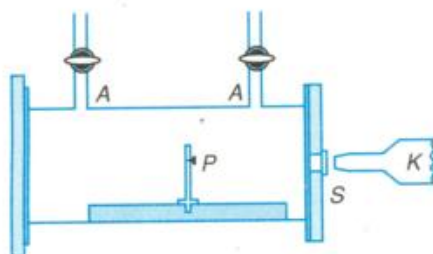


Với việc khám phá ra hiện tượng phóng xạ, ước mơ của các nhà giả kim thuật thời Trung cổ đã trở thành hiện thực : một nguyên tố này đã biến đổi thành một nguyên tố khác. Thế nhưng, liệu có cách nào tạo ra và điều khiển được các quá trình biến đổi hạt nhân như vậy hay không ?



RƠ-DƠ-PHO
(Ernest Rutherford, 1871 – 1937,
nhà vật lí người Anh,
giải Nô-ben về hoá học năm 1908)



Hình 54.1 Sơ đồ thí nghiệm của Rơ-dơ-pho.

P là nguồn phóng xạ pôlôni (^{210}Po) ;
 A là đường nạp và hút khí vào trong bình chứa P ;
 S là màn kẽm sunfua để phát hiện và ghi hạt ;
 K là kính hiển vi để quan sát màn S .

1. Phản ứng hạt nhân

a) Thí nghiệm của Rơ-dơ-pho

Năm 1909, nhà bác học Rơ-dơ-pho đã có một phát minh nổi tiếng, đó là tạo ra được sự biến đổi hạt nhân. Ông cho chùm hạt α , phóng ra từ nguồn phóng xạ pôlôni, ^{210}Po , bắn phá nitơ có trong không khí (Hình 54.1). Kết quả là, nitơ bị phân rã và biến đổi thành ôxi và hiđrô. Quá trình dẫn đến sự biến đổi hạt nhân như vậy, gọi là *phản ứng hạt nhân*.

Phản ứng hạt nhân là mọi quá trình dẫn đến sự biến đổi hạt nhân.

Phản ứng hạt nhân thường được chia làm hai loại :

– Phản ứng tự phân rã của một hạt nhân không bền vững thành các hạt khác. Ví dụ : sự phóng xạ đã học ở Bài 53.

– Phản ứng trong đó các hạt nhân tương tác với nhau, dẫn đến sự biến đổi chúng thành các hạt khác. Ví dụ : phản ứng xảy ra trong thí nghiệm của Rơ-dơ-pho.

Thông thường, phản ứng hạt nhân có thể viết dưới dạng phương trình tổng quát sau đây :



trong đó A, B là các hạt tương tác, còn C, D là các hạt sản phẩm.

Trong trường hợp phóng xạ, phương trình có dạng :



trong đó A là hạt nhân mẹ, B là hạt nhân con và C là hạt α hoặc β .

b) Phản ứng hạt nhân tạo nên đồng vị phóng xạ nhân tạo

Năm 1934, hai ông bà Giô-li-ô Quy-ri dùng hạt α bắn phá một lá nhôm, lần đầu tiên đã tạo ra được đồng vị phóng xạ nhân tạo photpho $^{30}_{15}\text{P}$ có tính phóng xạ β^+ . Từ đó đến nay, người ta đã tạo ra được hàng nghìn đồng vị phóng xạ nhân tạo nhờ các phản ứng hạt nhân.

2. Các định luật bảo toàn trong phản ứng hạt nhân

Phản ứng hạt nhân là một quá trình vật lí, trong đó hệ các hạt tương tác $A + B$ được xem là hệ kín, nên ta có các định luật bảo toàn sau đây :

a) Định luật bảo toàn số nuclôn (số khối A)

Trong phản ứng hạt nhân, tổng số nuclôn của các hạt tương tác bằng tổng số nuclôn của các hạt sản phẩm.

Bảo toàn số nuclôn cũng là bảo toàn số khối A .

b) Định luật bảo toàn điện tích

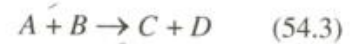
Tổng đại số các điện tích của các hạt tương tác bằng tổng đại số các điện tích của các hạt sản phẩm.

