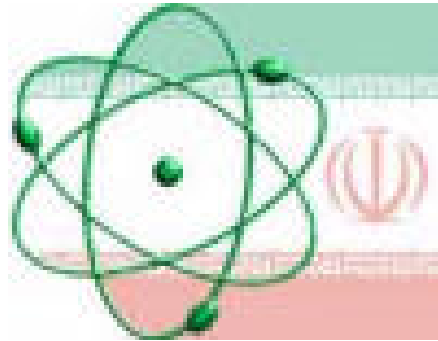




TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM TP. HỒ CHÍ MINH

# Bài tập

## VẬT LÝ NGUYÊN TỬ VÀ HẠT NHÂN



*ThS. Trần Quốc Hà – Tạ Hưng Quý*

Tài liệu lưu hành nội bộ  
\* 2000 \*

# MỤC LỤC

|   |           |
|---|-----------|
| Mục lục .....   | 2         |
| Lời nói đầu .....   | 3         |
| <b>Phần I : Vật lý nguyên tử.....</b>                             | <b>4</b>  |
| <i>Chương I : Tính chất lượng tử của bức xạ điện từ .....</i>     | <i>4</i>  |
| <i>Chương II: Các mẫu nguyên tử cổ điển.....</i>                  | <i>8</i>  |
| <i>Chương III: Những cơ sở của thuyết lượng tử.....</i>           | <i>14</i> |
| <i>Chương IV: Cấu trúc nguyên tử theo cơ học lượng tử .....</i>   | <i>22</i> |
| <b>Phần II : Vật lý hạt nhân .....</b>                            | <b>27</b> |
| <i>Chương I : Hạt nhân nguyên tử và đặc tính của nó.....</i>      | <i>27</i> |
| <i>Chương II: Phân rã phóng xạ .....</i>                          | <i>31</i> |
| <i>Chương III: Tương tác hạt nhân – Năng lượng hạt nhân. ....</i> | <i>37</i> |
| <b>Đáp số và hướng dẫn.....</b>                                   | <b>59</b> |
| <b>Phần II: Vật lý nguyên tử.....</b>                             | <b>59</b> |
| <i>Chương I: Tính chất lượng tử của bức xạ điện từ .....</i>      | <i>59</i> |
| <i>Chương II: Các mẫu nguyên tử cổ điển.....</i>                  | <i>63</i> |
| <i>Chương III: Những cơ sở của thuyết lượng tử.....</i>           | <i>68</i> |
| <i>Chương IV: Cấu trúc nguyên tử theo cơ học lượng tử .....</i>   | <i>77</i> |
| <b>Phần II: Vật lý hạt nhân .....</b>                             | <b>81</b> |
| <i>Chương I: Hạt nhân nguyên tử và đặc tính của nó.....</i>       | <i>81</i> |
| <i>Chương II: Phân rã phóng xạ .....</i>                          | <i>83</i> |
| <i>Chương III: Tương tác hạt nhân – Năng lượng hạt nhân .....</i> | <i>85</i> |
| <b>Phụ lục .....</b>  | <b>87</b> |
| <b>Tài liệu tham khảo .....</b>                                   | <b>93</b> |

# LỜI NÓI ĐẦU

Để phục vụ cho việc giảng dạy ngày càng đòi hỏi nâng cao chất lượng, cùng với việc soạn thảo giáo trình vật lý nguyên tử và hạt nhân, cuốn bài tập này ra đời là rất cần thiết.

Cuốn bài tập vật lý nguyên tử và hạt nhân này được soạn thảo theo sát chương trình lý thuyết. Nó gồm 2 phần: Phần Vật lý nguyên tử và phần vật lý hạt nhân. Mỗi phần gồm từ 3 đến 4 chương. Trong các chương có tóm tắt lý thuyết, giải bài tập mẫu và nhiều bài tập tự giải. Cuối sách là phần đáp án, trong đó có đáp số hoặc hướng dẫn cho các bài khó. Các bài tập tự giải được biên soạn từ nhiều nguồn sách, có sàng lọc, đối chiếu, kiểm tra lại kỹ lưỡng. Bài tập đa dạng và vừa sức, thích hợp với sinh viên Đại học Sư phạm và còn có thể làm tài liệu tham khảo cho các giáo viên phổ thông. Ngoài ra còn có các bảng phụ lục tra cứu, trong đó trình bày ở cả hai hệ đơn vị là SI và CGS, thuận tiện cho việc đa dạng hoá các bài tập. Hơn nữa còn có các bảng phụ lục công thức toán học cần thiết giúp sinh viên thuận tiện trong khi giải bài tập.

Mặc dù đã có nhiều cố gắng nhưng việc biên soạn chắc chắn không tránh khỏi thiếu sót. Các tác giả rất mong nhận được ý kiến đóng góp để cuốn sách ngày càng hoàn thiện.

Chúng tôi xin chân thành cảm ơn các đồng nghiệp đã tận tình giúp đỡ chúng tôi trong việc soạn thảo. Cảm ơn ban chủ nhiệm khoa Lý đã tạo điều kiện cho cuốn sách được in ấn. Đặc biệt cảm ơn Ban Ấn bản phát hành trường Đại học Sư phạm Thành phố Hồ Chí Minh đã góp nhiều công sức giúp cuốn sách được ra đời.

**Tháng 10 năm 2002**  
**Các tác giả**

# PHẦN I : VẬT LÝ NGUYÊN TỬ

## Chương I: TÍNH CHẤT LƯỢNG TỬ CỦA BỨC XẠ ĐIỆN TỪ

( Tóm tắt nội dung lý thuyết:

### I- Photon.

1. Mỗi photon mang năng lượng  $\epsilon$  chỉ phụ thuộc vào tần số  $\nu$  (hay bước sóng  $\lambda$ ) của bức xạ điện từ được xác định :

$$\epsilon = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

Trong đó :  $h = 6,626.10^{-34}$  JS là hằng số Planck  
 $c = 3.10^8$ m/s là vận tốc ánh sáng.

2. Khối lượng của photon được xác định:

$$m = \frac{\epsilon}{c^2} = \frac{h\nu}{c^2}$$

### II. Hiện tượng quang điện.

1. Giới hạn quang điện (hay giới hạn đỏ)

$$\lambda_0 = \frac{hc}{A}$$

Trong đó  $A$  là công thoát của Electron khỏi kim loại

2. Phương trình Einstein

$$h\nu = A + \frac{mV^2}{2}$$

Trong đó  $m$  là khối lượng của Electron và  $V$  là vận tốc cực đại của Electron thoát ra từ bề mặt kim loại.

### III- Hiện tượng tán xạ Compton.

Độ dịch Compton là hiệu số giữa bước sóng tán xạ và bước sóng tới của bức xạ điện từ được xác định:

$$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = \lambda_c (1 - \cos\theta) = 2\lambda_c \sin^2 \frac{\theta}{2}$$

Trong đó:  $\lambda_c$  là bước sóng Compton.

(  $\theta$  là góc tán xạ và  $m$  là khối lượng Electron.

### \* Bài tập hướng dẫn:

1. Ánh sáng đơn sắc với bước sóng  $3000\text{Å}$  chiếu vuông góc vào một diện tích  $4\text{cm}^2$ . Nếu cường độ ánh sáng bằng  $15.10^{-2}(\text{W}/\text{m}^2)$ , hãy xác định số photon đập lên diện tích ấy trong một đơn vị thời gian.

**Giải:**

Năng lượng của photon ứng với bước sóng  $3000\text{Å}$ :

$$\epsilon = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6,626.10^{-34}.3.10^8}{3.10^{-7}} = 6,626.10^{-19}\text{J}$$

Năng lượng toàn phần của ánh sáng chiếu vào bề mặt diện tích  $4\text{cm}^2$

$$E = I.S = 15.10^{-2}.4.10^{-4} = 6.10^{-5}\text{W} = 6.10^{-5}\text{J/S}$$

Số photon trong một đơn vị thời gian là:

$$N = \frac{E}{\epsilon} = \frac{6.10^{-5}}{6,626.10^{-19}} = 9,055.10^{13}\text{photon / S}$$

**2. Chiếu ánh sáng đơn sắc vào bề mặt của kim loại Natri, công thoát của Natri bằng 2,11(eV). Xác định vận tốc cực đại của Electron nếu bước sóng của ánh sáng tới là tím bằng  $2,50.10^{-7}m$  và tia đỏ bằng  $6,44.10^{-7}m$ .**

**Giải:**

Năng lượng photon ứng với ánh sáng tím:

$$\varepsilon = h\nu = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6,626.10^{-34}.3.10^8}{2,50.10^{-7}.1,6.10^{-19}} = 4,96\text{eV}$$

Theo công thức Einstein:

$$h\nu = A + \frac{mV^2}{2}$$

Suy ra vận tốc cực đại của Electron:

$$V = \sqrt{\frac{2(h\nu - A)}{m}} = \sqrt{\frac{2(4,96 - 2,11)}{9,11.10^{-31}}}.1,6.10^{-19}} = 10^6 \text{ m/s}$$

Năng lượng ứng với bước sóng đỏ:

$$\varepsilon = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6,626.10^{-34}.3.10^8}{6,44.10^{-7}.1,6.10^{-19}} = 1,929\text{(eV)}$$

Trong trường hợp ánh sáng đỏ năng lượng photon nhỏ hơn công thoát của Natri nên không thể làm bật Electron ra khỏi kim loại. Vì vậy có thể xem vận tốc cực đại của quang Electron bằng không.

**3. Tia X có bước sóng  $0,30\text{Ao}$  tán xạ dưới góc  $60^\circ$  do hiệu ứng tán xạ Compton. Tìm bước sóng tán xạ của photon và động năng của Electron.**

**Giải :**

$$\lambda' = \lambda + \frac{h}{mc}(1 - \cos \theta) = 0,30 + 0,0243(1 - \cos 60^\circ) = 0,312\text{Ao}$$

Theo định luật bảo toàn năng lượng:

$$\frac{hc}{\lambda} + m_0c^2 = \frac{hc}{\lambda'} + m_0c^2 + D$$

$$D = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda'} = hc\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda'}\right) = 1,59.10^3\text{(eV)}$$

trong đó  $m_0c^2$  – là năng lượng nghỉ của Electron và D là động năng của Electron.

**\* Bài tập tự giải:**

**1.1. Tìm vận tốc cực đại của quang Electron rút ra khỏi bề mặt kim loại Cs nếu nó được rọi bằng ánh sáng có bước sóng  $0,50\text{(m)}$ , công thoát của Xedi (Cs) bằng  $1\text{(eV)}$ .**

**1.2. Người ta chiếu tia tử ngoại với bước sóng  $3000\text{Ao}$  vào kim loại bạc. Hiệu ứng quang điện có thể xảy ra được không? Cho biết công thoát của bạc bằng  $4,70\text{(eV)}$ .**

**1.3. Vonfram có giới hạn đỏ bằng  $2750\text{Ao}$ . Hãy tính:**

1) Công thoát của Electron từ Vonfram.

2) Vận tốc và động năng cực đại của Electron bứt ra từ bề mặt Vonfram dưới tác dụng của ánh sáng với bước sóng  $1800\text{Ao}$ .

**1.4. Tìm bước sóng và tần số của một photon có năng lượng  $1,00\text{Kev}$ .**

**1.5. Tìm xung lượng của một photon với năng lượng  $12\text{Mev}$**

**1.6. Tính tần số của một photon sinh ra khi một Electron có năng lượng  $20\text{Kev}$  bị dừng lại do va chạm với một hạt nhân nặng.**

- 1.7. Tìm bước sóng cực đại của một photon làm vỡ phân tử có năng lượng liên kết bằng 15(eV).
- 1.8. Tính năng lượng của một photon mà xung lượng của nó bằng xung lượng của một Electron có năng lượng bằng 0,3Mev.
- 1.9. Một đài phát thanh công suất 200KW hoạt động ở tần số 103,7MHz. Xác định số photon (số lượng tử) phát ra trong một đơn vị thời gian.
- 1.10. Khi chiếu ánh sáng với bước sóng ( $\lambda_1 = 5461\text{Ao}$ ) vào bề mặt kim loại người ta đo được hiệu điện thế hãm là :  $U_1 = 0,18\text{V}$ . Nếu chiếu ánh sáng với bước sóng ( $\lambda_2 = 1849\text{Ao}$ ) thì đo được hiệu điện thế là:  $U_2 = 4,63\text{V}$ . Cho biết điện tích của Electron là  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{C}$ . Hãy xác định hằng số Planck, công thoát và tần số giới hạn đỏ.
- 1.11. Tia X đơn sắc có bước sóng  $0,708\text{Ao}$  bị tán xạ trên nguyên tử cacbon. Hãy tính:
- 1) Bước sóng tán xạ của tia X dưới góc  $90^\circ$ .
  - 2) Động năng cực đại của Electron thoát ra khỏi nguyên tử trong hiệu ứng tán xạ Compton.
- 1.12. Tia X với bước sóng  $2,2 \cdot 10^{-11}\text{m}$  tán xạ trên nguyên tử Cacbon dưới góc tán xạ bằng  $85^\circ$ .
- a) Tính độ dịch Compton.
  - b) Tính hiệu suất năng lượng ban đầu của tia X bị tổn hao?
- 1.13. Photon với bước sóng  $2,4 \cdot 10^{-12}\text{m}$  đập vào một bia chứa Electron tự do.
- a) Tìm bước sóng của photon bị tán xạ dưới góc  $30^\circ$ .
  - b) Tìm bước sóng của photon bị tán xạ dưới góc  $120^\circ$ .
- 1.14. Photon tia X với bước sóng  $0,10 \cdot 10^{-9}\text{m}$  đập trực diện vào một Electron (ứng với góc tán xạ  $180^\circ$ ).
- a) Hãy xác định sự thay đổi bước sóng của photon.
  - b) Hãy xác định sự thay đổi năng lượng của Electron.
  - c) Tính động năng truyền cho Electron.
- 1.15. Tính ra phần trăm sự thay đổi năng lượng của photon trong hiệu ứng tán xạ Compton dưới góc  $90^\circ$  đối với các loại bước sóng:
- a) Sóng Viba 3cm.
  - b) Sóng ánh sáng nhìn thấy  $5 \cdot 10^{-7}\text{m}$ .
  - c) Sóng tia X:  $2,5 \cdot 10^{-8}\text{m}$ .
  - d) Sóng tia Gamma ứng với năng lượng 1Mev.
- Bạn có kết luận gì về mức độ quan trọng của hiệu ứng Compton.
- 1.16. Các vệ tinh nhân tạo và tàu vũ trụ bay trên quỹ đạo quanh trái đất có thể trở thành tích điện, một phần do mất Electron gây bởi hiệu ứng quang điện dưới tác dụng của ánh sáng mặt trời lên mặt ngoài của vỏ tàu. Giả sử vệ tinh được phủ một lớp platin (Bạch kim), kim loại này có công thoát lớn nhất bằng 5,32Kev. Hãy xác định bước sóng của photon có khả năng làm bật các quang Electron ra khỏi bề mặt Platin (các vệ tinh phải được chế tạo sao cho sự tích điện nói trên là nhỏ nhất).
- 1.17. Tìm động năng cực đại của quang Electron nếu cho biết công thoát của kim loại là 2,3ev và tần số bức xạ chiếu vào kim loại là  $3 \cdot 10^{15}\text{Hz}$ .
- 1.18. Công thoát của Tungsten là 4,50ev. Hãy xác định vận tốc của quang Electron nhanh nhất khi chiếu ánh sáng với năng lượng 5,8ev vào Tungsten.
- 1.19. Nếu công thoát của kim loại là 1,8ev thì thế hãm đối với ánh sáng chiếu vào kim loại ấy với bước sóng  $4 \cdot 10^{-7}\text{m}$  sẽ bằng bao nhiêu? Hãy tính vận tốc cực đại của quang Electron bắn ra từ bề mặt kim loại.
- 1.20. Thế hãm đối với quang Electron của một kim loại khi được rọi ánh sáng có bước sóng  $4,91 \cdot 10^{-7}\text{m}$  là 0,71V. Khi bước sóng chiếu sáng thay đổi, thế hãm tương ứng là 1,43V. Hãy tính:
- a) Bước sóng mới tác dụng sau.
  - b) Công thoát của quang Electron.

- 1.21. Dùng định luật bảo toàn động lượng và năng lượng để chứng tỏ rằng Electron tự do không thể hấp thụ hoặc bức xạ photon.
- 1.22. Xác định độ dịch Compton và góc tán xạ đối với photon được rọi vào kim loại có bước sóng  $0,03\text{Å}$  và vận tốc Electron bật ra khỏi kim loại bằng  $0,6$  vận tốc ánh sáng.
- 1.23. Xác định bước sóng tia X, biết rằng trong hiệu ứng Compton động năng cực đại của Electron bay ra là  $0,19\text{Mev}$ .
- 1.24. Giả sử một photon năng lượng  $250\text{Kev}$  va chạm vào một Electron đứng yên theo kiểu tán xạ Compton dưới góc  $120^\circ$ . Hãy xác định năng lượng của photon tán xạ.
- 1.25. Photon với bước sóng  $0,05\text{Å}$  tán xạ trên Electron trong hiệu ứng tán xạ Compton, dưới góc  $90^\circ$ . Hãy tính xung lượng của Electron.
- 1.26. Một photon tia X năng lượng  $0,3\text{Mev}$  va chạm trực diện với một Electron lúc đầu đứng yên. Tính vận tốc giật lùi của Electron bằng cách áp dụng các nguyên lý bảo toàn năng lượng và xung lượng.
- 1.27. Trong một thí nghiệm về hiệu ứng tán xạ Compton, một Electron đã thu được năng lượng  $0,1\text{Mev}$  do một tia X năng lượng  $0,5\text{Mev}$  chiếu vào. Tính bước sóng của photon tán xạ biết rằng lúc đầu Electron ở trạng thái nghỉ.
- 1.28. Trong tán xạ Compton một photon tới đã truyền cho Electron bia một năng lượng cực đại bằng  $45\text{Kev}$ . Tìm bước sóng của photon đó.
- 1.29. Trong thí nghiệm hiệu ứng tán xạ Compton người ta dùng tia X với năng lượng  $0,5\text{Mev}$  truyền cho Electron năng lượng  $0,1\text{Mev}$ . Tìm góc tán xạ.
- 1.30. Thiết lập phương trình hiệu ứng tán xạ Compton:

$$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = \frac{h}{m_0 c} (1 - \cos \theta)$$

# Chương II: CÁC MẪU NGUYÊN TỬ CỔ ĐIỂN

Tóm tắt nội dung lý thuyết:

## I- Lý thuyết Rodepho (Rutherford)

1) Mối liên hệ giữa góc tán xạ và khoảng nhằm của hạt (.

$$\cotg \frac{\theta}{2} = \frac{mV^2}{2Ze^2} \cdot b \quad (\text{Đơn vị trong hệ CGS})$$

( $\theta$  - là góc tán xạ hạt ( $\theta$  và  $b$  là khoảng nhằm của hạt (.

