

# 55

## BÀI TẬP VỀ PHÓNG XẠ VÀ PHẢN ỨNG HẠT NHÂN

### I - MỤC TIÊU

- Vận dụng được định luật phóng xạ để giải các bài toán đơn giản về phóng xạ.
- Vận dụng được các kiến thức về phản ứng hạt nhân và các định luật bảo toàn trong phản ứng hạt nhân để giải một số bài toán về phản ứng hạt nhân.

### II - CHUẨN BỊ

#### Giáo viên

Chuẩn bị trước hai bài tập đơn giản về phóng xạ và về phản ứng hạt nhân.

#### Học sinh

Ôn lại Bài 53 và Bài 54.

### III - NHỮNG ĐIỀU CẦN LUU Ý

#### 1. Để giải các bài toán về phóng xạ, cần lưu ý các điểm sau :

- a) Khi cho biết chu kỳ bán rã  $T$  (hoặc hằng số phóng xạ  $\lambda$ ) của chất phóng xạ, áp dụng các công thức về định luật phóng xạ ta có thể tính  $N$  (hoặc  $N_0$ )  $m$  (hoặc  $m_0$ ),  $H$  (hoặc  $H_0$ ) khi cho  $t$ :

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \quad (55.1) \quad \text{hay} \quad N = \frac{N_0}{2^{t/T}} \quad (55.2)$$

$$m = m_0 e^{-\lambda t} \quad (55.3) \quad \text{hay} \quad m = \frac{m_0}{2^{t/T}} \quad (55.4)$$

$$H = H_0 e^{-\lambda t} \quad (55.5), \quad \text{với} \quad H = \lambda N, H_0 = \lambda N_0 \quad (55.6)$$

$$\text{với } \lambda = \frac{0,693}{T} \quad (55.7)$$

Nếu  $t = kT$ , với  $k$  là số nguyên hay số bán nguyên, thì áp dụng các công thức (55.2) và (55.4) là thuận tiện nhất. Khi tính theo công thức (55.1) và (55.3) thì dùng trực tiếp máy tính hoặc tính qua lôgarit.

b) Để giải được bài toán, trong nhiều trường hợp còn cần áp dụng công thức liên hệ giữa  $N$  và  $m$ :

$$n = \frac{mN_A}{A} \quad (55.8)$$

trong đó  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$  nguyên tử/mol.

c) Số nguyên tử  $\Delta N$  (hoặc khối lượng  $\Delta m$ ) đã bị phân rã phóng xạ cũng chính là số nguyên tử (hoặc khối lượng) của chất được tạo thành do sự phóng xạ.  $\Delta N$  và  $\Delta m$  được xác định như sau :

$$\Delta N = N_0 - N = N_0(1 - e^{-\lambda t}) \quad (55.9)$$

hoặc  $\Delta m = m_0 - m = m_0(1 - e^{-\lambda t}) \quad (55.10)$

d) Tuỳ từng trường hợp,  $t$  và  $T$  không nhất thiết phải tính theo đơn vị giây, mà có thể tính theo các đơn vị thuận tiện khác như : giờ (h), ngày, năm... tuỳ theo yêu cầu của đề bài. Nhưng cần lưu ý rằng khi tính  $H$  và  $H_0$  theo công thức  $H = \lambda N$ ,  $H_0 = \lambda N_0$ , với  $\lambda = \frac{0,693}{T}$  thì  $T$  nhất thiết phải tính ra giây (vì khi đó  $H$  và  $H_0$  có đơn vị là becoren).

e) Trong một số trường hợp, đại lượng  $\lambda t$  (hoặc  $\frac{0,693t}{T}$  hay  $\frac{t}{T}$ ) có trị số rất nhỏ so với đơn vị :  $\lambda t \ll 1$ . Đó là trường hợp khoảng thời gian  $t$  ta xét là rất nhỏ so với chu kì bán rã  $T$  của chất phóng xạ ; điều này thường hay xảy ra với chất phóng xạ có chu kì bán rã  $T$  rất lớn, như chất phóng xạ urani  $^{238}\text{U}$  chẳng hạn, có  $T = 4,5 \cdot 10^9$  năm. Trong các trường hợp đó, vì  $\lambda t \ll 1$  nên ta có thể áp dụng công thức gần đúng  $e^x \approx 1 + x$  (với  $x \ll 1$ ). Ta có :  $e^{-\lambda t} = 1 - \lambda t$ , và do đó  $N = N_0(1 - \lambda t)$ ,  $\Delta N = N_0\lambda t$ ;  $m \approx m_0(1 - \lambda t)$ ,  $\Delta m = m_0\lambda t$ .

f) Đặc biệt, nếu đề bài cho biết  $H_0$  và  $H$  (hoặc  $N_0$  và  $N$ , hoặc  $m_0$  và  $m$ ) và  $T$  (hoặc  $\lambda$ ) ta có thể tìm được thời gian  $t$ , từ đó cũng sẽ tính được thời gian tồn tại của mẫu vật chứa chất phóng xạ).

