

HẠT NHÂN NGUYÊN TỬ

7.1. TÍNH CHẤT VÀ CẤU TẠO HẠT NHÂN

Tình huống 1. Khi gặp bài toán liên quan đến tính chất và cấu tạo hạt nhân thì làm thế nào?

Giải pháp:

Hạt nhân ${}^A_Z X$ $\left\{ \begin{array}{l} \text{có } Z \text{ proton} \\ \text{có } A - Z \text{ notron} \end{array} \right.$

Ví dụ minh họa: (CĐ 2007) Hạt nhân Triteri (T_1^3) có

- A. 3 nuclôn, trong đó có 1 prôtôn. B. 3 notrôn (notron) và 1 prôtôn.
C. 3 nuclôn, trong đó có 1 notrôn. D. 3 prôtôn và 1 notrôn.

Hướng dẫn

Hạt nhân Triteri có số proton $Z = 1$ và có số khối = số nuclôn = 3 \Rightarrow Chọn A.

Ví dụ minh họa: (ĐH – 2007) Phát biểu nào là sai?

- A. Các đồng vị phóng xạ đều không bền.
B. Các nguyên tử mà hạt nhân có cùng số prôtôn nhưng có số notrôn (notron) khác nhau gọi là đồng vị.

C. Các đồng vị của cùng một nguyên tố có số notrôn khác nhau nên tính chất hóa học khác nhau.

D. Các đồng vị của cùng một nguyên tố có cùng vị trí trong bảng hệ thống tuần hoàn.

Hướng dẫn

Các đồng vị của cùng một nguyên tố có cùng vị trí trong bảng hệ thống tuần hoàn và có cùng tính chất hóa học \Rightarrow Chọn C.

Ví dụ minh họa: (CĐ-2008) Biết số Avôgadrô $N_A = 6,02.10^{23}$ hạt/mol và khối lượng của hạt nhân bằng số khối của nó. Số prôtôn (prôtôn) có trong 0,27 gam ${}_{13}\text{Al}^{27}$ là

- A. $6,826.10^{22}$ B. $8,826.10^{22}$ C. $9,826.10^{22}$ D. $7,826.10^{22}$

Hướng dẫn

$$\text{Số proton} = 13 \cdot \frac{\text{Số gam}}{\text{Khối lượng mol}} \cdot N_A = 13 \cdot \frac{0,27 \cdot 6,02 \cdot 10^{23}}{27} = 7,826 \cdot 10^{22}$$

Ví dụ minh họa: (ĐH-2007) Biết số Avôgadrô là $6,02.10^{23}$ /mol, khối lượng mol của urani U238 là 238 g/mol. Số notrôn trong 119 gam urani U238 là

- A. $8,8.10^{25}$ B. $1,2.10^{25}$ C. $4,4.10^{25}$ D. $2,2.10^{25}$

Hướng dẫn

$$N_{\text{nuclon}} = (238 - 92) \cdot \frac{\text{Số gam}}{\text{Khối lượng mol}} \cdot N_A = 146 \cdot \frac{119}{128} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 4,4 \cdot 10^{25}$$

Chú ý:

1) Nếu coi hạt nhân là khối cầu thì thể tích hạt nhân là $V = \frac{4\pi}{3} R^3$.

Khối lượng của hạt nhân xấp xỉ bằng: $m = Au = A \cdot 1,66058 \cdot 10^{-27}$ kg.

Điện tích hạt nhân: $Q = Z \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}$ C.

Khối lượng riêng hạt nhân: $D = m/V$.

Mật độ điện tích hạt nhân: $\rho = Q/V$.

2) Nếu một nguyên tố hóa học là hỗn hợp n nhiều đồng vị thì khối lượng trung bình của nó: $m = a_1m_1 + a_2m_2 + \dots + a_nm_n$, với a_i , m_i lần lượt là hàm lượng và khối lượng của đồng vị thứ i .

Trong trường hợp chỉ hai đồng vị: $m = xm_1 + (1-x)m_2$ với x là hàm lượng của đồng vị 1.

Tình huống 2. Khi gặp bài toán liên quan đến thuyết Tương đối hẹp thì làm thế nào?

Giải pháp:

Khối lượng và hệ thức năng lượng:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}; \quad E = mc^2 = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} c^2$$

Động năng:

$$W_d = E - E_0 = mc^2 - m_0c^2 = (m - m_0)c^2 \Leftrightarrow W_d = m_0c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right)$$

7.2. PHẢN ỨNG HẠT NHÂN

Tình huống 1: Khi gặp bài toán liên quan đến năng lượng liên kết hạt nhân thì làm thế nào?

Giải pháp:

Xét hạt nhân: A_ZX

Độ hụt khối của hạt nhân: $\Delta m = Zm_p + (A - Z)m_n - m_X = Zm_H + (A - Z)m_n - m_{X^*}$

Với m_{X^*} là khối lượng của nguyên tử X: $m_{X^*} = m_X + Zm_e$

và m_H là khối lượng của nguyên tử hidro: $m_H = m_p + m_e$

Năng lượng liên kết: $W_{lk} = [Zm_p + (A - Z)m_n - m_X]c^2$ Hay $W_{lk} = \Delta mc^2$

Năng lượng liên kết riêng $\varepsilon = \frac{W_{lk}}{A}$

Ví dụ minh họa: (ĐH - 2010) Cho ba hạt nhân X, Y và Z có số nuclôn tương ứng là A_X, A_Y, A_Z với $A_X = 2A_Y = 0,5A_Z$. Biết năng lượng liên kết của từng hạt nhân tương ứng là $\Delta E_X, \Delta E_Y, \Delta E_Z$ với $\Delta E_Z < \Delta E_X < \Delta E_Y$. Sắp xếp các hạt nhân này theo thứ tự tính bền vững giảm dần là

A. Y, X, Z.

B. Y, Z, X.

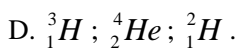
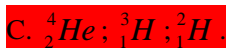
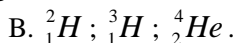
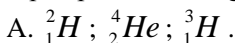
C. X, Y, Z.

D. Z, X, Y.

Hướng dẫn

$$\text{Đặt } A_X = 2A_Y = 0,5A_Z = a \text{ thì } \begin{cases} \varepsilon_Y = \frac{\Delta E_Y}{A_Y} = \frac{\Delta E_Y}{0,5a} \\ \varepsilon_X = \frac{\Delta E_X}{A_X} = \frac{\Delta E_X}{a} \Rightarrow \varepsilon_Y > \varepsilon_X > \varepsilon_Z \\ \varepsilon_Z = \frac{\Delta E_Z}{A_Z} = \frac{\Delta E_Z}{2a} \end{cases}$$

Ví dụ minh họa: (ĐH 2012) Các hạt nhân đơteri ${}^2_1\text{H}$; triti ${}^3_1\text{H}$, heli ${}^4_2\text{He}$ có năng lượng liên kết lần lượt là 2,22 MeV; 8,49 MeV và 28,16 MeV. Các hạt nhân trên được sắp xếp theo thứ tự giảm dần về độ bền vững của hạt nhân là

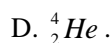
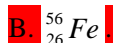
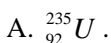


Hướng dẫn

$$\text{Áp dụng công thức: } \varepsilon = \frac{W_{lk}}{A} \begin{cases} \varepsilon_{{}^2_1\text{H}} = \frac{2,22}{2} = 1,11 \text{ (MeV / nuclon)} \\ \varepsilon_{{}^3_1\text{H}} = \frac{8,49}{3} = 2,83 \text{ (MeV / nuclon)} \\ \varepsilon_{{}^4_2\text{He}} = \frac{28,16}{4} = 7,04 \text{ (MeV / nuclon)} \end{cases}$$

$\Rightarrow \varepsilon_{{}^4_2\text{He}} > \varepsilon_{{}^3_1\text{H}} > \varepsilon_{{}^2_1\text{H}} \Rightarrow$ Chọn C.

Ví dụ minh họa 9: (CD - 2012) Trong các hạt nhân: ${}^4_2\text{He}$, ${}^7_3\text{Li}$, ${}^{56}_{26}\text{Fe}$ và ${}^{235}_{92}\text{U}$, hạt nhân bền vững nhất là



Hướng dẫn

Theo kết quả tính toán lý thuyết và thực nghiệm thì hạt nhân có khối lượng trung bình là bền nhất rồi đến hạt nhân nặng và kém bền nhất là hạt nhân nhẹ \Rightarrow Chọn B.

