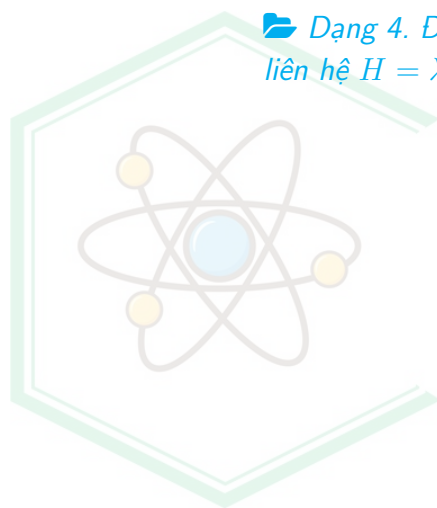


# Mục lục

## PHẦN II HỌC KỲ 2

<b>Bài 11. Hiện tượng phóng xạ</b>	<b>3</b>
(A) Tóm tắt lí thuyết .....	3
(B) Ví dụ minh họa .....	5
Dạng 1. Vận dụng các định luật bảo toàn trong phản ứng hạt nhân để viết đúng phương trình phân rã .....	6
Dạng 2. Vận dụng định luật phóng xạ xác định số hạt/khối lượng hạt nhân phóng xạ còn lại .....	6
Dạng 3. Bài toán về số hạt nhân và khối lượng hạt nhân con tạo thành .....	8
Dạng 4. Định nghĩa được độ phóng xạ, hằng số phóng xạ và vận dụng được mối liên hệ $H = \lambda N$ .....	9



LỚP CÔ THẢO  
& THẦY SANG  
★★★★ VẬT LÝ ★★★★★



PHẦN

# HỌC KỲ 2

## A. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

## 1 Hiện tượng phóng xạ

## 1.1. Định nghĩa

**⚡ Khái niệm** Hiện tượng một hạt nhân không bền vững tự phát phân rã, phát ra các tia phóng xạ và biến đổi thành một hạt nhân khác.

Quy ước:

- ☑ Hạt nhân phóng xạ là **hạt nhân mẹ**;
- ☑ Hạt nhân sản phẩm của quá trình phân rã là **hạt nhân con**.

## 1.2. Các tính chất cơ bản của hiện tượng phóng xạ

Hiện tượng phóng xạ có hai tính chất cơ bản:

- ☑ **Tính tự phát:** quá trình phân rã xuất phát từ những biến đổi bên trong hạt nhân, hoàn toàn không phụ thuộc vào tác động bên ngoài (nhiệt độ, áp suất, ...).
- ☑ **Tính ngẫu nhiên:** Với một hạt nhân phóng xạ cho trước, ta không thể xác định thời điểm phân rã của nó.

## 2 Bản chất của các tia phóng xạ

2.1. Tia alpha ( $\alpha$ )

Tia  $\alpha$  là dòng các hạt nhân  ${}^4_2\text{He}$ , mang hai điện tích dương. Tia  $\alpha$ :

- ☑ bị lệch trong điện trường;
- ☑ có tốc độ khoảng  $2 \cdot 10^7 \text{ m/s}$ ;
- ☑ làm ion hoá các nguyên tử trên đường đi nên mất năng lượng nhanh và chỉ đi được tối đa 8 cm trong không khí;
- ☑ có tính đâm xuyên yếu, có thể bị chặn bởi tờ giấy có bề dày khoảng 1 mm;
- ☑ gây nguy hiểm khi trực tiếp phóng xạ trong cơ thể người;
- ☑ phương trình phóng xạ:  ${}_Z^AX \longrightarrow {}_Z^{A-4}Y + {}^4_2\text{He}$ .

2.2. Tia beta ( $\beta$ )

Tia  $\beta$  có 2 loại:

- ☑  $\beta^-$  là dòng các electron  ${}^0_{-1}\text{e}$  mang điện tích âm;
- ☑  $\beta^+$  là dòng các positron  ${}^0_{+1}\text{e}$  mang điện tích dương.