2) Xác suất tán xạ của chùm hạt ( $\theta$  lên các hạt nhân trong lá kim loại dát mỏng:

$$dW = \frac{dn_\alpha}{n_\alpha} = N \cdot d \left( \frac{kze^2}{mV^2} \right) \cdot \frac{d\Omega}{\sin^4 \frac{\theta}{2}}$$

$dn_\alpha$  - Số hạt ( $\alpha$ ) bị tán xạ trong chùm hạt ( $\alpha$ ) tiến đến lá kim loại  $n_\alpha$ .

$N$  là mật độ hạt nhân gây tán xạ (số hạt nhân trong một đơn vị thể tích)

$d$  - bề dày của lá kim loại.

$d$  ( $= 2(\sin(\frac{\theta}{2}))^{-4}$  - là góc khối bao quanh số hạt ( $\alpha$ ) bị tán xạ. Hệ số tỷ lệ  $K$  tùy thuộc vào hệ đơn vị sử dụng ( $K = 1$  trong hệ CGS và  $K = 9 \cdot 10^9 \text{N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$  trong hệ SI).

## II- Lý thuyết N.Bohr.

1. Bán kính quỹ đạo của Electron trên quỹ đạo thứ  $n$

$r_n$  với  $n = 1, 2, 3, 4, \dots$

Đối với nguyên tử Hydro chọn  $z = 1$  và các ion tương tự Hydro chọn  $z > 1$ .

$h$  là hằng số Plank chia cho  $2\pi$ .

2. Năng lượng của Electron trên quỹ đạo thứ  $n$ .

$E_n$  với  $n = 1, 2, 3, 4, \dots$

Hằng số plank :  $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{JS}$  và  $c = 3 \cdot 10^8 \text{m/s}$

Hằng số Rittbéc :  $R = \tilde{G}$

3. Công thức Banme tổng quát

$\lambda$  với  $m > n$

$\lambda$  là số bước sóng trong miền hồng ngoại và vùng khả kiến.

Đối với nguyên tử Hydro  $z = 1$  có các dãy quang phổ sau:

( Dãy Lyman (trong vùng tử ngoại) ứng với  $n = 1$  và  $m = 2, 3, 4, \dots$

( Dãy Banme (trong vùng khả kiến) ứng với  $n = 2$  và  $m = 3, 4, 5, \dots$

( Dãy Pasen (trong vùng hồng ngoại) ứng với  $n = 3$  và  $m = 4, 5, 6, \dots$

( Dãy Brakét (vùng hồng ngoại) ứng với  $n = 4$  và  $m = 5, 6, 7, \dots$

( Dãy Phundo (vùng hồng ngoại) ứng với  $n = 5$  và  $m = 6, 7, 8, \dots$

## \*Bài tập hướng dẫn:

1. Sau khi xuyên qua lá vàng mỏng, hạt ( $\alpha$ ) với năng lượng 4Mev bị tán xạ dưới góc  $60^\circ$ .  
Hãy xác định khoảng nhằm  $b$  của hạt ( $\alpha$ ) khi bay tới lá vàng.

**Giải:**

Từ biểu thức  $\cotg \frac{\theta}{2} = \frac{mV^2}{2Ze^2} \cdot b$

$$\text{Suy ra } b = \frac{2Ze^2}{mV^2} \cotg \frac{\theta}{2} = 4,72 \cdot 10^{-12} \text{ cm}$$

Thay trị số:

Vàng ứng với  $z = 79$ ; động năng hạt ( $\alpha$ ) :  $D = 4 \text{Mev} = 4 \cdot 10^6 \text{ev}$ ; điện tích  $e = 4,8 \cdot 10^{-10} \text{CGSE}$  và

$$1v = \frac{10^{-2}}{3} \text{CGSE} \text{ nên thế.}$$



$$lev = 4,8 \cdot 10^{-10} \left( \frac{10^{-2}}{3} \right) = 1,60 \cdot 10^{-12} \text{ ec trong hệ CGS)}$$

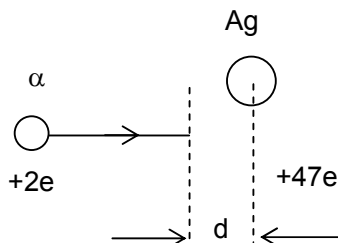
$$\text{Cotg } 30^\circ = 1,6643$$

$$\text{Kết quả : } b = 4,72 \cdot 10^{-1} \text{ cm}$$

**2. Tìm khoảng cách ngắn nhất mà một hạt ( có năng lượng 5Mev có thể tiến đến gần một hạt nhân bạc (z = 47)**

**Giải:**

Khoảng cách ngắn nhất mà ta phải xác định ở đây ứng với trường hợp va chạm trực diện giữa hạt ( và hạt nhân bạc (khoảng nhăm  $b = 0$ )



Hạt ( bay về phía hạt nhân bạc càng gần thì sẽ chịu lực đẩy tĩnh điện càng mạnh đến một khoảng nhất định nào đó khi cân bằng động năng tiến tới của hạt ( và năng lượng đẩy từ phía hạt nhân bạc thì hạt ( dừng lại:

$$E_{tiến} = E_{đẩy}$$

$$5\text{Mev} = K \frac{2e \cdot ze}{d} = K \frac{(2e)(47e)}{d}$$

$$\text{Suy ra } d = K \frac{94e^2}{5\text{Mev}} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 94 \cdot (1,6 \cdot 10^{-19})^2}{5 \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} = 2,70 \cdot 10^{-14} \text{ m}$$

**3. Khi tiến hành thí nghiệm tán xạ hạt ( lên hạt nhân đồng, Rodepho nhận thấy rằng, hạt ( với động năng 5Mev va chạm đàn hồi trực diện với hạt nhân đồng. Sau đó bị giật lùi ngược trở lại với động năng 3,9Mev. Hãy xác định tỷ lệ giữa khối lượng hạt nhân đồng và hạt (.**

**Giải**

Hạt ( chính là hạt nhân Heli mang điện tích dương, hạt nhân đồng cũng mang điện tích dương. Khi chúng va chạm đàn hồi trực diện sẽ bị đẩy lẫn nhau. Dựa vào hai định luật bảo toàn năng lượng và bảo toàn xung lượng (hay động năng) ta có:

$$\frac{mV_\alpha^2}{2} = \frac{mV_\alpha'^2}{2} + \frac{MV_{Cu}^2}{2} \quad (1)$$

$$m\vec{V}_\alpha = m\vec{V}_\alpha' + M\vec{V}_{Cu} \quad (2)$$

$$\text{Trị số : } mV (= (mV' + MV_{Cu} \quad (3)$$

m- khối lượng hạt (, M – khối lượng hạt nhân đồng.

V( và V'( là các vận tốc của hạt ( trước và sau va chạm.

VCu là vận tốc hạt nhân đồng sau khi va chạm (xem như ban đầu hạt nhân đồng ứng yên).

Giải hệ phương trình (1) và (3) suy ra:

$$\frac{m}{M} = \frac{V_\alpha - V_\alpha'}{V_\alpha + V_\alpha'} = \frac{1 - \frac{V_\alpha'}{V_\alpha}}{1 + \frac{V_\alpha'}{V_\alpha}} = \frac{1 - \sqrt{\frac{3,9}{5}}}{1 + \sqrt{\frac{3,9}{5}}}$$

Cần số G Suy ra G

Kết quả G

Kết quả này một cách gần đúng có thể xem như phù hợp với thực tế : Hạt nhân đồng (29Cu64) và hạt ( (2He4).

**4. Xác định tỷ số giữa các hằng số Ritbec đối với nguyên tử Hydro và Heli, cho biết khối lượng hạt nhân nguyên tử Hydro chính là proton bằng  $M=1,672.10^{-24}g$  và hạt nhân Heli  $M_{He}=6,644.10^{-24}g$ , trong khi đó khối lượng Electron chỉ bằng  $m= 9,10.10^{-28}g$  (nghĩa là nhỏ hơn khối lượng hạt nhân đến mười ngàn lần).**

### Giải

Do khối lượng Electron nhỏ hơn khối lượng hạt nhân nhiều lần nên trong lý thuyết N.Bohr đã xem như hạt như là đứng yên tuyệt đối. Do đó hằng số Ritbec bằng:  $R_{\infty}$ . Trong khi đó giá trị đo được bằng thực nghiệm  $R_H = 109677,6 \text{ cm}^{-1}$ , ở đây có sự chênh lệch là vì trong thực tế hạt nhân cũng chuyển động chứ không phải đứng yên tuyệt đối. Chính xác ra ta phải xem Electron và hạt nhân trong hệ liên kết cùng chuyển động quanh tâm quán tính. Do vậy trong hằng số Ritbec phải dùng đến khối lượng rút gọn của hệ gồm hai khối lượng của Electron và hạt nhân:

$$\mu = \frac{m.M}{m+M}$$

Thế vào công thức :

$$R = K^2 \cdot \frac{\mu e^4}{4\pi c \hbar^3} = K^2 \left( \frac{m.M}{m+M} \right) \cdot \frac{e^4}{4\pi c \hbar^3} = K^2 \frac{me^4}{4\pi c \hbar^3} \cdot \left( \frac{M}{m+M} \right)$$

Hay chuyển sang dạng:  $R_{\infty}$

So với khối lượng Electron thì có thể xem như khối lượng hạt nhân vô cùng lớn  $M \rightarrow \infty$  ( vì vậy hằng số Ritbec  $R_{\infty}$  là:

$$R_{\infty} = K^2 \frac{me^4}{4\pi c \hbar^3} \left( \frac{1}{1 + \frac{m}{M}} \right) = K^2 \frac{me^4}{4\pi c \hbar^3}$$

$$M \rightarrow \infty$$

Chính xác ra thì hằng số Ritbec đối với nguyên tử Hydro là:

$$R_{He} = R_{\infty} \cdot \left( \frac{1}{1 + \frac{m}{M_{He}}} \right)$$

Suy ra tỷ số :

$$\frac{R_H}{R_{He}} = \frac{(1 + \frac{m}{M_{He}})}{(1 + \frac{m}{M})} = 0.995 \text{ (xấp xæ 100\%)}$$

Nếu tính đến khối lượng rút gọn thì hằng số Ritbec theo lý thuyết N.Bohr và thực nghiệm hoàn toàn trùng hợp nhau và có thể xem hằng số Ritbec là không đổi cho mọi nguyên tử.

**5. Cho biết bước sóng ứng với vạch thứ nhất trong dãy Lyman là  $\lambda_1 = 1215 \text{ \AA}$  và bước sóng ứng với vạch ranh giới của dãy Banme ( $\lambda_{\infty} = 3650 \text{ \AA}$ ). Hãy tính năng lượng ion hóa của nguyên tử Hydro.**

### Giải

Năng lượng ion hóa nguyên tử Hydro được hiểu như là năng lượng cần thiết để đưa Electron trong nguyên tử từ trạng thái cơ bản ( $n=1$ ) ra xa vô cực ( $n(\infty)$ ) để biến nguyên tử thành ion dương.

Trị số năng lượng ấy bằng:

$$\Delta E = |E_{\infty} - E_1| = h\nu_{\infty} + h\nu_1 = h(\nu_{\infty} + \nu_1)$$

vạch thứ nhất trong dãy Lyman ứng với:

$$\frac{1}{\lambda_1} = R \left( \frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2} \right) \text{ vôùi taàn soá } v_1 = \frac{C}{\lambda_1} \quad (1)$$

Vạch giới hạn trong dãy Banme:

$$\frac{1}{\lambda_\infty} = R \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{\infty} \right) \text{ vôùi taàn soá } v_\infty = \frac{C}{\lambda_\infty} \quad (2)$$

Từ hai biểu thức (1) và (2) suy ra:

$$v_1 = \frac{3}{4} RC \text{ và } v_\infty = \frac{RC}{4}$$

Vậy :G

Thay trị số vào ta có:G

**\* Bài tập tự giải:**

- 2.1. Một hạt ( với động năng  $D = 0,27\text{Mev}$  tán xạ trên một lá vàng dưới góc  $60^\circ$ . Hãy tìm giá trị của khoảng nhằm b.**
- 2.2. Một proton với động năng  $D$  ứng với khoảng nhằm b bị tán xạ trong trường lực đẩy Culomb của một hạt nhân nguyên tử vàng đang đứng yên. Tìm xung lượng (động lượng) truyền cho hạt nhân này do sự tán xạ gây ra.**
- 2.3. Sau khi xuyên qua một lá vàng, một hạt ( với động năng  $D=4\text{Mev}$  bị tán xạ dưới góc bằng  $60^\circ$ . Hãy tính khoảng nhằm b.**
- 2.4. Tìm khoảng cách ngắn nhất mà một proton có thể đến gần hạt nhân chì trong va chạm trực diện giữa chúng nếu vận tốc ban đầu của proton bằng  $5.10^9\text{cm/s}$ .**
- 2.5. Tìm khoảng cách ngắn nhất mà một hạt ( với động năng  $E(=0,4\text{Mev}$  có thể đến gần**
  - 1) Một hạt nhân chì trong va chạm trực diện.
  - 2) Một hạt nhân Liti ban đầu đứng yên cũng trong va chạm trực diện.
- 2.6. Một chùm proton với vận tốc  $6.10^6\text{m/s}$  đập vuông góc lên một lá kim loại bạc có bề dày  $1\text{m}$ . Tìm xác suất tán xạ của proton trong khoảng góc từ  $89^\circ$  đến  $91^\circ$ .**
- 2.7. Rødepho làm thí nghiệm cho một chùm hạt ( với động năng  $D=6\text{Mev}$  và cường độ  $I=104\text{hạt/s}$  đập thẳng vào một lá vàng có bề dày  $d=0,5.10^{-4}\text{cm}$ . Hãy tính số hạt ( bị tán xạ trong khoảng góc từ  $59^\circ$  đến  $60^\circ$  ghi nhận được trong khoảng thời gian 5 phút. Cho biết khối lượng riêng của vàng ( $=19,4\text{g/cm}^3$ , nguyên tử vàng với nguyên tử số  $z=79$ , nguyên tử lượng bằng  $A=197$ ).**
- 2.8. Một chùm hạt ( với động năng  $D = 0,5\text{Mev}$  và cường độ  $I=5.10^5\text{hạt/s}$  đập vuông góc lên lá vàng. Tìm bề dày của lá vàng, nếu cách khu vực tán xạ một khoảng  $r = 15\text{cm}$  dưới góc tán xạ ( $=60^\circ$ , mật độ dòng hạt ( là  $J = 40\text{hạt/cm}^2\cdot\text{s}$**
- 2.9. Một chùm hạt ( với động năng  $D=0,5\text{Mev}$  đập vuông góc lên một lá vàng có bề dày khối lượng riêng ( ứng với mật độ hạt trên một đơn vị diện tích là ( $d = 1,5\text{mg/cm}^2$ . Cường độ chùm hạt là  $I=5.10^{15}$  hạt/s. Tìm số hạt ( bị tán xạ trên lá vàng trong khoảng thời gian  $t = 30\text{phút}$  trong khoảng góc:**
  - 1) góc tán xạ từ  $59^\circ$  đến  $61^\circ$ .
  - 2) góc tán xạ trên  $60^\circ$ .
- 2.10. Các hạt ( từ một lá kim loại mỏng có nguyên tử số  $z_1$  khối lượng riêng ( $A_1$  và nguyên tử lượng  $A_1$  dưới góc cố định ( nào đó. Sau đó thay bằng lá kim loại thứ hai (với  $z_2$ , ( $A_2$  và  $A_2$ ) có cùng diện tích và khối lượng. Tìm tỷ số của các hạt ( quan sát được dưới góc tán xạ ( đối với hai lá kim loại ấy.**
- 2.11. Theo điện động lực học cổ điển, một Electron, chuyển động với gia tốc  $a$  sẽ mất năng lượng do bức xạ sóng điện từ với tốc độ biến thiên năng lượng theo qui luật:**

$$\frac{dE}{dt} = -\frac{2e^2}{3C^3} a^2$$

trong đó  $e$  là diện tích Electron,  $c$  là vận tốc ánh sáng. Để đơn giản ta xem gia tốc của Electron luôn luôn trùng với gia tốc hướng tâm. Hãy tính thời gian để một Electron chuyển động theo quỹ đạo tròn trong nguyên tử Hydro với bán kính  $r = 0,5A_0$  sau đó sẽ rơi vào hạt nhân.

**2.12. Hiệu các số sóng của hai vạch đầu tiên trong dãy Banme của quang phổ nguyên tử Hydro là  $5,326.103\text{cm}^{-1}$ . Hãy tính trị số của hằng số Ritbéc.**

**2.13. Đối với nguyên tử Hydro và ion Heli ( $\text{He}^+$ ), hãy tính:**

- 1) Bán kính quỹ đạo N.Bohr thứ nhất và vận tốc của Electron trên quỹ đạo đó.
- 2) Động năng và năng lượng liên kết của Electron ở trạng thái cơ bản.
- 3) Thế ion hóa và bước sóng ứng với bước chuyển đầu tiên của Electron từ  $n = 2$  về  $n=1$ .

**2.14. Hãy tính:**

- 1) Bước sóng của vạch phổ đầu tiên của ion Heli  $\text{He}^+$  tương ứng với vạch thứ nhất trong dãy Banme của phổ nguyên tử Hydro.
- 2) Thế ion hóa của Heli, cho biết khối lượng hạt nhân Heli  $M_{\text{He}} = 6,64.10^{-24}\text{g}$ .

