

**BÉC-CƠ-REN**  
(Antoine Henri Becquerel,  
1852 – 1908,  
nhà vật lí người Pháp,  
giải Nô-ben về vật lí năm 1903)



**PI-E QUY-RI**  
(Pierre Curie,  
1859 – 1906,  
nhà vật lí người Pháp,  
giải Nô-ben về vật lí năm 1903)



**MA-RI QUY-RI**  
(Marie Skłodowska Curie,  
1867 – 1934,  
nhà vật lí người Pháp,  
giải Nô-ben về vật lí năm 1903  
và về hoá học năm 1911)

*Ba nhà bác học tiên phong trong nghiên cứu sự phóng xạ.*

**Phải chăng cơ thể chúng ta cũng có tinh phóng xạ ?**

## 1. Hiện tượng phóng xạ

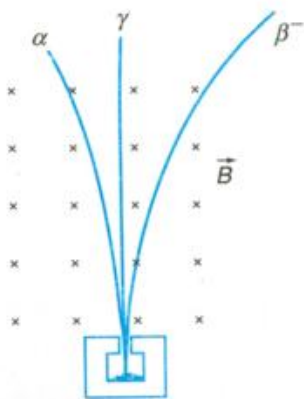
**Hiện tượng một hạt nhân không bền vững tự phát phân rã, phát ra các tia phóng xạ và biến đổi thành hạt nhân khác gọi là hiện tượng phóng xạ.**

Các kết quả nghiên cứu cho thấy, quá trình phân rã phóng xạ chỉ do các nguyên nhân bên trong gây ra và hoàn toàn không chịu tác động của các yếu tố thuộc môi trường ngoài như nhiệt độ, áp suất...

Như vậy, *quá trình phân rã phóng xạ chính là quá trình dẫn đến sự biến đổi hạt nhân.*

Người ta quy ước gọi hạt nhân phóng xạ là *hạt nhân mẹ* và hạt nhân sản phẩm phân rã là *hạt nhân con*.

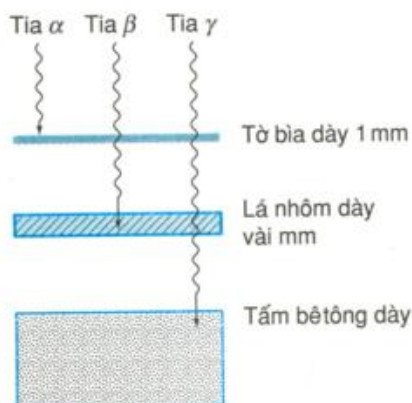
Năm 1896, khi nghiên cứu các hợp chất phát lân quang, nhà bác học Béc-cơ-ren đã tình cờ phát hiện thấy rằng, miếng urani sunfat đã phát ra một loại bức xạ không nhìn thấy, nhưng tác dụng mạnh lên các tấm kính ảnh bọc kĩ trong giấy đen dày đặt dưới miếng đó. Ông gọi hiện tượng này là *sự phóng xạ*, urani là *chất phóng xạ* và bức xạ phát ra là *tia phóng xạ*. Năm 1898, Pi-e Quy-ri và Ma-ri Quy-ri đã tìm ra hai chất phóng xạ mới là pôlôni và radi. Radi có tính phóng xạ cao hơn nhiều so với urani và pôlôni.



**Hình 53.1** Sự lệch các tia phóng xạ trong từ trường.

**C1** Cho tia phóng xạ (phát ra từ một mẫu chất phóng xạ) đi qua từ trường (hoặc điện trường giữa hai bản tụ điện tích điện), ta thấy các tia  $\alpha$ ,  $\beta$  và  $\gamma$  bị lệch khác nhau. Giải thích tại sao.

Có khoảng 25 đồng vị phóng xạ tự nhiên và 100 đồng vị phóng xạ nhân tạo (được chế tạo trong phòng thí nghiệm) bị phân rã  $\alpha$  (trong số đó có urani, radi, thori).



