



PHÓNG XẠ

Ngay từ cuối thế kỉ XIX, năm 1896 Béc-cơ-ren (Becquerel) tìm ra hiện tượng muối urani phát ra những tia có thể tác dụng lên kính ảnh. Béc-cơ-ren lại chứng minh được rằng đó không phải là hiện tượng phát tia Rơn-ghen và cũng không phải hiện tượng lân quang. Béc-cơ-ren đã đặt tên cho hiện tượng đó là *phóng xạ*. Tiếp theo đó, hai ông bà Pi-e Quy-ri (Curie) và Ma-ri Quy-ri lại tìm thêm được hai chất phóng xạ là pôlôni và radi, trong đó radi có tính phóng xạ mạnh hơn nhiều so với urani. Sau đó, người ta tìm ra hiện tượng *phóng xạ nhân tạo*. Vậy bản chất phóng xạ là gì? Vai trò của nó trong khoa học và trong đời sống xã hội ra sao?

I - HIỆN TƯỢNG PHÓNG XẠ

1. Định nghĩa hiện tượng phóng xạ

Phóng xạ là quá trình phân rã tự phát của một hạt nhân không bền vững (tự nhiên hay nhân tạo). Quá trình phân rã này kèm theo sự tạo ra các hạt và có thể kèm theo sự phát ra các bức xạ điện từ. Hạt nhân tự phân rã gọi là hạt nhân mẹ, hạt nhân được tạo thành sau phân rã gọi là hạt nhân con.

2. Các dạng phóng xạ

Tùy theo các tia phát ra, người ta phân loại các dạng phóng xạ như sau :

a) Phóng xạ α

Hạt nhân mẹ X phân rã tạo thành hạt nhân con Y, đồng thời phát ra tia phóng xạ α theo phản ứng sau :



Có thể viết gọn hơn : ${}_Z^AX \xrightarrow{\alpha} {}_{Z-2}^{A-4}Y$

Tia α là dòng các hạt nhân ${}_2^4\text{He}$ chuyển động với tốc độ vào cỡ 20 000 km/s. Quãng đường đi được của tia α trong không khí chừng vài xentimét và trong vật rắn chừng vài micrômét.

b) Phóng xạ β^-

Phóng xạ β^- là quá trình phát ra tia β^- . Tia β^- là dòng các electron (${}_{-1}^0e$).

Dạng tổng quát của quá trình phóng xạ β^- như sau :



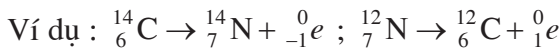
c) *Phóng xạ β^+*

Phóng xạ β^+ là quá trình phát ra tia β^+ . Tia β^+ là dòng các pôzitron (0_1e). Pôzitron có điện tích $+e$ và khối lượng bằng khối lượng êlectron. Nó là phản hạt của êlectron.

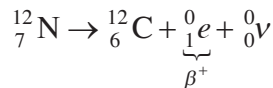
Dạng tổng quát của quá trình phóng xạ β^+ như sau :



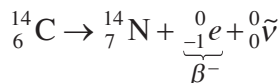
Trong hai quá trình trên có phát ra các hạt ${}^0_{-1}e$ và 0_1e chuyển động với tốc độ xấp xỉ tốc độ ánh sáng, tạo thành các tia β^- và β^+ . Các tia này có thể truyền đi được vài mét trong không khí và vài milimét trong kim loại.



Tuy nhiên, khi đo đặc tính toán hai quá trình phóng xạ β^+ và β^- , các nhà Vật lí thấy rằng, định luật bảo toàn momen động lượng chưa thoả mãn. Điều đó có nghĩa là khi tính toán đã bỏ qua sự xuất hiện một hạt trong phản ứng phóng xạ. Đó là hạt có tên là notrinô, có khối lượng rất nhỏ, không tích điện, kí hiệu ${}^0_0\nu$ chuyển động với tốc độ xấp xỉ tốc độ ánh sáng. Vậy ta phải viết phương trình mô tả quá trình phóng xạ β^+ :



Với quá trình phóng xạ β^- ta có :



trong đó (${}^0_0\tilde{\nu}$ là phản hạt của notrinô).

d) *Phóng xạ γ*

Một số hạt nhân con sau quá trình phóng xạ α hay β^+ , β^- được tạo ra trong trạng thái kích thích. Khi đó xảy ra tiếp quá trình hạt nhân đó chuyển từ trạng thái kích thích về trạng thái có

mức năng lượng thấp hơn, và phát ra bức xạ điện từ γ , còn gọi là tia γ . Các tia γ có thể đi qua được vài mét trong bê tông và vài xentimét trong chì.