**2.15. Tính hiệu số bước sóng của các vạch H (là vạch đầu tiên của dãy Banme) đối với nguyên tử Hydro và Triti (một chất đồng vị của Hydro), biết rằng bước sóng của vạch H của Hydro bằng  $6563A_0$  và khối lượng hạt nhân Triti gấp 3 lần khối lượng hạt nhân Hydro.**

**2.16. Bằng thực nghiệm quan sát được các vạch thứ hai của dãy Banme đối với Hydro và Dơteri (một đồng vị của Hydro) có hiệu số bước sóng ( $\lambda = 1,32A_0$  ứng với bước sóng  $4861,3A_0$ ). Từ các số liệu trên hãy tính tỷ số khối lượng của nguyên tử Hydro và Dơteri.**

**2.17. Xác định lực hút giữa hạt nhân và Electron nằm ở quỹ đạo Bohr thứ nhất của nguyên tử Hydro. So sánh lực này với lực hấp dẫn giữa một Electron và một proton ở cùng khoảng cách.**

**2.18. Khi kích thích nguyên tử Hydro bằng các dùng Electron với động năng  $D=12,5\text{eV}$  bắn vào nguyên tử thì những vạch quang phổ nào có thể xuất hiện và chúng thuộc những dãy quang phổ nào?**

**2.19. Hãy xác định thế năng, động năng và cơ năng của Electron trên quỹ đạo Bohr thứ nhất.**

**2.20. Xác định bước sóng lớn nhất và bước sóng nhỏ nhất thuộc dãy Pasen trong quang phổ nguyên tử Hydro.**

**2.21. Electron trong nguyên tử Hydro chuyển từ mức năng lượng thứ ba về mức năng lượng thứ nhất. Tính năng lượng photon phát ra.**

**2.22. Xác định giá trị năng lượng lớn nhất và nhỏ nhất của các photon phát ra trong dãy quang phổ Lyman của nguyên tử Hydro.**

**2.23. Nguyên tử Hydro ở trạng thái cơ bản ( $n=1$ ) được kích thích bằng một ánh sáng đơn sắc có bước sóng ( xác định. Kết quả nguyên tử Hydro đó chỉ phát ra 6 vạch quang phổ. Những vạch quang phổ ấy thuộc các dãy nào?**

**2.24. Nguyên tử Hydro đang ở trạng thái kích thích ứng với mức năng lượng  $n = 10$ . Tính số vạch quang phổ nó có thể phát ra.**

**2.25. Photon với năng lượng  $16,5\text{eV}$  làm bật Electron ra khỏi nguyên tử Hydro ở trạng thái cơ bản. Tính vận tốc của Electron bật ra từ nguyên tử.**

**2.26. Nguyên tử Hydro ở trạng thái cơ bản ( $n=1$ ) hấp thụ photon ứng với bước sóng ( $\lambda = 1215A_0$ ). Tính bán kính quỹ đạo của Electron trong nguyên tử ở trạng thái kích thích.**

- 2.27. Đối với ion Heli  $\text{He}^+$ , Electron khi chuyển từ trạng thái này sang trạng thái khác kèm theo bức xạ có bước sóng gần bằng bước sóng của vạch đầu tiên trong dãy Banme. Chính xác thì bước sóng của hai vạch ấy chênh lệch nhau bao nhiêu?
- 2.28. Cho một photon với năng lượng 20eV đánh bật một Electron ra khỏi nguyên tử Hydro từ trạng thái cơ bản ( $n=1$ ). Sau khi bật ra khỏi nguyên tử thì vận tốc Electron bằng bao nhiêu?
- 2.29. Trong thí nghiệm kiểm chứng các định đề N.Bohr khi dùng Electron bắn vào nguyên tử Hydro để kích thích nó, người ta đo được các giá trị hiệu điện thế kích thích là 10,2V và 12,1V và có 3 vạch quang phổ:
- 1) Hãy tính bước sóng của các vạch quang phổ ấy.
  - 2) Xác định những vạch quang phổ ấy thuộc những dãy nào.
- 2.30. Hãy tính vận tốc của Electron trên quỹ đạo thứ hai của nguyên tử Hydro theo lý thuyết N.Bohr, cho biết Momen quỹ đạo của Electron trên quỹ đạo này  $L=I\hbar$  và bán kính quỹ đạo N.Bohr thứ nhất  $r_1=a_0=0,53A_0$ .
- 2.31. Hạt Medon (- mang điện tích (-e) liên kết với proton tạo thành một Mezo nguyên tử tương tự như Electron liên kết với proton tạo thành nguyên tử Hydro (cho biết khối lượng của hạt Medon bằng 207 lần khối lượng Electron). Hãy tính :
- 1) Bán kính của Mezo – nguyên tử.
  - 2) Mức năng lượng cơ bản ứng với quỹ đạo nhỏ nhất.
- 2.32. Ion Heli  $\text{He}^+$  đang ở trạng thái kích thích thứ n, nếu chuyển về trạng thái cơ bản ( $n=1$ ) ion này phát ra liên tiếp hai photon nối đuôi nhau với các bước sóng  $108,5 \cdot 10^{-9}\text{m}$  và  $30,4 \cdot 10^{-9}\text{m}$ .
- 2.33. Khi nguyên tử Hydro chuyển từ trạng thái kích thích về trạng thái cơ bản phát ra hai photon kế tiếp nhau với các bước sóng tương ứng bằng  $40510A_0$  và  $972,5A_0$ . Hãy xác định mức năng lượng kích thích ấy và giá trị năng lượng tương ứng của nó.
- 2.34. Hãy xác định tần số photon do ion tương tự Hydro phát ra khi nó chuyển về mức năng lượng thứ n nếu bán kính quỹ đạo của Electron trong trường hợp ấy thay đổi ( lần).
- 2.35. Hãy xác định mức năng lượng thứ n của nguyên tử Hydro khi đang ở trạng thái kích thích nếu biết rằng khi chuyển về trạng thái cơ bản ( $n=1$ ) nguyên tử phát ra:
- 1) Một photon ứng với bước sóng  $972,5A_0$ .
  - 2) Hai photon kế đuôi nhau với bước sóng  $6563A_0$  và  $1216A_0$ .
- 2.36. Hãy tính vận tốc của Electron bị đánh bật ra khỏi ion Heli  $\text{He}^+$  ban đầu ở trạng thái cơ bản bằng một photon có bước sóng tương ứng là  $180A_0$ .
- 2.37. Nếu sử dụng photon phát ra từ Heli  $\text{He}^+$  khi chuyển từ mức kích thích thứ nhất về mức cơ bản đủ để tác động vào nguyên tử Hydro để nó bị ion hóa. Tìm vận tốc của Electron bị bật ra khỏi nguyên tử Hydro.
- 2.38. Nguyên tử Hydro phải chuyển động với vận tốc cực tiểu bằng bao nhiêu để khi va chạm trực diện không đàn hồi vào nguyên tử Hydro khác đang ở trạng thái đứng yên làm cho nó phát ra photon ánh sáng. Giả sử trước khi va chạm cả hai nguyên tử đều ở trạng thái cơ bản.
- 2.39. Tính vận tốc giật lùi lại của nguyên tử Hydro khi nó chuyển từ trạng thái kích thích đầu tiên về trạng thái cơ bản. Giả sử ban đầu nguyên tử ở trạng thái đứng yên.
- 2.40. Người ta kích thích cho nguyên tử Hydro lên mức năng lượng thứ n. Hãy xác định:
- 1) Nếu  $n=5$  trở về mức cơ bản  $n=1$  thì sẽ xuất hiện bao nhiêu vạch và chúng thuộc những dãy nào.
  - 2) Nếu  $n=20$  thì nguyên tử phát ra bao nhiêu vạch.

# Chương III: NHỮNG CƠ SỞ CỦA THUYẾT LƯỢNG TỬ

Tóm tắt nội dung lý thuyết:

## 1. Giả thuyết Dơ Broi (De Broglie)

Hệ thức Dơ Broi về tần số và bước sóng của hạt vi mô:

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv} \quad \text{và} \quad \nu = \frac{E}{h}$$

với E là năng lượng; p là xung lượng;  $\lambda$  là bước sóng;  $\nu$  là tần số và m là khối lượng của hạt vi mô  $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{JS}$  là hằng số Planck.

## 2. Bước sóng của Electron chuyển động trong điện trường:

$$\lambda = \frac{12,25}{\sqrt{u}} \text{ \AA}$$

Hiệu điện thế u tính bằng vôn thì bước sóng tính bằng  $\text{\AA}$ .

## 3. Điều kiện Vunphơ-Brắc về nhiễu xạ sóng Dơ Broi của hạt vi mô trên mạng tinh thể:

$$2d \sin(\theta) = n\lambda \quad (\text{với } n = 1, 2, 3, 4, \dots)$$

Hiệu đường đi giữa hai tia kế tiếp nhau (hiệu quang trình) bằng  $(2d \sin(\theta))$  phải bằng một số nguyên lần bước sóng ( $n\lambda$ ) sẽ cho cực đại giao thoa nhiễu xạ. ( $\theta$  là góc trượt; d – là hằng số mạng tinh thể; n là bậc nhiễu xạ và  $\lambda$  là bước sóng tới.

## 4. Hệ thức bất định Hexenbéc (Heisenberg)

(Hệ thức bất định về tọa độ và xung lượng:  $\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \frac{h}{4\pi}$ )

(Hệ thức bất định về năng lượng và thời gian sống của hạt vi mô:  $\Delta E \cdot \Delta t \geq \frac{h}{4\pi}$ )

## 5. Hàm sóng phẳng đơn sắc của hạt vi mô

$$\Psi = \Psi_0 e^{-\frac{i}{\hbar}(Et - \vec{p}\vec{r})}$$

## 6. Mật độ xác suất tìm thấy hạt vi mô trong yếu tố thể tích dV:

$$dW = |\Psi|^2 \cdot dV = \Psi^* \Psi \cdot dV$$

## 7. Điều kiện chuẩn hóa: $\int |\Psi|^2 dV = 1$

## 8. Phương trình Srodinơ đối với trạng thái dừng của hạt vi mô

$$\Delta \Psi + \frac{2m}{\hbar^2} [E - u] \Psi = 0$$

## 9. Định luật Modơlay đối với phổ đặc trưng tia x được biểu diễn thông qua tần số:

$$\nu = RC(z - a)^2 \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right) \quad \text{với } m > n$$

Đối với vạch phổ K (thì  $a = 1$ ,  $n = 1$  và  $m = 2$ ):

$$\nu_K = \frac{3}{4} RC(z - 1)^2$$

\* Bài tập hướng dẫn:

### 1. Tìm bước sóng Dơ Broi của viên bi khối lượng 10g chuyển động với vận tốc 10m/s.

Giải:

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34}}{10^{-2} \cdot 10} = 6,626 \cdot 10^{-33} \text{ m}$$

### 2. Tìm bước sóng Dơ Broi của Nơtron nhiệt với năng lượng 0,05eV.

Giải:

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv} = \frac{h}{\sqrt{2mE}} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34}}{\sqrt{2 \cdot 9,11 \cdot 10^{-31} \cdot 0,051 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}} = 1,32 \cdot 10^{-10} \text{ m}$$

**3. Tính hiệu điện thế cần thiết để tăng tốc một Electron chuyển động trong điện trường để có bước sóng Dơ Broi bằng 1Ao.**

**Giải:**

Động năng Electron trong điện trường:  $\hat{G}$   
 Hoặc :  $\hat{G}$

$$\text{Suy ra: } u = \frac{h^2}{2me\lambda^2} = \frac{(6,626 \cdot 10^{-34})^2}{2 \cdot 9,11 \cdot 10^{-31} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} (1 \cdot 10^{-10})^2} = 150 \text{ V}$$

**4. Electron ban đầu có vận tốc bằng không được tăng tốc trong điện trường với hiệu điện thế u. Tìm giá trị bước sóng DơBroi trong hai trường hợp sau:**

- a)  $u = 51 \text{ V}$   
 b)  $u = 510 \text{ KV}$

**Giải:**

1)  $u = 51 \text{ V}$ : Động năng  $D = eu = 51 \text{ eV} = 0,51 \cdot 10^{-4} \text{ Mev}$   
 Năng lượng nghỉ của Electron  $E_0 = m_0 c^2 = 0,51 \text{ Mev}$   
 Vậy có thể thay thế:  $D = eu = 0,51 \cdot 10^{-4} \text{ Mev} = (m_0 c^2) \cdot 10^{-4}$   
 Bước sóng DơBroi của Electron :

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2m_0 eu}} = \frac{h}{\sqrt{2m_0 (m_0 c^2) \cdot 10^{-4}}} = \frac{h}{m_0 c} \cdot \frac{10^2}{\sqrt{2}}$$

Với hằng số  $\hat{G}$  là bước sóng Compton  
 Kết quả :  $\hat{G}$

2)  $u = 510 \text{ KV}$ :

Khi hiệu điện thế  $u = 510 \text{ KV}$  sẽ ứng với năng lượng;  $eu = 510 \text{ keV} = 0,51 \text{ Mev}$ .

Năng lượng này có giá trị bằng năng lượng nghỉ của Electron:  $E_0 = m_0 c^2 = 0,51 \text{ Mev}$ .

Với hạt chuyển động với vận tốc lớn có năng lượng xấp xỉ bằng hoặc lớn hơn năng lượng nghỉ của Electron phải dùng cơ học tương đối tính của Einstein, vì khối lượng thay đổi theo vận tốc:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{C^2}}}$$

Trong đó  $m_0$  là khối lượng nghỉ của hạt.

Dựa vào hệ thức liên hệ giữa khối lượng và năng lượng ta có động năng bằng :

$$D = mC^2 - m_0 C^2 = m_0 C^2 \left( \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{C^2}}} - 1 \right)$$

Mặt khác động năng của hạt:  $D = eu$

$$\text{Suy ra : } m_0 C^2 \left( \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{C^2}}} - 1 \right) = eu$$

Vận tốc :  $\hat{G}$

Động lượng  $P = mV = \hat{G}$

Bước sóng DơBroi:  $\hat{G}$

Mặt khác ta có:  $eu = 0,51 \text{ Mev} = m_0 c^2$  là năng lượng nghỉ Electron.

Kết quả:  $\hat{G}$

Hằng số :G là bước sóng Compton.

**5. Một chùm Neutron nhiệt năng lượng 0,05eV nhiễu xạ trên đơn tinh thể muối ăn (NaCl). Xác định góc trượt ( ứng với bậc nhiễu xạ thứ nhất (n=1) theo điều kiện Vunphơ-Brắc. Cho biết hằng số mạng tinh thể  $d = 2,81\text{Å}$ .**

**Giải :**

Điều kiện cho cực đại nhiễu xạ:  $2d\sin(\theta) = n\lambda$ , với  $n = 1$ , ta có:  $2d\sin(\theta) = \lambda$   
Bước sóng:  $\lambda = G$

$$\text{Suy ra: } \sin\theta = \frac{\lambda}{2d} = \frac{h}{2d\sqrt{2mE}}$$

Thay trị số vào :

$$\sin\theta = \frac{6,626 \cdot 10^{-34}}{2 \cdot 2,81 \cdot 10^{-10} \cdot \sqrt{2 \cdot 1,67 \cdot 10^{-27} \cdot 0,05 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}} = 0,235; \text{ Suy ra } \theta = 13^\circ 20'$$

**6. Động năng của Electron trong nguyên tử Hydro có giá trị bằng 10eV. Một cách gần đúng có thể dùng hệ thức bất định Hexenbéc để sơ bộ xác định kích thước nhỏ nhất của nguyên tử.**

**Giải:**

Theo hệ thức bất định Hexenbéc:  $\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \frac{h}{4\pi}$

Giả sử kích thước của nguyên tử bằng  $d$ , vậy vị trí tọa độ của Electron trong nguyên tử Hydro theo phương tọa độ  $x$  xác định trong khoảng:

$$0 \leq x \leq d$$

nghĩa là:  $\Delta x = d$

Từ hệ thức ta suy ra:  $\Delta p_x \geq \frac{h}{4\pi d}$

Vậy:  $\Delta p_x \geq \frac{h}{4\pi d}$

Hiển nhiên là độ bất định  $\Delta p_x$  không thể vượt quá giá trị của xung lượng  $P$ , tức là  $\Delta p_x \leq P$ . Mặt khác động năng và xung lượng có quan hệ:

$$P = \sqrt{2mD}$$

Vậy độ bất định về xung lượng  $\Delta p_x$

Ta chọn  $\Delta p_x$  bằng giá trị lớn nhất của nó thì giá trị của  $d$  sẽ nhỏ nhất và bằng:

$$d_{\min} = \frac{2h}{\sqrt{2mD}} = \frac{2 \cdot 6,626 \cdot 10^{-34}}{\sqrt{2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 10 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}}$$

Kết quả :  $d = 7,76 \cdot 10^{-19}\text{m}$ .

**7. Xác định giá trị Momen quỹ đạo L của Electron trong nguyên tử Hydro ở trạng thái kích thích, biết rằng năng lượng kích thích truyền cho nguyên tử từ trạng thái cơ bản là 12,09eV.**

**Giải:**

Giá trị Momen quỹ đạo được xác định:

$$|\vec{L}| = \sqrt{\ell(\ell+1)}\hbar \text{ với } \ell = 0, 1, 2, 3, \dots (n-1)$$

$\ell$  là số lượng tử mô men động lượng quỹ đạo.

$n$  – là lượng tử số chính.

Để tìm trị số của  $L$  ta phải xác định trị số của  $n$ .

Năng lượng của Electron ở trạng thái kích thích thứ  $n$  bằng:

$$E_n = -\frac{Rhc}{n^2} = -\frac{13,6}{n^2}(\text{eV})$$

Năng lượng Electron ở trạng thái cơ bản ( $n=1$ ) là:

$$E_1 = \frac{Rhc}{1^2} = -13,6(\text{eV})$$



Năng lượng kích thích là năng lượng cung cấp cho nguyên tử hấp thụ để chuyển từ trạng thái bình thường lên trạng thái kích thích thứ n tương ứng, do đó ta có:

$$\Delta E_{\text{cung}} = E_n - E_1 = -\frac{13,6}{n^2} + 13,6$$

Theo đầu bài cho: ( $E_{\text{cung}} = 12,09\text{eV}$ )  
 Vậy ta có:

$$12,09 = 13,6 - \frac{13,6}{n^2}$$

$$\frac{13,6}{n^2} = 13,6 - 12,09 = 1,51$$

Suy ra  $n = 3$

Lượng tử số  $\hat{G} = 0, 1, 2, 3 \dots (n-1)$ , vậy  $\hat{G} = 0, 1, 2$ .

