

# HẠT NHÂN NGUYÊN TỬ

## I. CẤU TẠO HẠT NHÂN: ${}_Z^A X$

- $A = Z + n$ : Số khối
- $Z$ : Số Proton
- $n$ : Số Nôtron
- **Bán kính hạt nhân:**  $R = 1,2 \cdot 10^{-15} A^{1/3}$  (m)
- **Khối lượng riêng:**  $\rho \approx 10^{17}$  kg/m<sup>3</sup> (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:  $E = E_0 + W_\emptyset$
- Trong đó:
  - $E = mc^2$  (Năng lượng toàn phần)
  - $E_0 = m_0c^2$  (Năng lượng nghỉ)
  - $W_\emptyset$  (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 ${}_Z^A X$ :

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

(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 $t$ :

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

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

( $\Delta N$  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 $X \rightarrow Y$ :

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

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

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

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

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

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

- Tỉ 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 ( $\alpha$ ):**  ${}_Z^A X \rightarrow {}_2^4 He + {}_{Z-2}^{A-4} Y$
- Phóng xạ Beta- ( $\beta^-$ ):**  ${}_Z^A X \rightarrow {}_{-1}^0 e + {}_{Z+1}^A Y$  (*Hạt nhân con tiến 1 ô trong bảng tuần hoàn*)
- Phóng xạ Beta+ ( $\beta^+$ ):**  ${}_Z^A X \rightarrow {}_{+1}^0 e + {}_{Z-1}^A Y$  (*Hạt nhân con lùi 1 ô trong bảng tuần hoàn*)
- Phóng xạ Gamma ( $\gamma$ ):** 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: ${}_Z^{A_1} A + {}_{Z_2}^{A_2} B \rightarrow {}_{Z_3}^{A_3} C + {}_{Z_4}^{A_4} D$

#### 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 ( $\Delta E$ ):** 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:**  $\Delta E = \sum W_{lk(sau)} - \sum W_{lk(dầu)}$
- **Theo động năng:**  $\Delta E = \sum K_{(sau)} - \sum K_{(dầu)} = (K_C + K_D) - (K_A + K_B)$

#### 4. Kết luận về năng lượng:

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