## 2. Để giải các bài toán về phản ứng hạt nhân cần lưu ý các điểm sau :

a) Để viết đầy đủ phương trình của phản ứng hạt nhân, căn cứ vào đề bài để biết được các hạt nhân tương tác với nhau (hạt nhân A và hạt nhân B) và các hạt nhân sản phẩm, được tạo thành sau phản ứng (hạt nhân C và hạt nhân D). Thông thường,

nội dung đề bài cho biết ba trong số bốn hạt nhân đó và yêu cầu phải tìm hạt nhân thứ tư, để sau đó viết được đầy đủ phương trình phản ứng hạt nhân. Muốn tìm hạt nhân đó ta chỉ cần giả thiết nó có kí hiệu  ${}^A_Z X$ . Sau đó, áp dụng các định luật bảo toàn số nuclôn và bảo toàn điện tích để tìm A và Z. Nếu hạt nhân cần tìm có dạng quen thuộc (tức là có A và Z tương ứng với một hạt đã biết) thì ta có thể kết luận ngay đó là hạt gì.

b) Để có thể khẳng định phản ứng hạt nhân mà ta xét là phản ứng toả năng lượng hay thu năng lượng, ta cần xét hiệu  $m_0 - m$ , với  $m_0 = m_A + m_B$  và  $m = m_C + m_D$  căn cứ vào các trị số đã cho trong đề bài (khối lượng nguyên tử). Nếu hiệu  $m_0 - m > 0$  thì phản ứng toả năng lượng, còn nếu hiệu  $m_0 - m < 0$  thì đó là phản ứng thu năng lượng.

Để tính năng lượng (toả hoặc thu) của phản ứng hạt nhân ta lấy hiệu  $m_0 - m$  tính theo đơn vị u nhân với 931,5 MeV. Nếu đề bài đòi hỏi phải tính năng lượng đó ra đơn vị J thì ta áp dụng hệ thức chuyển đổi đơn vị :  $1 \text{ MeV} = 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ J}$ .

Cân chú ý rằng, trong trường hợp phản ứng thu năng lượng thì, để cho phản ứng có thể xảy ra, ta phải cung cấp cho các hạt nhân tương tác ban đầu (hạt nhân A và B) một năng lượng (dưới dạng động năng chẳng hạn) ít nhất là bằng  $|\Delta W|$ . Nếu các hạt nhân đó không được cung cấp năng lượng, hoặc được cung cấp một năng lượng nhỏ hơn  $|\Delta W|$  thì phản ứng đó sẽ không xảy ra.

**3. Đề xác định động năng của các hạt, cũng như phương chuyển động của các hạt, cần phải áp dụng các định luật bảo toàn động lượng và bảo toàn năng lượng.**

Khi áp dụng định luật bảo toàn động lượng, cần lưu ý rằng, ta có một phương trình vectơ  $\vec{p}_A + \vec{p}_B = \vec{p}_C + \vec{p}_D$  (55.11)

Cân căn cứ vào dữ kiện cho trong đề bài để vẽ được các vectơ  $\vec{p}_A, \vec{p}_B, \vec{p}_C$  và  $\vec{p}_D$  thoả mãn phương trình trên (thường đề bài cho biết trước hướng chuyển động của một số hạt, nghĩa là cho biết trước hướng của một số vectơ động lượng). Sau đó, dựa vào phép chiếu lên hai trục tọa độ vuông góc, hoặc dựa vào hệ thức lượng trong tam giác..., từ phương trình vectơ ta tìm được phương trình đại số của các đại lượng cũng như tìm được góc giữa các hướng chuyển động cần tìm.

Khi áp dụng định luật bảo toàn năng lượng cần chú ý rằng, đây là sự bảo toàn năng lượng toàn phần, bao gồm năng lượng nghỉ và động năng của các hạt nhân ; cụ thể là, trong trường hợp tổng quát ta có phương trình :

$$W_A + W_B + (m_A + m_B)c^2 = W_C + W_D + (m_C + m_D)c^2 \quad (55.12)$$

với  $W_A, W_B, W_C, W_D$  là động năng của các hạt  $A, B, C, D$ . Phương trình (55.12) có thể viết lại dưới dạng :

$$W_A + W_B + \Delta W = W_C + W_D \quad (55.13)$$

Từ các phương trình của định luật bảo toàn động lượng và bảo toàn năng lượng nói trên ta tìm được các đại lượng cần tìm, với chú ý rằng ta có hệ thức giữa động năng và động lượng :

$$W = \frac{p^2}{2m}.$$

Nói chung đây là một bài toán phức tạp, đòi hỏi tính toán cẩn thận và chính xác. Khi tính toán, tuỳ theo yêu cầu chính xác, có thể coi rằng khối lượng của hạt nhân có số khối  $A$  xấp xỉ bằng  $A.u$ .

#### IV - GỢI Ý VỀ PHƯƠNG PHÁP VÀ TỔ CHỨC HOẠT ĐỘNG DẠY HỌC

**1.** GV yêu cầu HS làm một số bài tập đơn giản mà mình đã chuẩn bị trước. Sau đó hướng dẫn làm các bài tập của bài này.

**2.** Với mỗi bài tập, GV yêu cầu HS thực hiện các bước sau :

- Đọc kỹ đề bài, nắm chắc dữ kiện cho trong đề bài và hiểu nội dung câu hỏi.
- Nêu lên các công thức, định luật cần vận dụng để giải bài toán.
- Lập phương trình, hệ thức để giải.
- Giải phương trình, hệ thức để tìm nghiệm.

Nói chung nên tìm nghiệm dưới dạng biểu thức kí hiệu (chữ), sau đó mới thay số để tìm kết quả bằng số. Khi thay số cần nhớ chuyển đổi đơn vị (nếu cần). Kết quả bằng số chỉ giữ lại các chữ số có nghĩa.

– Biện luận kết quả thu được, nếu cần.

**3.** GV kịp thời phát hiện sai sót của HS để uốn nắn.