B + W_C \text{ với } m_B W_B = m_C W_C$$

Ví dụ 8(CĐ – 2010): Pôlôni ${}_{84}^{210}\text{Po}$ phóng xạ α và biến đổi thành chì Pb. Biết khối lượng các hạt nhân Po; α ; Pb lần lượt là: 209,937303 u; 4,001506 u; 205,929442 u và $1 \text{ u} = 931,5 \text{ MeV}/c^2$.

Năng lượng tỏa ra khi một hạt nhân pôlôni phân rã xấp xỉ bằng

- A. 5,92 MeV. B. 2,96 MeV. C. 29,60 MeV. D. 59,20 MeV.

Hướng dẫn: Chọn đáp án A

$$\Delta E = (m_{Po} - m_{\alpha} - m_X)c^2 = 5,92(\text{MeV})$$

Ví dụ 9: Hạt nhân ${}^{234}\text{U}$ đứng yên phóng xạ ra hạt α theo phương trình sau: ${}^{234}\text{U} \rightarrow \alpha + {}^{230}\text{Th}$. Cho biết tỉ lệ khối lượng của hạt nhân Th và hạt α là 57,47. Biết năng lượng tỏa ra trong phản ứng chuyển hết thành động năng của các hạt tạo thành. Động năng của hạt α là 4 MeV. Tính năng lượng phản ứng tỏa ra.

- A. 4,06 MeV. B. 4,07 MeV. C. 4,04 MeV. D. 4,08 MeV.

Hướng dẫn: Chọn đáp án B

$$\Delta E = W_{\alpha} + W_{Th} \xrightarrow{m_{\alpha}W_{\alpha} = m_{Th}W_{Th}} \Delta E = W_{\alpha} + \frac{m_{\alpha}}{m_{Th}}W_{\alpha} = 4 + \frac{1}{57,47} \cdot 4 \approx 4,07(\text{MeV})$$

Ví dụ 10: Hạt nhân ${}^{226}\text{Ra}$ đứng yên phóng ra một hạt α và biến đổi thành hạt nhân X. Động năng của hạt α phóng ra bằng 4,8 MeV. Coi tỉ lệ khối lượng xấp xỉ bằng tỉ số của số khối. Năng lượng một phân rã tỏa ra là

- A. 4,886 MeV. B. 4,885 MeV. C. 4,884 MeV. D. 0 MeV.

Hướng dẫn: Chọn đáp án A

$$\Delta E = W_{\alpha} + W_{Rn} = W_{\alpha} + \frac{m_{\alpha}}{m_{Th}}W_{\alpha} = 4,886(\text{MeV})$$

Chú ý: Nếu năng lượng do 1 phân rã tạo là ΔE thì năng lượng do N phân rã tạo ra là $Q = N\Delta E$.

Số phân rã luôn bằng số hạt nhân mẹ bị phân rã:

$$\left[\begin{array}{l} N = \frac{m}{A_{me}} N_A \\ N = \frac{H}{\lambda} = \frac{HT}{\ln 2} \end{array} \right.$$

Ví dụ 11: Pôlôni ${}_{84}^{210}\text{Po}$ phóng xạ α và biến đổi thành chì Pb. Mỗi phân rã tỏa ra 6,3 MeV. Biết số Avôgađrô $6,02 \cdot 10^{23}/\text{mol}$, khối lượng mol của ${}_{84}^{210}\text{Po}$ là 210 g/mol, $1 \text{ MeV} = 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ J}$. Ban đầu có 1 g nguyên chất, sau khi phân rã hết năng lượng tỏa ra là

- A.** $1,81 \cdot 10^{20} \text{ MeV}$. **B.** $28,896 \cdot 10^9 \text{ J}$. **C.** $28,896 \cdot 10^8 \text{ J}$. **D.** $1,81 \cdot 10^{21} \text{ MeV}$.

