

HẠT NHÂN NGUYÊN TỬ

I. CẤU TẠO HẠT NHÂN: ${}_Z^AX$

- $A = Z + n$: Số khối
- Z : Số Proton
- n : Số Nơtron
- Bán kính hạt nhân: $R = 1,2 \cdot 10^{-15} A^{1/3}$ (m)
- Khối lượng riêng: $\rho \approx 10^{17} \text{ kg/m}^3$ (khối lượng riêng mọi hạt nhân đều giống nhau)
- Khối lượng các hạt:
 - $m_p = 1,007276u = 938 \text{ MeV}/c^2$
 - $m_n = 1,008665u = 939 \text{ MeV}/c^2$
 - $1u = 1,66054 \cdot 10^{-27}(\text{kg}) = 931,5 \text{ MeV}/c^2$

II. HỆ THỨC ANHXTANH, ĐỘ HỤT KHỐI, NĂNG LƯỢNG LIÊN KẾT

1. Hệ thức Anhxtanh giữa khối lượng và năng lượng

- Vật có khối lượng m chuyển động với vận tốc v thì có năng lượng: $E = E_0 + W_\phi$
- Trong đó:
 - $E = mc^2$ (Năng lượng toàn phần)
 - $E_0 = m_0c^2$ (Năng lượng nghỉ)
 - W_ϕ (Động năng của vật)

2. Khối lượng tương đối tính:

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

3. Độ hụt khối của hạt nhân ${}_Z^AX$:

$$\Delta m = Zm_p + (A - Z)m_n - m > 0$$

(Với m là khối lượng thực của hạt nhân X)

4. Năng lượng liên kết:

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2 = [Zm_p + (A - Z)m_n - m]c^2$$

5. Năng lượng liên kết riêng (năng lượng liên kết tính cho 1 nuclôn):

$$\epsilon = \frac{\Delta E}{A}$$

Lưu ý: Năng lượng liên kết riêng càng lớn thì hạt nhân càng bền vững.

III. PHÓNG XẠ

1. Phương trình phóng xạ:

$$X \rightarrow \text{Sản phẩm} + Y$$

(X là hạt nhân mẹ kém bền, Y là hạt nhân con bền)

2. Định luật phóng xạ

a. Số hạt nhân (N) và khối lượng (m) ở thời điểm t :

$$N = N_0 \cdot 2^{-t/T} = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

$$m = m_0 \cdot 2^{-t/T} = m_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

Trong đó: $\lambda = \frac{\ln 2}{T}$; N_0, m_0 là số hạt và khối lượng tại $t = 0$.

b. Số hạt và khối lượng đã bị phân rã trong khoảng thời gian t :

$$\Delta N = N_0 - N = N_0 (1 - 2^{-t/T}) = N_0 (1 - e^{-\lambda t})$$

$$\Delta m = m_0 - m = m_0 (1 - 2^{-t/T}) = m_0 (1 - e^{-\lambda t})$$

(ΔN cũng chính là số hạt nhân con được tạo thành)

c. Độ phóng xạ H :

$$H = H_0 \cdot 2^{-t/T} = H_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

$$H = \lambda N; \quad H_0 = \lambda N_0$$

d. Mối liên hệ giữa số nguyên tử N và khối lượng m (g):

$$n = \frac{m}{M} = \frac{N}{N_A} \implies m = \frac{N}{N_A} \cdot M$$

($N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$, M là nguyên tử lượng (g), đối với hạt nhân $M \approx A$)

e. Liên quan đến hạt nhân con trong phóng xạ $X \rightarrow Y$:

- Tỷ số số hạt nhân con sinh ra và số hạt nhân mẹ ban đầu:

$$\frac{N_y}{N_{0x}} = 1 - 2^{-t/T}$$

- Tỷ số số hạt nhân con sinh ra và số hạt nhân mẹ còn lại:

$$\frac{N_y}{N_x} = \frac{1 - 2^{-t/T}}{2^{-t/T}} = 2^{t/T} - 1$$

- Tỷ số khối lượng hạt nhân con và khối lượng hạt nhân mẹ ban đầu:

$$\frac{m_y}{m_{0x}} = \frac{A_y}{A_x} (1 - 2^{-t/T})$$

- Tỷ số khối lượng hạt nhân con và khối lượng hạt nhân mẹ còn lại:

$$\frac{m_y}{m_x} = \frac{A_y}{A_x} (2^{t/T} - 1)$$

f. Phóng xạ qua nhiều giai đoạn:

- Thời điểm ban đầu: N_0
- Thời điểm t_1 : $N_1 = N_0 \cdot 2^{-t_1/T}$, $\Delta N = N_1 - N_0$ (xét độ lớn phân rã)
- Xác định tuổi cổ vật:

$$\frac{\Delta N_1}{\Delta N_0} = \frac{1 - 2^{-t_1/T}}{1 - 2^{-t_2/T}} \cdot 2^{-t/T} \xrightarrow{t_2, t_1 \ll T} \frac{\Delta N_1}{\Delta N_0} = \frac{t_1}{t_2} \cdot 2^{-t/T}$$

3. Các loại tia phóng xạ:

- Phóng xạ Alpha (α):** ${}_Z^AX \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_{Z-2}^{A-4}Y$
- Phóng xạ Beta- (β^-):** ${}_Z^AX \rightarrow {}_{-1}^0e + {}_{Z+1}^AY$ (Hạt nhân con tiến 1 ô trong bảng tuần hoàn)
- Phóng xạ Beta+ (β^+):** ${}_Z^AX \rightarrow {}_{+1}^0e + {}_{Z-1}^AY$ (Hạt nhân con lùi 1 ô trong bảng tuần hoàn)
- Phóng xạ Gamma (γ):** Phóng xạ photon có năng lượng $hf = E_2 - E_1$. Không làm biến đổi hạt nhân.

IV. PHẢN ỨNG HẠT NHÂN**1. Phương trình:** ${}_Z^A_1A + {}_Z^A_2B \rightarrow {}_Z^A_3C + {}_Z^A_4D$ **2. Các định luật bảo toàn:**

- **Bảo toàn số khối:** $A_1 + A_2 = A_3 + A_4$
- **Bảo toàn điện tích:** $Z_1 + Z_2 = Z_3 + Z_4$
- **Bảo toàn động lượng:** $\vec{P}_A + \vec{P}_B = \vec{P}_C + \vec{P}_D$ hay $m_A\vec{v}_A + m_B\vec{v}_B = m_C\vec{v}_C + m_D\vec{v}_D$
- **Bảo toàn năng lượng toàn phần:** $K_A + K_B + \Delta E = K_C + K_D$

3. Năng lượng phản ứng hạt nhân (ΔE): Phương trình: $A + B \rightarrow C + D$. Có thể tính bằng các cách sau:

- **Theo khối lượng nghỉ:** $\Delta E = (m_A + m_B - m_C - m_D)c^2$
- **Theo độ hụt khối:** $\Delta E = (\Delta m_C + \Delta m_D - \Delta m_A - \Delta m_B)c^2$
- **Theo năng lượng liên kết:** $\Delta E = \sum W_{lk(\text{sau})} - \sum W_{lk(\text{đầu})}$
- **Theo động năng:** $\Delta E = \sum K_{(\text{sau})} - \sum K_{(\text{đầu})} = (K_C + K_D) - (K_A + K_B)$

4. Kết luận về năng lượng:

- $\Delta E > 0$: Phản ứng **tỏa** năng lượng.
- $\Delta E < 0$: Phản ứng **thu** năng lượng.