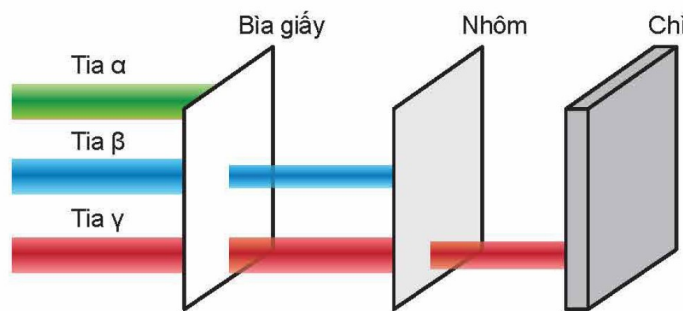
Tia  $\beta$  có các đặc điểm sau:

- ☑ bị lệch nhiều trong điện trường hơn tia  $\alpha$ ;
- ☑ có tốc độ gần bằng tốc độ ánh sáng;
- ☑ làm ion hoá môi trường yếu hơn tia  $\alpha$  nên đi được quãng đường dài hơn (vài mét) trong không khí;
- ☑ có tính đâm xuyên mạnh hơn tia  $\alpha$ ;
- ☑ có cường độ lớn, có thể gây bỏng;
- ☑ trong phân rã  $\beta$  còn xuất hiện hạt neutrino ( $\nu$ ) và phản hạt neutrino ( $\bar{\nu}$ ). Các hạt này không mang điện, khối lượng rất nhỏ và chuyển động với tốc độ xấp xỉ tốc độ ánh sáng;
- ☑ phương trình phóng xạ:
  - phóng xạ  $\beta^-$ :  ${}_Z^AX \longrightarrow {}_{Z+1}^AY + {}_{-1}^0e + \bar{\nu}$ ;
  - phóng xạ  $\beta^+$ :  ${}_Z^AX \longrightarrow {}_{Z-1}^AY + {}_{+1}^0e + \nu$ ;

### 2.3. Tia gamma ( $\gamma$ )

Tia  $\gamma$  là sóng điện từ có bước sóng rất ngắn ( $\lambda < 10^{-11}$  m), là chùm photon có năng lượng cao. Tia  $\gamma$ :

- ☑ không bị lệch trong điện trường;
- ☑ có tính đâm xuyên rất mạnh, lớn hơn nhiều so với  $\alpha$  và  $\beta$ ;
- ☑ ion hoá không khí mạnh;
- ☑ thường là tia phóng xạ kèm theo các tia  $\alpha$  và  $\beta$  khi hạt nhân con ở trạng thái năng lượng kích thích chuyển về trạng thái năng lượng cơ bản.



Hình 2.1: Minh họa khả năng đâm xuyên của các tia phóng xạ qua vật chất.

## 3 Định luật phóng xạ

### 3.1. Chu kỳ bán rã, hằng số phóng xạ

Cứ sau một khoảng thời gian xác định  $T$  thì một nửa số hạt nhân hiện có sẽ bị phân rã, biến đổi thành hạt nhân khác;  $T$  được gọi là chu kỳ bán rã của chất phóng xạ.

Hằng số phóng xạ đặc trưng cho từng chất phóng xạ, có mối liên hệ với chu kỳ bán rã theo công

thức:

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T}. \quad (2.1)$$

trong đó:

- ☑  $\lambda$ : hằng số phóng xạ, đơn vị trong hệ SI là  $s^{-1}$ ;
- ☑  $T$ : chu kỳ bán rã, đơn vị trong hệ SI là s.

### 3.2. Định luật phóng xạ

**⚡ Định luật** Trong quá trình phân rã, số hạt nhân phóng xạ còn lại giảm theo thời gian theo quy luật hàm số mũ:

$$N_t = N_0 2^{-t/T} = N_0 e^{-\lambda t}. \quad (2.2)$$

trong đó:

- ☑  $N_t$ : số hạt nhân còn lại;
- ☑  $N_0$ : số hạt nhân ban đầu;
- ☑  $t$ : thời gian phân rã, đơn vị trong hệ SI là s;
- ☑  $T$ : chu kỳ bán rã, đơn vị trong hệ SI là s;
- ☑  $\lambda$ : hằng số phóng xạ, đơn vị trong hệ SI là  $s^{-1}$ .