Hướng dẫn: Chọn đáp án C

$$Q = N\Delta E = \frac{m}{A_{me}} N_A \cdot \Delta E = \frac{1}{210} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 6,3 \cdot 1,6 \cdot 10^{-13} = 28,896 \cdot 10^8 \text{ (J)}$$

Ví dụ 12: Hạt nhân ${}^{226}\text{Ra}$ đứng yên phóng ra một hạt α và biến đổi thành hạt nhân X. Tốc độ của hạt α phóng ra bằng $1,51 \cdot 10^7 \text{ m/s}$. Coi tỉ lệ khối lượng xấp xỉ bằng tỉ số của số khối. Biết số Avôgađrô $6,02 \cdot 10^{23}/\text{mol}$, khối lượng mol của Ra226 là 226 g/mol và khối lượng của hạt α là 4,0015u, $1\text{u} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$. Khi phân rã hết 0,1 μg Ra226 nguyên chất năng lượng tỏa ra là

- A.** 100 J. **B.** 120 J. **C.** 205 J. **D.** 87 J.

Hướng dẫn: Chọn đáp án C

$$\Delta E = W_\alpha + W_{Rn} = W_\alpha + \frac{m_\alpha}{m_{Rn}} W_\alpha \xrightarrow{W_\alpha = \frac{m_\alpha v_\alpha^2}{2}}$$
$$\Delta E = \left(1 + \frac{4}{222}\right) \frac{4,0015 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \cdot (1,51 \cdot 10^7)^2}{2} \approx 7,71 \cdot 10^{-13} \text{ (J)}$$

$$Q = N\Delta E = \frac{m}{A_{me}} N_A \Delta E = \frac{10^{-7}}{226} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 7,71 \cdot 10^{-13} \approx 205 \text{ (J)}$$

Ví dụ 13: Pôlôni ${}_{84}^{210}\text{Po}$ là chất phóng xạ α thành hạt nhân chì ${}^{206}\text{Pb}$ với chu kì bán rã là 138 (ngày). Độ phóng xạ ban đầu của một lượng chất phóng xạ $1,5 \cdot 10^{11} \text{ (Bq)}$. Cho khối lượng: $m_\alpha = 4,0015\text{u}$; $m_{\text{Po}} = 209,9828\text{u}$; $m_{\text{Pb}} = 205,9744\text{u}$, $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$; $1\text{uc}^2 = 931 \text{ (MeV)}$. Tìm năng lượng tỏa ra khi lượng chất trên phân rã hết.

- A.** $1,844 \cdot 10^{19} \text{ (MeV)}$ **B.** $6,42 \text{ (MeV)}$
C. $1,845 \cdot 10^{19} \text{ (MeV)}$ **D.** $1,66 \cdot 10^{19} \text{ (MeV)}$

Hướng dẫn: Chọn đáp án D

$$\Delta E = (m_{\text{Po}} - m_\alpha - m_{\text{Pb}}) c^2 \approx 6,4239 \text{ (MeV)}$$

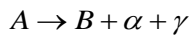
$$Q = N\Delta E = \frac{HT}{\ln 2} \Delta E = \frac{1,5 \cdot 10^{11} \cdot 138,86400}{\ln 2} \cdot 6,4239 \approx 1,66 \cdot 10^{19} \text{ (MeV)}$$

Chú ý: Trong phóng xạ alpha nếu viết phương trình phóng xạ: $A \rightarrow B + \alpha$ thì động năng của

$$\text{hạt } \alpha \text{ là } W_{\alpha} = \frac{m_B}{m_B + m_{\alpha}} \Delta E.$$

Thực tế, đo được động năng của hạt α là $W'_{\alpha} < W_{\alpha}$! Tại sao vậy?

Điều này được giải thích là trong phóng xạ alpha còn có cả bức xạ gama:



Do đó, năng lượng của bức xạ gama: $\varepsilon = W_{\alpha} - W'_{\alpha}$ với $\varepsilon = hf = \frac{hc}{\lambda}$.

Ví dụ 14: Radon ${}_{86}\text{Rn}^{222}$ là chất phóng xạ α và chuyển thành hạt nhân X. Biết rằng sự phóng xạ này tỏa ra năng lượng 12,5 (MeV) dưới dạng động năng của hai hạt sinh ra. Cho biết tỉ lệ khối lượng của hạt nhân X và hạt α là 54,5. Trong thực tế người ta đo được động năng của hạt α là 11,74 MeV. Sự sai lệch kết quả tính toán và kết quả đo được giải thích là do có phát ra bức xạ γ . Tính năng lượng của bức xạ γ .

- A.** 0,51 (MeV). **B.** 0,52 (MeV). **C.** 0,53 (MeV). **D.** 0,54 (MeV).