II - ĐỊNH LUẬT PHÓNG XẠ

1. Đặc tính của quá trình phóng xạ

Các quá trình phóng xạ đã nêu ở trên :

- Có bản chất là một quá trình *biến đổi hạt nhân*.
- Có tính *tự phát* và *không điều khiển được*, nó không chịu tác động của các yếu tố thuộc môi trường ngoài như nhiệt độ, áp suất...
- Là một quá trình *ngẫu nhiên* : với một hạt nhân phóng xạ cho trước, thời điểm phân rã của nó là không xác định. Ta chỉ có thể nói đến xác suất phân rã của hạt nhân đó. Như vậy ta không thể khảo sát sự biến đổi của một hạt nhân đơn lẻ. Tuy nhiên ta có thể khảo sát sự biến đổi thống kê của một số lớn hạt nhân phóng xạ.

2. Định luật phóng xạ

Ta xét một mẫu phóng xạ có N hạt nhân tại thời điểm t . Tại thời điểm $t + dt$, số hạt nhân đó giảm đi và trở thành $N + dN$ với $dN < 0$.

Số hạt nhân đã phân rã trong khoảng thời gian dt là $-dN$; số này tỉ lệ với khoảng thời gian dt và cũng tỉ lệ với số hạt nhân N có trong mẫu phóng xạ :

$$-dN = \lambda N dt \quad (37.4)$$

trong đó λ là một hằng số dương gọi là *hằng số phóng xạ*, đặc trưng cho chất phóng xạ đang xét. Vậy ta có :

$$\frac{dN}{N} = -\lambda dt \quad (37.5)$$

Gọi N_0 là số hạt nhân của mẫu phóng xạ tồn tại vào lúc $t = 0$, muốn tìm số hạt nhân N tồn tại vào lúc $t > 0$ ta phải tích phân phương trình trên (tích phân theo t từ 0 đến t):

$$\int_{N_0}^N \frac{dN}{N} = -\int_0^t \lambda dt$$

Kết quả tìm được :

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \quad (37.6)$$

Công thức (37.6) biểu diễn định luật phân rã phóng xạ. Ta nhận thấy số lượng các hạt nhân phóng xạ giảm theo hàm mũ. Quy luật phân rã này được biểu diễn bằng đồ thị trên Hình 37.1.

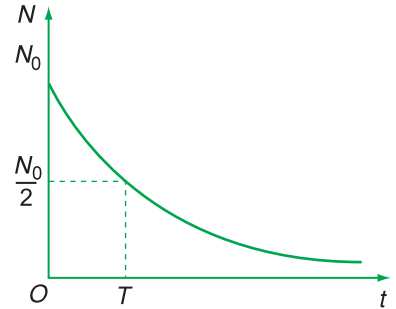
3. Chu kì bán rã

Một đại lượng khác đặc trưng cho chất phóng xạ là chu kì bán rã : Đó là thời gian qua đó số lượng các hạt nhân còn lại là 50% (nghĩa là phân rã 50%). Chu kì bán rã kí hiệu là T , được tính như sau :

$$N = \frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda T}$$

$$\text{Do đó : } e^{-\lambda T} = \frac{1}{2} ; \lambda T = \ln 2 = 0,693$$

$$T = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda} \quad (37.7)$$



Hình 37.1

C1

Bảng 37.1. Chu kì bán rã của một số chất phóng xạ.

Chất	Phóng xạ	Chu kì bán rã (T)
pôlôni $^{212}_{84}\text{Po}$	α	$3,0 \cdot 10^{-7} \text{ s}$
nitơ $^{16}_7\text{N}$	β^-	7,2 s
radon $^{220}_{86}\text{Rn}$	α	55 s
tali $^{210}_{81}\text{Tl}$	β^-	1,3 phút
chì $^{214}_{82}\text{Pb}$	β^-	26,8 phút
radon $^{222}_{86}\text{Rn}$	α	3,8 ngày
iôt $^{131}_{53}\text{I}$	β^-	8,9 ngày
natri $^{22}_{11}\text{Na}$	β^+	2,6 năm
triti ^3_1H	β^-	12,3 năm
cacbon $^{14}_6\text{C}$	β^-	$5,7 \cdot 10^3$ năm
plutoni $^{239}_{94}\text{Pu}$	α	$2,4 \cdot 10^4$ năm
urani $^{235}_{92}\text{U}$	α	$7,1 \cdot 10^8$ năm
urani $^{238}_{92}\text{U}$	α	$4,5 \cdot 10^9$ năm

C1

Chứng minh rằng, sau thời gian $t = xT$ thì số hạt nhân phóng xạ còn lại là :

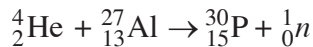
$$N = \frac{N_0}{2^x}$$

III - ĐỒNG VỊ PHÓNG XẠ NHÂN TẠO

Ngoài các đồng vị phóng xạ có sẵn trong tự nhiên, người ta cũng chế tạo được nhiều đồng vị phóng xạ gọi là *đồng vị phóng xạ nhân tạo*. Các đồng vị phóng xạ có nhiều ứng dụng trong khoa học và công nghệ.

