

# Chương VI

## VẬT LÝ HẠT NHÂN VÀ NGUYÊN TỬ

# Nội dung chính

- 6.1. Cấu trúc nguyên tử
- 6.2. Nguyên tử Hydro
- 6.3. Cấu trúc hạt nhân
- 6.4. Độ hụt khối, năng lượng liên kết hạt nhân
- 6.5. Sự phóng xạ hạt nhân
- 6.6. Phản ứng hạt nhân
- 6.7. Luyện tập

# 6.1. Cấu trúc nguyên tử

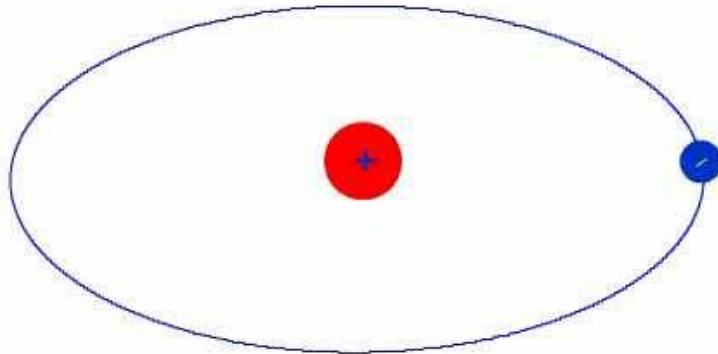
- Nguyên tử gồm:
    - ✓ Hạt nhân mang điện dương.
    - ✓ Electron mang điện âm chuyển động xung quanh hạt nhân
  - Số electron chuyển động quanh hạt nhân là  $Z$ 
    - ✓ Điện tích của  $Z$  electron là:  $-Ze$
    - ✓ Điện tích của hạt nhân là :  $+Ze$
- Do đó nguyên tử trung hòa về điện

# 6.2. Nguyên tử Hydro

## 6.2.1. Cấu tạo nguyên tử Hydro

- Nguyên tử Hydro gồm:
  - ✓ Hạt nhân mang điện tích  $+e$
  - ✓ Một electron mang điện tích  $-e$

t 26723



# 6.2. Nguyên tử Hydro

## 6.2.2. Tiên đề Bohr về các trạng thái dừng

- Nguyên tử chỉ tồn tại trong một số trạng thái có năng lượng xác định, gọi là trạng thái dừng. Khi ở trạng thái dừng nguyên tử không bức xạ.
- Trong các trạng thái dừng của nguyên tử, electron chỉ chuyển động quanh hạt nhân trên các quỹ đạo có bán kính xác định gọi là các quỹ đạo dừng.
  - ✓ Bán kính các quỹ đạo dừng với nguyên tử Hydro:  $r_n = n^2 r_0$   
Với  $r_0 = 0,53A^0$  (bán kính Bohr)

# 6.2. Nguyên tử Hydro

## 6.2.3. Năng lượng của electron trong nguyên tử Hydro

- Năng lượng của electron ở trạng thái dừng:

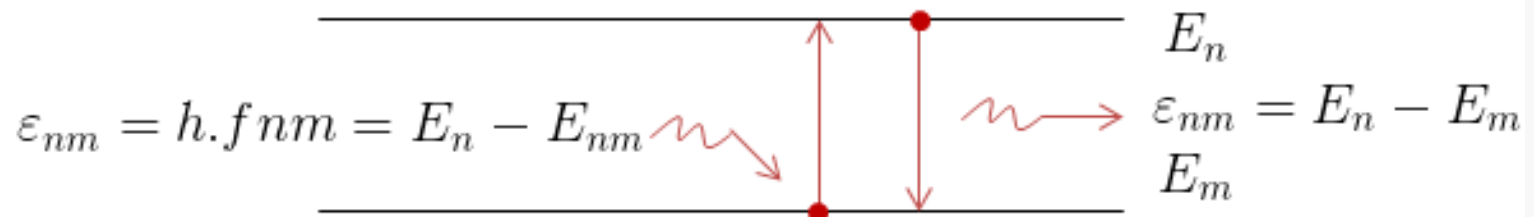
$$E_n = -\frac{13,6}{n^2} (eV) \quad (n = 1, 2, 3, \dots)$$

NX: Năng lượng của electron trong nguyên tử Hydro chỉ phụ thuộc vào số nguyên n, như vậy năng lượng bị gián đoạn. Ta nói năng lượng bị lượng tử hóa.