Hướng dẫn: Chọn đáp án C

$$\varepsilon = W_{\alpha} - W'_{\alpha} = \frac{m_{Th}}{m_{Th} + m_{\alpha}} \Delta E - W'_{\alpha} = \frac{54,5}{55,5} 12,5 - 11,74 = 0,53 \text{ (MeV)}$$

Chú ý: Khi cho chùm tia phóng xạ chuyển động vào trong từ trường đều thì cần phân biệt các trường hợp sau:

1) Trường hợp $\vec{v}_0 \perp \vec{B}$

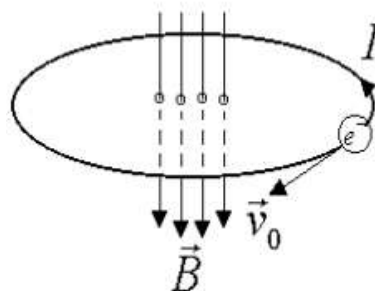
+ Lực Loren tác dụng lên hạt phóng xạ (α, β), có phương luôn luôn vuông góc với phương của vận tốc, vì vậy hạt chuyển động tròn đều với bán kính quỹ đạo R .

+ Lực Loren tác dụng lên (có độ lớn $F_L = qv_0B$) đóng vai trò là lực hướng tâm (có độ lớn

$$F_{ht} = \frac{mv_0^2}{R}), \text{ tức là } qv_0B = \frac{mv_0^2}{R}.$$

- Bán kính quỹ đạo: $R = \frac{mv_0}{qB}$

- Tần số góc: $\omega = \frac{v_0}{R} = \frac{qB}{m}$



- Chu kỳ quay: $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi m}{qB}$

- Chiều quay được xác định bởi quy tắc bàn tay trái.

2) Trường hợp véc tơ vận tốc hợp với véc tơ cảm ứng từ một góc $\varphi \neq 90^\circ$:

+ Ta phân tích: $\vec{v}_0 = \vec{v}_t + \vec{v}_n$ ($\vec{v}_t // \vec{B}$, $\vec{v}_n \perp \vec{B}$) $\Rightarrow \begin{cases} v_t = v_0 \cos \varphi \\ v_n = v_0 \sin \varphi \end{cases}$

+ Thành phần \vec{v}_n gây ra chuyển động tròn, Lực Loren tác dụng lên hạt (có độ lớn $F_L = qv_n B$)

đóng vai trò là lực hướng tâm (có độ lớn $F_{ht} = \frac{mv_n^2}{R}$), tức là: $qv_n B = \frac{mv_n^2}{R}$

+ Bán kính: $R = \frac{mv_n}{qB} = \frac{mv_0 \sin \varphi}{qB}$

+ Tần số góc: $\omega = \frac{v_n}{R} = \frac{qB \sin \varphi}{m}$

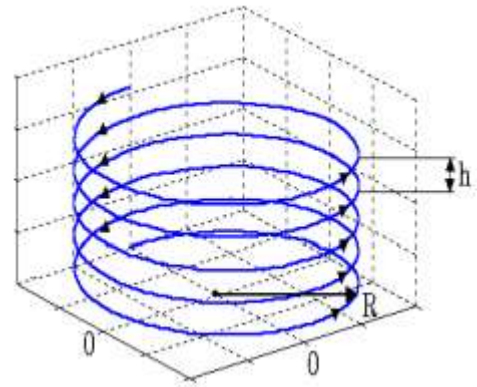
+ Thời gian cần thiết để hạt chuyển động

hết 1 vòng tròn là: $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi m}{qB \sin \varphi}$

+ Thành phần \vec{v}_t gây ra chuyển động quán tính theo phương song song với \vec{B} . Trong thời gian T , chuyển

động tròn đi hết 1 vòng thì đồng thời nó cũng tiến được theo phương song song với \vec{B} một đoạn – gọi là bước ốc: $h = v_t T$.

+ Hạt tham gia đồng thời hai chuyển động: chuyển động tròn do \vec{v}_n gây ra và chuyển động quán tính theo phương song song với \vec{B} do \vec{v}_t gây ra. Vậy chuyển động của hạt là sự tổng hợp của hai chuyển động nói trên, kết quả là nó chuyển động theo đường đing ốc, với bán kính và bước ốc lần lượt là R và h .