**Hình 53.2** Khả năng xuyên thấu của các tia phóng xạ qua vật chất.

## 2. Các tia phóng xạ

### a) Các loại tia phóng xạ

Khảo sát tia phóng xạ do các chất phóng xạ phát ra, người ta thấy có ba loại tia phóng xạ chính, có bản chất khác nhau là tia anpha (kí hiệu  $\alpha$ ), tia beta (kí hiệu là  $\beta$ ) và tia gamma (kí hiệu là  $\gamma$ ) (Hình 53.1). Như vậy, ta có thể phân loại các quá trình phân rã phóng xạ thành ba loại, tương ứng với sự phóng ra ba loại tia phóng xạ đó : *phóng xạ  $\alpha$*  (hay *phân rã  $\alpha$* ), *phóng xạ  $\beta$*  (hay *phân rã  $\beta$* ) và *phóng xạ  $\gamma$* .

Tia phóng xạ là tia không nhìn thấy được, nhưng có những tác dụng như : kích thích một số phản ứng hoá học, ion hoá không khí, làm đen kính ảnh, xuyên thấu lớp vật chất mỏng, phá huỷ tế bào,...

### b) Bản chất các loại tia phóng xạ

#### • Tia $\alpha$

Tia  $\alpha$  chính là các hạt nhân của nguyên tử heli (kí hiệu  ${}^4_2\text{He}$ , gọi là hạt  $\alpha$ ), được phóng ra từ hạt nhân với tốc độ khoảng  $2 \cdot 10^7$  m/s. Tia  $\alpha$  làm ion hoá mạnh các nguyên tử trên đường đi của nó và mất năng lượng rất nhanh. Vì vậy, tia  $\alpha$  chỉ đi được tối đa khoảng 8 cm trong không khí và không xuyên qua được tờ bìa dày 1 mm.

#### • Tia $\beta$

Tia  $\beta$  là các hạt phóng ra với tốc độ rất lớn, có thể đạt xấp xỉ bằng tốc độ ánh sáng. Tia  $\beta$  cũng làm ion hoá môi trường nhưng yếu hơn so với tia  $\alpha$ . Vì vậy, tia  $\beta$  có thể đi được quãng đường dài hơn, tới vài mét trong không khí và có thể xuyên qua được lá nhôm dày cỡ milimét.



Có hai loại tia  $\beta$  :

– Loại phổ biến là tia  $\beta^-$ . Đó chính là các electron (kí hiệu  ${}_{-1}^0e$  hay  $e^-$ ). Ví dụ đồng vị phóng xạ cacbon  ${}^{14}_6C$  phân rã  $\beta^-$ .

– Loại hiếm hơn là tia  $\beta^+$ . Đó chính là các pôzitron, hay electron dương (kí hiệu  ${}_{+1}^0e$  hay  $e^+$ ), có cùng khối lượng như electron, nhưng mang điện tích nguyên tố dương. Ví dụ đồng vị phóng xạ  ${}^{11}_6C$  phân rã  $\beta^+$ .

Ngoài ra, nhà vật lí Pao-li, người Áo, đã tiên đoán sự tồn tại của hạt sơ cấp mới trong phân rã  $\beta$  là *notrinô* (kí hiệu  $\nu$ ) và *phản notrinô* (kí hiệu  $\bar{\nu}$ ) ; các hạt này không mang điện, có khối lượng nghỉ gần bằng 0, chuyển động với tốc độ xấp xỉ bằng tốc độ ánh sáng. Thực nghiệm đã xác nhận giả thuyết này.

#### • Tia $\gamma$

Tia  $\gamma$  là sóng điện từ có bước sóng rất ngắn (dưới  $10^{-11}$  m), cũng là hạt phôtôn có năng lượng cao. Vì vậy, tia  $\gamma$  có khả năng xuyên thấu lớn hơn nhiều so với tia  $\alpha$  và  $\beta$ . Trong phân rã  $\alpha$  và  $\beta$ , hạt nhân con có thể ở trong trạng thái kích thích và phóng xạ tia  $\gamma$  để trở về trạng thái cơ bản.

### 3. Định luật phóng xạ. Độ phóng xạ

#### a) Định luật phóng xạ

Giả sử ở một thời điểm xác định nào đó, chọn làm thời điểm ban đầu  $t = 0$ , khối lượng chất phóng xạ là  $m_0$  và số hạt nhân là  $N_0$ . Trong quá trình phân rã phóng xạ, số hạt nhân đó sẽ giảm theo thời gian. Thực nghiệm đã chứng tỏ, cứ sau một khoảng thời gian xác định  $T$  thì một nửa số hạt nhân hiện có bị phân rã, biến đổi thành hạt nhân khác ;  $T$  được gọi là *chu kì bán rã* của chất phóng xạ. Điều đó có nghĩa là sau các thời gian  $T, 2T, 3T... kT$  ( $k$  là số nguyên dương), số hạt nhân (số nguyên tử)