Chú ý:

1) Năng lượng toả ra khi tạo thành 1 hạt nhân X từ các prôtôn và notron chính bằng năng lượng liên kết $W_{lk} = [Zm_p + (A-Z)m_n - m]c^2$. Năng lượng toả ra khi tạo thành n hạt nhân X từ các prôtôn và notron bằng $Q = nW_{lk}$ với

$$n = \frac{\text{Số gam}}{\text{Khối lượng mol}} \cdot N_A.$$

2) Nếu cho phương trình phản ứng hạt nhân để tìm năng lượng liên kết ta áp dụng định luật bảo toàn năng lượng toàn phần: “Tổng năng lượng nghỉ và động năng trước bằng tổng năng lượng nghỉ và động năng sau” hoặc:

“Tổng năng lượng nghỉ và năng lượng liên kết trước bằng tổng năng lượng nghỉ và năng lượng liên kết sau”.

Tình huống 2: Khi gặp bài toán liên quan đến năng lượng phản ứng hạt nhân thì làm thế nào?

Giải pháp:

Phản ứng hạt nhân: $A + B \rightarrow C + D$

Xác định tên của các hạt nhân bằng cách dựa vào hai định luật bảo toàn điện tích và bảo toàn số khối: $Z_A + Z_B = Z_C + Z_D$; $A_A + A_B = A_C + A_D$.

Năng lượng của phản ứng hạt nhân có thể được tính theo một trong ba cách sau:

Cách 1: Khi cho biết khối lượng của các hạt nhân trước và sau phản ứng:

$$\Delta E = \sum m_{\text{trước}} c^2 - \sum m_{\text{sau}} c^2$$

Cách 2: Khi cho biết động năng của các hạt trước và sau phản ứng:

$$\Delta E = \sum W_{\text{sau}} - \sum W_{\text{trước}}$$

Cách 3: Khi cho biết độ hụt khối của các hạt trước và sau phản ứng:

$$\Delta E = \sum \Delta m_{\text{sau}} c^2 - \sum \Delta m_{\text{trước}} c^2$$

Cách 4: Khi cho biết năng lượng liên kết hoặc năng lượng liên kết riêng của các hạt nhân trước và sau phản ứng.

$$\Delta E = \sum W_{LK\text{sau}} - \sum W_{LK\text{trước}}$$

+ Nếu $\Delta E > 0$ thì tỏa nhiệt, $\Delta E < 0$ thì thu nhiệt.

Ví dụ minh họa: (ĐH-2009) Cho phản ứng hạt nhân: ${}^3_1T + {}^2_1D \rightarrow {}^4_2He + X$. Lấy độ hụt khối của hạt nhân T, hạt nhân D, hạt nhân He lần lượt là 0,009106 u; 0,002491 u; 0,030382 u và $1u = 931,5 \text{ MeV}/c^2$. Năng lượng tỏa ra của phản ứng xấp xỉ bằng
A. 15,017 MeV B. 200,025 MeV **C. 17,498 MeV** D. 21,076 MeV

Hướng dẫn

$$\Delta E = \sum (\Delta m_{\text{sau}} - \Delta m_{\text{trước}}) c^2 = (\Delta m_{He} + 0 - \Delta m_T - \Delta m_D) c^2 = 17,498 (\text{MeV})$$

\Rightarrow Chọn C.

Tình huống 3: Khi gặp bài toán liên quan đến năng lượng hạt nhân thì làm thế nào?

Giải pháp:

Nếu phản ứng hạt nhân tỏa năng lượng thì năng lượng tỏa ra dưới dạng động năng của các hạt sản phẩm và năng lượng photon γ . Năng lượng tỏa ra đó thường được gọi là năng lượng hạt nhân.

Năng lượng do 1 phản ứng hạt nhân tỏa ra là

$$\Delta E = \sum m_{\text{trước}} c^2 - \sum m_{\text{sau}} c^2 > 0.$$

Năng lượng do N phản ứng là $Q = N\Delta E$.

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

Ví dụ minh họa: (CĐ-2010) Cho phản ứng hạt nhân ${}_1H^2 + {}_1H^3 \rightarrow {}_2He^4 + {}_0n^1 + 17,6 \text{ MeV}$. Biết số Avôgadrô $6,02 \cdot 10^{23}/\text{mol}$, khối lượng mol của He4 là 4 g/mol và $1 \text{ MeV} = 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ (J)}$. Năng lượng tỏa ra khi tổng hợp được 1 g khí heli xấp xỉ bằng

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

Hướng dẫn

$$Q = \text{Số phản ứng} \cdot \Delta E = \frac{\text{Số gam He}}{\text{Khối lượng mol}} \cdot N_A \Delta E$$

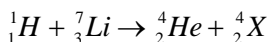
$$Q = \frac{1(g)}{4(g)} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 17,61 \cdot 6 \cdot 10^{-13} \approx 4,24 \cdot 10^{11} (J) \Rightarrow \text{Chọn D.}$$

Ví dụ minh họa: (ĐH-2012) Tổng hợp hạt nhân heli ${}^4_2\text{He}$ từ phản ứng hạt nhân ${}^1_1\text{H} + {}^7_3\text{Li} \rightarrow {}^4_2\text{He} + X$. Mỗi phản ứng trên tỏa năng lượng 17,3 MeV. Năng lượng tỏa ra khi tổng hợp được 0,5 mol heli là

- A. $1,3 \cdot 10^{24}$ MeV. **B. $2,6 \cdot 10^{24}$ MeV.** C. $5,2 \cdot 10^{24}$ MeV. D. $2,4 \cdot 10^{24}$ MeV.

Hướng dẫn

Viết đầy đủ phương trình phản ứng hạt nhân ta nhận thấy X cũng là ${}^4_2\text{He}$:



Vì vậy, cứ mỗi phản ứng hạt nhân có 2 hạt ${}^4_2\text{He}$ tạo thành. Do đó, số phản ứng hạt nhân bằng một nửa số hạt ${}^4_2\text{He}$:

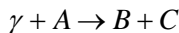
$$Q = \text{Số phản ứng} \cdot \Delta E = \frac{1}{2} \text{Số hạt He} \cdot \Delta E$$

$$Q = \frac{1}{2} \cdot 0,5 \cdot 6,023 \cdot 10^{23} \cdot 17,3 \approx 2,6 \cdot 10^{24} (MeV) \Rightarrow \text{Chọn B.}$$

Tình huống 4: Khi gặp bài toán liên quan đến photon tham gia phản ứng thì làm thế nào?

Giải pháp:

Giả sử hạt nhân A đứng yên hấp thụ photon gây ra phản ứng hạt nhân:

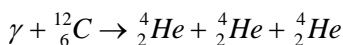


Áp dụng định luật bảo toàn năng lượng toàn phần:

$$\varepsilon + m_A c^2 = (m_B + m_C) c^2 + (W_B + W_C), \text{ với } \varepsilon = hf = \frac{hc}{\lambda}$$

Ví dụ minh họa: Dưới tác dụng của bức xạ gamma, hạt nhân ${}^{12}_6\text{C}$ đứng yên tách thành các hạt nhân ${}^4_2\text{He}$. Tần số của tia gamma là $4 \cdot 10^{21}$ Hz. Các hạt hêli có cùng động năng. Cho $m_C = 12,000u$; $m_{\text{He}} = 4,0015u$, $1 u c^2 = 931 (MeV)$, $h = 6,625 \cdot 10^{-34} (Js)$. Tính động năng mỗi hạt hêli.

Hướng dẫn



$$hf + m_C c^2 = 3m_{\text{He}} c^2 + 3W \Rightarrow W = 6,6 \cdot 10^{-13} (J)$$

Chú ý: Nếu phản ứng thu năng lượng $\Delta E = \sum m_{\text{trước}} c^2 - \sum m_{\text{sau}} c^2 < 0$ thì năng lượng tối thiểu của photon cần thiết để phản ứng thực hiện được là $\varepsilon_{\min} = -\Delta E$.