Ví dụ 15: Hạt α có khối lượng $4,0015u$, điện tích $3,2 \cdot 10^{-19}$ chuyển động vào trong một môi trường đều có cảm ứng 10^{-2} (T) vuông góc với tốc độ 10^6 (m/s), coi $1u = 1,66 \cdot 10^{-27}$ (kg).

Bán kính quỹ đạo là

A. 2,1 m

B. 2,0 m

C. 3,2 m

D. 3,3 m

Hướng dẫn: Chọn đáp án A

$$F_L = F_{ht} \Rightarrow qvB = \frac{mv^2}{R} \Rightarrow R = \frac{mv}{qB} = \frac{4,0015 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \cdot 10^6}{3,2 \cdot 10^{-19} \cdot 10^{-2}} \approx 2,1(m)$$

Ví dụ 16: Có 3 hạt mang động năng bằng nhau là: hạt proton, hạt đơteri, và hạt α , cùng đi vào một từ trường đều và đều chuyển động tròn đều trong từ trường. Gọi bán kính quỹ đạo của quỹ đạo của chúng lần lượt là: R_H, R_D, R_α

- A.** $R_H < R_\alpha < R_D$ **B.** $R_H = R_\alpha < R_D$ **C.** $R_\alpha < R_H < R_D$ **D.** $R_H < R_D = R_\alpha$

Hướng dẫn: Chọn đáp án C

$$qvB = \frac{mv^2}{R} \Rightarrow R = \frac{\sqrt{2m \frac{mv^2}{2}}}{qB} = \frac{\sqrt{2W}}{B} \cdot \sqrt{\frac{m}{q^2}}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} R_\alpha = \frac{\sqrt{2W}}{B} \cdot \sqrt{\frac{m_\alpha}{4} \cdot \frac{1}{e^2}} \\ R_H = \frac{\sqrt{2W}}{B} \cdot \sqrt{m_H \cdot \frac{1}{e^2}} \\ R_D = \frac{\sqrt{2W}}{B} \cdot \sqrt{m_D \cdot \frac{1}{e^2}} \end{cases} \xrightarrow{\frac{m_\alpha < m_H < m_D}{4}} R_\alpha < R_H < R_D$$

2) Năng lượng phân hạch

Năng lượng toàn phần do 1 phân hạch: $\Delta E = (\sum m_t - \sum m_s) c^2 > 0$

Năng lượng toàn phần do N phân hạch: $Q = N\Delta E$

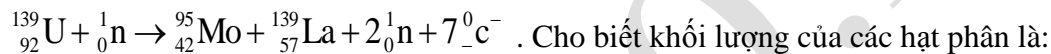
Đối với trường hợp phân hạch U235, số phân hạch bằng số hạt U235

$$N = \frac{m(\text{kg})}{0,235} N_A \text{ nên } Q = \frac{m(\text{kg})}{0,235(\text{kg})} N_A \Delta E$$

Nếu hiệu suất của quá trình sử dụng năng lượng là H thì năng lượng có ích và công suất có ích và công suất có ích lần lượt là:

$$\begin{cases} A_t = HQ = H \frac{m(\text{kg})}{0,235(\text{kg})} N_A \Delta E \\ P_t = \frac{A_t}{t} \end{cases}$$

Ví dụ 1: Phản ứng phân hạch của Urani 235 là:



$$m_{\text{U}} = 234,99\text{u}; m_{\text{Mo}} = 94,88\text{u}; m_{\text{La}} = 138,87\text{u}; m_{\text{n}} = 1,01\text{u}, m_{\text{c}} \approx 0 \text{ và } 1\text{uc}^2 = 931\text{MeV}$$

Năng lượng một phân hạch tỏa ra là

- A.** 216,4 (MeV) **B.** 227,14 (MeV) **C.** 214,13 (MeV) **D.** 227,18 (MeV)

Hướng dẫn: Chọn đáp án C

$$\Delta E = (\sum m_t - \sum m_s) c^2 = 214,13(\text{MeV})$$

Ví dụ 2: Trong phản ứng phân hạch hạt nhân ${}^{235}\text{U}$, năng lượng trung bình tỏa ra khi phân chia một hạt nhân là 214 (MeV). Tính năng lượng tỏa ra trong quá trình phân hạch 1 (g) hạt nhân

${}^{235}\text{U}$ trong lò phản ứng. Cho biết số Avôgađrô $N_A = 6,023 \cdot 10^{23}$. $1 \text{ MeV} = 1,6 \cdot 10^{-13} (\text{J})$