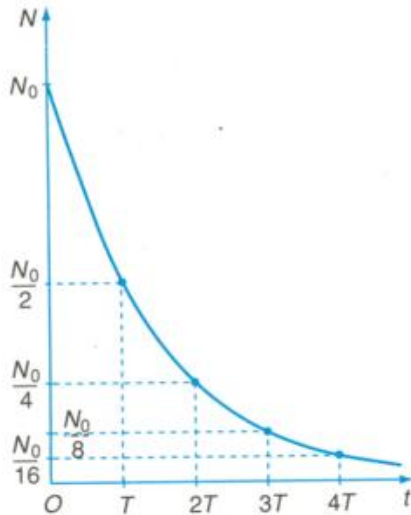
PAO-LI

(Wolfgang Pauli, 1900 – 1958, nhà vật lí người Áo, giải Nô-ben về vật lí năm 1945, đã tiên đoán sự tồn tại của các hạt notrinô và phản notrinô trong phân rã  $\beta$ ).

Trong phân rã  $\beta^+$ , hạt phát ra là notrinô ( $\nu$ ), còn trong phân rã  $\beta^-$ , hạt phát ra là phản notrinô ( $\bar{\nu}$ ).

Vì các tia phóng xạ đều có năng lượng, nên sự phân rã phóng xạ toả ra năng lượng, và một phần năng lượng này biến thành nhiệt làm nóng bình đựng chất phóng xạ. Vậy, chất phóng xạ là một nguồn năng lượng. Người ta đã dùng các đồng vị phóng xạ  ${}^{238}\text{Pu}$  và  ${}^{242}\text{Cm}$  để chế tạo các pin nhiệt điện trực tiếp biến đổi nhiệt toả ra do quá trình phân rã  $\alpha$  thành điện năng.

Quá trình phân rã phóng xạ là một quá trình ngẫu nhiên : thời điểm phân rã của một hạt nhân cho trước là không xác định. Do đó, ta không thể khảo sát sự biến đổi của một hạt nhân đơn lẻ, mà chỉ có thể tiến hành việc khảo sát có tính thống kê sự biến đổi của một số lớn hạt nhân trong mẫu chất phóng xạ.



Hình 53.3 Đồ thị  $N(t)$ .

### Bảng 53.1.

Chu kỳ bán rã của một số chất phóng xạ

Chất phóng xạ	Chu kỳ bán rã $T$
Cacbon $^{14}_6\text{C}$	5 730 năm
Iốt $^{131}_{53}\text{I}$	8,9 ngày
Ôxi $^{15}_8\text{O}$	122 giây
Pôlôni $^{210}_{84}\text{Po}$	138,4 ngày
Rađi $^{226}_{88}\text{Ra}$	1 620 năm
Radôn $^{219}_{86}\text{Rn}$	4 giây
Urani $^{235}_{92}\text{U}$	$7,13 \cdot 10^8$ năm

$N$  chưa bị phân rã bằng  $\frac{N_0}{2}, \frac{N_0}{4}, \frac{N_0}{8} \dots \frac{N_0}{2^k}$ , tức là :

$$N(kT) = N_0 \cdot 2^{-k} \quad (53.1)$$

Đồ thị biểu diễn sự biến thiên của số hạt nhân  $N$  của chất phóng xạ theo thời gian  $t$  cho trên Hình 53.3. Do tính liên tục của quá trình phân rã (tức là của giá trị  $N(t)$ ) ta có thể viết :

$$N(t) = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$$

hay 
$$N(t) = N_0 e^{-\frac{\ln 2}{T} t} = N_0 e^{-\lambda t} \quad (53.2)$$

với : 
$$\lambda = \frac{\ln 2}{T} = \frac{0,693}{T} \quad (53.3)$$

gọi là *hằng số phóng xạ*, đặc trưng cho từng loại chất phóng xạ.