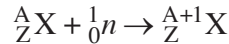
1. Phóng xạ nhân tạo và phương pháp nguyên tử đánh dấu

Ngày 11 tháng 1 năm 1934, hai ông bà Quy-ri đã làm thí nghiệm chiếu rọi tia α (phát ra bởi pôlôni) trong 10 phút vào một tấm nhôm dày 1 mm. Hai ông bà nhận thấy từ tấm nhôm phát ra tia phóng xạ β^+ . Đó là hiện tượng *phóng xạ nhân tạo*. Nguyên tố nhôm qua phản ứng trên biến thành nguyên tố phóng xạ photpho :



Nguyên tố phóng xạ nhân tạo đầu tiên ${}_{15}^{30}\text{P}$ phân rã phóng xạ β^+ với chu kỳ bán rã $T = 3$ phút 15 giây.

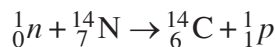
Bằng phương pháp tạo ra phóng xạ nhân tạo, người ta đã tạo ra các hạt nhân phóng xạ của các nguyên tố X bình thường, không phải là chất phóng xạ theo sơ đồ tổng quát sau :



${}_Z^{A+1}X$ là đồng vị phóng xạ của X. Khi trộn lẫn với các hạt nhân bình thường không phóng xạ, các hạt nhân phóng xạ ${}_Z^{A+1}X$ được gọi là *các nguyên tử đánh dấu*, cho phép ta khảo sát sự tồn tại, sự phân bố, sự chuyển vận của nguyên tố X. Phương pháp nguyên tử đánh dấu có nhiều ứng dụng quan trọng trong sinh học, hoá học, y học...

2. Đồng vị ${}^{14}\text{C}$, đồng hồ của Trái Đất

• Ở tầng cao khí quyển, trong thành phần của tia vũ trụ có các neutron chậm (tốc độ vào cỡ vài trăm mét trên giây). Một neutron chậm khi gặp hạt nhân ${}^1_7\text{N}$ (có trong khí quyển) tạo nên phản ứng :



${}^{14}_6\text{C}$ là một đồng vị phóng xạ β^- , chu kỳ bán rã 5 730 năm.

- Trong khí quyển có cacbon đioxit : Trong số các hạt nhân cacbon ở đây có lẫn cả ${}^{12}_6\text{C}$ và ${}^{14}_6\text{C}$ (tỉ lệ không đổi : ${}^{14}_6\text{C}$ chiếm $10^{-6}\%$).

Các loài thực vật hấp thụ CO_2 trong không khí, trong đó có cacbon thường và cacbon phóng xạ với tỉ lệ $10^{-6}\%$. Khi loài thực vật ấy chết, không còn sự hấp thụ CO_2 trong không khí và ${}^{14}_6\text{C}$ không còn tái sinh trong thực vật đó nữa. Và vì ${}^{14}_6\text{C}$ phóng xạ, nên số lượng ${}^{14}_6\text{C}$ giảm dần trong thực vật đó. Nói cách khác,

tỉ lệ $\frac{{}^{14}_6\text{C}}{{}^{12}_6\text{C}}$ trong loài thực vật đang xét giảm đi so với tỉ lệ đó trong không khí. So sánh hai tỉ lệ đó cho phép ta xác định thời gian từ lúc loài thực vật đó chết cho đến nay. Phương pháp này cho phép tính được các khoảng thời gian từ 5 đến 55 thế kỉ.

■ **Phóng xạ là quá trình phân rã tự phát của một hạt nhân không bền vững.**

■ **Số hạt nhân phân rã của một nguồn giảm theo quy luật hàm số mũ :**

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

Chu kì bán rã cho bởi :

$$T = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda}$$

■ **Các dạng phóng xạ :**

- Phóng xạ α
- Phóng xạ β^-
- Phóng xạ β^+
- Phóng xạ γ

Phóng xạ γ thường xảy ra trong phản ứng hạt nhân, hoặc trong phóng xạ α hay β^- , β^+ .

■ **Phóng xạ tự nhiên và phóng xạ nhân tạo.**

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP



1. Một hạt nhân A_ZX phóng xạ α , β^- , β^+ , γ , hãy hoàn chỉnh bảng sau :

Phóng xạ	Z		A	
	thay đổi	không đổi	thay đổi	không đổi
α				
β^-				
β^+				
γ				



2. Hãy chọn câu đúng.

Quá trình phóng xạ hạt nhân

- A. thu năng lượng.
- B. toả năng lượng.
- C. không thu, không toả năng lượng.
- D. có trường hợp thu, có trường hợp toả năng lượng.

3. Trong số các tia : α , β^- , β^+ và γ , tia nào đâm xuyên mạnh nhất ? Tia nào đâm xuyên yếu nhất ?

4. Quá trình phóng xạ nào không có sự thay đổi cấu tạo hạt nhân ?

- A. Phóng xạ α .
- B. Phóng xạ β^- .
- C. Phóng xạ β^+ .
- D. Phóng xạ γ .

5. Hãy chọn câu đúng.

Trong quá trình phóng xạ, số lượng hạt nhân phân rã giảm đi với thời gian t theo quy luật

A. $-\alpha t + \beta$ ($\alpha, \beta > 0$)

B. $\frac{1}{t}$

C. $\frac{1}{\sqrt{t}}$

D. $e^{-\lambda t}$