## 4 Độ phóng xạ

**⚡ Khái niệm** Độ phóng xạ là đại lượng đặc trưng cho tính phóng xạ mạnh hay yếu của một lượng chất phóng xạ, được xác định bằng số hạt nhân phóng xạ phân rã trong một giây.

$$H = -\frac{dN}{dt} = \lambda N \quad (2.3)$$

Độ phóng xạ giảm theo thời gian với cùng quy luật hàm mũ giống số hạt nhân phóng xạ

$$H = H_0 e^{-\lambda t} = H_0 2^{-t/T} \quad (2.4)$$

Trong hệ SI, đơn vị của  $H$  là becquerel ( $1 \text{ Bq} = 1 \text{ phân rã/s}$ ). Ngoài ra,  $H$  còn có đơn vị là ci ( $1 \text{ ci} = 3,66 \cdot 10^{10} \text{ B}$ ).

## 5 Quy tắc an toàn phóng xạ

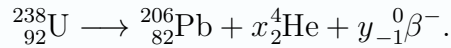
Các quy tắc cơ bản cần thực hiện để đảm bảo an toàn khi ở các khu vực có nguồn phóng xạ hoặc phải làm việc trực tiếp với nguồn phóng xạ:

- ☑ Giảm thiểu thời gian tiếp xúc với nguồn phóng xạ.
- ☑ Giữ khoảng cách phù hợp đến nguồn phóng xạ.
- ☑ Sử dụng các màn chắn, trang phục bảo hộ để đảm bảo che chắn phóng xạ.

## B. VÍ DỤ MINH HOẠ

### VÍ DỤ 1

Uranium 238 sau một loạt phóng xạ  $\alpha$  và biến thành chì. Phương trình của phản ứng là:



Xác định giá trị của  $x$  và  $y$ .

#### Lời giải.

Bảo toàn điện tích và bảo toàn số khối, ta thu được hệ phương trình:

$$\begin{cases} 4x + 0y = 238 - 206 = 32 \\ 2x + (-1)y = 92 - 82 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x = 8 \\ y = 6 \end{cases}.$$

Sau thời gian  $t$ , số hạt và khối lượng hạt nhân phóng xạ còn lại:

$$\begin{cases} N = N_0 2^{-t/T} = N_0 e^{-\lambda t} \\ m = m_0 2^{-t/T} = m_0 e^{-\lambda t} \end{cases} \quad (2.5)$$

Số hạt và khối lượng hạt nhân đã phóng xạ:

$$\begin{cases} \Delta N = N_0 - N = N_0 (1 - 2^{-t/T}) = N_0 (1 - e^{-\lambda t}) \\ \Delta m = m_0 - m = m_0 (1 - 2^{-t/T}) = m_0 (1 - e^{-\lambda t}) \end{cases} \quad (2.6)$$

### VÍ DỤ 2

Chất phóng xạ polonium  ${}_{84}^{210}\text{Po}$  phóng xạ tia  $\alpha$  và biến thành hạt nhân chì Pb. Biết chu kỳ bán rã của  ${}_{84}^{210}\text{Po}$  là 138 ngày và ban đầu có 100 g chất. Lấy khối lượng nguyên tử xấp xỉ số khối.

- Tính số hạt Po và khối lượng Po còn lại sau 69 ngày.
- Tính số hạt Po bị phân rã và khối lượng Po đã phân rã sau 80 ngày.
- Sau 150 ngày có bao nhiêu phần trăm Po bị phân rã?
- Sau bao lâu Po bị phân rã 12,5 g?
- Sau bao lâu (kể từ thời điểm ban đầu) số hạt nhân của  ${}_{84}^{210}\text{Po}$  phóng xạ còn lại bằng 25 % số hạt nhân ban đầu?