- A.** $8,8 \cdot 10^4 (\text{J})$ **B.** $8,7 \cdot 10^{10} (\text{J})$ **C.** $8,8 \cdot 10^{10} (\text{J})$ **D.** $5,5 \cdot 10^{10} (\text{J})$

Hướng dẫn: Chọn đáp án C

$$Q = N\Delta E = \frac{m(\text{kg})}{0,235(\text{kg})} N_A \Delta E = \frac{0,001(\text{kg})}{0,235(\text{kg})} \cdot 6,023 \cdot 10^{23} \cdot 214 \cdot 1,6 \cdot 10^{-13} \approx 8,8 \cdot 10^{10} (\text{J})$$

Ví dụ 3: Trong phản phân hạch ứng hạt nhân ${}^{235}\text{U}$, năng lượng trung bình tỏa ra khi phân chia một hạt nhân là 200 (MeV). Nếu 40% năng lượng này biến thành điện năng thì điện năng bằng bao nhiêu (KWh) khi phân hạch hết 500 (kg) ${}^{235}\text{U}$. Cho biết số Avôgađrô $N_A = 6,023 \cdot 10^{23}$.

- A.** $4,55 \cdot 10^9$ (kWh) **B.** $4,54 \cdot 10^9$ (kWh) **C.** $4,56 \cdot 10^9$ (kWh) **D.** $4,53 \cdot 10^9$ (kWh)

Hướng dẫn: Chọn đáp án C

$$A_1 = HQ = H \frac{m(kg)}{0,235(kg)} N_A \Delta E$$

$$A_1 = 0,4 \cdot \frac{500}{0,235} \cdot 6,023 \cdot 10^{23} \cdot 200 \cdot 1,6 \cdot 10^{-13} \times \frac{1kWh}{36 \cdot 10^5} \approx 4,56 \cdot 10^9 (kWh)$$

Ví dụ 4: Một nhà máy điện hạt nhân dùng năng lượng phân hạch của hạt nhân ^{235}U với hiệu suất 30%. Trung bình mỗi hạt ^{235}U phân hạch tỏa ra năng lượng 200 MeV. Trong 365 ngày hoạt động nhà máy tiêu thụ một khối lượng ^{235}U nguyên chất là 2461. Trong 365 ngày hoạt động nhà máy tiêu thụ một khối lượng ^{235}U nguyên chất là 2461 kg. Cho biết số Avôgađrô $N_A = 6,023 \cdot 10^{23}$. Tính công suất phát điện.

- A.** 1919 MW **B.** 1920 MW. **C.** 1921 MW. **D.** 1922 MW.

Hướng dẫn: Chọn đáp án B

$$P_t = \frac{A_t}{t} = \frac{1}{t} H \frac{m(kg)}{0,235(kg)} N_A \Delta E$$

$$P_t = \frac{1}{365 \cdot 86400} \cdot 0,3 \cdot \frac{2461}{0,235} \cdot 6,023 \cdot 10^{23} \cdot 200 \cdot 1,6 \cdot 10^{-13} \approx 1920 \cdot 10^6 (W)$$

Ví dụ 5: Một tàu ngầm có công suất 160 KW, dùng năng lượng phân hạch của hạt nhân ^{235}U với hiệu suất 20%. Trung bình mỗi hạt ^{235}U phân hạch tỏa ra năng lượng 200 MeV. Hỏi sau bao lâu tiêu thụ hết 0,5 kg ^{235}U nguyên chất? Coi $N_A = 6,023 \cdot 10^{23}$

- A.** 592 ngày **B.** 593 ngày **C.** 594 ngày **D.** 595 ngày

Hướng dẫn: Chọn đáp án B

$$\text{Từ } P_t = \frac{A_t}{t} = \frac{1}{t} H \frac{m(kg)}{0,235(kg)} N_A \Delta E \Rightarrow t = \frac{H \frac{m(kg)}{0,235(kg)} N_A \Delta E}{P_t}$$

$$\Rightarrow t = \frac{0,2 \cdot \frac{0,5(kg)}{0,235(kg)} \cdot 6,023 \cdot 10^{23} \cdot 200 \cdot 1,6 \cdot 10^{-13}}{160 \cdot 10^3} \times \frac{1 \text{ day}}{86400} \approx 593 (\text{ngày})$$

Ví dụ 6: Một nhà máy điện hạt nhân có công suất phát điện P, dùng năng lượng phân hạch của hạt nhân U235 với hiệu suất H. Trung bình mỗi hạt U235 phân hạch tỏa ra năng lượng ΔE . Hỏi sau thời gian t hoạt động nhà máy tiêu thụ số nguyên tử U235 nguyên chất là bao nhiêu.