Ta có 3 trị số ứng với  $n = 3$ :

( Với  $\hat{G} = 0 \hat{c}$

( Với  $\hat{G} = 1 \hat{c}$

( Với  $\hat{G} = 2 \hat{c}$

8. Nếu đặt nguyên tử vào từ trường ngoài thì vectơ Momen quỹ đạo  $\hat{G}$  sẽ hợp với phương ưu tiên của từ trường đặt dọc theo trục OZ một góc ( $\theta$ ). Hãy xác định trị số góc ( $\theta$ ) nhỏ nhất khi Electron trong nguyên tử ở trạng thái d.

**Giải:**

Trạng thái ứng với  $\hat{G} = 2$  gọi là trạng thái d. Trị số của Momen quỹ đạo bằng:  $\hat{c}$  với  $\hat{G} = 1, 2, 3 \dots (n-1)$

Giá trị hình chiếu lên phương trục OZ là:

$$L_z = m \hbar \text{ với } m = 0, (1, (2, (3 \dots \hat{c}$$

Trường hợp cụ thể  $\hat{G} = 2$  thì :  $L_z = m \hbar$  với  $m = 0, (1, (2$ , góc ( $\theta$ ) nhỏ nhất sẽ ứng với giá trị của  $m$  lớn nhất, tức là  $m = 2$ .

$$L_z = m \hbar = L \cos \theta$$

Kết quả :

$$\cos \theta = \frac{L_z}{L} = \frac{m \hbar}{\sqrt{\ell(\ell+1)} \hbar} = \frac{m}{\sqrt{\ell(\ell+1)}} = \frac{2}{\sqrt{6}} = 0,8164$$

Suy ra:  $\theta = 35^\circ 15'$

**9. Xác định các giá trị khả dĩ của Momen toàn phần J ứng với lượng tử số quỹ đạo  $\hat{G} = 1$  và  $\hat{G} = 2$  đối với nguyên tử Hydro. Khi tính đến spin của Electron.**

**Giải :**

Momen toàn phần của Electron trong nguyên tử :

$$\vec{J} = \vec{L} + \vec{S}$$

với trị số :

$$|\vec{J}| = \sqrt{j(j+1)} \hbar \text{ với } j = \ell \pm \frac{1}{2}$$

với  $\hat{G} = 1$  ta có 2 trị số:

$$j_1 = 1 - \frac{1}{2} = \frac{1}{2}$$

$$j_2 = 1 + \frac{1}{2} = \frac{3}{2}$$

ứng với 2 trị số Momen toàn phần:

$$|\vec{J}_1| = \sqrt{\frac{1}{2}(\frac{1}{2}+1)\hbar} = \frac{\sqrt{3}}{2}\hbar$$

$$|\vec{J}_2| = \sqrt{\frac{3}{2}(\frac{3}{2}+1)\hbar} = \frac{\sqrt{15}}{2}\hbar$$

Trị số của Momen động lượng riêng (spin)

$$|\vec{S}| = \sqrt{S(S+1)\hbar} \text{ với } S = \frac{1}{2}$$

$$= \sqrt{\frac{1}{2}(\frac{1}{2}+1)\hbar} = \frac{\sqrt{3}}{2}\hbar$$

Bội của mức năng lượng được xác định  $g = 2s+1=2$

Đối với  $\ell = 2$  ta có 2 trị số :

$$j_1 = \ell - \frac{1}{2} = 2 - \frac{1}{2} = \frac{3}{2}$$

$$j_2 = \ell + \frac{1}{2} = 2 + \frac{1}{2} = \frac{5}{2}$$

ứng với :

$$|\vec{J}_1| = \sqrt{\frac{3}{2}(\frac{3}{2}+1)\hbar} = \frac{\sqrt{15}}{2}\hbar$$

$$|\vec{J}_2| = \sqrt{\frac{5}{2}(\frac{5}{2}+1)\hbar} = \frac{\sqrt{35}}{2}\hbar$$

$$|\vec{L}| = \sqrt{2(2+1)\hbar} = \sqrt{6}\hbar$$

$$|\vec{S}| = \sqrt{\frac{1}{2}(\frac{1}{2}+1)\hbar} = \frac{\sqrt{3}}{2}\hbar$$

**10. Đối âm cực trong một ống Ronghen được phủ một lớp Môlipden (Mo) với  $z = 42$ . Hãy xác định bước sóng của vạch thứ K( của phổ đặc trưng tia X. Khi năng hiệu điện thế đặt vào ống Ronghen bằng 4KV thì vạch đó có xuất hiện không.**

**Giải:**

Theo định luật Môđơlây tần số bức xạ của phổ tia X được biểu diễn:

$$v = RC(z-a)^2 \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right) \text{ với } m > n$$

Khi  $n = 1$  và  $m = 2, 3, 4, 5...$

Sẽ cho các vạch phổ thuộc dãy K gồm K(, K(, K( ...

Ứng với  $n = 1$  và  $m = 2$  sẽ xuất hiện vạch K(. Đối với dãy K hệ số màn chắn  $a = 1$ . Từ đó vạch K( có tần số:

$$v = RC(Z-a)^2 \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right) = RC(Z-1)^2 \left( \frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2} \right)$$

$$= \frac{3}{4} RC(Z-1)^2$$

Đối với Molipden  $z = 42$  hằng số Ritbéc  $R = 1,097.107m^{-1}$ . Bước sóng phát ra từ Molipden bằng :

$$\lambda_{\alpha} = \frac{c}{v} = \frac{4}{3R(Z-1)^2} = \frac{4}{3.1,097.10^7(41)^2} = 0,72.10^{-10}m$$

Năng lượng ứng với tần số  $\tilde{\nu}$

$$E = hv = h \cdot \frac{c}{\lambda} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{0,72 \cdot 10^{-10}} = 2,75 \cdot 10^{-16} \text{ J}$$

Năng lượng đặt vào ống Ronghen 4KV tương ứng với 4Kev=4.103ev chuyển sang đơn vị Jun, ta có:

$$4\text{Kev} = 4 \cdot 10^3 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = 6,4 \cdot 10^{-16} \text{ J.}$$

Vậy khi đặt vào ống Ronghen 4KV sẽ làm xuất hiện bức xạ vạch phổ K(.

**\* Bài tập tự giải:**

- 3.1. Xác định bước sóng DeBroi của Electron và Proton chuyển động với vận tốc 106m/s.**
- 3.2. Tính bước sóng De Broi của Electron chuyển động với vận tốc 2.108m/s.**
- 3.3. Electron không vận tốc đầu được gia tốc qua một điện trường với hiệu điện thế u. Tính hiệu điện thế u, biết rằng sau khi tăng tốc Electron chuyển động có bước sóng De Broi bằng 1Ao.**
- 3.4. Xác định bước sóng De Broi của proton được tăng tốc (không vận tốc đầu) qua điện trường có hiệu điện thế bằng 1KV và 1MV.**
- 3.5. Nơtron với động năng 25ev bay đến va chạm vào Doteri (D là đồng vị của hạt nhân Hydro). Tính bước sóng De Broi của hai hạt trong hệ qui chiếu khối tâm của chúng.**
- 3.6. Chứng minh rằng Electron tự không bức xạ hoặc hấp thụ lượng tử ánh sáng, vì nếu điều này xảy ra thì hai định luật bảo toàn năng lượng và xung lượng sẽ không thỏa mãn.**
- 3.7. So sánh bước sóng DeBroi của Electron với proton và của Electron với hạt ( khi chúng chuyển động trong điện trường đều có hiệu điện thế là u.**
- 3.8. Chùm Electron chuyển động với vận tốc 6.106m/s đi vào một điện trường đều có cường độ điện trường E = 5v/cm. Hỏi Electron phải chuyển động một khoảng là d bằng bao nhiêu trong điện trường đó để có bước sóng bằng 1Ao.**
- 3.9. Thiết lập biểu thức của bước sóng DeBroi ( của một hạt vi mô tương đối tính chuyển động với động năng D. Với giá trị nào của D sự chênh lệch giữa bước sóng ( tương đối tính và bước sóng ( phi tương đối tính không quá một phần trăm (1%) đối với Electron và proton.**
- 3.10. Hỏi phải cần một hiệu điện thế tăng tốc bằng bao nhiêu đối với một proton để làm nó có thể đạt vận tốc tương ứng với bước sóng De Broi là 10-12cm. Cho biết ban đầu proton đứng yên.**
- 3.11. Dùng điều kiện Vunpho-Brác để tìm 3 giá trị đầu tiên của hiệu điện thế tăng tốc mà với những giá trị đó sẽ thu được cực đại nhiều xạ đối với chùm Electron đập vào bề mặt tinh thể dưới góc trượt ( = 30o. Người ta quan sát Electron phản xạ từ bề mặt tinh thể có góc phản xạ bằng góc tới. Cho biết hằng số mạng tinh thể d = 2,4Ao.**
- 3.12. Khi tăng năng lượng của Electron thêm 200ev thì bước sóng DeBroi của nó thay đổi hai lần. Hãy tính bước sóng lúc ban đầu.**
- 3.13. Proton với bước sóng ( = 0,017Ao tán xạ đàn hồi dưới góc 90o trên một hạt ban đầu đứng yên có khối lượng gấp 4 lần khối lượng của nó. Hãy tính bước sóng của proton bị tán xạ.**
- 3.14. Minh họa điều kiện lượng tử hóa về Momen động lượng quỹ đạo của lý thuyết N.Bohr theo bước sóng (, có nghĩa là chu vi các quỹ đạo dừng của Electron trong nguyên tử bằng một số nguyên lần của bước sóng. Hãy tính bước sóng DeBroi của Electron tại quỹ đạo thứ n.**
- 3.15. Electron với động năng ban đầu là 4,3ev được tăng tốc trong một điện trường đều có phương trùng với phương chuyển động ban đầu của Electron và cường độ điện**

trường  $E = 92\text{V/cm}$ . Electron phải chuyển động một quãng đường bằng bao nhiêu trong điện trường ấy để có bước sóng De Broie bằng  $2A_0$ .

- 3.16. Cho một chùm Electron có vận tốc  $V = 3,65.10^6\text{m/s}$  tới đập vào một khe hẹp có bề rộng  $b = 10^{-6}\text{m}$ , khi đó trên màn quan sát đặt song song với khe và cách khe một khoảng  $L=10\text{cm}$  người ta quan sát thấy các vân giao thoa nhiễu xạ. Tìm khoảng cách giữa hai cực đại nhiễu xạ bậc nhất.
- 3.17. Một chùm Electron được tăng tốc trong điện trường với hiệu điện thế  $u = 15\text{V}$  đi qua khe hẹp có bề rộng  $b=0,8.10^{-6}\text{m}$ . Hãy xác định chiều rộng của cực đại chính nhiễu xạ trên một màn quan sát đặt cách khe một khoảng  $L= 60\text{cm}$  và vuông góc với phương chuyển động của chùm Electron.
- 3.18. Một chùm Electron đập vuông góc vào một khe hẹp có bề rộng  $b = 2\text{m}$ , khi đó trên màn quan sát đặt cách khe một khoảng  $50\text{cm}$  người ta quan sát hình nhiễu xạ, trong đó cực đại nhiễu xạ trung tâm có bề rộng  $y = 8.10^{-15}\text{m}$ . Tìm vận tốc Electron.
- 3.19. Cho một chùm Neutron đập vào bề mặt giới hạn tự nhiên của đơn tinh thể Nhôm (Al) dưới góc trượt  $( = 5\text{o}$ . Hằng số mạng tinh thể nhôm  $d = 2A_0$ . Hãy tính năng lượng và vận tốc của Neutron ứng với cực đại nhiễu xạ bậc nhất quan sát được theo phương phản xạ.
- 3.20. Ngoài Electron người ta còn dùng các hạt khác để nghiên cứu cấu trúc mạng tinh thể. Hãy giải thích tại sao Neutron chậm (có năng lượng cỡ  $0,01\text{eV}$ ) tán xạ trên tinh thể có hiện tượng nhiễu xạ rõ nét, còn Neutron nhanh (có động năng cỡ  $100\text{eV}$  trở lên) thì hiện tượng nhiễu xạ không được rõ nét.
- 3.21. Vị trí trọng tâm của một quả cầu khối lượng  $1\text{mg}$  có thể xác định chính xác đến  $2\text{m}$ . Dựa vào hệ thức bất định Hexenbec để đánh giá về tính chất chuyển động của quả cầu.
- 3.22. Chuyển động của Electron trong đèn hình Tivi sẽ tuân theo qui luật vật lý cổ điển hay vật lý lượng tử. Cho biết hiệu điện thế tăng tốc chùm Electron bằng  $15\text{KV}$  và đường kính chùm tia vào khoảng  $10\text{-}3\text{cm}$ .
- 3.23. Động năng trung bình của Electron trong nguyên tử Hydro ở trạng thái cơ bản là  $13,6\text{ev}$ . Dùng hệ thức bất định Hexenbéc để đánh giá tính chất của Electron trong trường hợp này.
- 3.24. Tính độ bất định về tọa độ ( $x$  của Electron trong nguyên tử Hydro biết rằng vận tốc Electron bằng  $V = 1,5.10^6\text{m/s}$  và độ bất định về vận tốc bằng  $(v = 10\%$  của vận tốc  $V$ . So sánh kết quả tìm được với đường kính  $d$  của quỹ đạo N.Bohr thứ nhất và có thể áp dụng khái niệm quỹ đạo cho trường hợp kể trên không.
- 3.25. Giả sử có thể đo được xung lượng của một hạt chính xác đến phần nghìn. Xác định độ bất định cực tiểu về trị số của hạt:
  - 1) Nếu hạt có khối lượng  $5\text{mg}$  và vận tốc  $2\text{m/s}$ .
  - 2) Nếu hạt là Electron có vận tốc  $1,8.10^6\text{ m/s}$ .
- 3.26. Xác định độ bất định cực tiểu về năng lượng của một nguyên tử khi Electron ở trạng thái bất định đó chỉ trong vòng  $10\text{-}8\text{S}$ .
- 3.27. Độ rộng của một vạch quang phổ ứng với bước sóng  $4000A_0$  bằng  $10\text{-}4A_0$ . Tính thời gian trung bình để hệ nguyên tử tồn tại ở trạng thái năng lượng tương ứng.
- 3.28. Giả thiết động năng của một hạt vi mô đang chuyển động theo đường thẳng là  $\hat{G}$ . Chứng minh rằng  $(E.t ( h$ , trong đó  $(t = (x/v$ .
- 3.29. Vận dụng kết quả của cơ học lượng tử để tính các giá trị có thể có của Momen từ ứng mức  $n = 3$ .
- 3.30. Nguyên tử có thể có bao nhiêu giá trị lượng tử số  $j$  nếu nó ở trạng thái có lượng tử số  $s$  và  $\hat{G}$  bằng:
  - 1)  $S = \frac{1}{2}$  và  $\hat{G} = 1$

2)  $S = 5/2$  và  $G = 2$

- 3.31. Nguyên tử tồn tại ở trạng thái có độ bội  $g = 3$  và Momen toàn phần bằng  $G$ . Hỏi lượng tử số tương ứng  $G$  bằng bao nhiêu.**
- 3.32. Giá trị Momen toàn phần của Electron bằng bao nhiêu khi Momen quỹ đạo của nó ứng lượng tử số  $G = 3$ .**
- 3.33. Xác định độ thay đổi Momen quỹ đạo của Electron trong nguyên tử Hydro khi nó chuyển từ trạng thái kích thích về trạng thái cơ bản và phát ra bước sóng ( $\lambda = 972,5A_0$ ).**
- 3.34. Hãy viết ký hiệu các số hạng quang phổ của nguyên tử Hydro biết rằng Electron của nó ở trạng thái có lượng tử số chính  $n = 3$ .**
- 3.35. Có bao nhiêu hàm sóng tương ứng với trạng thái  $n = 3$  của nguyên tử Hydro. Hãy viết tất cả các ký hiệu của hàm sóng ( trong hai hệ lượng tử số ( $n, G, m, m_s$  và  $n, G, j, m_j$ )).**
- 3.36. Tìm độ biến thiên của bước sóng của vạch đỏ Cadimi ứng với bước sóng  $6438A_0$  do hiệu ứng Diman thường khi nguyên tử đặt trong từ trường với cảm ứng từ bằng  $0,009Tesla$ .**
- 3.37. Xác định độ lớn cần thiết của cảm ứng từ  $B$  để có thể quan sát được hiệu ứng Diman thường trong trường hợp phổ kế có thể tách được vạch phổ có bước sóng  $5000A_0$  khỏi các vạch lân cận với độ khác nhau về bước sóng  $0,5A_0$ .**
- 3.38. Trong hiệu ứng Diman thường thì số hạng ứng với lượng tử số  $G = 3$  sẽ tách thành bao nhiêu mức trong từ trường. Tính hiệu số năng lượng giữa hai mức kế cận nhau.**
- 3.39. Trong hiệu ứng Diman thường vạch phổ ứng với sự chuyển dời từ trạng thái có lượng tử số  $G = 3$  sang trạng thái có  $G=2$  sẽ tách làm mấy thành phần trong từ trường. Vẽ sơ đồ các vạch phổ theo giản đồ mức năng lượng.**
- 3.40. Vạch phổ Ca có bước sóng ( $\lambda = 4226A_0$  do hiệu ứng Diman bị tách thành 3 thành phần có tần số khác nhau là  $4,22.10^{10}S^{-1}$  trong từ trường có cảm ứng từ  $B = 3 Tesla$ . Hãy xác định điện tích riêng của Electron  $G$ .**
- 3.41. Một đèn hình Tivi hoạt động với điện áp tăng tốc  $20KV$ . Tìm năng lượng cực đại của photon tia X phát ra từ Tivi đó.**
- 3.42. Dùng định luật Modơlây để tính bước sóng vạch K( của nhôm ( $Z = 13$ ) và Coban ( $Z=27$ )).**
- 3.43. Tính bề dày của lớp vật chất mà tia X xuyên qua nó thì cường độ chùm tia X giảm đi 2 lần. Cho biết hệ số hấp thụ tuyến tính của chất đang xét là ( $\mu = 0,047cm^{-1}$ ).**
- 3.44. Trong phép đo các vạch K( đối với các nguyên tố khác nhau người ta thu được các kết quả sau:**  
 ( Sắt Fe ứng với  $1,94A_0$   
 ( Coban Co ứng với  $1,79A_0$   
 Từ các số liệu này hãy tìm lại nguyên tử số của mỗi nguyên tố.
- 3.45. Một vật hiệu ứng với Píc hấp thụ K (đỉnh nhọn trên phổ tia X gọi là píc) là  $0,15A_0$  được chiếu bằng tia X có bước sóng  $0,10A_0$ . Tính động năng cực đại của quang Electron phát ra từ vỏ lớp điện tử K.**
- 3.46. Khi các tia X có bước sóng  $0,50A_0$  đập lên một vật liệu cho trước, các quang Electron bật ra từ lớp vỏ nguyên tử K chuyển động theo một vòng tròn bán kính  $23m.m$  trong một từ trường có cảm ứng từ  $B = 0,02Tesla$ . Tìm năng lượng liên kết của Electron ở lớp vỏ K trong nguyên tử.**