#### Lời giải.

Số hạt nhân Po ban đầu có trong mẫu:

$$N_0 = \frac{m}{A} N_A = \frac{(100 \text{ g})}{(210 \text{ g/mol})} \cdot (6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}) \approx 2,866 \cdot 10^{23} \text{ hạt}.$$

a) Sau 69 ngày, số hạt và khối lượng Po còn lại là:

$$\begin{cases} N = N_0 \cdot 2^{-t/T} = 2,866 \cdot 10^{23} \cdot 2^{-\frac{69}{138}} = 2,027 \cdot 10^{23} \text{ hạt} \\ m = m_0 \cdot 2^{-t/T} = (100 \text{ g}) \cdot 2^{-\frac{69}{138}} = 50\sqrt{2} \text{ g} \end{cases}$$

b) Sau 80 ngày, số hạt và khối lượng Po đã bị phân rã:

$$\begin{cases} \Delta N = N_0 (1 - 2^{-t/T}) = 2,866 \cdot 10^{23} \cdot (1 - 2^{-\frac{80}{138}}) = 9,48 \cdot 10^{22} \text{ hạt} \\ \Delta m = m_0 (1 - 2^{-t/T}) = (100 \text{ g}) \cdot (1 - 2^{-\frac{80}{138}}) \approx 33,1 \text{ g} \end{cases}$$

c) Sau 150 ngày, phần trăm Po bị phân rã là

$$\frac{\Delta m}{m_0} = 1 - 2^{-t/T} = 1 - 2^{-\frac{150}{180}} = 52,924 \%$$

d) Khối lượng Po bị phân rã:

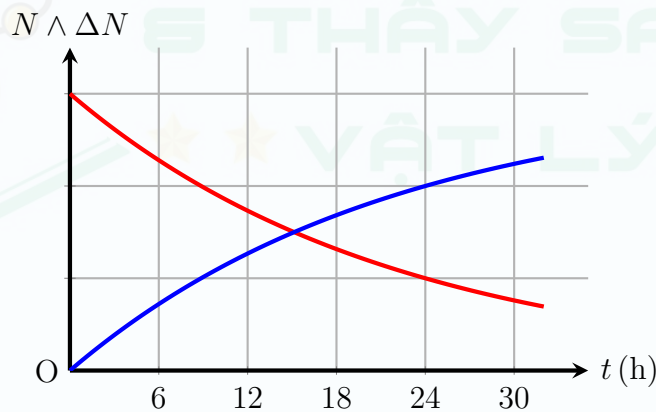
$$\Delta m = m_0 (1 - 2^{-t/T}) \Leftrightarrow 0,25 = 2^{-\frac{t}{138}} \Rightarrow t = 276 \text{ ngày}.$$

e) Số hạt nhân Po phóng xạ còn lại 25% so với ban đầu thì

$$\frac{N}{N_0} = 2^{-t/T} \Leftrightarrow 0,25 = 2^{-\frac{t}{138}} \Rightarrow t = 276 \text{ ngày}.$$

### VÍ DỤ 3

Hình bên biểu diễn sự phụ thuộc của số hạt còn lại và số hạt đã bị phân rã theo thời gian  $t$  của một mẫu chất phóng xạ X.



a) Chu kì bán rã của X bằng bao nhiêu?

b) Tại thời điểm  $t = 18 \text{ h}$ , số hạt X đã bị phân rã gấp mấy lần số hạt X còn lại trong mẫu?

### Lời giải.

a) Dựa vào đồ thị, tại thời điểm  $t = 24 \text{ h}$  thì

$$\Delta N = 2N \Leftrightarrow N_0 (1 - 2^{-t/T}) = 2N_0 \cdot 2^{-t/T} \Leftrightarrow (1 - 2^{-\frac{24}{T}}) = 2 \cdot 2^{-\frac{24}{T}}$$

$$\Rightarrow T \approx 15,14 \text{ h}.$$

b) Tại  $t = 18 \text{ h}$ :

$$\frac{\Delta N}{N} = \frac{1 - 2^{-t/T}}{2^{-t/T}} = \frac{1 - 2^{-18/15,14}}{2^{-18/15,14}} \approx 1,28.$$

Vậy tại thời điểm  $t = 18 \text{ h}$ , số hạt X đã bị phân rã gấp 1,28 lần số hạt X còn lại.