# 6.2. Nguyên tử Hydro

## 6.2.3. Năng lượng của electron trong nguyên tử Hydro

- Khi nguyên tử chuyển từ trạng thái dừng có mức năng lượng  $E_n$  sang trạng thái dừng có mức năng lượng  $E_m$  nhỏ hơn thì nguyên tử phát ra một photon có năng lượng đúng bằng hiệu  $E_n - E_m$  và ngược lại



# 6.3. Cấu trúc hạt nhân

## 6.3.1. Cấu tạo hạt nhân

- Hạt nhân được cấu tạo từ hai loại hạt:
  - ✓ Proton (p): có điện tích bằng  $+e = 1,6 \times 10^{-19} C$
  - ✓ Notron (n): trung hòa về điện.
- Proton và notron gọi chung là nuclon:
  - ✓ Số proton trong hạt nhân là  $Z$   
 $Z$  là thứ tự của nguyên tử trong bảng tuần hoàn mendeleev
  - ✓ Số nuclon trong hạt nhân là  $A$  (số khối)  
Do đó số notron trong hạt nhân là  $N=A-Z$



## 6.3. Cấu trúc hạt nhân

- Ký hiệu hạt nhân:



- Kích thước hạt nhân: coi hạt nhân nguyên tử là quả cầu bán kính  $R$ ,  $R$  phụ thuộc vào số khối  $A$  như sau:

$$R = 1,2 \cdot 10^{-15} A^{\frac{1}{3}} (m)$$

# 6.4. Độ hụt khối. Năng lượng liên kết

## 6.4.1. Đơn vị khối lượng nguyên tử

- Đơn vị khối lượng nguyên tử có giá trị bằng  $\frac{1}{12}$  khối lượng của đồng vị  $^{12}_6C$

$$1u = \frac{1}{12} \frac{12}{6.022.10^{23}} g = 1,66055.10^{-27} kg$$

*Một nguyên tử có số khối A thì khối lượng của nó xấp xỉ bằng A(u)*

- Một hạt nhân có khối lượng 1u có năng lượng tương ứng là:

$$W = 931,4MeV \quad \text{hay} \quad m = 1u = 931,4MeV/c^2$$

# 6.4. Độ hụt khối. Năng lượng liên kết

## 6.4.2. Độ hụt khối

- Các phép đo chính xác chứng tỏ rằng khối lượng  $m$  của hạt nhân bao giờ cũng nhỏ hơn tổng khối lượng các nuclon tạo thành hạt nhân đó một lượng  $\Delta m$  :

$$\Delta m = [Zm_p + (A - Z)m_n] - m$$

$\Delta m$  gọi là độ hụt khối.

# 6.4. Độ hụt khối. Năng lượng liên kết

## 6.4.2. Năng lượng liên kết hạt nhân

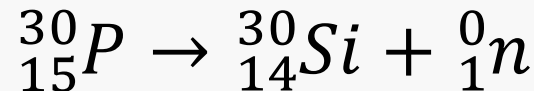
- Năng lượng liên kết là năng lượng bằng công cần thiết để tách hạt nhân thành các nuclon riêng biệt:

$$W_{lk} = c^2 \Delta m = c^2 [Zm_p + (A - Z)m_n - m]$$

# 6.5. Sự phóng xạ hạt nhân

## 6.1.1. Khái niệm

- Phóng xạ là hiện tượng hạt nhân tự phóng ra những tia bức xạ gọi là tia phóng xạ và biến đổi thành hạt nhân khác.
- VD