# Chương IV: CẤU TRÚC NGUYÊN TỬ THEO CƠ HỌC LƯỢNG TỬ

## \* Tóm tắt lý thuyết

### I. NGUYÊN TỬ HYDRO (VÀ CÁC ION TƯƠNG TỰ)

a) Phương trình Srodinger đối với electron trong nguyên tử Hydro (và các ion tương tự) trong hệ tọa độ cầu :

$$\frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} (r^2 \frac{\partial \psi}{\partial r}) + \frac{1}{r^2 \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} (\sin \theta \frac{\partial \psi}{\partial \theta}) + \frac{1}{r^2 \sin^2 \theta} \frac{\partial^2 \psi}{\partial \varphi^2} + \frac{2m}{\hbar^2} (E + \frac{Ze}{r}) \psi = 0$$

b) Nghiệm của phương trình Srodinger : Hàm sóng.

$$\psi_{n,\ell,m}(r, \theta, \varphi) = R_{n\ell}(r) Y_{\ell m}(\theta, \varphi)$$

Với n : số lượng tử chính

$$n = 1, 2, 3 \dots \infty$$

ℓ : số lượng tử quỹ đạo

$$\ell = 0, 1, 2 \dots n-1$$

m : số lượng tử từ

$$m = 0, \ell-1, \ell-2 \dots \ell$$

Dạng cụ thể của vài hàm sóng :

$$R_{1,0} = 2 \left( \frac{Z}{a_0} \right)^{3/2} e^{-\frac{Zr}{a_0}}$$

$$R_{2,0} = \frac{1}{\sqrt{8}} \left( \frac{Z}{a_0} \right)^{3/2} \left( 2 - \frac{Zr}{a_0} \right) e^{-\frac{Zr}{2a_0}}$$

$$R_{2,1} = \frac{1}{\sqrt{24}} \left( \frac{Z}{a_0} \right)^{3/2} \left( \frac{r}{a_0} \right) e^{-\frac{r}{2a_0}}$$

Với  $a_0$  – Bán kính quỹ đạo Bohr thứ nhất của H ;  $a_0 = 0,53 A_0$

$$Y_{0,0} = \frac{1}{\sqrt{4\pi}}$$

$$Y_{1,1} = \sqrt{\frac{3}{8\pi}} \sin \theta e^{i\varphi}$$

$$Y_{1,0} = \sqrt{\frac{3}{8\pi}} \cos \theta$$

$$Y_{1,-1} = \sqrt{\frac{3}{8\pi}} \sin \theta \sin^{-i\varphi}$$

c) Xác suất tìm thấy electron theo bán kính :

$$dW_r = R_{n\ell}^2(r) \cdot r^2 \cdot dr$$

- Xác suất tìm thấy e theo các góc ℓ, ( :

$$dW_{\theta,\varphi} = |Y_{\ell,m}(\theta, \varphi)|^2 \sin \theta \cdot d\theta \cdot d\varphi$$

d) Năng lượng của các trạng thái dừng :

$$E_n = - Rhc \cdot \frac{Z^2}{n^2}$$

e) Mức suy biến :

$$g = 2n^2$$

\* Chú ý : Hệ đơn vị đang dùng là hệ CGS.

### II- CẤU TRÚC CỦA NGUYÊN TỬ PHỨC TẠP.

a) Nguyên lý Pauli và hệ quả :

\* Số □ trên cùng một lớp : là  $2n^2$

|         |   |   |    |    |    |    |    |
|---------|---|---|----|----|----|----|----|
| n       | 1 | 2 | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  |
| Tên lớp | K | L | M  | N  | O  | P  | Q  |
| Số e-   | 2 | 8 | 18 | 32 | 50 | 72 | 98 |

\* Số e trên cùng một phân lớp là  $2(l+1)$

|              |   |   |    |    |    |    |
|--------------|---|---|----|----|----|----|
| $l$          | 0 | 1 | 2  | 3  | 4  | 5  |
| Tên phân lớp | s | p | d  | f  | g  | h  |
| Số e-        | 2 | 6 | 10 | 14 | 18 | 22 |

**b) Nguyên lý năng lượng tối thiểu :**

( Qui tắc xác định mức năng lượng cao thấp :

$$E_{n_2 l_2} < E_{n_1 l_1} \text{ nếu } n_2 + l_2 < n_1 + l_1$$

Dù  $n_2 > n_1$

( Sự sắp xếp trạng thái theo thứ tự năng lượng tăng dần :

1s, 2s, 2p, 3s, 3p, 4s, 3d, 4p, 5s, 4d, 5p, 6s, 4f, 5d, 6p, 7s, 6d, 5f, 7p... v.v...

( Sơ đồ cấu hình của nguyên tử : Phản ánh cách sắp xếp e- trong nguyên tử theo các lớp và phân lớp.

**\* Bài tập hướng dẫn :**

**1. Khảo sát sự phân bố xác suất tìm thấy e- theo bán kính r trong nguyên tử H ở trạng thái cơ bản :**

**Giải :**

Ở trạng thái cơ bản ( $n = 1, l = 0$ ) hàm sóng theo r có dạng :

$$R_{n,l}(r) = R_{1,0}(r) = 2 \left( \frac{1}{a_0} \right)^{\frac{3}{2}} e^{-\frac{r}{a_0}}$$

Vậy xác suất tìm thấy e- theo bán kính là :

$$dW_r = R^2 \cdot r^2 \cdot dr = 4 \cdot \left( \frac{1}{a_0} \right)^3 \cdot e^{-\frac{2r}{a_0}} \cdot r^2 \cdot dr$$

Hàm mật độ xác suất :

$$\rho = \frac{dW}{dr} = 4 \left( \frac{1}{a_0} \right)^3 \cdot e^{-\frac{2r}{a_0}} \cdot r^2$$

Tìm cực trị của hàm :

$$\begin{aligned} \frac{d\rho}{dr} &= 4 \left( \frac{1}{a_0} \right)^3 \left[ \left( -\frac{2}{a_0} \right) \cdot e^{-\frac{2r}{a_0}} \cdot r^2 + 2r e^{-\frac{2r}{a_0}} \right] \\ &= 4 \left( \frac{1}{a_0} \right)^3 \cdot e^{-\frac{2r}{a_0}} \cdot 2r \left[ 1 - \frac{r}{a_0} \right] = 0 \end{aligned}$$

Suy ra :

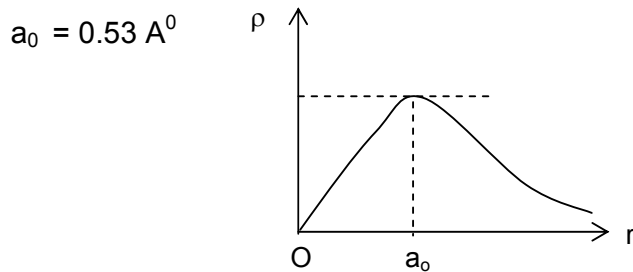
(Ồ ( Cực đại

$$\left. \begin{array}{l} \bullet e^{-\frac{2r}{a_0}} = 0 \Rightarrow r = \infty \\ \bullet r = 0 \end{array} \right\} \text{ -- C\o{ic}}$$

Vậy khả năng tìm thấy e- trong nguyên tử Hydrô ở trạng thái cơ bản nhiều nhất là ở vùng bán kính quỹ đạo Bohr thứ nhất, ít nhất (hay không có) là tại tâm nguyên tử (tức hạt nhân) và tại vô cực (tức ở xa hạt nhân nguyên tử).

Đối với nguyên tử theo cơ học lượng tử do tuân theo hệ thức bất định, e- không thể coi là chuyển động trên quỹ đạo như trong cơ học cổ điển.

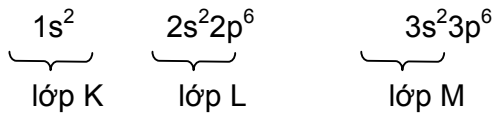
\* Đồ thị mô tả xác suất tìm thấy e- trong nguyên tử H có dạng :



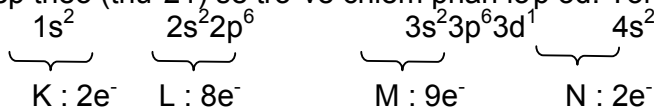
## 2. Viết sơ đồ cấu hình của nguyên tử Scandi (Sc), biết số thứ tự của nó trong bảng tuần hoàn là : $Z = 21$ .

**Giải :**

Theo nguyên lý Pauli ta có thể viết.



Đến đây theo nguyên lý Pauli lớp M có thể chứa 18e-, nhưng phân lớp 3p chỉ chứa được 6e- vậy phân lớp 3p không thể chứa thêm e-. Đáng lẽ phải chuyển sang phân lớp 3d tức vẫn thuộc lớp 3. Nhưng theo nguyên lý năng lượng tối thiểu thì mức 4s có năng lượng nhỏ hơn mức 3d. Vậy nên e- tiếp theo (tức e- thứ 19), sẽ làm đầy mức 4s, mở đầu cho lớp 4. Phân lớp này chứa được 2 e- cho nên e- tiếp theo (tức e- thứ 20) sẽ làm đầy phân lớp này. Tiếp theo, e- thứ 21 đáng lẽ phải làm đầy tiếp lớp 4p. Nhưng vì lớp 4p có năng lượng nhỏ hơn 3d. Vậy nên e- tiếp theo (thứ 21) sẽ trở về chiếm phân lớp 3d. Tóm lại, sơ đồ cấu hình của Sc có dạng :



Tổng cộng: 21e-

## 3. Nguyên tử Hydro ở trạng thái 1s. Tính xác suất tìm thấy e- trong một hình cầu bán kính $r = 0,1 a_0$ ( $a_0$ là bán kính quỹ đạo Bohr thứ nhất).

**Giải :**

Ở trạng thái 1s ( $n = 1, l = 0, m = 0$ ) hàm sóng của e- có dạng:

$$\begin{aligned} \Psi_{1,0,0}(r, \theta, \varphi) &= R_{1,0}(r) \cdot Y_{0,0}(\theta, \varphi) \\ &= 2 \left( \frac{1}{\sqrt{a_0^3}} \right) \cdot e^{-\frac{r}{a_0}} \cdot \frac{1}{\sqrt{4\pi}} \\ &= \frac{1}{\sqrt{\pi a_0^3}} \cdot e^{-\frac{r}{a_0}} \end{aligned}$$



Hàm sóng ở đây chỉ phụ thuộc r (đối xứng cầu). Xác suất tìm thấy e- trong một lớp cầu mỏng nằm giữa 2 bán kính (r; r + dr) có thể tích dV = 4πr<sup>2</sup>dr, sẽ là :

$$dW = |\psi_{1,0,0}|^2 d.V = \left( \frac{1}{\sqrt{\pi a_0^3}} e^{-\frac{r}{a_0}} \right)^2 \cdot 4\pi r^2 dr =$$

$$= \frac{1}{\pi a_0^3} \cdot e^{-\frac{2r}{a_0}} \cdot 4\pi r^2 dr = \frac{4}{a_0^3} \cdot e^{-\frac{2r}{a_0}} r^2 dr$$

Xác suất tìm e- trong quả cầu bán kính r = 0,1 ao được tính bởi tích phân :

$$W = \int_0^{0,1a_0} dW = \int_0^{0,1a_0} \frac{4}{a_0^3} e^{-\frac{2r}{a_0}} r^2 dr$$

$$= \frac{4}{a_0^3} \int_0^{0,1a_0} r^2 \cdot e^{-\frac{2r}{a_0}} dr$$

Ta có tích phân mẫu :

$$\int x^2 \cdot e^{ax} dx = -\frac{1}{a^3} (a^2 x^2 + 2ax + 2) e^{-ax}$$

Vậy nên ở đây để áp dụng tích phân mẫu ta đặt a = 2/a<sub>0</sub> có kết quả :

$$W = -\frac{4}{a_0^3} \cdot \frac{a_0^3}{8} \left( \frac{4}{a_0^2} r^2 + \frac{4}{a_0} r + 2 \right) e^{-\frac{2r}{a_0}} \Big|_0^{0,1a_0}$$

$$= -\left( \frac{2}{a_0^2} r^2 + \frac{2}{a_0} r + 1 \right) e^{-\frac{2r}{a_0}} \Big|_0^{0,1a_0}$$

$$= -(0,02 + 0,2 + 1) \cdot e^{-0,2} + 1$$

$$= 0,0011 = 1,1 \cdot 10^{-3}$$

## Bài tập tự giải :

**4.1. Tìm hàm mật độ xác suất tìm thấy e- theo bán kính ở trạng thái n = 2, Ĝ = 0, m = 0 cho nguyên tử Hydro.**

**4.2. Nguyên tử Hydro ở trạng thái 1s.**

- Tính xác suất w1 tìm thấy e- trong hình cầu (0 ; a<sub>0</sub>) với a<sub>0</sub> là bán kính quỹ đạo Bohr thứ nhất.
- Tính xác suất w2 tìm thấy e- ngoài hình cầu đó.
- Tìm tỷ số Ĝ

**4.3. Hàm sóng mô tả e- ở trạng thái 2s là Ĝ**

Với Ĝ. Xác định những điểm cực trị của mật độ xác suất. Vẽ đồ thị của Ĝ.

**4.4. Viết phương trình Srodinơ với nguyên tử Heli.**

**4.5. Viết phương trình Srodinơ với phân tử oxy.**

**4.6. Trong nguyên tử các lớp K, L, M đều đầy.**

Xác định :

- Tổng số e- trong nguyên tử.
- Số electron s, số electron p và electron d.
- Số electron p có m = 0.

**4.7. Viết sơ đồ cấu hình đối với các nguyên tử sau ở trạng thái cơ bản :**

- Bo
- Cacbon
- Natri

- 4.8. Viết các số lượng tử đối với tất cả các trạng thái của nguyên tử Hydro có  $n = 4$  và  $l = 3$ .
- 4.9. Nguyên tử Hydro có bao nhiêu trạng thái với  $n = 5$ .
- 4.10. Có bao nhiêu hàm sóng 4 (bậc suy biến) ứng với trạng thái năng lượng  $n = 3$  của nguyên tử Hydro? Hãy viết tất cả các ký hiệu hàm sóng tìm được trong 2 hệ số lượng tử từ đó suy ra mức suy biến là như nhau.
- 4.11. Viết sơ đồ cấu hình của nguyên tố Argon (Ar,  $Z = 18$ ) và Krypton (Kr,  $Z = 36$ ), từ cấu hình đó hãy nhận xét các nguyên tố này được xếp vào họ nguyên tố gì trong bảng tuần hoàn Mendeleev.
- 4.12. 21 electron của nguyên tố Scandi (Sc) được sắp xếp theo các lớp và phân lớp như thế nào ?
- 4.13. Sơ đồ cấu hình của nguyên tố Xeji (Cs) được ký hiệu như sau :  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^{10} 5s^2 5p^6 6s^1$ . Hãy xác định số lớp, phân lớp số e- trong từng lớp phân lớp và cho biết số thứ tự của nguyên tố này trong bảng tuần hoàn Mendeleev.
- 4.14. Lớp ứng  $n = 3$  chứa đầy electron, trong đó có bao nhiêu electron :  
 a) cùng có  $sz = l$                       b) cùng có  $m = 1$   
 c) cùng có  $m = -2$                       d) cùng có  $sz = l$  và  $m = 0$   
 e) cùng có  $sz = l$  và  $l = 2$
- 4.15. Tìm số e- cực đại có thể có trên một lớp vỏ con f (phân lớp) và cho các giá trị tương ứng của  $m$  và  $sz$ .
- 4.16. Thiết lập cấu hình của năm khí trơ đầu tiên trong bảng tuần hoàn.
- 4.17. So với các khí trơ, số e- trong các kim loại kiềm nhiều hơn một. Viết sơ đồ cấu hình của bốn kim loại kiềm đầu tiên.
- 4.18. Các Halogen có số electron ít hơn một so với các khí trơ. Tìm sơ đồ cấu hình của ba Halogen đầu tiên.
- 4.19. Sau khi vỏ con (phân lớp) 4s được xếp đầy các e- bắt đầu xếp vào vỏ con 3d. Mười nguyên tố tương ứng tạo thành các nguyên tố chuyển tiếp. Tìm sơ đồ cấu hình đối với 3 nguyên tố đầu của nhóm nguyên tố chuyển tiếp đó (21Sc, 22Ti, 23V).
- 4.20. Xác định khí trơ nếu phân lớp 6p bị lấp đầy :
- 4.21. Tìm sơ đồ cấu hình của kim loại kiềm hình thành trên cơ sở cấu hình của Xe (Xenon).
- 4.22. Tìm sơ đồ cấu hình của một Halogen với 1 electron ít hơn so với Xe.
- 4.23. Các kim loại kiềm thổ có số e- nhiều hơn 2 so với các khí trơ tương ứng. Tìm cấu hình của 4 kim loại kiềm thổ đầu tiên.
- 4.24. Tìm nguyên tố có cấu hình  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6 4s^2$ .