Xét hạt nhân X phóng xạ ra tia phóng xạ C và biến đổi thành hạt nhân Y:



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:

$$\begin{cases} N_Y = \Delta N_X = N_{0X} (1 - 2^{-t/T}) \\ n_Y = \Delta n_X = n_{0X} (1 - 2^{-t/T}) \end{cases} \quad (2.8)$$

Khối lượng hạt nhân con Y được tạo thành sau thời gian  $t$  là

$$n_Y = n_{0X} (1 - 2^{-t/T}) \Leftrightarrow \frac{m_Y}{A_Y} = \frac{m_0}{A_X} (1 - 2^{-t/T}) \Rightarrow m_Y = m_0 (1 - 2^{-t/T}) \frac{A_Y}{A_X} \quad (2.9)$$

#### ❗ VÍ DỤ 4

Chất polonium  $^{210}_{84}\text{Po}$  phóng xạ alpha ( $\alpha$ ) và chuyển thành chì  $^{206}_{82}\text{Pb}$  với chu kỳ bán rã là 138,4 ngày. Khối lượng ban đầu của Po là 50 g.

- Sau 100 ngày (kể từ thời điểm ban đầu) thì tỉ số của số hạt nhân Pb và Po bằng bao nhiêu?
- Sau bao lâu khối lượng hạt nhân Po gấp 4 lần khối lượng hạt nhân Pb?

 **Lời giải.**

Phương trình phản ứng:  $^{210}_{84}\text{Po} \longrightarrow 4\alpha + ^{206}_{82}\text{Pb}$ .

- Sau 100 ngày (kể từ thời điểm ban đầu) thì tỉ số của số hạt nhân Pb và Po là

$$\frac{N_{\text{Pb}}}{N_{\text{Po}}} = 2^{t/T} - 1 = 2^{\frac{100}{138,4}} - 1 \approx 0,6524.$$

- Ta có:

$$\frac{m_{\text{Pb}}}{m_{\text{Po}}} = \frac{A_{\text{Pb}}}{A_{\text{Po}}} (2^{t/T} - 1) \Leftrightarrow \frac{1}{4} = \frac{206}{210} (2^{\frac{t}{138,4}} - 1) \Rightarrow t = 45,1977 \text{ ngày}.$$

#### ❗ VÍ DỤ 5

Hạt nhân uranium  $^{238}_{92}\text{U}$  sau một chuỗi phân rã, biến đổi thành hạt nhân chì  $^{206}_{82}\text{Pb}$ . Trong quá trình đó, chu kỳ bán rã của  $^{238}_{92}\text{U}$  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  $^{238}_{92}\text{U}$  và  $6,239 \cdot 10^{18}$  hạt nhân  $^{206}_{82}\text{Pb}$ . Giả sử khối đá lúc mới hình thành không chứa hạt nhân chì và tất cả lượng hạt nhân chì có mặt trong đó đều là sản phẩm phân rã của  $^{238}_{92}\text{U}$ . Tuổi của khối đá khi được phát hiện là bao nhiêu?

 **Lời giải.**

Số hạt chì tạo thành bằng số hạt uranium đã phóng xạ:  $N_{\text{Pb}} = \Delta N_{\text{U}}$ .

Theo đề bài, ta có:

$$\frac{N_{\text{Pb}}}{N_{\text{U}}} = \frac{\Delta N_{\text{U}}}{N_{\text{U}}} = \frac{N_0 (1 - 2^{-t/T})}{N_0 \cdot 2^{-t/T}} = 2^{t/T} - 1 = \frac{6,239 \cdot 10^{18}}{1,188 \cdot 10^{20}} = 0,0525.$$

$$\Rightarrow 2^{t/T} = 1,0525 \Rightarrow t = 3,3 \cdot 10^8 \text{ năm}.$$



Vậy tuổi của khối đá khi được phát hiện là  $3,3 \cdot 10^8$  năm.