- A.** (P.t)/(H.ΔE) **B.** (H.ΔE)/(P.t) **C.** (P.H)/(ΔE.t) **D.** (P.t.H)/(ΔE)

Hướng dẫn: Chọn đáp án A

$$\begin{cases} \text{Năng lượng có ích: } A_i = Pt \\ \text{Năng lượng có ích 1 phân hạch: } Q_1 = H \cdot \Delta E \end{cases} \Rightarrow N = \frac{A_i}{Q_1} = \frac{Pt}{H \cdot \Delta E}$$

Ví dụ 7: Một nhà máy điện hạt nhân có công suất phát điện P (W), dùng năng lượng phân hạch của hạt nhân ^{235}U với hiệu suất H. Trung bình mỗi hạt ^{235}U phân hạch tỏa ra năng lượng ΔE (J). Hỏi sau thời gian t (s) hoạt động nhà máy tiêu thụ số bao nhiêu kg ^{235}U nguyên chất.

Gọi N_A là số Avôgadrô

- A.** (P.t.0,235)/(H.ΔE.N_A) **B.** (H.ΔE.235)/(P.t.N_A)
C. (P.H.235)/(ΔE.t.N_A) **D.** (P.t.235)/(H.ΔE.N_A)

Hướng dẫn: Chọn đáp án A

$$\begin{cases} \text{Năng lượng có ích: } A_i = Pt \\ \text{Năng lượng có ích 1 phân hạch: } Q_1 = H \cdot \Delta E \end{cases} \Rightarrow N = \frac{A_i}{Q_1} = \frac{Pt}{H \cdot \Delta E}$$

Số kg U cần phân hạch: $m = \frac{N}{N_A} \cdot 0,235 = \frac{Pt \cdot 0,235}{N_A \cdot H \cdot \Delta E}$

Ví dụ 8: Một nhà máy điện nguyên tử có công suất phát điện $182 \cdot 10^7$ (W), dùng năng lượng phân hạch của hạt nhân ^{235}U với hiệu suất 30%. Trung bình mỗi hạt ^{235}U phân hạch tỏa ra năng lượng (MeV). Hỏi trong 365 ngày hoạt động nhà máy tiêu thụ một khối ^{235}U nguyên chất là bao nhiêu. Số Avogadro là 6,023.1023

- A.** 2333 kg **B.** 2461 kg **C.** 2362 kg **D.** 2263 kg

Hướng dẫn: Chọn đáp án A

Năng lượng có ích: $A_i = Pt$

Năng lượng có ích 1 phân hạch: $Q_1 = H \cdot \Delta E$

Số hạt cần phân hạch: $N = \frac{A_i}{Q_1} = \frac{Pt}{H \cdot \Delta E}$

Khối lượng ^{235}U cần phân hạch:

$$m = \frac{N}{N_A} \cdot 0,235 = \frac{Pt \cdot 0,235}{N_A \cdot H \cdot \Delta E} \approx 2333(\text{kg})$$

Ví dụ 9: Một nhà máy điện hạt nhân có công suất phát điện 1920 (MW), dùng năng lượng phân hạch của hạt nhân ^{235}U với hiệu suất 30%. Trung bình mỗi hạt ^{235}U phân hạch tỏa ra năng

lượng $3,2 \cdot 10^{-11}$ (J). Nhiên liệu dùng là hợp kim chứa ^{235}U đã làm giàu 36%. Hỏi trong 365 ngày hoạt động nhà máy tiêu thụ một khối lượng nhiên liệu là bao nhiêu, Coi $N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$

- A. 6,9 (tấn) B. 6,6 (tấn) C. 6,8 (tấn) D. 6,7 (tấn)

Hướng dẫn: Chọn đáp án C

Khối lượng ^{235}U cần phân hạch: $m = \frac{Pt \cdot 0,235}{N_A \cdot H \cdot \Delta E} \approx 2461$ (kg)