Vì khối lượng tỉ lệ với số hạt nên khối lượng  $m$  của chất phóng xạ cũng giảm theo thời gian, với cùng quy luật như số hạt nhân  $N$  :

$$m(t) = m_0 e^{-\lambda t} \quad (53.4)$$

Các công thức (53.2) và (53.4) biểu thị *định luật phóng xạ* :

**Trong quá trình phân rã, số hạt nhân phóng xạ giảm theo thời gian theo định luật hàm số mũ.**

### b) Độ phóng xạ

Để đặc trưng cho tính phóng xạ mạnh hay yếu của một lượng chất phóng xạ, người ta dùng đại lượng gọi là *độ phóng xạ* (hay *hoạt độ phóng xạ*), được xác định bằng số hạt nhân phân rã trong một giây. Độ phóng xạ đặc trưng cho tốc độ phân rã. Đơn vị đo độ phóng xạ có tên gọi là *becoren*, kí hiệu Bq, bằng 1 phân rã/giây. Trong thực tế, người ta còn



dùng một đơn vị khác, có tên là *curi*, kí hiệu Ci :

1 Ci =  $3,7 \cdot 10^{10}$  Bq, xấp xỉ bằng độ phóng xạ của một gam radi.

Vì số hạt nhân của một lượng chất phóng xạ giảm dần, nên độ phóng xạ  $H$  của chất phóng xạ cũng giảm theo thời gian. Nếu  $\Delta N$  là số hạt nhân bị phân rã trong khoảng thời gian  $\Delta t$ , ta có :

$$H = -\frac{\Delta N}{\Delta t} = \lambda N_0 e^{-\lambda t} = \lambda N_0 2^{-\frac{t}{T}}$$
$$H = \lambda N \quad (53.5)$$

**Độ phóng xạ của một lượng chất phóng xạ tại thời điểm  $t$  bằng tích của hằng số phóng xạ và số lượng hạt nhân phóng xạ chứa trong lượng chất đó ở thời điểm  $t$ .**

Độ phóng xạ ban đầu bằng :

$$H_0 = \lambda N_0 \quad (53.6)$$

Như vậy, ta có :

$$H = H_0 e^{-\lambda t} \quad (53.7)$$

*Độ phóng xạ của một lượng chất phóng xạ giảm theo thời gian theo cùng quy luật hàm số mũ giống như số hạt nhân (số nguyên tử) của nó.*

#### 4. Đồng vị phóng xạ và các ứng dụng

##### a) Đồng vị phóng xạ

Ngoài các đồng vị phóng xạ có sẵn trong thiên nhiên, gọi là *đồng vị phóng xạ tự nhiên*, người ta cũng đã chế tạo được nhiều đồng vị phóng xạ, gọi là *đồng vị phóng xạ nhân tạo*. Các đồng vị phóng xạ nhân tạo thường thấy thuộc loại phân rã  $\beta$  và  $\gamma$ . Người ta đã tạo ra được nhiều đồng vị phóng xạ mới cho các nguyên tố hoá học trong Bảng tuần hoàn Men-đê-lê-ép. *Các đồng vị phóng xạ của một nguyên tố hoá học có cùng tính chất hoá học như đồng vị bền của nguyên tố đó.*

Người ta hay dùng các ước của curi :

$$1 \text{ mCi (milicuri)} = 10^{-3} \text{ Ci}$$

$$1 \mu\text{Ci (micrôcuri)} = 10^{-6} \text{ Ci}$$

Trong thăm dò địa chất, người ta còn dùng đơn vị picôcuri (1 pCi =  $10^{-12}$  Ci) để so sánh độ phóng xạ rất nhỏ của đất đá tự nhiên.

Cơ thể chúng ta có tính phóng xạ. Các phép đo cho thấy : một người có khối lượng 70 kg có độ phóng xạ trung bình  $1,2 \cdot 10^4$  Bq trong đó chủ yếu là sự phóng xạ do kali  $^{40}\text{K}$  ( $4,5 \cdot 10^3$  Bq) và do cacbon  $^{14}\text{C}$  ( $3,7 \cdot 10^3$  Bq).

## b) Các ứng dụng của đồng vị phóng xạ

Các đồng vị phóng xạ tự nhiên hoặc nhân tạo có những ứng dụng rất đa dạng.

- Trước hết, phải kể đến ứng dụng của chúng trong Y học. Người ta đưa các đồng vị phóng xạ khác nhau vào trong cơ thể để theo dõi sự thâm nhập và di chuyển của các nguyên tố nhất định trong cơ thể người. Chúng được gọi là *nguyên tử đánh dấu*; ta sẽ nhận diện được chúng nhờ các thiết bị *ghi bức xạ*. Nhờ phương pháp nguyên tử đánh dấu, người ta có thể biết được chính xác nhu cầu với các nguyên tố khác nhau của cơ thể trong từng thời kì phát triển của nó và tình trạng bệnh lí của các bộ phận khác nhau của cơ thể, khi thừa hoặc thiếu những nguyên tố nào đó.