# 6.5. Sự phóng xạ hạt nhân

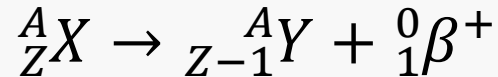
## 6.1.2. Các loại phóng xạ thường gặp

- Phóng xạ  $\alpha$        ${}^A_ZX \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^4_2\alpha$ 
  - ✓ Tia  $\alpha$  là dòng hạt nhân  ${}^4_2He$  chuyển động với vận tốc khoảng  $10^7 m/s$
  - ✓ Tia  $\alpha$  có khả năng ion hóa không khí mạnh và đi được trong không khí khoảng vài cm, vài  $\mu m$  trong vật rắn.
- Phóng xạ  $\beta^-$        ${}^A_ZX \rightarrow {}^A_{Z+1}Y + {}^0_{-1}\beta^-$ 
  - ✓ Tia  $\beta^-$  là dòng hạt electron tốc độ xấp xỉ bằng tốc độ ánh sáng.
  - ✓ Tia  $\beta^-$  có khả năng ion hóa không khí kém hơn tia  $\alpha$  và có thể đi được vài m trong không khí và vài mm trong kim loại

# 6.5. Sự phóng xạ hạt nhân

## 6.1.2. Các loại phóng xạ thường gặp

### ➤ Phóng xạ $\beta^+$



- ✓ Tia  $\beta^+$  là dòng hạt pozitron có điện tích +e và khối lượng bằng khối lượng electron
- ✓ Tia  $\beta^+$  có khả năng ion hóa không khí kém hơn tia  $\alpha$  và có thể đi được vài m trong không khí và vài mm trong kim loại

### ➤ Phóng xạ $\gamma$

Tia gama là bức xạ điện từ hạt nhân phát ra khi chuyển từ trạng thái kích thích về trạng thái có mức năng lượng thấp hơn.

- ✓ Tia  $\gamma$  là sóng điện từ có bước sóng rất ngắn, cũng là hạt photon có năng lượng cao.
- ✓ Tia  $\gamma$  có khả năng xuyên thấu lớn hơn nhiều so với tia  $\alpha$  và  $\beta$  nhưng không có khả năng ion hóa không khí.

# 6.5. Sự phóng xạ hạt nhân

## 6.5.3. Định luật phóng xạ

- Số hạt nhân ban đầu của mẫu phóng xạ là  $N_0$  sau một khoảng thời gian  $t$  số hạt nhân còn là  $N$

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

Trong đó :  $\lambda$  là hằng số phóng xạ

- Chu kì bán rã: là thời gian số lượng hạt nhân còn lại một nửa

$$T = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0.693}{\lambda}$$



# 6.5. Sự phóng xạ hạt nhân

## 6.5.3. Định luật phóng xạ

Số hạt (N)	Khối lượng (m)
Trong quá trình phân rã, <b>số hạt</b> nhân phóng xạ giảm theo thời gian tuân theo định luật hàm số mũ.	Trong quá trình phân rã, <b>khối lượng</b> hạt nhân phóng xạ giảm theo thời gian tuân theo định luật hàm số mũ.
$N = \frac{N_0}{2^{\frac{t}{T}}} = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$	$m = \frac{m_0}{2^{\frac{t}{T}}} = m_0 \cdot e^{-\lambda t}$
<ul style="list-style-type: none"><li>○ <math>N_0</math> : số hạt nhân phóng xạ ở thời điểm ban đầu.</li><li>○ <math>N_{(t)}</math> : số hạt nhân phóng xạ còn lại sau thời gian <math>t</math></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>○ <math>m_0</math> : khối lượng phóng xạ ở thời điểm ban đầu.</li><li>○ <math>m_{(t)}</math> : khối lượng phóng xạ còn lại sau thời gian <math>t</math>.</li></ul>

# 6.5. Sự phóng xạ hạt nhân

## 6.5.3. Định luật phóng xạ

➤ Độ phóng xạ(H): là đại lượng đặc trưng cho tính phóng xạ mạnh hay yếu, được xác định bằng số phân rã trong 1s.