Khối lượng nhiên liệu cần phân hạch: $2461 \frac{100}{36} \approx 6,8 \cdot 10^3$ (kg)

hoc360.net

3) Năng lượng nhiệt hạch

a) Năng lượng phản ứng nhiệt hạch

Năng lượng toàn phần do 1 phản ứng: $\Delta E = (\sum m_t - \sum m_s) c^2 > 0$

Năng lượng toàn phần do N phản ứng: $Q = N \Delta E$

Nếu cứ 1 phản ứng có k hạt X thì số phản ứng: $N = \frac{N_X}{k} = \frac{1}{k} \frac{m_X}{A_X} N_A$

Nước trong tự nhiên chứa 0,015% nước nặng D_2O , số hạt D có trong m = VD khối lượng nước tự nhiên:

$$N_D = 2N_{D_2O} = 2 \frac{m_{D_2O}}{20} N_A = 2 \frac{m \cdot 0,015\%}{20} N_A = 2 \frac{VD \cdot 0,015\%}{20} N_A$$

Ví dụ 1: Tính năng lượng được giải phóng khi tổng hợp hai hạt nhân đơteri thành một hạt α trong phản ứng nhiệt hạch? Cho biết khối lượng của các hạt: $m_D = 2,01402u; m_\alpha = 4,0015u; 1uc^2 = 931(MeV)$.

- A. 26,4 (MeV). B. 27,4 (MeV). C. 24,7 (MeV). D. 27,8 (MeV)

Hướng dẫn: Chọn đáp án C

$${}_1^2D + {}_1^2D \rightarrow {}_2^4He \Rightarrow Q = (2m_D - m_{He}) c^2 = 24,7 (MeV)$$

Ví dụ 2 (CD – 2010): Cho phản ứng ${}_1^3H + {}_1^2H \rightarrow {}_2^4He + {}_1^1n + 17,6MeV$. Lấy số Avogadro $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$, $1MeV = 1,6 \cdot 10^{-13} J$. Năng lượng tỏa ra khi tổng hợp được 1 g khi heli xấp xỉ bằng

- A. $4,24 \cdot 10^8 J$ B. $4,24 \cdot 10^5 J$ C. $5,03 \cdot 10^{11} J$ D. $4,24 \cdot 10^{11} J$

Hướng dẫn: Chọn đáp án D

Số phản ứng bằng số hạt He: $N = N_{He} = \frac{m_{He}}{A_{He}} N_A = \frac{1}{4} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 1,505 \cdot 10^{23}$

$$Q = N \cdot \Delta E = 1,505 \cdot 10^{23} \cdot 17,6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-13} \approx 4,24 \cdot 10^{11} (J)$$

Ví dụ 3: Cho phản ứng hạt nhân $D + D \rightarrow T + p + 5,8 \cdot 10^{-13} (J)$. Nước trong tự nhiên chứa 0,015 % nước nặng D_2O . Cho biết khối lượng mol của D_2O bằng 20 g/mol số Avôđrô $N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$. Nếu dùng toàn bộ D có trong 1 kg nước để làm nhiên liệu cho phản ứng trên thì năng lượng thu được là:

- A. $2,6 \cdot 10^9$ (J) B. $2,7 \cdot 10^9$ (J) C. $2,5 \cdot 10^9$ (J) D. $5,2 \cdot 10^9$ (J)

Hướng dẫn: Chọn đáp án A

Số phản ứng bằng một nửa số hạt D:

$$N = \frac{1}{2} N_D = \frac{1}{2} \cdot 2N_{D_2O} = \frac{m_{D_2O}}{20} \cdot N_A = \frac{10^3 (g) \cdot 0,015\%}{20} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 4,51 \cdot 10^{21}$$

$$Q = N\Delta E = 4,51 \cdot 10^{21} \cdot 5,8 \cdot 10^{-13} \approx 2,6 \cdot 10^9 \text{ (J)}$$

b) Bức xạ năng lượng của Mặt Trời, các sao

Nếu trong thời gian t , khối lượng Mặt Trời giảm do bức xạ là m thì năng lượng bức xạ

toàn phần và công suất bức xạ toàn phần lần lượt là
$$\begin{cases} E = mc^2 \\ p = \frac{E}{t} = \frac{mc^2}{t} \Rightarrow m = \frac{Pt}{c^2} \end{cases}$$

Phần trăm khối lượng bị giảm sau thời gian t là: $h = \frac{m}{M}$, với M là khối lượng của Mặt

Trời.