Ví dụ minh họa: Để phản ứng ${}^9_4\text{Be} + \gamma \rightarrow 2\alpha + {}^1_0\text{n}$ có thể xảy ra, lượng tử γ phải có năng lượng tối thiểu là bao nhiêu? Cho biết, hạt nhân Be đứng yên, $m_{\text{Be}} = 9,01218u$; $m_\alpha = 4,0026u$; $m_n = 1,0087u$; $1 u c^2 = 931,5 \text{ MeV}$.

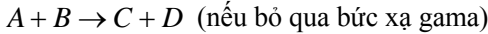
Hướng dẫn

$$\Delta E = m_{Be}c^2 - 2m_\alpha c^2 - m_n c^2 = -1,6(\text{MeV}) \Rightarrow \varepsilon_{\min} = -\Delta E = 1,6(\text{MeV})$$

Tình huống 5: Khi gặp bài toán liên quan đến tổng động năng của các hạt sau phản ứng thì làm thế nào?

Giải pháp:

Dùng hạt nhẹ A (gọi là đạn) bắn phá hạt nhân B đứng yên (gọi là bia):



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

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 minh họa 1: Một hạt α có động năng 3,9 MeV đến đập vào hạt nhân ${}_{13}\text{Al}^{27}$ đứng yên gây nên phản ứng hạt nhân $\alpha + {}_{13}\text{Al}^{27} \rightarrow n + {}_{15}\text{P}^{30}$. Tính tổng động năng của các hạt sau phản ứng. Cho $m_\alpha = 4,0015\text{u}$; $m_n = 1,0087\text{u}$; $m_{Al} = 26,97345\text{u}$; $m_P = 29,97005\text{u}$; $1\text{uc}^2 = 931(\text{MeV})$.

Hướng dẫn

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

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

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

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

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

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

Tình huống 6: Khi gặp bài toán liên quan đến tỉ số động năng của các hạt thì làm thế nào?

Giải pháp:

+ 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 minh họa: Bắn một hạt α 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 bao nhiêu?

Hướng dẫn

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

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

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

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

Chú ý:

1) Nếu hai hạt sinh ra có cùng động năng thì $W_C = W_D = \frac{W_A + \Delta E}{2}$

2) Nếu cho biết tỉ số tốc độ của các hạt ta suy ra tỉ số động năng.

Tình huống 7: Khi gặp bài toán có liên quan đến quan hệ véc tơ vận tốc thì làm thế nào?

Giải pháp:

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 $m_A \vec{v}_A = m_C \vec{v}_C + m_D \vec{v}_D$ để biểu diễn \vec{v}_C, \vec{v}_D theo \vec{v}_A và lưu ý $W = \frac{mv^2}{2}$

$$\Rightarrow \boxed{(mv)^2 = 2mW}. \text{ Biểu diễn } W_C \text{ và } W_D \text{ theo } W_A \text{ rồi thay vào công thức:}$$

$\Delta E = W_C + W_D - W_A$ và từ đây sẽ giải quyết được 2 bài toán:

- Cho W_A tính ΔE

- Cho ΔE tính W_A

Ví dụ minh họa: Hạt A có động năng W_A bắn vào một hạt nhân B đứng yên, gây ra phản ứng: $A + B \rightarrow C + D$ và không sinh ra bức xạ γ . Véc tơ vận tốc hạt C gấp k lần véc tơ vận tốc hạt D. Bỏ qua hiệu ứng tương đối tính. Tính động năng của hạt C và hạt D.

Hướng dẫn

$$m_A \vec{v}_A = m_C \vec{v}_C + m_D \vec{v}_D \xrightarrow{\vec{v}_C = k\vec{v}_D} \begin{cases} \vec{v}_D = \frac{m_A \vec{v}_A}{km_C + m_D} \Rightarrow v_D^2 = \frac{2m_A W_A}{(km_C + m_D)^2} \\ \vec{v}_C = \frac{km_A \vec{v}_A}{km_C + m_D} \Rightarrow v_C^2 = k^2 \frac{2m_A W_A}{(km_C + m_D)^2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} W_C = \frac{1}{2} m_C v_C^2 = k^2 \frac{m_C m_A W_A}{(km_C + m_D)^2} \\ W_D = \frac{1}{2} m_D v_D^2 = \frac{m_D m_A W_A}{(km_C + m_D)^2} \end{cases}$$

Năng lượng phản ứng hạt nhân: $\Delta E = W_C + W_D - W_A$

$$\Rightarrow \Delta E = \left(\frac{k^2 m_C m_A}{(km_C + m_D)^2} + \frac{m_D m_A}{(km_C + m_D)^2} - 1 \right) W_A \begin{cases} \text{Cho } W_A \text{ tính được } \Delta E \\ \text{Cho } \Delta E \text{ tính được } W_A \end{cases}$$

Tình huống 8: Khi gặp bài toán liên quan đến các hạt tham gia có động năng ban đầu không đáng kể thì làm thế nào?

Giải pháp:

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

bỏ qua bức xạ gamma): $\underbrace{m_A \vec{v}_A}_0 = m_C \vec{v}_C + m_D \vec{v}_D \Rightarrow \begin{cases} m_C \vec{v}_C = -m_D \vec{v}_D \\ m_C W_C = m_D W_D \end{cases}$

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.

Mặt khác: $W_C + W_D = \Delta E + W_A$ nên $\begin{cases} W_C = \frac{m_D}{m_C + m_D} (\Delta E + W_A) \\ W_D = \frac{m_C}{m_C + m_D} (\Delta E + W_A) \end{cases}$

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

Hướng dẫn

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

$$\underbrace{\Delta E}_{+17,6} = \underbrace{W_\alpha}_{0,25W_n} + W_n \Rightarrow W_n \approx 14,08(\text{MeV})$$

Tình huống 9: Khi gặp bài toán liên quan đến các hạt chuyển động theo hai phương vuông góc với nhau thì làm thế nào?

Giải pháp:

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

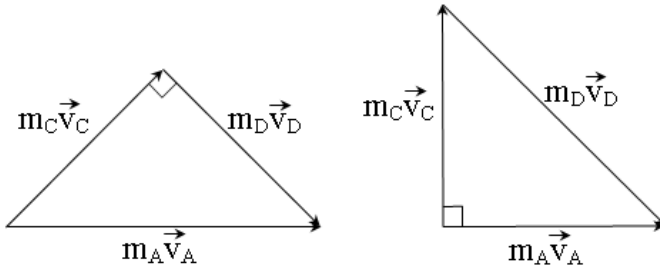
bỏ qua bức xạ gamma): $m_A \vec{v}_A = m_C \vec{v}_C + m_D \vec{v}_D$

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

*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 véc tơ:

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

$$m_C^2 v_C^2 + m_D^2 v_D^2 + 2.m_C m_D v_C v_D \cos 90^0 = m_A^2 v_A^2 \Leftrightarrow m_C W_C + m_D W_D = m_A W_A$$

+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:

$$m_A^2 v_A^2 + m_C^2 v_C^2 - 2.m_C m_A v_C v_A \cos 90^0 = m_D^2 v_D^2 \Leftrightarrow m_A W_A + m_C W_C = m_D W_D$$

Ví dụ minh họa: (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

${}^1_1\text{H} + {}^9_4\text{Be} \rightarrow {}^4_2\alpha + {}^6_3\text{X}$. Hạt α bay ra theo phương vuông góc với phương tới của prôtôn nên: $m_H W_H + m_\alpha W_\alpha = m_X W_X \Rightarrow 1.5,45 + 4.4 = 6.W_X$

$$\Rightarrow W_X = 3,575(\text{MeV})$$

Năng lượng phản ứng:

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

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.

Tình huống 10: Khi gặp bài toán liên quan đến các hạt chuyển động theo hai phương bất kì thì làm thế nào?

Giải pháp:

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

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

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

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

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

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

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

Ví dụ minh họa: 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 ${}^{12}_6\text{C}$ và một hạt neutron. Hai hạt sinh ra có vectơ vận tốc hợp với nhau một góc 80° . Cho biết phản ứng tỏa ra một năng lượng 5,6 MeV. Coi khối lượng xấp xỉ bằng số khối. 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

Phương trình phản ứng: $2\alpha^4 + {}^9_4\text{Be} \rightarrow {}^{12}_6\text{C} + {}^1_0\text{n}^1$.