- Các nhà khảo cổ học đã sử dụng *phương pháp xác định tuổi theo lượng cacbon 14* để xác định niên đại của các cổ vật gốc sinh vật khai quật được.

Cacbon có ba đồng vị chính:  $^{12}\text{C}$  (phổ biến nhất) và  $^{13}\text{C}$  là bền,  $^{14}\text{C}$  là chất phóng xạ  $\beta^-$ .  $^{14}\text{C}$  được tạo ra trong khí quyển và thâm nhập vào mọi vật trên Trái Đất. Nó có chu kì bán rã 5 730 năm. Sự phân rã này cân bằng với sự tạo ra, nên từ hàng vạn năm nay, mật độ của  $^{14}\text{C}$  trong khí quyển không đổi: cứ  $10^{12}$  nguyên tử cacbon thì có 1 nguyên tử  $^{14}\text{C}$ . Một cây còn sống, còn quá trình quang hợp, thì còn giữ tỉ lệ trên trong các thành phần chứa cacbon của nó. Nhưng nếu cây chết, thì nó không trao đổi gì với không khí nữa,  $^{14}\text{C}$  vẫn phân rã mà không được bù lại, nên tỉ lệ của nó sẽ giảm, sau 5 730 năm chỉ còn một nửa; độ phóng xạ  $H$  của nó cũng giảm tương ứng. Đo độ phóng xạ này thì tính được thời gian đã trôi qua từ khi cây chết. Động vật ăn thực vật nên tỉ lệ  $\frac{^{14}\text{C}}{\text{C}}$  trong cơ thể cũng giảm như trên sau khi chết. Vì vậy, có thể xác định tuổi các mẫu xương động vật tìm được trong các di chỉ bằng phương pháp này (xem bài tập 2 ở Bài 55).

## CÂU HỎI

1. Sự phóng xạ là gì? Nêu các tia phóng xạ và bản chất của chúng.
2. Chu kì bán rã của các chất phóng xạ là gì? Viết biểu thức toán học diễn tả định luật phóng xạ.
3. Thế nào là độ phóng xạ của một lượng chất phóng xạ? Nêu hệ thức giữa độ phóng xạ và số nguyên tử (hạt nhân) trong lượng chất phóng xạ đó.



## BÀI TẬP

1. Phóng xạ là hiện tượng một hạt nhân
  - A. phát ra một bức xạ điện từ.
  - B. tự phát phóng ra các tia  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ , nhưng không thay đổi hạt nhân.
  - C. tự phát phóng ra tia phóng xạ và biến đổi thành một hạt nhân khác.
  - D. phóng ra các tia phóng xạ, khi bị bắn phá bằng những hạt chuyển động với tốc độ lớn.
2. Cho các tia anpha, beta và gamma bay qua khoảng không gian giữa hai bản cực của một tụ điện thì
  - A. tia anpha lệch nhiều hơn cả, sau đến tia beta và tia gamma.
  - B. tia anpha lệch về phía bản dương, tia gamma lệch về phía bản âm của tụ điện.
  - C. tia gamma không bị lệch.
  - D. tia beta không bị lệch.
3. Chu kì bán rã của một chất phóng xạ là khoảng thời gian để
  - A. quá trình phóng xạ lại lặp lại như lúc ban đầu.
  - B. một nửa số nguyên tử chất ấy biến đổi thành chất khác.
  - C. khối lượng chất ấy giảm một phần nhất định, tùy thuộc vào cấu tạo của nó.
  - D. một nửa số nguyên tử chất ấy hết khả năng phóng xạ.
4. Chất phóng xạ pôlôni  ${}_{84}^{210}\text{Po}$  phóng ra tia  $\alpha$  và biến đổi thành chì  ${}_{82}^{206}\text{Pb}$ . Hỏi trong 0,168 g pôlôni có bao nhiêu nguyên tử bị phân rã sau 414 ngày đêm và xác định lượng chì được tạo thành trong khoảng thời gian nói trên. Cho biết chu kì bán rã của pôlôni là 138 ngày.
5. Tính khối lượng pôlôni  ${}^{210}\text{Po}$  có độ phóng xạ 1 Ci.