✓ Đơn vị: phân rã/giây=Bq

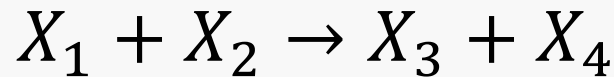
Đơn vị khác: Ci với  $1Ci = 3,7 \cdot 10^{-10} Bq$

✓ Biểu thức:  $H = H_0 e^{-\lambda t}$

# 6.6. Phản ứng hạt nhân

## 6.6.1. Định nghĩa

- Phản ứng hạt nhân là quá trình biến đổi hạt nhân dẫn đến sự biến đổi chúng thành hạt khác



- Đặc điểm của phản ứng hạt nhân
  - ✓ Biến đổi các hạt nhân
  - ✓ Biến đổi các nguyên tố
  - ✓ Không bảo toàn khối lượng nghỉ

# 6.6. Phản ứng hạt nhân

## 6.6.2. Các định luật bảo toàn trong phản ứng hạt nhân

- Bảo toàn điện tích
- Bảo toàn số khối
- Bảo toàn động lượng
- Bảo toàn năng lượng toàn phần

# 6.7. Luyện tập

- **Lý thuyết**

- Viết biểu thức năng lượng của electron trong nguyên tử Hydro. Tại sao nói năng lượng này mang tính gián đoạn?
- Có bao nhiêu loại tia phóng xạ hạt nhân? Kể tên và nêu đặc điểm mỗi loại.

# 6.7. Luyện tập

## • Bài tập

**Bài 1** Sau khi được gia tốc trong máy xyclotron, hạt  ${}^2_1H$  bắn vào đồng vị  ${}^7_3Li$  gây nên phản ứng hạt nhân. Hãy xác định:

a) Bán kính của hạt  ${}^2_1H$

b) Năng lượng liên kết của  ${}^7_3Li$

c) Sản phẩm thứ hai của phản ứng, biết phản ứng chỉ có 2 sản phẩm

d) Năng lượng tỏa ra trong phản ứng biết khối lượng của sản phẩm thứ 2 trong phản ứng bằng  $8,00785u$ .

Cho:  $m({}^7_3Li) = 7,01823u$ ;  $m({}^2_1H) = 2,01355u$ ;  $m_n = 1,00867u$ ;  $m_p = 1,00728u$ ;  $r_0 = 1,3 \times 10^{-15} m$

ĐS a)  $R = 1,51 \times 10^{-15} m$

b)  $W_{lk} = 35,67 MeV$

c)  $X = {}^8_4Be$

d)  $Q = 14,21 MeV$

# 6.7. Luyện tập

## • Bài tập

**Bài 2** Có bao nhiêu hạt nhân phân rã sau 1 giây trong chất đồng vị phóng xạ của iridi  $^{192}_{77}Ir$  và bao nhiêu nguyên tử của chất đó còn lại sau 30 ngày, nếu khối lượng ban đầu của nó là 5g. Biết chu kỳ bán rã của chất này là 73,827 ngày.

ĐS:  $\Delta N = 1,68 \times 10^5$  phân rã/s và  $N = 1,19 \times 10^{22}$  nguyên tử

**Bài 3** Tại sao trong quặng Urani có lẫn chì? Xác định tuổi của chất quặng, trong đó 10 nguyên tử Urani có:

a) 10 nguyên tử chì

b) 2 nguyên tử chì

Biết chu kỳ bán rã của Urani trong quặng đó là 4,5 tỷ năm

ĐS: a)  $t_1 = 4,5 \times 10^9$  năm      b)  $t_1 = 4,5 \times 10^9$  năm