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

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

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

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

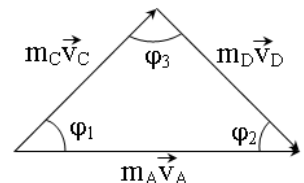
Tình huống 11: Khi gặp bài toán cho biết hai góc hợp phương chuyển động của các hạt thì làm thế nào để tính được các đại lượng khác?

Giải pháp:

*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 minh họa: Một proton có khối lượng m_p có tốc độ v_p bắn vào hạt nhân bia đứng yên Li^7 . Phản ứng tạo ra 2 hạt X giống hệt nhau có khối lượng m_x 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. $v_x = m_p v_p / m_x$.

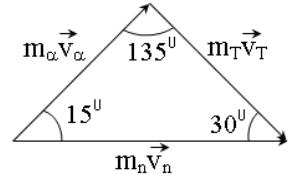
D. $v_x = \sqrt{3} m_p v_x / m_p$.

Hướng dẫn

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

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

Ví dụ minh họa: 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).



Hướng dẫn

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

$$\Rightarrow \begin{cases} W_\alpha = 0,25 (MeV) \\ W_T \approx 0,09 (MeV) \end{cases} \Rightarrow \Delta E = W_\alpha + W_T - W_n = -1,66 (MeV)$$

7.3. PHÓNG XẠ. PHÂN HẠCH. NHIỆT HẠCH

Tình huống 1: Khi gặp bài toán liên quan đến khối lượng còn lại và khối lượng đã bị phân rã thì làm thế nào?

Giải pháp:

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:

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

Tình huống 2: Khi gặp bài toán liên quan đến số hạt còn lại và số hạt đã bị phân rã thì làm thế nào?

Giải pháp:

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

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 minh họa: 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 Avôgađro là $6,02 \cdot 10^{23}$. Tính số nguyên tử bị phân rã trong thời gian 1 tỉ năm và trong 1 (năm).

Hướng dẫn

Số nguyên tử bị phân rã trong thời gian 1 tỉ năm

$$\Delta N = N_0 \left(1 - e^{-\frac{\ln 2}{T} t}\right) = \frac{m_0}{238} \cdot N_A \left(1 - e^{-\frac{\ln 2}{T} t}\right) = \frac{1}{238} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \left(1 - e^{-\frac{\ln 2}{4,5} 1}\right) \approx 36 \cdot 10^{19}$$

Số nguyên tử bị phân rã trong thời gian 1 năm

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

Tình huống 3: Khi gặp bài toán liên quan đến phần trăm còn lại, phần trăm bị phân rã thì làm thế nào?

Giải pháp:

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 minh họa: (CĐ-2009) Gọi τ là khoảng thời gian để số hạt nhân của một đồng vị phóng xạ giảm đi bốn lần. Sau thời gian 2τ số hạt nhân còn lại của đồng vị đó bằng bao nhiêu phần trăm số hạt nhân ban đầu?

A. 25,25%.

B. 93,75%.

C. 6,25%

D. 13,5%.

Hướng dẫn

$$\frac{N_0}{N} = e^{\lambda t} \Rightarrow \begin{cases} \frac{N_0}{N_1} = e^{\lambda \cdot \tau} = 4 \\ \left\{ \begin{array}{l} \text{còn lại sau } 2\tau \text{ là : } h = e^{-\lambda \cdot 2\tau} = 0,0625 = 6,25\% \end{array} \right. \Rightarrow \text{Chọn C.} \end{cases}$$

Ví dụ minh họa: Một lượng hỗn hợp gồm hai đồng vị với số lượng hạt nhân ban đầu như nhau. Đồng vị thứ nhất có chu kỳ bán rã là 2,4 ngày, đồng vị thứ hai có chu kỳ bán rã là 4 ngày. Sau thời gian t thì còn lại 87,5% số hạt nhân trong hỗn hợp chưa phân rã. Tìm t .

Hướng dẫn

$$\% \text{ còn lại} = \frac{N_1 + N_2}{2N_0} = 0,5 \left(e^{-\frac{\ln 2}{T_1}t} + e^{-\frac{\ln 2}{T_2}t} \right)$$

$$\Rightarrow 0,5 \left(e^{-\frac{\ln 2}{2,4}t} + e^{-\frac{\ln 2}{4}t} \right) = 0,875 \Rightarrow t = 0,58 \text{ (ngày)}$$

Kinh nghiệm: Để giải phương trình trên ta dùng máy tính cầm tay Casio fx 570es. Nhập số liệu: $0,5 \times \left(e^{-\frac{\ln 2}{2,4}x} + e^{-\frac{\ln 2}{4}x} \right) = 0,875$ (để có kí tự x bấm **ALPHA** **]**),

để có dấu '=' bấm **ALPHA** **[CALC]**), nhập xong bấm **ALPHA** **[CALC]** **[=]**.

Tình huống 4: Khi gặp bài toán liên quan đến số hạt nhân con tạo thành thì làm thế nào?

Giải pháp:

Vì cứ mỗi hạt nhân mẹ bị phân rã tạo thành một hạt nhân con nên số hạt nhân con tạo thành đúng bằng số hạt nhân mẹ bị phân rã:

$$N_{con} = \Delta N = N_0 \left(1 - e^{-\frac{\ln 2}{T}t} \right), \text{ với } N_0 = \frac{m_0}{A_{me}} N_A$$

$$\text{Đối với trường hợp hạt } \alpha \text{ thì: } N_\alpha = N_0 \left(1 - e^{-\frac{\ln 2}{T}t} \right)$$

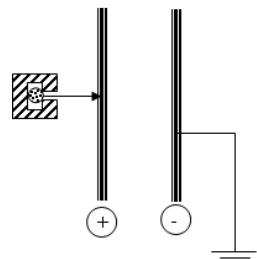
Thể tích khí Heli tạo ra ở điều kiện tiêu chuẩn:

$$V_\alpha = \frac{N_\alpha}{N_A} \cdot 22,4(l) = \frac{m_0}{A_{me}} \left(1 - e^{-\frac{\ln 2}{T}t} \right) \cdot 22,4(l)$$

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

Chú ý: Nếu cho chùm phóng xạ α đập vào một bản tụ điện chưa tích điện thì mỗi hạt sẽ lấy đi $2e$ làm cho bản này tích điện dương $+2e$. Nếu có N_α đập vào thì điện tích dương của bản này sẽ là $Q = N_\alpha \cdot 3,2 \cdot 10^{-19} (C)$. Do hiện tượng điện hưởng bản tụ còn lại tích điện $-Q$. Hiệu điện thế giữa hai bản

$$\text{tụ: } U = \frac{Q}{C}.$$



Tình huống 5: Khi gặp bài toán liên quan đến khối lượng hạt nhân con thì làm thế nào?

Giải pháp:

$$m_{con} = \frac{N_{con}}{N_A} \cdot A_{con} = \frac{N_0 \left(1 - e^{-\frac{\ln 2}{T} t}\right)}{N_A} \cdot A_{con} = \frac{A_{con}}{A_{me}} m_0 \left(1 - e^{-\frac{\ln 2}{T} t}\right)$$

*Với phóng xạ beta thì $A_{con} = A_{me}$ nên: $m_{con} = \Delta m = m_0 \left(1 - e^{-\frac{\ln 2}{T} t}\right)$

*Với phóng xạ alpha thì $A_{con} = A_{me} - 4$ nên: $m_{con} = \frac{A_{me} - 4}{A_{me}} m_0 \left(1 - e^{-\frac{\ln 2}{T} t}\right)$

Tình huống 6: Khi gặp bài toán liên quan đến tỉ số hạt (khối lượng) nhân con và số hạt (khối lượng) nhân mẹ còn lại thì làm thế nào?

Giải pháp:

$$\begin{cases} N_{me} = N_0 e^{-\lambda t} \\ N_{con} = \Delta N = N_0 (1 - e^{-\lambda t}) \end{cases} \Rightarrow \frac{N_{con}}{N_{me}} = \left(e^{\frac{\ln 2}{T} t} - 1 \right)$$

$$\Rightarrow \frac{m_{con}}{m_{me}} = \frac{A_{con}}{A_{me}} \frac{N_{con}}{N_{me}} = \frac{A_{con}}{A_{me}} \left(e^{\frac{\ln 2}{T} t} - 1 \right)$$

Ví dụ minh họa: Tính chu kì bán rã T của một chất phóng xạ, cho biết tại thời điểm t_1 , tỉ số giữa hạt con và hạt mẹ là 7, tại thời điểm $t_2 = t_1 + 26,7$ ngày, tỉ số đó là 63.