# PHẦN II: VẬT LÝ HẠT NHÂN

## Chương I : HẠT NHÂN NGUYÊN TỬ VÀ ĐẶC TÍNH CỦA NÓ

\* Tóm tắt lý thuyết :

### I. CẤU TRÚC HẠT NHÂN :

Hạt nhân được cấu tạo từ proton và nơtron, gọi chung là nuclon.

Tổng số nuclon bằng số khối A  
số proton bằng số thứ tự Z  
số nơtron bằng A - Z

**Ký hiệu hạt nhân :**

$${}_Z X^A \text{ hay } {}_Z^A X$$

**Đồng vị :** Là những hạt nhân có số proton (Z) như nhau nhưng số nơtron khác nhau, vậy nên một nguyên tố hóa học có thể có những đồng vị khác nhau, ứng với những khối lượng khác nhau.

**Kích thước hạt nhân :**

$$R = R_0 A^{\frac{1}{3}}$$

Ro: Hằng số phụ thuộc phương pháp đo Ro ( (1,2 (1,4)10-13cm

### II. NĂNG LƯỢNG LIÊN KẾT HẠT NHÂN :

**Độ hụt khối :**

$$\Delta m = \{ [Zm_p + (A - Z)m_n] - m_{hn} \} \quad (1)$$

với mp : Khối lượng hạt proton  
mn : Khối lượng hạt nơtron  
mp : Khối lượng hạt nhân

Có thể tính độ hụt khối theo công thức khác :

$$\Delta m = \{ [Zm_H + (A - Z)m_n] - m_{nt} \}$$

Với mH : Khối lượng nguyên tử Hydro

mn : Khối lượng hạt nơtron

mnt : Khối lượng của nguyên tử ứng với hạt nhân đang xét.

\* **Chú ý :** Đơn vị khối lượng trong vật lý hạt nhân có thể là gam (Hệ CGS); đơn vị khối lượng nguyên tử (đvklnt) hay còn viết tắt là U, hoặc Mev (xem phụ lục).

( **Năng lượng liên kết :**

Năng lượng liên kết trái dấu với công dùng để tách hạt nhân thành những nuclon riêng rẽ :

$$(E = - c^2 \cdot \Delta m$$

- Nếu khối lượng tính ra đvklnt, năng lượng tính ra Mev ta có công thức :

$$\Delta E = - 931, 48 \Delta m$$

- Nếu khối lượng tính ra đvklnt, năng lượng tính ra jun ta có công thức :

$$\Delta E = - 1,5 \cdot 10^{-10} \Delta m$$

( **Năng lượng liên kết riêng :**

$$\epsilon = \frac{\Delta E}{A}$$

- Sự bền vững của hạt nhân : Thường nếu / ? / càng lớn thì hạt nhân được coi là càng bền vững. Tuy nhiên theo mẫu vỏ thì hạt nhân bền vững khi số nuclon ứng với các số là : 2, 8, 20, 50, 82, 126.

( **Năng lượng liên kết ứng với từng phần cấu tạo nên hạt nhân :**

- Nếu hạt nhân X được coi là cấu tạo từ những thành phần a, b... thì độ hụt khối theo các thành phần đó là :

$$\Delta m' = m_a + m_b \dots - m_x$$

Năng lượng liên kết ứng với các thành phần đó là :

$$\Delta E' = c^2 \cdot \Delta m'$$

Nếu ( $E' > 0$ ): Hạt X không có khả năng phân chia thành các thành phần a, b...

Nếu ( $E' < 0$ ): Hạt X có khả năng phân chia thành các thành phần a, b...

### III- CÁC MẪU HẠT NHÂN.

- **Mẫu giọt** : Công thức weizacker tính năng lượng liên kết của hạt nhân :

$$E = - (v A + (m A^{2/3} + (c Z^2 A^{-1/3} + (đx (A - 2Z)^2 A^{-1} - (A, Z)$$

- **Mẫu vỏ** : Các số lạ (magic) : 2, 8, 20, 50, 82, 126

#### \* Bài tập hướng dẫn:

1. Xác định năng lượng liên kết của hạt đơton ( ${}^1_0\text{D}^2$ ) và hạt ( ${}^4_2\text{He}$ ). So sánh năng lượng liên kết riêng của chúng :

**Giải :**

- Đối với  ${}^1_0\text{D}^2$

$$\begin{aligned} \Delta E &= 931,4 (m_H + m_n - m_D) \\ &= 931,4 (1,007825 + 1,008665 - 2,01410) \\ &= 931,4 \cdot 0,00239 = - 2,226 \text{ Mev.} \end{aligned}$$

- Đối với  ${}^4_2\text{He}$

$$\begin{aligned} \Delta E &= 931,4 (2m_H + 2m_n - m_{\text{He}}) \\ &= 931,4 (2 \cdot 1,007825 + 2 \cdot 1,008665 - 4,0026) \\ &= 931,4 \cdot 0,03038 = - 28,295 \text{ Mev.} \end{aligned}$$

Để đánh giá tính chất bền vững của một hạt nhân, người ta dùng khái niệm năng lượng liên kết riêng là năng lượng liên kết tính đối với 1 nuclon. Như vậy, năng lượng liên kết riêng của hạt đơton bằng :

$$\epsilon_D = \frac{\Delta E}{A} = - \frac{2,226}{2} = -1,11 \text{ MeV/n}$$

Với hạt ( ${}^4_2\text{He}$ )

Vì ( $\epsilon_D > \epsilon_{\text{He}}$ ) nên có thể kết luận hạt ( ${}^4_2\text{He}$ ) bền vững hơn hạt đơton.

Theo quan niệm lượng tử thì hạt ( ${}^4_2\text{He}$ ) là hạt nhân He, có số proton = 2 và số neutron = 2 là các số lạ (magic number) nên nó rất bền.

2. Tìm năng lượng liên kết của neutron trong hạt nhân  ${}^{17}_8\text{O}$ .

**Giải :**

Năng lượng liên kết của 1 nuclon nói chung trong hạt nhân có giá trị bằng năng lượng cần tốn để tách nuclon đó khỏi hạt nhân mà không truyền thêm cho nó động năng. Trong trường hợp đầu bài, khi tách neutron khỏi hạt  ${}^{17}_8\text{O}$  thì còn lại đồng vị  ${}^{16}_8\text{O}$ . Sự thay đổi khối lượng sau khi tách neutron khỏi hạt nhân sẽ là:

$$\Delta m = (M_{O^{16}} + m_n) - M_{O^{17}}$$

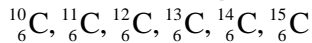
Do đó năng lượng liên kết của neutron trong hạt nhân  ${}^{17}_8\text{O}$  là:

$$\begin{aligned} \Delta E &= 931,4 \Delta m \\ &= 931,4 (15,99491 + 1,008665 - 16,99913) \\ &= 4,14 \text{ Mev.} \end{aligned}$$

Vì ( $E > 0$ ) nên có thể kết luận  ${}^{17}_8\text{O}$  không có khả năng phân chia làm phóng xạ ra neutron, hay gây ra phóng xạ (-

**\* Bài tập tự giải :**

**1.1. a) Có bao nhiêu proton và neutron trong các hạt nhân của sáu đồng vị của cacbon :**



b) Xác định bán kính của hạt nhân, biết rằng  $R_0 = 1,4 \cdot 10^{-15} \text{m}$ .

**1.2. Bán kính của hạt nhân Urani  ${}^{92}\text{U}238$  lớn hơn bán kính của proton bao nhiêu lần?**

**1.3. Hạt nhân H có số khối  $A = 1$ , số thứ tự  $Z = 1$  vậy số proton, neutron trong hạt nhân đó là bao nhiêu ?**

**1.4. Tính kích thước của hạt nhân :**

- Hydro  ${}^1_1\text{H}$

- Nhôm  ${}^{27}_{13}\text{Al}$

Biết  $R_0 = 1,4 \cdot 10^{-15} \text{m}$

**1.5. Xác định các số điện tích số nuclon và kí hiệu hóa học của các hạt nhân nguyên tử  ${}^2\text{He}3$ ,  ${}^4\text{Be}7$ ,  ${}^{80}_{15}\text{O}$ , nếu thay proton bằng neutron và neutron bằng proton.**

**1.6. Tính năng lượng liên kết và năng lượng liên kết riêng của:  ${}^6\text{C}12$ ,  ${}^{80}_{16}\text{O}$ ,  ${}^3\text{Li}7$ .**

**1.7. Tính năng lượng liên kết riêng của  ${}^6\text{C}12$  và  ${}^3\text{Li}7$ . So sánh độ bền vững của hai hạt nhân này.**

**1.8. Tìm năng lượng liên kết riêng của các hạt nhân  ${}^{13}\text{Al}27$  và  ${}^{79}\text{Au}197$  (cho biết  $m$  của Au :  $196,966 \text{ đvK}$ ).**

**1.9. Tìm năng lượng liên kết của hạt nhân  ${}^{10}\text{N}20$  ( $m = 19,9924 \text{ đvK}$ ).**

**1.10. Năng lượng liên kết của hạt nhân  ${}^{35}\text{Cl}$  là  $-298 \text{ MeV}$ . Hãy tìm khối lượng của nó theo đvK.**

**1.11. Chứng tỏ rằng một độ hụt khối bằng  $1 \text{ đvK}$  thì ứng với năng lượng  $931 \text{ MeV}$ , từ đó suy ra công thức ( $E = \Delta m \cdot c^2$ ).**

**1.12. Khí clo là hỗn hợp của 2 đồng vị bền là  ${}^{35}\text{Cl}$  với khối lượng nguyên tử  $34,969$  hàm lượng  $75,4\%$  và  ${}^{37}\text{Cl}$  với khối lượng nguyên tử  $36,966$  hàm lượng  $24,6\%$ . Tính khối lượng nguyên tử của nguyên tố hóa học Clo.**

**1.13. Nguyên tố hóa học Bo là hỗn hợp của hai đồng vị có khối lượng nguyên tử tương ứng là  $10,013$  và  $11,009$ . Mỗi đồng vị đó có hàm lượng bao nhiêu trong Bo tự nhiên? Biết khối lượng nguyên tử của Bo là  $10,811$ .**

**1.14. Tính năng lượng liên kết của các hạt nhân  ${}^5\text{B}11$  và  ${}^1\text{T}3$ .**

**1.15. Tính năng lượng liên kết của các hạt nhân  ${}^{92}\text{U}235$  và  ${}^{92}\text{U}238$ . Hạt nhân nào bền hơn?**

**1.16. Tính năng lượng liên kết ứng với một nuclon trong các hạt nhân Beri  ${}^4\text{Be}9$ , đồng  ${}^{29}\text{Cu}64$ , bạc  ${}^{108}_{47}\text{Ag}$ .**

**1.17. Xác định năng lượng cần thiết để bứt một neutron ra khỏi hạt nhân của đồng vị  ${}^{11}\text{Na}13$ .**

**1.18. Muốn tách hạt nhân  ${}^2\text{He}4$  ra làm hai phần bằng nhau thì cần một năng lượng nhỏ nhất là bao nhiêu? Tương tự, xét trường hợp tách hạt nhân  ${}^6\text{C}12$  ra ba phần bằng nhau.**

**1.19. Mặt trời có bán kính  $R_T = 6,95 \cdot 10^8 \text{m}$  và mật độ khối lượng trung bình ( $T = 1410 \text{ kg/m}^3$ ). Bán kính của nó sẽ bằng bao nhiêu nếu kích thước của mặt trời thu nhỏ lại để mật độ khối lượng của nó bằng mật độ khối lượng chất hạt nhân.**

**1.20. Tính năng lượng tương tác do lực đẩy Coulomb giữa hai proton trong hạt nhân  ${}^2\text{He}3$  với giả thiết khoảng cách giữa chúng bằng bán kính hạt nhân.**

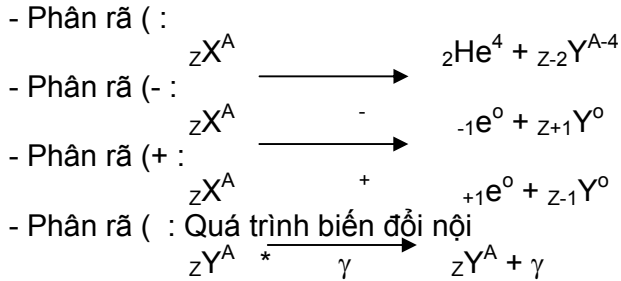
**1.21. Năng lượng liên kết của  ${}^2\text{He}3$  và  ${}^1\text{H}3$  khác nhau bao nhiêu?**

- 1.22. Tìm năng lượng liên kết tính cho một nuclon ở các hạt nhân    a)  $^{40}_{20}\text{Ca}$   
b)  $^{202}_{80}\text{Hg}$
- 1.23. Tính năng lượng cần thiết để tách hạt nhân  $^{16}_8\text{O}$  ra thành 4 phần bằng nhau.
- 1.24. a) Năng lượng liên kết của hạt nhân  $^{89}_{39}\text{Y}$  bằng bao nhiêu, biết khối lượng nguyên tử của nó là 88,93421u.  
b) Tính năng lượng liên kết riêng của nó ra Jun.  
c) Cần bao nhiêu KWh để tách các hạt nhân trong 1 gam  $^{89}_{39}\text{Y}$  ra thành các nuclon riêng rẽ?
- 1.25. Phải tốn một năng lượng bao nhiêu để đưa ra khỏi hạt nhân  $^{16}_8\text{O}$  .  
a) Một neutron  
b) Một proton, vì sao có sự khác nhau?

## Chương II : PHÂN RÃ PHÓNG XẠ

### \* Tóm tắt lý thuyết :

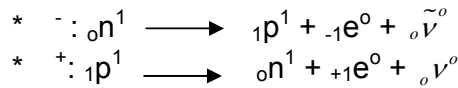
#### 1. Quy tắc chuyển dịch:



#### 2. Giải thích hiện tượng phóng xạ:

- Phân rã ( : Giải thích bằng hiệu ứng đường ngầm: Nhóm hạt ( 2p + 2n) có sẵn trong hạt nhân nặng nhưng như hạt nằm trong hố thế và sự thoát ra của nó chỉ giải thích được bằng hiệu ứng đường ngầm.

- Phân rã ( :



- Phân rã ( : Hạt nhân mẹ khi phân rã biến thành hạt nhân con Y. Hạt nhân này ở trạng thái kích thích Y\*. Khi trở về trạng thái cơ bản nó phát ra bức xạ (.

#### 3. Các định luật phóng xạ và các đại lượng liên quan :

\*  $N = N_0 e^{-\lambda t}$  ( định luật xây dựng lý thuyết)

trong đó :  $N_0$  : Số hạt nhân có khả năng phân rã phóng xạ tại thời điểm ban đầu.

$N$ : Số hạt nhân có khả năng phân rã phóng xạ tại thời điểm  $t$ .

( : Hằng số phân rã phóng xạ :  $\lambda$

$t$  : thời gian.

\*  $A = A_0 e^{-\lambda t}$  ( định luật rút ra từ thực nghiệm)

Trong đó :  $A_0$  Hoạt động phóng xạ (số hạt nhân phân rã phóng xạ trong một đơn vị thời gian) tại thời điểm ban đầu.

$A$  : Hoạt động phóng xạ tại thời điểm  $t$ .

\* Mối liên hệ giữa  $A$  và  $N$  :

$$A = \lambda N \text{ (Do } A = -\frac{dN}{dt} \text{ định nghĩa)}$$

\* Chu kỳ bán rã  $T$  :

$$A(T) = \frac{A_0}{2} \quad ; \quad N(T) = \frac{N_0}{2}$$

Liên hệ giữa  $T$  và ( :

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

\* Thời gian sống trung bình :

$$\tau = \frac{1}{N_0} \int_0^{\infty} \lambda T N dt = \frac{1}{\lambda} = 1,44T$$

\* Những công thức biến đổi :

$$\diamond A(nT) = \frac{A_0}{2^n} \quad ; \quad N(nT) = \frac{N_0}{2^n}$$

$$\diamond A = A_0 2^{-\frac{t}{T}} \quad ; \quad N = N_0 2^{-\frac{t}{T}}$$

$$\diamond A = A_0 e^{-\frac{t}{T}} \quad ; \quad N = N_0 e^{-\frac{t}{T}}$$

$$\diamond A(t_0 + T) = \frac{A}{2}(t_0)$$

$$\diamond N(t_0 + T) = \frac{N(t_0)}{2}$$

( Công thức gần đúng :  
 nếu  $t \ll T$

$$\diamond t = 1,44 \cdot T \cdot \ln \frac{N_0}{N}$$

#### 4. Họ phóng xạ tự nhiên :

$$A = 4n + C$$

C = 0 - Họ Thori

C = 2 - Họ Uran

C = 3 - Họ Actino – Uran

C = 1 - Họ Neptun (siêu Uran)

( Cân bằng phóng xạ. Phương trình thế kỷ: (xét họ phóng xạ A ( B ( C với (A (( (B hay TA >> TB)

$$\lambda_B N_B(t) = \lambda_A N_A(t)$$

#### 5. Đơn vị đo phóng xạ :

\* Hoạt độ phóng xạ trong một giây : Becquerel (Bq)

\* Curie (Ci) = 3,7.10<sup>10</sup> phân rã /s.

\* Ngoài ra còn có các đơn vị đo phóng xạ thông qua tác động của nó đến cơ thể như : Ronghen (R), Rad, Rem, Gray (Gy), liều hấp thụ D, liều tương đương H, hệ số phẩm chất Q...

#### 6. Các công thức suy rộng :

\* Định luật phóng xạ đối với khối lượng :

$$m = m_0 e^{-\lambda t}$$

Trong đó :

$m_0$  : khối lượng chất phóng xạ tại thời điểm ban đầu.

$m$  : khối lượng chất phóng xạ tại thời điểm t.