DẠNG

4

**Định nghĩa được độ phóng xạ, hằng số phóng xạ và vận dụng được mối liên hệ  $H = \lambda N$**

### ⚡ VÍ DỤ 6

Một mẫu chất phóng xạ  $\beta^+$  là  $^{15}_8\text{O}$  có độ phóng xạ là  $2,80 \cdot 10^7$  Bq. Biết rằng hằng số phóng xạ của  $^{15}_8\text{O}$  là  $5,67 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ .

- Xác định số hạt nhân chất phóng xạ có trong mẫu khi đó.
- Xác định số hạt positron mẫu chất phát ra trong khoảng thời gian 1,00 ms. Coi gần đúng rằng độ phóng xạ của mẫu không thay đổi trong khoảng thời gian rất ngắn này.

**Lời giải.**

- a) Số hạt nhân chất phóng xạ có trong mẫu khi đó:

$$N_0 = \frac{H_0}{\lambda} = \frac{2,80 \cdot 10^7 \text{ Bq}}{5,67 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}} \approx 49,38 \cdot 10^8 \text{ hạt.}$$

- b) Trong quá trình phóng xạ trên diễn ra, mỗi hạt nhân bị phóng xạ sẽ phát ra một hạt positron. Do đó, số hạt positron mẫu chất phát ra bằng số hạt nhân  $^{15}_8\text{O}$  phân rã:

$$N_{\beta^+} = \Delta N = N_0 (1 - e^{-\lambda t}) = 49,38 \cdot 10^8 \cdot \left[ 1 - e^{-(5,67 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}) \cdot (1,00 \cdot 10^{-3} \text{ s})} \right] \approx 27\,998 \text{ hạt.}$$

### ⚡ VÍ DỤ 7

Nhờ một máy đếm xung người ta có được thông tin sau về 1 chất phóng xạ. Ban đầu, trong thời gian 1 phút có 360 nguyên tử của chất phóng xạ, nhưng 2 giờ sau (kể từ thời điểm ban đầu) thì trong 1 phút chỉ có 90 nguyên tử phóng xạ. Tìm chu kì bán rã của chất phóng xạ này.

**Lời giải.**

Độ phóng xạ ban đầu:  $H_0 = \frac{360}{60} = 6 \text{ Bq.}$

Độ phóng xạ sau 2 giờ:  $H = \frac{90}{60} = 1,5 \text{ Bq.}$

Từ  $H = H_0 2^{-\frac{t}{T}} \Leftrightarrow 1,5 = 6 \cdot 2^{-\frac{2}{T}} \Rightarrow T = 1 \text{ h.}$

### ⚡ VÍ DỤ 8

Một mẫu ban đầu chứa đồng vị  $^{60}_{27}\text{Co}$  nguyên chất, là chất phóng xạ  $\gamma$  với chu kì bán rã 5,27 năm được sử dụng trong điều trị ung thư. Khi mẫu này được sử dụng lần đầu thì thời gian cho một liều chiếu xạ là 15 phút. Hỏi sau 2 năm, nếu vẫn sử dụng mẫu chất này thì thời gian cho một liều chiếu xạ là bao nhiêu? Coi như lượng hạt  $\gamma$  cho một liều chiếu xạ trong cả hai lần là như nhau.

**Lời giải.**

Độ phóng xạ tại thời điểm ban đầu:

$$H_0 = \frac{\Delta N_0}{\Delta t_0}$$



với  $\Delta N_0$  là số hạt đã phân rã trong thời gian  $\Delta t_0$ .

Độ phóng xạ tại thời điểm  $t$ :

$$H = \frac{\Delta N}{\Delta t}$$

với  $\Delta N$  là số hạt đã phân rã trong thời gian  $\Delta t$ .

$$\text{Từ } H = H_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}} \Rightarrow \frac{\Delta N}{\Delta t} = \frac{\Delta N_0}{\Delta t_0} \cdot 2^{-\frac{t}{T}}.$$

Do liều chiếu xạ ở cả 2 lần là như nhau:  $\Delta N_0 = \Delta N \Rightarrow \Delta t = \Delta t_0 \cdot 2^{\frac{t}{T}} = (15 \text{ min}) \cdot 2^{\frac{2 \text{ năm}}{5,27 \text{ năm}}} \approx 19,5 \text{ min}.$