Hướng dẫn

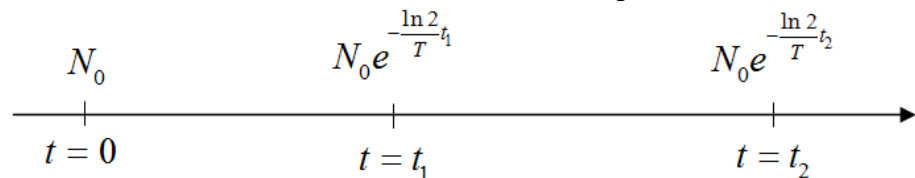
$$\frac{N_{con}}{N_{me}} = \left(e^{\frac{\ln 2}{T} t} - 1 \right) \Rightarrow \begin{cases} \left(\frac{N_{con}}{N_{me}} \right)_{t_1} = \left(e^{\frac{\ln 2}{T} t_1} - 1 \right) = 7 \Rightarrow e^{\frac{\ln 2}{T} t_1} = 8 \\ \left(\frac{N_{con}}{N_{me}} \right)_{t_2} = \left(e^{\frac{\ln 2}{T} (t_1 + 26,7)} - 1 \right) = \left(e^{\frac{\ln 2}{T} 26,7} e^{\frac{\ln 2}{T} t_1} - 1 \right) = 63 \Rightarrow e^{\frac{\ln 2}{T} 26,7} = 8 \end{cases}$$

$$\Rightarrow T = 8,9 (\text{ngày})$$

Tình huống 7: Khi gặp bài toán liên quan đến số (khối lượng) hạt nhân con tạo ra từ t_1 đến t_2 thì làm thế nào?

Giải pháp:

Phân bố số hạt nhân mẹ còn lại theo trục thời gian:



Số hạt nhân con tạo ra từ thời điểm t_1 đến thời điểm t_2 đúng bằng số hạt nhân

mẹ bị phân rã trong thời gian đó: $N_{12} = N_1 - N_2 = N_0 \left(e^{\frac{\ln 2}{T} t_1} - e^{\frac{\ln 2}{T} t_2} \right)$

Nếu $t_1 - t_2 \ll T$ thì $N_{12} = N_0 e^{-\frac{\ln 2}{T} t_1} \left(1 - e^{-\frac{\ln 2}{T} (t_2 - t_1)} \right) \approx N_0 e^{-\frac{\ln 2}{T} t_1} \cdot \frac{\ln 2}{T} (t_2 - t_1)$

Số hạt nhân con tạo ra từ thời điểm t_1 đến thời điểm t_2 :

$$m_{12} = \frac{N_{12}}{N_A} A_{con} = \frac{A_{con}}{A_{me}} m_0 \left(e^{-\frac{\ln 2}{T} t_1} - e^{-\frac{\ln 2}{T} t_2} \right)$$

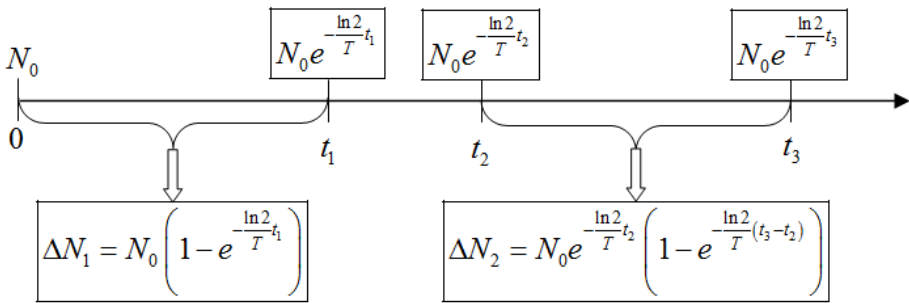
Ví dụ minh họa: Một mẫu Ra226 nguyên chất có tổng số nguyên tử là $6,023 \cdot 10^{23}$. Sau thời gian nó phóng xạ tạo thành hạt nhân Rn222 với chu kỳ bán rã 1570 (năm). Số hạt nhân Rn222 được tạo thành trong năm thứ 786 là bao nhiêu ?

Hướng dẫn

Ta chọn $t_1 = 785$ năm và $t_2 = 786$ năm.

$$N_{12} = N_0 \left(e^{-\frac{\ln 2}{T} t_1} - e^{-\frac{\ln 2}{T} t_2} \right) = 6,023 \cdot 10^{23} \cdot \left(e^{-\frac{\ln 2}{1570} \cdot 785} - e^{-\frac{\ln 2}{1570} \cdot 786} \right) \approx 1,9 \cdot 10^{20}$$

Chú ý: Nếu liên quan đến số hạt bị phân rã trong các khoảng thời gian khác nhau thì ta tính cho từng khoảng rồi lập tỉ số.



$$\text{Nếu } t_3 - t_2 = t_1 = \Delta t \text{ thì } \frac{\Delta N_1}{\Delta N_2} = e^{\frac{\ln 2}{T} t_2}$$

Ví dụ minh họa: Đồng vị $_{11}\text{Na}^{24}$ là chất phóng xạ beta trừ, trong 10 giờ đầu người ta đếm được 10^{15} hạt beta trừ bay ra. Sau 30 phút kể từ khi đo lần đầu người ta lại thấy trong 10 giờ đếm được $2,5 \cdot 10^{14}$ hạt beta trừ bay ra. Tính chu kỳ bán rã của đồng vị nói trên.

Hướng dẫn

Cách 1: Ta thấy $t_3 - t_2 = t_1 = \Delta t = 10$ h và $t_2 = 10,5$ h nên:

$$\frac{\Delta N_1}{\Delta N_2} = e^{\frac{\ln 2}{T} t_2} \Rightarrow \frac{10^{15}}{2,5 \cdot 10^{14}} = e^{\frac{\ln 2}{T} 10,5} \Rightarrow T = 5,25 (h)$$

Cách 2:

$$\begin{cases} \Delta N_1 = N_0 \left(1 - e^{-\frac{\ln 2}{T} 10} \right) = 10^{15} \\ \Delta N_2 = N_0 e^{-\frac{\ln 2}{T} 10,5} \left(1 - e^{-\frac{\ln 2}{T} 10} \right) = 2,5 \cdot 10^{14} \end{cases} \Rightarrow e^{\frac{\ln 2}{T} 10,5} = 4 \Rightarrow T = 5,25(h)$$

Tình huống 8: Khi gặp bài toán liên quan đến số chấm sáng trên màn huỳnh quang thì làm thế nào?

Giải pháp:

Giả sử một nguồn phóng xạ đặt cách màn huỳnh quang một khoảng R, diện tích của màn S thì số chấm sáng trên màn đúng bằng số hạt phóng xạ

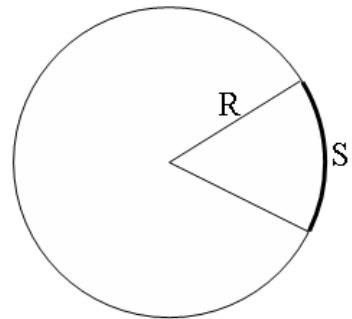
đập vào: $n_s = \frac{N_{px}}{4\pi R^2} \cdot S$

Nếu cứ một hạt nhân mẹ bị phân rã tạo ra k

hạt phóng xạ thì $N_{px} = k\Delta N = kN_0 \left(1 - e^{-\frac{\ln 2}{T} t} \right)$, nếu t

$\ll T$ thì $N_{px} \approx kN_0 \frac{\ln 2}{T} t = k \frac{m_0}{A_{me}} N_A \frac{\ln 2}{T} t$. Do đó: $n_s = k \frac{m_0}{A_{me}} N_A \frac{t}{T} \frac{S}{4\pi R^2} \cdot \ln 2$

Chú ý: Đối với máy đếm xung, cứ mỗi hạt phóng xạ đập vào bộ đếm tự động tăng một đơn vị. Vì vậy, số hạt bị phân rã (ΔN) tỉ lệ với số xung đếm được (n) (chọn hệ



số tỉ lệ μ): $\Delta N = \mu n \Rightarrow N_0 \left(1 - e^{-\frac{\ln 2}{T} t} \right) = \mu n \Rightarrow \begin{cases} t = t_1 \Rightarrow N_0 \left(1 - e^{-\frac{\ln 2}{T} t_1} \right) = \mu n_1 \\ t = kt_1 \Rightarrow N_0 \left(1 - e^{-\frac{\ln 2}{T} kt_1} \right) = \mu n_2 \end{cases}$

$\Rightarrow \frac{1 - e^{-\frac{\ln 2}{T} kt_1}}{1 - e^{-\frac{\ln 2}{T} t_1}} = \frac{n_2}{n_1}$. Đặt $x = e^{-\frac{\ln 2}{T} t_1}$ thì $\frac{1 - x^k}{1 - x} = \frac{n_2}{n_1}$ (Có thể dùng máy tính cầm tay để

giải nhanh phương trình này).