\* Tính số hạt nhân N trong M (gam) của một chất.

$$N = M (g) \cdot \left( \frac{1g.mol}{A} \right) \cdot (6,023 \cdot 10^{23} \frac{ng.tôu}{g.mol} )$$

$$\text{hay } N = \frac{M}{A} \cdot 6,023 \cdot 10^{23}$$

\* Tính hoạt độ phóng xạ (trong 1s) của M gam chất phóng xạ:

$$a = \frac{M}{A \cdot T} \cdot 0,693 \cdot 6,023 \cdot 10^{23}$$

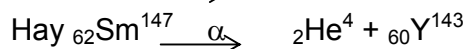
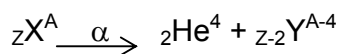
Chú ý : A : Số khối của nguyên tố trong bảng tuần hoàn.

#### \* Bài tập hướng dẫn :

1. Hạt nhân không bền vững  ${}_{62}^{147}\text{Sm}$  phân rã và phát ra hạt  $\alpha$ . Xác định sản phẩm phân rã là hạt nhân gì ?

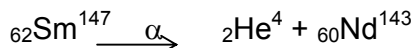
**Giải :**

( Theo qui tắc chuyển dịch ta có :



Tra bảng tuần hoàn ta thấy  ${}_{60}^{143} Y$  là nguyên tố Nd Ta viết lại phương trình như sau :





2. Tìm hoạt độ phóng xạ của 1 gam  ${}^{226}\text{Ra}$ , biết chu kỳ bán rã của nó là 1620 năm

**Giải :**

- Số nguyên tử trong một gam radi là :

ng. tử

- Theo hệ thức giữa  $\lambda$  ( và T ta có:

$$\lambda = \frac{0,693}{T} = \left( \frac{0,693}{1622 \text{naê}} \right) \left( \frac{1 \text{naêm}}{365 \text{ngaø}} \right) \left( \frac{1 \text{ngaø}}{8,64 \cdot 10^4} \right)$$

$$= 1,355 \cdot 10^{-11} \cdot \text{s}^{-1}$$

- Hoạt độ phóng xạ của mẫu là:

$$A = \lambda N$$

$$= (1,355 \cdot 10^{-11}) (2,66 \cdot 10^{21})$$

$$= 3,612 \cdot 10^{-10} \text{phân rã /s.}$$

Giá trị tính được xấp xỉ bằng 1curie. Tức đơn vị đo hoạt động phóng xạ curie.

$$1\text{Ci} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{phân rã /s.}$$

Vậy 1Ci chính là hoạt độ phóng xạ của 1 gam Ra.

3. Tìm thời gian cần thiết để 5mg  ${}^{222}\text{Rn}$  lúc đầu ( $T = 2,6$  năm) còn lại 1mg.

**GIẢI :**

Ta có :  $m = m_0 e^{-\lambda t}$

$$\text{hay : } \frac{m_0}{m} = e^{\lambda t}$$

$$\text{Hay : } \lambda t = \ln \frac{m_0}{m}$$

Theo đầu bài cho T, ta sử dụng hệ thức : ( $\lambda = \frac{\ln 2}{T}$ )

Thế vào ta được :

$$t = \frac{T}{\ln 2} \cdot \ln \frac{m_0}{m} = 1,44 T \ln \frac{m_0}{m}$$

Thế số vào ta được :

$$t = 1,44 \cdot 2,6 \cdot \ln 5 = ( 6,04 \text{ năm.}$$

Chú ý : Ta có thể dễ dàng suy ra các công thức sau :

$$t = 1,44 \cdot T \cdot \ln \frac{N_0}{N}$$

$$\text{hay } t = 1,44 \cdot T \cdot \ln \frac{A_0}{A}$$

4. Một mẫu KCl nặng 2,71 gam nằm trong một kho hóa chất được tìm thấy là chất phóng xạ có tốc độ phân rã không đổi là 4490 phân rã/s. Phân rã này được dùng để đánh dấu nguyên tố Kali, đặc biệt là  ${}^{40}\text{K}$ , đồng vị chiếm 1,17% trong Kali thông thường. Tính chu kỳ bán rã của đồng vị này. Cho khối lượng phân tử của KCl là 74,6g/mol.

**Giải :**

Khối lượng phân tử của KCl là 74,6g/mol. Vậy số nguyên tử K trong mẫu này là :

$$N_{\text{K}} = \frac{m}{M} \cdot N_A$$

Trong số các nguyên tử Kali này số  ${}^{40}\text{K}$  chiếm 1,17% sẽ là :

$$N_{40} = (2,71 \cdot 10^{-3}) \cdot (1,17\%)$$

$$= (2,71 \cdot 10^{-3}) \cdot (0,0117) = 2,56 \cdot 10^{20}$$

Theo định nghĩa ( ta có :

$$\lambda = \frac{dN/dt}{N} = \frac{4490 \text{s}^{-1}}{2,56 \cdot 10^{20}} = 1,75 \cdot 10^{-17} \text{s}^{-1}$$

Suy ra chu kỳ bán rã của Thori là :

$$T = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{(\ln 2)(1 \text{ nae} / 3,15 \cdot 10^7 \text{ s})}{1,75 \cdot 10^{-17} \text{ s}^{-1}}$$

$$= 1,25 \cdot 10^9 \text{ năm}$$

**Chú ý :** Trong bài toán này ta đã đổi thời gian 1 năm = 3,15.10<sup>7</sup>s.

**5. Để đo chu kỳ bán rã của chất phóng xạ có chu kỳ bán rã ngắn người ta dùng máy đếm xung. Trong** thời gian 1 phút đếm được 250 xung. Nhưng 1 giờ sau khi đo lần nhất, chỉ đếm được 92 xung trong 1 phút. Xác định hằng số phân rã và chu kỳ bán rã của chất phóng xạ.

**Giải :**

Gọi  $n_1$  – số hạt đếm được trong 1 phút đầu  
 $n_2$  – số hạt đếm được trong 1 phút ở lần sau.

Theo đầu bài ta có :

$$n_1 = k \cdot \Delta N_1 = k N_1 (1 - e^{-\lambda \Delta t})$$

$$n_2 = k \cdot \Delta N_2 = k N_2 (1 - e^{-\lambda \Delta t})$$

với ( $t = 1$  phút (đầu bài))

$k$  = Hệ số tỷ lệ, không đổi so với 1 dụng cụ đo

$N_1$  = Số hạt nhân có ở thời điểm ban đầu của lần đo 1.

$N_2$  = Số hạt nhân có ở thời điểm ban đầu của lần đo thứ 2.

Theo định luật phóng xạ ta có :

$$N_2 = N_1 e^{-\lambda t}$$

Từ đó :

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{N_1(1 - e^{-\lambda \Delta t})}{N_1 e^{-\lambda t}(1 - e^{-\lambda \Delta t})} = e^{\lambda t}$$

$$\text{Hay } \lambda = \frac{1}{t} \cdot \ln \frac{n_1}{n_2}$$

Thay số (=Giờ)

Chu kỳ bán rã sẽ là :

$$T = \frac{1}{\lambda} \text{ giờ}$$

hay 0,693. 60 phút = 41,5 phút

**\* Bài tập tự giải :**

- 2.1. Do phân rã phóng xạ mà  $^{92}\text{U}23\text{p}$  biến thành chì  $^{82}\text{Pb}206$ . Hỏi quá trình trải qua bao nhiêu phân rã ( $\alpha, \beta$  ?
- 2.2. Tìm xác suất phân rã của hạt nhân phóng xạ trong khoảng thời gian  $T$ , nếu biết hằng số phân rã ( $\lambda$ ).
- 2.3. Tính xem bao nhiêu phần trăm hạt nhân phóng xạ bị phân rã trong khoảng thời gian  $t = ($  (với ( $t$  là thời gian sống trung bình).
- 2.4. Hãy rút ra định luật thay đổi khối lượng chất phóng xạ theo thời gian.
- 2.5. Có bao nhiêu phần của mẫu Radi (Ra) bị phân rã trong 3240 năm, nếu biết chu kỳ bán rã của nó  $T = 1620$  năm.
- 2.6. Xét mẫu chứa 1000 hạt nhân phóng xạ với chu kỳ bán rã  $T$ . Hỏi sau khoảng thời gian  $t = T$  còn lại bao nhiêu hạt nhân.
- 2.7. Mẫu phóng xạ chứa 1012 nguyên tử phóng xạ trong 1s có bao nhiêu phân rã, nếu  $T = 1$  giờ.
- 2.8. Thời gian sống trung bình của Radi là ( $= 2.400$  năm. Xác định chu kỳ bán rã của nó.
- 2.9. Tìm chu kỳ bán rã của Thôri (th) biết rằng sau 100 ngày độ phóng xạ của nó giảm đi 1,07 lần.

- 2.10. Xác định hằng số phân rã phóng xạ ( của Co58 biết rằng số nguyên tử của nguyên tố ấy cứ mỗi giờ giảm đi 3,8%.
- 2.11. Trong 1 gam U238 xảy ra 1,2. 10<sup>4</sup> phân rã trong 1s. Hỏi hằng số phân rã và thời gian sống trung bình của U238 bằng bao nhiêu? Chu kỳ bán rã bằng bao nhiêu?
- 2.12. Nguồn phóng xạ Co60 có chu kỳ bán rã T = 4 năm. Lúc đầu mỗi ngày có 1014 hạt nhân của nguồn bị phân rã. Hãy tính số hạt nhân của nguồn bị phân rã trong 2 ngày sau 8 năm.
- 2.13. Ban đầu có 200 gam Radi. Hỏi sau 300 năm, lượng Radi còn lại là bao nhiêu? Cho biết thời gian sống trung bình của Radi là ( = 2.400 năm.
- 2.14. Sau 500 năm có 10g Radi bị phân rã. Hỏi lượng Radi ban đầu là bao nhiêu ? Cho ( = 2.400 năm.
- 2.15. Bao nhiêu phần lượng ban đầu của Sr90 có chu kỳ bán rã T= 20 năm.  
 a) Còn lại sau 10 năm, 100 năm  
 b) Phân rã trong 1 ngày.
- 2.16. Cho biết chu kỳ bán rã T của Pu239 là 24.000 năm. Tính số phân rã của 1g chất đó trong 1s và đổi ra milicuri.
- 2.17. Tìm hoạt độ phóng xạ sau 106 năm của nguồn U238, cho biết khối lượng của Uran là 1g và T = 4,5. 10<sup>9</sup> năm.
- 2.18. Xác định tuổi của quặng Uran cho biết trong quặng có cứ 10 nguyên tử Uran thì 2 nguyên tử chì. Cho T = 4,5. 10<sup>9</sup> năm.
- 2.19. Xác định tuổi trái đất, cho biết tỉ số giữa các hạt nhân U235 và U238 là :

$$\frac{N_u^{235}}{N_u^{238}} = \frac{1}{140}$$

Với chu kỳ bán rã :

$$T_{U235} = 7,13.10^8 \text{ năm}$$

$$T_{U238} = 4,5.10^9 \text{ năm}$$

- 2.20. Người ta dùng các hạt nhân phóng xạ 6C14 để xác định tuổi của vật cổ. Nếu biết đối với 1g C14 vừa mới chế tạo được máy đếm ghi 17,5 phân rã/s thì vật cổ mới đào lên chứa 1g C14 máy đếm ghi được 350 phân rã/40s có tuổi là bao nhiêu? Cho T = 5570 năm.
- 2.21. Một mảnh xương nặng 18g trong một ngôi mộ cổ cho thấy có chứa C14 với hoạt độ 112 phân rã trong 1 phút. Hỏi vật chất hữu cơ này đã chết bao lâu, biết rằng thực vật sống có hoạt động phóng xạ từ C14 là 12 phân rã/g-phút? Cho T=5568 năm.
- 2.22. Một mảnh gỗ lấy từ một chiếc thuyền vỡ tìm thấy có hoạt độ phóng xạ C14 là 3 phân rã/phút. Một lượng gỗ mới tương đương cho tốc độ đếm xung là 14 xung/phút. Biết T=5568 năm. Hãy tính tuổi chiếc thuyền cổ.
- 2.23. Xác định hoạt độ phóng xạ của 10g U238 biết hằng số phân rã của nó là ( = 4,84. 10<sup>-18</sup>/s.
- 2.24. Một cây sống có hoạt độ phóng xạ bởi C14 là 15,3 phân rã/g-phút. Một mẫu cây chết tìm thấy có hoạt độ phóng xạ 17 phân rã/phút cho 5g. Xác định niên đại của cây đã chết. Cho T = 5730 năm.
- 2.25. Sau 1 năm lượng ban đầu của một chất phóng xạ giảm đi 3 lần. Nó sẽ giảm đi bao nhiêu lần sau 2 năm ?
- 2.26. Sau thời gian bao lâu thì chất phóng xạ giảm 1/3 lượng ban đầu của các hạt nhân, nếu chu kỳ bán rã là 25 giờ.

\* Một số đề thi tuyển sinh đại học :

- 2.27. Một lượng chất phóng xạ Radon (Rn222) có khối lượng ban đầu là  $m_0=1\text{mg}$ . Sau 15,2 ngày thì độ phóng xạ của nó giảm đi 93,75%. Tính chu kỳ bán rã  $T$  của Ra và độ phóng xạ của lượng chất phóng xạ còn lại. Cho số Avogadro  $N_A=6,023 \cdot 10^{23}$  nguyên tử/mol.**
- 2.28.  $^{79}\text{Au}^{200}$  là một chất phóng xạ. Biết độ phóng xạ của  $3 \cdot 10^{-9}\text{kg}$  chất đó là 58,9G.**  
 a) Tìm chu kỳ bán rã.  
 b) Hỏi sau bao lâu lượng chất phóng xạ giảm đi 100 lần?  
 Cho  $1 \text{ Ci} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$   
 $N_A = 6,023 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$   
 $\ln 2 = 0,693$   $\ln 10 = 2,3$ .
- 2.29. Một tượng gỗ có độ phóng xạ chỉ bằng 0,8 độ phóng xạ của một khúc gỗ cùng khối lượng mới chặt xuống. Biết tượng gỗ phóng xạ (- từ  $^{14}\text{C}$  ( chu kỳ bán rã  $T = 5600$  năm). Hãy tính tuổi của tượng. Cho  $\ln 0,8 = - 0,2232$ .**
- 2.30. Khi phân tích một mẫu gỗ người ta xác định rằng 87,5% số nguyên tử đồng vị phóng xạ  $^{14}\text{C}$  đã bị phân rã thành  $^{14}\text{N}$ . Xác định tuổi của mẫu gỗ, biết chu kỳ bán rã của  $^{14}\text{C}$  là  $T = 5570$  năm.**
- 2.31. Lúc đầu có một mẫu Poloni  $^{84}\text{Po}^{210}$  nguyên chất là chất phóng xạ có chu kỳ bán rã 138 ngày. Các hạt Poloni phát ra tia phóng xạ và chuyển thành hạt nhân chì  $^{82}\text{Pb}^{206}$ . Hỏi Poloni phát ra các loại phóng xạ nào? Tính tuổi của mẫu trên nếu lúc khảo sát khối lượng chất Poloni lớn gấp 4 lần khối lượng chì.**
- 2.32. Để đo chu kỳ bán rã của một chất phóng xạ người ta cho máy đếm xung bắt đầu đếm từ thời điểm  $t_0 = 0$ . Đến thời điểm  $t_1 = 2\text{giờ}$  máy đếm được  $n_1$  xung. Đến thời điểm  $t_2 = 3t_1$  máy đếm được  $n_2$  xung, với  $n_2 = 2,3 n_1$ .  
 Xác định chu kỳ bán rã của chất phóng xạ này.**



$\bar{P}$  : Xung lồiõing cuõua haõt

*Chú ý : Xung lượng là một đại lượng có hướng. Trong khuôn khổ giáo trình này, mặc dù hạt nhân là các hạt vi mô nhưng ta có thể áp dụng qui tắc cộng vectơ thông thường.*

Các trường hợp đặc biệt :

- Nếu là va chạm đàn hồi trực diện giữa các hạt nhân thì phương chuyển động trước và sau va chạm không thay đổi, cùng nằm trên một đường thẳng, chỉ đổi hướng. Vì vậy ta có thể viết định luật dưới dạng vô hướng, chú ý qui định dấu :

$$\Sigma P_T = \Sigma P_S$$

- Trường hợp hạt nhân đứng yên trước tương tác, hạt đạn a có xung lượng  $P_a$  và sau va chạm các hạt có xung lượng  $P_y, P_b$ . Các xung lượng này tạo thành một tam giác, bài toán trở nên đơn giản hơn.

*Chú ý : Trong các bài toán sơ cấp chỉ cần tính đến 2 định luật bảo toàn trên là đủ và cần phối hợp chúng thành một hệ phương trình.*

c) Các định luật bảo toàn khác của phản ứng hạt nhân :

- Bảo toàn mô men động lượng :  $\vec{G}$
- Bảo toàn số nuclon :  $(AT = AS)$
- Bảo toàn điện tích :  $(ZT = Zs)$

Ngoài ra còn có các định luật bảo toàn khác như : bảo toàn spin, bảo toàn các tích (lepton, barion...) bảo toàn số lạ, chẵn lẻ v.v..., tùy thuộc vào tính chất phức tạp của phản ứng.

**\* Bài tập hướng dẫn :**

### 1. Tính hiệu ứng năng lượng trong các phản ứng hạt nhân:

- a)  ${}_3\text{Li}^7 + {}_1\text{H}^1 \rightarrow {}_2\text{He}^4 + {}_2\text{He}^4$
- b)  ${}_7\text{N}^{14} + {}_2\text{He}^4 \rightarrow {}_8\text{O}^{17} + {}_1\text{H}^1$

**Giải :**

a) Ta có :

$$\begin{aligned} Q &= 931,4 (\Sigma m_T - \Sigma m_S) = 931,4 (m_{\text{Li}} + m_{\text{H}} - 2m_{\text{He}}) \\ &= 931,4 (7,01601 + 1,007825 - 2 \cdot 4,0026) \\ &= 17,35 \text{ Mev} \end{aligned}$$

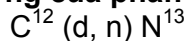
Q ( 0 : Phản ứng tỏa nhiệt.

b) Q = 931,4 (  $m_{\text{N}} + m_{\text{He}} - m_{\text{O}} - m_{\text{H}}$  )

$$\begin{aligned} &= 931,4 (14,00307 + 4,0026 - 16,99914 - 1,007825) \\ &= - 1,21 \text{ Mev} \end{aligned}$$

Q ( 0 : Phản ứng thu nhiệt.