Bảo toàn điện tích cũng là bảo toàn nguyên tử số Z (quy ước electron có $Z = -1$).

c) Định luật bảo toàn năng lượng toàn phần (bao gồm động năng và năng lượng nghỉ)

Tổng năng lượng toàn phần của các hạt tương tác bằng tổng năng lượng toàn phần của các hạt sản phẩm.

Phản ứng hạt nhân phổ biến nhất là phản ứng trong đó có một hạt nhẹ A (gọi là *dạn*) tương tác với hạt nhân B (gọi là *bia*) và sản phẩm cũng là một hạt nhẹ D và một hạt nhân C :



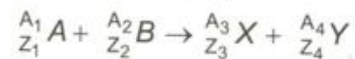
Các hạt C và D có thể là nuclôn, photon,...

Có những phản ứng hạt nhân xảy ra trong thiên nhiên. Chẳng hạn, do tác dụng của các tia vũ trụ, ở các tầng thấp của khí quyển Trái Đất có một lượng nhỏ cacbon phóng xạ ^{14}C được tạo ra.

C1 Nêu một ví dụ về phản ứng hạt nhân xảy ra trong thiên nhiên.

C2 So sánh phản ứng hạt nhân và phản ứng hoá học.

C3 Viết định luật bảo toàn số nuclôn và định luật bảo toàn điện tích cho phản ứng hạt nhân sau :



Như vậy, ở đây không có định luật bảo toàn khối lượng (nghỉ) của hệ như trong cơ học cổ điển.

d) Định luật bảo toàn động lượng

Vector tổng động lượng của các hạt tương tác bằng vector tổng động lượng của các hạt sản phẩm.

Nếu các hạt chuyển động với tốc độ rất lớn, thì ta phải xét sự bảo toàn của động lượng tương đối tính.

Các định luật bảo toàn trên đây đã được kiểm nghiệm là hoàn toàn đúng.

C4 Áp dụng các định luật bảo toàn, hãy viết phương trình đầy đủ của phản ứng hạt nhân nhân tạo do hai ông bà Giô-li-ô Quy-ri thực hiện năm 1934. Cho biết hạt nhân có $Z = 14$ là hạt nhân silic (Si).

3. Năng lượng trong phản ứng hạt nhân

Trong mỗi phản ứng hạt nhân, năng lượng có thể bị hấp thụ hoặc được toả ra, mặc dù năng lượng toàn phần (bao gồm năng lượng nghỉ và động năng) được bảo toàn. Xét phản ứng hạt nhân $A + B \rightarrow C + D$. Tổng số nuclôn trong phản ứng được bảo toàn. Nhưng, vì các hạt nhân A, B, C, D có các độ hụt khối khác nhau, nên tổng khối lượng nghỉ $m_0 = m_A + m_B$ của các hạt nhân $A + B$ không bằng tổng khối lượng nghỉ $m = m_C + m_D$ của các hạt nhân sinh ra $C + D$. Có thể xảy ra hai trường hợp :

a) $m < m_0$

Giả sử các hạt nhân A và B có động năng không đáng kể. Vì năng lượng toàn phần được bảo toàn, nên theo hệ thức Anh-xtanh, *phản ứng toả một lượng năng lượng bằng :*

$$W = (m_0 - m)c^2 \quad (54.4)$$

dưới dạng động năng của các hạt C và D , hoặc năng lượng của photon γ . Năng lượng toả ra này thường gọi là *năng lượng hạt nhân*.

Trường hợp $m < m_0$ xảy ra, khi các hạt sinh ra có độ hụt khối lớn hơn các hạt ban đầu, nghĩa là các hạt sinh ra bền vững hơn các hạt ban đầu.

b) $m > m_0$

Trong trường hợp này, tổng năng lượng nghỉ của các hạt $A + B$, cũng tức là tổng năng lượng toàn phần của hệ $A + B$, nhỏ hơn tổng năng lượng nghỉ của các hạt sinh ra $C + D$. Do đó, theo định luật bảo toàn năng lượng, phản ứng không thể tự nó xảy ra được. Muốn cho phản ứng có thể xảy ra, ta phải cung cấp cho các hạt A và B một năng lượng W dưới dạng động năng (bằng cách bắn hạt A vào hạt B chẳng hạn). Đây là phản ứng thu năng lượng.