Tình huống 9: Khi gặp bài toán viết phương trình phản ứng hạt nhân thì làm thế nào?

Giải pháp:

Ta dựa vào định luật bảo toàn điện tích và bảo toàn số khối.

Áp dụng cho trường hợp phóng xạ:

*Với phóng xạ α thì hạt nhân con lùi 2 ô trong bảng hệ thống tuần hoàn so với hạt nhân mẹ và số khối giảm 4 đơn vị.

*Với phóng xạ β^+ thì hạt nhân con lùi 1 ô trong bảng hệ thống tuần hoàn so với hạt nhân mẹ và số khối không thay đổi.

*Với phóng xạ β^- thì hạt nhân con tiến 1 ô trong bảng hệ thống tuần hoàn so với hạt nhân mẹ và số khối không thay đổi.

Như vậy, chỉ có phóng xạ α mới làm thay đổi số khối nên $N_\alpha = \frac{A_{me} - A_{con}}{4}$.

Ví dụ minh họa: Hỏi sau bao nhiêu lần phóng xạ α và bao nhiêu lần phóng xạ β^- thì hạt nhân ${}_{92}\text{U}^{238}$ biến đổi thành hạt nhân ${}_{82}\text{Pb}^{206}$?

A. 8 phóng xạ α và 6 lần phóng xạ beta trừ.

B. 9 phóng xạ α và 12 lần phóng xạ beta trừ.

C. 6 phóng xạ α và 3 lần phóng xạ beta trừ.

D. 6 phóng xạ α và 8 phóng xạ beta trừ.

Hướng dẫn

$$\text{Số phóng xạ } \alpha: N_\alpha = \frac{A_{me} - A_{con}}{4} = \frac{238 - 206}{4} = 8$$

Nếu chỉ 8 phóng xạ α thì sẽ làm lùi $2 \cdot 8 = 16$ ô!

Nhưng yêu cầu chỉ lùi $92 - 82 = 10$ ô nên phải có 6 phóng xạ beta trừ để làm tiến 6 ô \Rightarrow Chọn A.

Tình huống 10: Khi gặp bài toán liên quan đến độ phóng xạ của lượng chất thì làm thế nào?

Giải pháp:

$$\text{Độ phóng xạ ban đầu: } H_0 = \lambda N_0 = \frac{\ln 2}{T} N_0$$

$$\text{Độ phóng xạ ở thời điểm } t: H = H_0 e^{-\frac{\ln 2}{T} t}$$

$$\text{Với } m_0 \text{ g khối lượng chất phóng xạ nguyên chất thì } N_0 = \frac{m_0}{A_{me}} N_A$$

Nếu chất phóng xạ chứa trong hỗn hợp thì $m_0 = m_{\text{hh}} \cdot \text{phần trăm}$.

$$H_0 = \frac{\ln 2}{T} \frac{m(g) \cdot a_1 \%}{A} N_A$$

Ví dụ minh họa: Một khối phóng xạ có độ phóng xạ ban đầu H_0 , gồm 2 chất phóng xạ có số hạt nhân ban đầu bằng nhau. Chu kỳ bán rã của chúng lần lượt là $T_1 = 2$ h và $T_2 = 3$ h. Sau 6 h, độ phóng xạ của khối chất còn lại là bao nhiêu?

Hướng dẫn

$$H_0 = \frac{\ln 2}{T_1} N_0 + \frac{\ln 2}{T_2} N_0 \Rightarrow N_0 \ln 2 = \frac{6}{5} H_0$$

$$\Rightarrow H = \frac{\ln 2}{T_1} N_0 e^{-\frac{\ln 2}{T_1} t} + \frac{\ln 2}{T_2} N_0 e^{-\frac{\ln 2}{T_2} t} = \frac{7H_0}{40}$$

$$\text{Chú ý: } \begin{cases} H_0 = \frac{\Delta N_0}{\Delta t_0} \\ H = \frac{\Delta N}{\Delta t} \end{cases} \xrightarrow{H=H_0 e^{-\frac{\ln 2}{T}t}} \frac{\Delta N}{\Delta t} = \frac{\Delta N_0}{\Delta t_0} \cdot e^{-\frac{\ln 2}{T}t}$$

Tình huống 11: Khi gặp bài toán liên quan đến số hạt bị phân rã trong thời gian ngắn thì làm thế nào?

Giải pháp:

Để tìm quan hệ về số hạt bị phân rã trong thời gian ngắn ($\Delta t \ll T$) ta xuất phát từ công thức tính độ phóng xạ: $H = H_0 e^{-\frac{\ln 2}{T}t} \Rightarrow \frac{\Delta N}{\Delta t} = \frac{\Delta N_0}{\Delta t_0} e^{-\frac{\ln 2}{T}t}$

Trong đó, ΔN_0 là số hạt bị phân rã trong thời gian Δt_0 ở lúc đầu; ΔN là số hạt bị phân rã trong thời gian Δt ở thời điểm t .

Ví dụ minh họa: Lúc đầu, một nguồn phóng xạ Côban có 10^{14} hạt nhân phân rã trong ngày đầu tiên. Biết chu kỳ bán rã của Côban là $T = 4$ năm. Sau 12 năm, số hạt nhân của nguồn này phân rã trong hai ngày là

A. $2,5 \cdot 10^{13}$ hạt nhân.

B. $3,3 \cdot 10^{13}$ hạt nhân.

C. $5,0 \cdot 10^{13}$ hạt nhân.

D. $6,6 \cdot 10^{13}$ hạt nhân.

Hướng dẫn

$$\frac{\Delta N}{\Delta t} = \frac{\Delta N_0}{\Delta t} e^{-\frac{\ln 2}{T}t} \Rightarrow \frac{\Delta N}{2.86400} = \frac{10^{14}}{86400} \cdot e^{-\frac{\ln 2}{4}12} \Rightarrow \Delta N = 2,5 \cdot 10^{13} \Rightarrow \text{Chọn A.}$$

Tình huống 12: Khi gặp bài toán liên quan đến ứng dụng chữa bệnh ung thư thì làm thế nào?

Giải pháp:

Trong điều trị ung thư, bệnh nhân được chiếu xạ với một liều xác định một nguồn phóng xạ tức là $\Delta N = \Delta N_0$ nên thay vào công thức $\frac{\Delta N}{\Delta t} = \frac{\Delta N_0}{\Delta t_0} e^{-\frac{\ln 2}{T}t}$ ta được:

$$\frac{1}{\Delta t} = \frac{1}{\Delta t_0} e^{-\frac{\ln 2}{T}t} \Rightarrow \Delta t = \Delta t_0 e^{\frac{\ln 2}{T}t}$$

Ví dụ minh họa: Trong điều trị ung thư, bệnh nhân được chiếu xạ với một liều xác định nào đó từ một nguồn phóng xạ (chất phóng xạ có chu kỳ bán rã là 5,25 năm). Khi nguồn được sử dụng lần đầu thì thời gian cho một liều chiếu xạ là 15 phút. Hỏi sau 2 năm thì thời gian cho một lần chiếu xạ là bao nhiêu phút?

Hướng dẫn

$$\frac{\Delta N}{\Delta t} = \frac{\Delta N_0}{\Delta t_0} e^{-\frac{\ln 2}{T}t} \Rightarrow \frac{1}{\Delta t} = \frac{1}{\Delta t_0} e^{-\frac{\ln 2}{T}t} \Rightarrow \Delta t = \Delta t_0 e^{\frac{\ln 2}{T}t} = 15 \cdot e^{\frac{\ln 2}{5,25}2} \approx 19,5(\text{phút})$$

Tình huống 13: Khi gặp bài toán liên quan đến tuổi của thiên thể thì làm thế nào?