Ví dụ 1 (ĐH – 2007): Do sự phát bức xạ nên mỗi ngày (86400 s) khối lượng Mặt Trời giảm một lượng $3,744 \cdot 10^{14}$ kg. Biết tốc độ ánh sáng trong chân không là $3 \cdot 10^8$ m/s. Công suất bức xạ (phát xạ) trung bình của mặt trời bằng.

- A. $3,9 \cdot 10^{20}$ MW B. $4,9 \cdot 10^{40}$ MW C. $5,9 \cdot 10^{10}$ MW D. $3,9 \cdot 10^{15}$ MW

Hướng dẫn: Chọn đáp án A

$$P = \frac{E}{t} = \frac{mc^2}{t} = 3,9 \cdot 10^{26} \text{ (W)}$$

Ví dụ 2: Mặt trời có khối lượng $2 \cdot 10^{30}$ (kg) và công suất bức xạ $3,8 \cdot 10^{26}$ (W). Nếu công suất bức xạ không đổi thì sau 1 tỉ năm nữa, phần khối lượng giảm đi bao nhiêu phần trăm của khối lượng hiện nay. Xem 1 năm có 365, 2422 ngày và tốc độ ánh sáng trong chân không $3 \cdot 10^8$ m/s

- A. 0,005% B. 0,006% C. 0,007% D. 0,008%

Hướng dẫn: Chọn đáp án C

$$h = \frac{m}{M} = \frac{Pt}{Mc^2} = \frac{3,8 \cdot 10^{26} \cdot 10^9 \cdot 365,2422 \cdot 86400}{2 \cdot 10^{30} \cdot 9 \cdot 10^{16}} \approx 0,007\%$$

Ví dụ 26: Mặt trời có khối lượng $2 \cdot 10^{30}$ (kg) và công suất bức xạ $3,9 \cdot 10^{26}$ (W). Nếu công suất bức xạ không đổi thì sau bao lâu khối lượng giảm đi 0,01%? Xem 1 năm có 365,2422 ngày

- A. 0,85 tỉ năm B. 1,46 tỉ năm C. 1,54 tỉ năm D. 2,12 tỉ năm

Hướng dẫn: Chọn đáp án C

$$\frac{0,01}{100} = h = \frac{Pt}{mc^2} \Rightarrow t = \frac{10^{-4} \cdot 2 \cdot 10^{30} \cdot 9 \cdot 10^{16}}{3,9 \cdot 10^{26}} (\text{s}) \times \frac{1(\text{year})}{365,2422 \cdot 86400} \approx 1,46 \cdot 10^9 (\text{năm})$$

Ví dụ 7: Mặt trời có công suất bức xạ toàn phần $3,8 \cdot 10^{26}$ (W). Giả thiết sau mỗi giây trên Mặt Trời có 200 (triệu tấn) Heli được tạo ra do kết quả của chu trình carbon – nitơ: $4({}_1\text{H}^1) \rightarrow {}_2\text{He}^4 + 2e^+$. Chu trình này đóng góp bao nhiêu phần trăm vào công suất bức xạ của Mặt Trời. Biết mỗi chu trình tỏa ra năng lượng 26,8 MeV.

A. 32 %.

B. 33 %.

C. 34 %.

D. 35 %.

Hướng dẫn: Chọn đáp án C

Trong một giây, số hạt nhân Heli tạo thành là:

$$N = \frac{200 \cdot 10^6 \cdot 10^6 (g)}{4} \cdot 6,023 \cdot 10^{23} = 3,0115 \cdot 10^{37}$$

Trong một giây chu trình đó bức xạ ra một năng lượng là:

$$Q_1 = N \cdot 26,8 \cdot 1,6 \cdot 10^{-13} \approx 129 \cdot 10^{24} (J)$$

Công suất bức xạ của chu trình này là: $P_1 = \frac{Q_1}{t} = 129 \cdot 10^{24} (W)$.

Chu trình này đóng góp số phần trăm vào công suất bức xạ của Mặt Trời là:

$$\frac{P_1}{P} 100\% = \frac{129 \cdot 10^{24} (W)}{3,8 \cdot 10^{26}} \cdot 100\% \approx 34\%$$