Vì các hạt sinh ra có tổng động năng là W_d , nên năng lượng cần cung cấp W phải thoả mãn điều kiện :

$$W = (m - m_0)c^2 + W_d \quad (54.5)$$

4. Hai loại phản ứng hạt nhân toả năng lượng

Ta đã biết, phản ứng hạt nhân toả năng lượng xảy ra khi các hạt sinh ra bền vững hơn (tức là có năng lượng liên kết riêng lớn hơn) so với các hạt tương tác ban đầu.

Kết quả tính toán năng lượng liên kết riêng của các hạt nhân có số nuclôn A khác nhau đã cho thấy có thể xảy ra hai loại phản ứng hạt nhân toả năng lượng như sau.

– Hai hạt nhân rất nhẹ (có số khối $A < 10$), như hiđrô, heli... hợp lại thành hạt nhân nặng hơn. Vì sự *tổng hợp hạt nhân* chỉ có thể xảy ra ở nhiệt độ cao nên phản ứng này gọi là *phản ứng nhiệt hạch*.

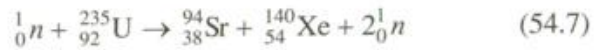
Ví dụ phản ứng hạt nhân :



toả năng lượng khoảng 18 MeV. Ở đây, các hạt nhân ${}^2_1\text{H}$ và ${}^3_1\text{H}$ có năng lượng liên kết riêng tương ứng bằng 1,11 và 2,83 MeV/nuclôn ; còn hạt nhân ${}^4_2\text{He}$ có năng lượng liên kết riêng lớn hơn, bằng 7,04 MeV/nuclôn.

– Một hạt nhân nặng vỡ thành hai mảnh nhẹ hơn (có khối lượng cùng cỡ). Phản ứng này gọi là *phản ứng phân hạch*. Chẳng hạn, hạt nhân urani, plutoni... hấp thụ neutron và vỡ thành hai hạt nhân có số khối A vào loại trung bình.

Ví dụ phản ứng hạt nhân :



C5 Tính năng lượng toả ra khi 1 kg urani ${}_{92}^{235}\text{U}$ bị phân hạch theo phản ứng (54.7).

toả năng lượng khoảng 185 MeV. Ở đây hạt nhân ${}_{92}^{235}\text{U}$ có năng lượng liên kết riêng bằng 7,59 MeV/nuclôn, còn các hạt nhân ${}_{38}^{94}\text{Sr}$ và ${}_{54}^{140}\text{Xe}$ có năng lượng liên kết riêng lớn hơn, tương ứng bằng 8,59 và 8,29 MeV/nuclôn.

? CÂU HỎI

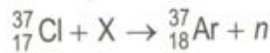
1. Thế nào là phản ứng hạt nhân ?
2. Nêu và giải thích các định luật bảo toàn trong phản ứng hạt nhân.
3. Điều kiện để một phản ứng toả năng lượng là gì ? Tại sao sự phóng xạ là phản ứng toả năng lượng ?
Nêu ví dụ về hai phản ứng hạt nhân toả năng lượng.

BÀI TẬP

1. Trong một phản ứng hạt nhân, tổng khối lượng của các hạt tham gia
A. được bảo toàn. B. tăng. C. giảm. D. tăng hoặc giảm tùy theo phản ứng.
2. Trong dãy phân rã phóng xạ ${}_{92}^{235}\text{X} \rightarrow {}_{82}^{207}\text{Y}$ có bao nhiêu hạt α và β được phát ra ?
A. 3α và 4β . B. 7α và 4β . C. 4α và 7β . D. 7α và 2β .
3. Xác định hạt X trong các phản ứng sau đây :



4. Cho phản ứng hạt nhân :



- a) Xác định số khối, nguyên tử số và tên gọi hạt nhân X.
- b) Phản ứng đó toả ra hay thu năng lượng. Tính độ lớn của năng lượng toả ra hay thu đó theo đơn vị jun.

Cho biết : $m_{\text{Ar}} = 36,956889 \text{ u}$; $m_{\text{Cl}} = 36,956563 \text{ u}$; $m_{\text{n}} = 1,008665 \text{ u}$; $m_{\text{p}} = 1,007276 \text{ u}$.