Giải pháp:

Giả sử khi mới hình thành một thiên thể tỉ lệ hai đồng vị U238 và U235 là a:b (số hạt nguyên chất tương ứng là aN_0 và bN_0). Số hạt còn lại hiện nay lần lượt là

$$\begin{cases} N_1 = aN_0 \cdot e^{-\frac{\ln 2}{T_1}t} \\ N_2 = bN_0 \cdot e^{-\frac{\ln 2}{T_2}t} \end{cases} \Rightarrow \frac{N_1}{N_2} = \frac{a}{b} e^{\left(\frac{\ln 2}{T_2} - \frac{\ln 2}{T_1}\right)t} \Rightarrow t = ?$$

Ví dụ minh họa: Hiện nay trong quặng thiên nhiên có cả U238 và U235 theo tỉ lệ số nguyên tử là 140:1. Giả thiết ở thời điểm hình thành Trái Đất tỉ lệ trên là 1:1. Tính tuổi của Trái đất, biết chu kì bán rã của U238 và U235 là $T_1 = 4,5 \cdot 10^9$ năm $T_2 = 0,713 \cdot 10^9$ năm.

Hướng dẫn

$$\begin{cases} N_1 = N_0 e^{-\frac{\ln 2}{T_1}t} \\ N_2 = N_0 e^{-\frac{\ln 2}{T_2}t} \end{cases} \Rightarrow \frac{N_1}{N_2} = e^{t \ln 2 \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right)} \Rightarrow \frac{140}{1} = e^{t \ln 2 \left(\frac{1}{0,713} - \frac{1}{4,5}\right)} \Rightarrow t \approx 6 \cdot 10^9 \text{ (năm)}$$

Ví dụ minh họa: Một mẫu quặng Uran tự nhiên gồm U235 với hàm lượng 0,72% và phần còn lại là U238. Hãy xác định hàm lượng của U235 và thời kì Trái Đất được tạo thành cách đây 4,5 (tỉ năm). Cho biết chu kì bán rã của các đồng vị U235 và U238 lần lượt là 0,704 (tỉ năm) và 4,46 (tỉ năm).

Hướng dẫn

$$\begin{cases} m_1 = m_{10} e^{-\frac{\ln 2}{T_1}t} \\ m_2 = m_{20} e^{-\frac{\ln 2}{T_2}t} \end{cases} \Rightarrow \frac{m_1}{m_2} = \frac{m_{10}}{m_{20}} e^{t \ln 2 \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right)}$$
$$\Rightarrow \frac{m_{10}}{m_{20}} = \frac{m_1}{m_2} e^{-t \ln 2 \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right)} = \frac{0,72}{99,28} e^{-4,5 \ln 2 \left(\frac{1}{4,46} - \frac{1}{0,704}\right)} \approx 0,303$$
$$\Rightarrow \%m_{10} = \frac{0,303}{1,303} \approx 0,23 = 23\%$$

Tình huống 14: Khi gặp bài toán liên quan đến tuổi hòn đá thì làm thế nào?

Giải pháp:

Giả sử khi mới hình thành một hòn đá, chỉ có U238, cứ mỗi hạt U238 phân rã tạo ra một hạt Pb206. Đến thời điểm t, số hạt U238 còn lại và số hạt Pb206 tạo thành

lần lượt là:
$$\begin{cases} N_{me} = N_0 e^{-\frac{\ln 2}{T}t} \\ N_{con} = N_0 \left(1 - e^{-\frac{\ln 2}{T}t}\right) \end{cases} \Rightarrow \frac{N_{con}}{N_{me}} = \left(e^{\frac{\ln 2}{T}t} - 1\right)$$

Ta có tỉ lệ về khối lượng:
$$\frac{m_{con}}{m_{me}} = \frac{A_{con}}{A_{me}} \left(e^{\frac{\ln 2}{T}t} - 1 \right)$$

Ví dụ minh họa: (ĐH-2012) Hạt nhân urani ${}_{92}^{238}\text{U}$ sau một chuỗi phân rã, biến đổi thành hạt nhân chì ${}_{82}^{206}\text{Pb}$. Trong quá trình đó, chu kỳ bán rã của ${}_{92}^{238}\text{U}$ biến đổi thành hạt nhân chì là $4,47 \cdot 10^9$ năm. Một khối đá được phát hiện có chứa $1,188 \cdot 10^{20}$ hạt nhân ${}_{92}^{238}\text{U}$ và $6,239 \cdot 10^{18}$ hạt nhân ${}_{82}^{206}\text{Pb}$. Giả sử khối đá lúc mới hình thành không chứa chì và tất cả lượng chì có mặt trong đó đều là sản phẩm phân rã của ${}_{92}^{238}\text{U}$. Tuổi của khối đá khi được phát hiện là bao nhiêu?

Hướng dẫn

$$\frac{N_{con}}{N_{me}} = \left(e^{\frac{\ln 2}{T}t} - 1 \right) \Rightarrow \frac{6,239 \cdot 10^{18}}{1,188 \cdot 10^{20}} = e^{\frac{\ln 2}{4,47 \cdot 10^9}t} - 1 \Rightarrow t = 3,3 \cdot 10^8 \text{ (năm)}$$

Tình huống 15: Khi gặp bài toán liên quan đến tuổi của cổ vật có nguồn gốc sinh vật thì làm thế nào?

Giải pháp:

Gọi H và H_0 lần lượt là độ phóng xạ của cổ vật và của mẫu mới tương tự về khối lượng về thể loại.

Nếu xem H_0 cũng chính là độ phóng xạ lúc đầu của cổ vật thì: $H = H_0 e^{-\frac{\ln 2}{T}t}$

Ví dụ minh họa: Bằng phương pháp cacbon 14 (chu kỳ bán rã của $\text{C}14$ là 5600 năm) người ta đo được độ phóng xạ của một đĩa gỗ của người Ai cập cổ là 0,15 Bq; độ phóng xạ của một khúc gỗ vừa mới chặt có cùng khối lượng là 0,25 Bq. Tuổi của đĩa gỗ là bao nhiêu?

Hướng dẫn

$$H = H_0 e^{-\frac{\ln 2}{T}t} \Rightarrow 0,15 = 0,25 e^{-\frac{\ln 2}{5600}t} \Rightarrow t \approx 4100 \text{ (năm)}$$

Chú ý:

1) Khối lượng mẫu mới = k khối lượng cổ vật: $H_{cổ} = \frac{H_{mới}}{k} e^{-\frac{\ln 2}{T}t}$

2) Khối lượng cổ vật = k khối lượng mẫu mới: $\frac{H_{cổ}}{k} = H_{mới} e^{-\frac{\ln 2}{T}t}$

Ví dụ minh họa 2: Phân tích một tượng gỗ cổ (đồ cổ) người ta thấy rằng độ phóng xạ β^- của nó bằng 0,385 lần độ phóng xạ của một khúc gỗ mới chặt có khối lượng gấp đôi khối lượng của tượng gỗ đó. Đồng vị ${}^{14}\text{C}$ có chu kỳ bán rã là 5600 năm. Tuổi tượng gỗ là bao nhiêu?

Hướng dẫn

$$H_{\text{cổ}} = \frac{H_{\text{mới}}}{k} e^{-\frac{\ln 2}{T}t} \Rightarrow \underbrace{H_{\text{cổ}}}_{0,385H_{\text{mới}}} = \frac{H_{\text{mới}}}{2} e^{-\frac{\ln 2}{5600}t} \Rightarrow t \approx 2,11 \cdot 10^3 \text{ (năm)}$$

Tình huống 16: Khi gặp bài toán liên quan đến đo thể tích máu trong cơ thể sống thì làm thế nào?

Giải pháp:

Để xác định thể tích máu có trong cơ thể sống, ban đầu người ta đưa vào máu một lượng chất phóng xạ (N_0, n_0, H_0) chờ cho đến thời điểm t để chất phóng xạ phân bố đều vào toàn bộ thể tích máu V (lúc này tổng lượng chất phóng xạ chỉ còn $N_0 e^{-\frac{\ln 2}{T}t}, n_0 e^{-\frac{\ln 2}{T}t}, H_0 e^{-\frac{\ln 2}{T}t}$) thì người ta lấy ra V_1 thể tích máu để xác định lượng chất

phóng xạ chứa trong V_1 này (N_1, n_1, H_1). Ta có:

$$\begin{cases} \frac{N_0}{V} e^{-\frac{\ln 2}{T}t} = \frac{N_1}{V_1} \\ \frac{n_0}{V} e^{-\frac{\ln 2}{T}t} = \frac{n_1}{V_1} \\ \frac{H_0}{V} e^{-\frac{\ln 2}{T}t} = \frac{H_1}{V_1} \end{cases}$$

Nếu lúc đầu đưa vào máu V_0 thể tích dung dịch chứa chất phóng xạ với nồng độ C_{M0} thì $n_0 = V_0 C_{M0}$ và lượng nước chứa trong thể tích V_0 sẽ thẩm thấu ra ngoài nên không làm thay đổi thể tích máu: $\frac{V_0 C_{M0}}{V} e^{-\frac{\ln 2}{T}t} = \frac{n_1}{V_1}$

Tình huống 17: Khi gặp bài toán liên quan đến năng lượng phóng xạ thì làm thế nào?

Giải pháp:

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

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 minh họa: 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

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”: $W_B = \frac{m_C}{m_B + m_C} \Delta E \Rightarrow$ Chọn A.

Chú ý:

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

* $\Delta E = (m_A - m_B - m_C) c^2 = (\Delta m_B + \Delta m_C - \Delta m_A) c^2 = W_{lkB} + W_{lkC} - W_{lkA}$

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

2) 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:

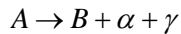
$$\left[\begin{array}{l} N = \frac{m}{A_{me}} N_A \\ N = \frac{H}{\lambda} = \frac{HT}{\ln 2} \end{array} \right.$$

3) Trong phóng xạ alpha nếu viết phương trình phóng xạ: $A \rightarrow B + \alpha$ thì động năng

của hạt α 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 gamma:



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

Ví dụ minh họa: Radon ${}_{86}\text{Rn}^{222}$ là chất phóng xạ α và chuyển thành hạt nhân X. Biết rằng sự phóng xạ này toả 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 giữa 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 .

Hướng dẫn

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

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.

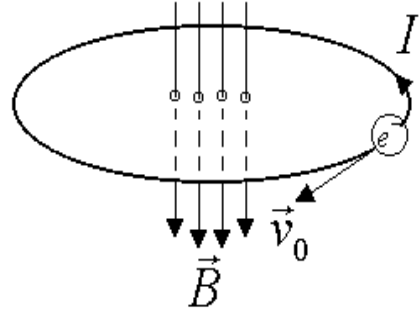
+ Lực Loren tác dụng lên hạt (có độ lớn $F_L = qv_0B$) đóng vai trò là lực hướng tâm (có độ lớn $F_{ht} = \frac{mv_0^2}{R}$), tức là $qv_0B = \frac{mv_0^2}{R}$

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

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

- Chu kì 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 $F_L = qv_nB$) đóng vai trò là lực hướng tâm

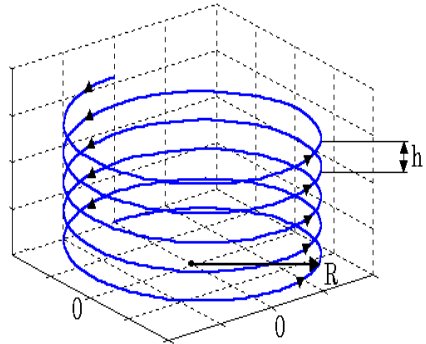
(có độ lớn $F_{ht} = \frac{mv_n^2}{R}$), tức là: $qv_nB = \frac{mv_n^2}{R}$

+ 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 đó trên, kết quả là nó chuyển động theo đường đinh ốc, với bán kính và bước ốc lần lượt là R và h.

Tình huống 18: Khi gặp bài toán liên quan đến năng lượng phân hạch thì làm thế nào?

Giải pháp:

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

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:

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

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

công suất có ích lần lượt là:
$$\begin{cases} A_i = HQ = H \frac{m(\text{kg})}{0,235(\text{kg})} N_A \Delta E \\ P_i = \frac{A_i}{t} \end{cases}$$

Tình huống 19: Khi gặp bài toán liên quan đến năng lượng nhiệt hạch thì làm thế nào?

Giải pháp:

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

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 minh họa: Cho phản ứng hạt nhân: $D + D \rightarrow T + p + 5,8 \cdot 10^{-13} \text{ (J)}$. Nước trong tự nhiên chứa 0,015% nước nặng D_2O . Cho biết khối lượng mol của D_2O bằng 20 g/mol số Avôgadrô $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$. 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. $2,6 \cdot 10^9 \text{ (J)}$ B. $2,7 \cdot 10^9 \text{ (J)}$ C. $2,5 \cdot 10^9 \text{ (J)}$ D. $5,2 \cdot 10^9 \text{ (J)}$

Hướng dẫn

Số phản ứng bằng một nửa số hạt D:

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

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

Tình huống 20: Khi gặp bài toán liên quan đến bức xạ năng lượng của Mặt Trời, các sao thì làm thế nào?

Giải pháp:

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 minh họa 1: (ĐH - 2007) Do sự phát bức xạ nên mỗi ngày (86400 s) khối lượng Mặt Trời giảm một lượng $3,744.10^{14}$ kg. Biết tốc độ ánh sáng trong chân không là 3.10^8 m/s. Công suất bức xạ (phát xạ) trung bình của Mặt Trời bằng

- A. $3,9.10^{20}$ MW. B. $4,9.10^{40}$ MW. C. $5,9.10^{10}$ MW. D. $3,9.10^{15}$ MW.

Hướng dẫn

$$P = \frac{E}{t} = \frac{mc^2}{t} = 3,9.10^{26} \text{ (W)} \Rightarrow \text{Chọn A.}$$

Ví dụ minh họa 2: Mặt Trời có khối lượng 2.10^{30} (kg) và công suất bức xạ $3,8.10^{26}$ (W). Nếu công suất bức xạ không đổi thì sau một tỉ năm nữa, phần khối lượng giảm đi là bao nhiêu phần trăm của khối lượng hiện nay. Xem 1 năm có 365,2422 ngày và tốc độ ánh sáng trong chân không 3.10^8 (m/s).

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

Hướng dẫn

$$h = \frac{m}{M} = \frac{Pt}{Mc^2} = \frac{3,8.10^{26}.10^9.365,2422.86400}{2.10^{30}.9.10^{16}} \approx 0,007\% \Rightarrow \text{Chọn C.}$$

Ví dụ minh họa 6: Mặt Trời có khối lượng 2.10^{30} (kg) và công suất bức xạ toàn phần là $3,9.10^{26}$ (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.

Hướng dẫn

$$\frac{0,01}{100} = h = \frac{Pt}{mc^2} \Rightarrow t = \frac{10^{-4}.2.10^{30}.9.10^{16}}{3,9.10^{26}} \text{ (s)} \times \frac{1 \text{ (năm)}}{365,2422.86400} \approx 1,46.10^9 \text{ (năm)}$$

Ví dụ minh họa 7: Mặt trời có công suất bức xạ toàn phần $3,8.10^{26}$ (W). Giả thiết sau mỗi giây trên Mặt Trời có 200 (triệu tấn) Heli được tạo ra do kết quả của chu trình cacbon – nito: $4({}_1\text{H}^1) \rightarrow {}_2\text{He}^4 + 2e^+$. Chu trình này đóng góp bao nhiêu phần trăm vào công suất bức xạ của Mặt Trời. Biết mỗi chu trình toả ra năng lượng 26,8 MeV.

Hướng dẫn

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

$$N = \frac{200.10^6.10^6 \text{ (g)}}{4}.6,023.10^{23} = 3,0115.10^{37}$$

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

$$Q_1 = N.26,8.1,6.10^{-13} \approx 129.10^{24} \text{ (J)}$$

Công suất bức xạ của chu trình này là: $P_1 = \frac{Q_1}{t} = 129.10^{24} \text{ (W)}$.

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

$$\frac{P_1}{P} 100\% = \frac{129.10^{24} \text{ (W)}}{3,8.10^{26}}.100\% \approx 34\%$$