### 2. Tìm ngưỡng của phản ứng hạt nhân :



**Giải :**

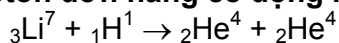
Ta có :  $W_n = G$

Tính Q :

$$\begin{aligned} \text{Ta có } Q &= 931,4 (m_c + m_d - m_n - m_N) \\ &= 931,4 (12 + 2,014 - 1,008665 - 13,00574) \\ &= - 0,35 \text{ Mev} \end{aligned}$$

$$W_n = 0,35 \frac{12+2}{12} = 0,4 \text{ Mev}$$

### 3. Chùm proton đơn năng có động năng 1 Mev bắn vào một bia Li, sau đó có phản ứng :



Tìm động năng của mỗi hạt ( và góc giữa các phương bay của chúng, nếu 2 hạt bay ra đối xứng với phương tới của chùm proton.

**Giải :**

$$\begin{aligned} \text{Ta có : } Q &= (D_s - (DT \\ &= 2D_\alpha - D_p \end{aligned}$$

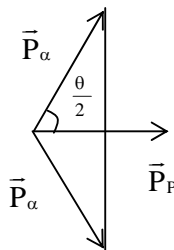
Từ đó Ġ

Tính Q :

$$\text{Ta có } Q = 931,4 (m_{\text{Li}} + m_{\text{H}} - 2m_{\text{He}}) = 17,35 \text{ Mev (xem bài 1)}$$

Thay vào : Ġ

Theo giả thiết, 2 hạt ( bay đối xứng với phương của chùm proton (hình vẽ) do đó ta có định luật bảo toàn xung lượng như sau :



$$P_\alpha \cos \frac{\theta}{2} = \frac{P_p}{2}$$

Trong đó :  $P_p$  và  $P$  là xung lượng của hạt proton và hạt ;  $\theta$  là góc hợp bởi phương của 2 hạt ( :

- Ta có biểu thức liên hệ giữa động năng và xung lượng :

$$P^2 = 2mD$$

Thay vào :

$$\sqrt{2m_\alpha D_\alpha} \cdot \cos \frac{\theta}{2} = \sqrt{2m_p D_p}$$

Từ đó

$$\cos \frac{\theta}{2} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{m_p \cdot D_p}{m_\alpha \cdot D_\alpha}}$$

Thay số

$$\cos \frac{\theta}{2} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{1}{4,9,17}}$$

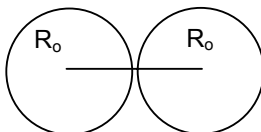
Suy ra :

$$\theta = 170^\circ 30'$$

**4. Xác định động năng của 2 hạt nhân Hydro 1H1 bắn vào nhau và nhiệt độ chuyển động nhiệt tương ứng của nó để có thể xảy ra phản ứng tổng hợp hạt nhân, là nguồn gốc năng lượng của mặt trời, biết bán kính hiệu dụng của 1H1 là  $R = 0,8 \text{ fm}$ .**

**Giải :**

Vì hai hạt 1H1 đứng yên tức thời: khi chúng vừa chạm nhau nên động năng ban đầu của chúng chuyển đổi hoàn toàn thành thế năng tĩnh điện (theo định luật bảo toàn cơ năng trong va chạm). Vì khoảng cách giữa 2 tâm của chúng là  $2R$  ta có



:

$$2E = \frac{q_1 q_2}{2R} = \frac{e^2}{2R} = \frac{(4,8 \cdot 10^{-10})}{2,0,8 \cdot 10^{-13}}$$

$$E = 7,2 \cdot 10^{-7} \text{ erg}$$

$$\text{Hay } E = \frac{7,2 \cdot 10^{-7}}{1,6 \cdot 10^{-9}} = 450 \text{ Kev} \approx 0,5 \text{ Mev}$$

Đây là động năng mà mỗi hạt proton cần có để thắng lực đẩy Coulomb và tương tác với nhau, tạo thành He. Người ta còn gọi đây là độ cao của bờ thế Coulomb của proton.

- Người ta đã chứng minh được rằng trong plasma cân bằng nhiệt độ ứng với động năng của hạt chuyển động với vận tốc xác có suất lớn nhất được tính bằng công thức :

$$E = kT$$

Trong đó k : hằng số Boltzmann =  $1,38 \cdot 10^{-16} \text{ erg/K}^\circ$

$$\text{Suy ra } T = \frac{E}{k}$$

Vậy nhiệt độ của Plasma gồm các proton có động năng E như trên sẽ là :

$$T = \frac{7,2 \cdot 10^{-7} \text{ erg}}{1,38 \cdot 10^{-16} \text{ erg/K}^\circ} = 5,2 \cdot 10^9 \text{ K}^\circ$$

Nhiệt độ này là cỡ cả tỉ độ kelvin. Tuy nhiên, trong thực tế chỉ cần nhiệt độ có chục triệu kelvin (107K) là có thể xảy ra phản ứng. Nhiệt độ ở tâm mặt trời vào cỡ 15. 107K).

5. So sánh năng lượng tỏa ra trong lò phản ứng hạt nhân bằng phân hạch Uran U235 và trong bom khinh khí, tổng hợp các hạt Deuteri, nếu cùng một lượng nguyên liệu là 1kg? Tính ra Kwh. Cho biết sự phân hạch của một hạt nhân Uran tỏa ra 200Mev và sự tổng hợp Deuteri  $1D_2 + 1D_2 \rightarrow 2He_4$  tỏa ra 23,8Mev.

**Giải :**

Năng lượng tỏa ra khi phân hạch 1kg U235 là :

$$E_1 = \frac{6,023 \cdot 10^{26} \cdot 200 \cdot 1,6 \cdot 10^{-13}}{235 \cdot 3,6 \cdot 10^6} = 2,3 \cdot 10^7 \text{ Kwh}$$

Năng lượng tỏa ra khi tổng hợp 2 hạt  $1D_2$  để thành một He là:

$$E_2 = \frac{6,023 \cdot 10^{26} \cdot 23,8 \cdot 1,6 \cdot 10^{-13}}{2 \cdot 2 \cdot 3,6 \cdot 10^6} = 15,9 \cdot 10^7 \text{ Kwh}$$

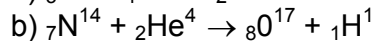
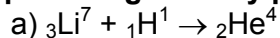
Như vậy năng lượng tỏa ra khi tổng hợp hạt nhân lớn hơn khi phân hạch (cỡ 160 triệu Kwh và 23 triệu Kwh cho 1kg nguyên liệu). Gấp gần 7 lần.

**Chú ý : 1kwh = 1000G. 3600s = 3,6.106J**

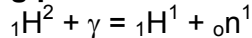
**\* Bài tập tự giải :**

**3.1. Khi bắn nơtron vào hạt nhân  $7N_{14}$  ta thu được  $6C_{14}$ . Viết phương trình của phản ứng.**

**3.2. 2 phản ứng sau đây phản ứng nào có thể xảy ra :**



**3.3. Phản ứng phân chia đơton bằng ( được viết :**

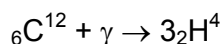


Tính khối lượng của nơtron, biết năng lượng của  $\gamma$  (= 263 Mev, động năng của proton tạo thành theo sự ion hóa của chúng là 0,22 Mev. Động năng của nơtron coi như bằng động năng của proton.

**3.4. a) Quá trình phân rã sau đây có tự xảy ra được hay không?  $4Be_9 = 2H_4 + {}_0n^1$**

b) Thử xác định năng lượng nhỏ nhất của lượng tử  $\gamma$  ( để có thể xảy ra phản ứng :  $4Be_9 + \gamma = 2H_4 + {}_0n^1$

**3.5. Xác định năng lượng nhỏ nhất của lượng tử  $\gamma$  ( phải có để làm cho phản ứng sau có thể xảy ra :**





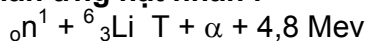


- 3.21. Tính năng lượng tỏa ra khi tổng hợp 1kg Hidro thành Heli biết cứ mỗi hạt nhân Heli được tạo từ 4 Hydro tỏa ra  $4,2 \cdot 10^{-12} \text{J}$ .
- 3.22. Tính năng lượng tỏa ra trong các chu trình p – p (proton – proton) và chu trình Cacbon của mặt trời.
- 3.23. Biết rằng cứ 1g hạt nhân Hydro trong phản ứng nhiệt hạch chuyển hoàn toàn thành các hạt nhân Heli thì bị hụt đi 1% khối lượng. Tìm năng lượng giải phóng khi 4 hạt nhân Hydro tổng hợp thành 1 hạt Heli.
- 3.24. Nếu năng lượng mặt trời được tạo ra theo chu trình Cacbon, hãy tính :  
 a) Lượng Hydro biến thành Heli sau mỗi giây, nếu biết công suất của chu trình trên là  $3,9 \cdot 10^{26} \text{W}$  (hay cho hằng số mặt trời là  $1,96 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{Phút}$ ).  
 b) Mỗi năm mặt trời hụt đi một khối lượng là bao nhiêu? Tính ra kg và so sánh với khối lượng mặt trời. Cho khối lượng mặt trời là  $1,98 \cdot 10^{30} \text{kg}$ .  
 c) Mỗi năm có bao nhiêu tấn hạt nhân khi được tạo ra và mất đi bao nhiêu tấn Hydro.
- 3.25. Từ kết quả các bài trên, hãy tính xem dự trữ Hydro của mặt trời đủ dùng trong bao nhiêu năm, nếu cho rằng Hydro chiếm 35% khối lượng mặt trời và coi bức xạ mặt trời là không đổi. Cho khối lượng mặt trời là  $1,98 \cdot 10^{30} \text{kg}$ .
- 3.26. Mỗi phân hạch hạt nhân  $^{92}\text{U}235$  bằng neutron tỏa ra một năng lượng hữu ích là 185 ev. Một lò phản ứng công suất 100MW dùng nhiên liệu U235 phải cần bao nhiêu thời gian để tiêu thụ hết 1kg Urani ?
- 3.27. Tính nhiệt độ cần thiết để tạo ra phản ứng nhiệt hạch trong chất plasma đơteri (hỗn hợp trung hòa gồm e- và các hạt nhân dương đơteri).
- 3.28. Tính năng lượng được giải phóng khi tổng hợp 2 hạt nhân đơteri thành hạt ( trong phản ứng nhiệt hạch).

\* Một số đề thi tuyển sinh đại học.

- 3.29. Bán phá  $^{147}\text{N}$  đứng yên bằng hạt ( có động năng E( thu được hạt proton và một hạt nhân x với  $m_x = 16,99474$ ). Viết phương trình đầy đủ của phản ứng. X là hạt nhân gì? So sánh tổng động năng của các hạt tạo thành với động năng của hạt ( ban đầu và tính độ chênh lệch đó ra Mev. Phản ứng này tỏa hay thu năng lượng ? Cho khối lượng của các hạt nhân  $m_N = 13,999 \text{u}$ ,  $m_p = 1,0073 \text{u}$ ,  $m_\alpha = 4,0015 \text{u}$  với u là đvklnt tính như sau:  
 $u = 931 \left( \frac{\text{Mev}}{c^2} \right)$ ; c là vận tốc ánh sáng.

3.30. Cho phản ứng hạt nhân :



- a) Tính khối lượng của hạt nhân Li  
 b) Tính năng lượng tỏa ra khi phân tích hoàn toàn 1g Li.

$$\text{Cho } m_n = 1,0087 \text{u}; \quad m_T = 3,016 \text{u}$$

$$m_\alpha = 4,0015 \text{u}; \quad u = 931 \left( \frac{\text{Mev}}{c^2} \right)$$

$$NA = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ hạt/mol}$$

(Bỏ qua động năng)

3.31. Đồng vị  $^{92}\text{U}234$  phóng xạ ( biến thành thori (Th)

- a) Viết phương trình phản ứng.  
 b) Phản ứng trên tỏa hay thu năng lượng?  
 c) Nếu sản phẩm phóng xạ chỉ có Th và ( (không kèm ( ) thì động năng và vận tốc mỗi hạt ( và Th là bao nhiêu?

$$\text{cho } m_\alpha = 4,015 \text{ u}; \quad m_U = 233,9904 \text{ u.}$$

$$m_{\text{Th}} = 229,9737 \text{ u}; \quad u = 931 \text{ Mev}/c^2.$$

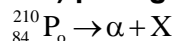
3.32. Cho hạt ( có động năng  $W( = 4 \text{ Mev}$  bắn vào hạt nhân nitơ đứng yên gây ra phản ứng :  $( + {}_7\text{N}14 \rightarrow {}_1\text{H}^1 + X$

- 1) Xác định X
- 2) Tính năng lượng của phản ứng hạt nhân (theo đơn vị Mev).
- 3) 2 hạt sinh ra có cùng động năng
  - a) Tìm vận tốc mỗi hạt.
  - b) Tìm góc tạo bởi hai hạt bay ra sau phản ứng :

Cho :  $m_\alpha = 4,002603 \text{ u}$  ;  $m_N = 14,003074 \text{ u}$   
 $m_H = 1,007825 \text{ u}$  ;  $m_X = 16,99133 \text{ u}$

$$1\text{u} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{kg} = 931,5 \left( \frac{\text{Mev}}{c^2} \right)$$

### 3.33. Hạt nhân poloni $\text{I}$ phóng xạ phát ra một hạt ( và hạt X :



a) Hãy cho biết cấu tạo của hạt nhân X. Phân rã này tỏa ra bao nhiêu năng lượng? Tính năng lượng này ra Mev. Cho biết:

$m(\text{Po}) = 209,9373 \text{ u}$  ;  $m(X) = 205,9294 \text{ u}$   
 $m_\alpha = 4,0015 \text{ u}$  ;  $1\text{u} = 931 (\text{Mev}/c^2)$ .

b) Nếu khối lượng ban đầu của mẫu Poloni là 2,1g thì sau 276 ngày sẽ có bao nhiêu hạt ( được tạo thành? Cho biết chu kỳ bán rã của poloni là  $T = 138$  ngày; số Avogadro  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$  hạt/mol.

c) Trong phân rã tiêu hạt nhân poloni đứng yên. Hãy tính động năng của hạt ( được tạo thành.

## Chương IV:

# CẤU TRÚC NGUYÊN TỬ THEO CƠ HỌC LƯỢNG TỬ

### \* Tóm tắt lý thuyết

#### I. NGUYÊN TẮC TỪ HYDRO (VÀ CÁC ION TƯƠNG TỰ)

a) Phương trình Frodingơ đối với electron trong nguyên tử Hydro (và các ion tương tự) trong trong tọa độ cầu :

$$\frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left( r^2 \frac{\partial \psi}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2 \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left( \sin \theta \frac{\partial \psi}{\partial \theta} \right) + \frac{1}{r^2 \sin^2 \theta} \frac{\partial^2 \psi}{\partial \varphi^2} + \frac{2m}{\hbar^2} \left( E + K \frac{Ze}{r} \right) \psi = 0$$

b) Nghiệm của phương trình Frodingơ : Hàm sóng.

$$\psi_{n,\ell,m}(r, \theta, \varphi) = R_{n\ell}(r) Y_{\ell m}(\theta, \varphi)$$

Với n : số lượng tử chính  $n = 1, 2, 3 \dots \infty$

$\ell$  : số lượng phân tử quỹ đạo  $\ell = 0, 1, 2 \dots n-1$

m : số lượng tử từ  $m = 0, \ell-1, \ell-2 \dots -\ell$

Dạng cụ thể của vài hàm sóng :

$$R_{1,0} = 2 \left( \frac{Z}{a_0} \right)^{3/2} e^{-\frac{Zr}{a_0}}$$

$$R_{2,0} = \frac{1}{\sqrt{8}} \left( \frac{Z}{a_0} \right)^{3/2} \left( 2 - \frac{Zr}{a_0} \right) e^{-\frac{Zr}{2a_0}}$$

$$R_{2,1} = \frac{1}{\sqrt{24}} \left( \frac{Z}{a_0} \right)^{3/2} \left( \frac{r}{a_0} \right) e^{-\frac{r}{2a_0}}$$

Với  $a_0$  – Bán kính quỹ đạo Bohr thứ nhất của H ;  $a_0 = 0,53 A_0$

$$Y_{0,0} = \frac{1}{\sqrt{4\pi}}$$

$$Y_{1,1} = \sqrt{\frac{3}{8\pi}} \sin \theta e^{i\varphi}$$

$$Y_{1,0} = \sqrt{\frac{3}{8\pi}} \cos \theta$$

$$Y_{1,-1} = \sqrt{\frac{3}{8\pi}} \sin \theta \sin^{-i\varphi}$$

c) Xác suất tìm thấy electron theo bán kính :

$$dW_r = R_{n\ell}^2(\gamma) \cdot \gamma^2 \cdot dr$$

- Xác suất tìm thấy e theo các góc  $\theta, \varphi$  :

$$dW_{\theta,\varphi} = |Y_{\ell,m}(\theta, \varphi)|^2 \sin \theta \cdot d\theta \cdot d\varphi$$

d) Năng lượng của các trạng thái dừng :

$$E_n = - Rhc \cdot \frac{Z^2}{n^2}$$

e) Mức suy biến :

$$g = 2n^2$$

\* Chú ý : Hệ đơn vị đang dùng là hệ CGS.

#### II- CẤU TRÚC CỦA NGUYÊN TỬ PHỨC TẠP :

a) Nguyên lý Pauli và hệ quả :

\* Số □ trên cùng một lớp : là  $2n^2$

|         |   |   |    |    |    |    |    |
|---------|---|---|----|----|----|----|----|
| n       | 1 | 2 | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  |
| Tên lớp | K | L | M  | N  | O  | P  | Q  |
| Số e-   | 2 | 8 | 18 | 32 | 50 | 72 | 98 |

\* Số e trên cùng một phân lớp là  $2(l+1)$

|              |   |   |    |    |    |    |
|--------------|---|---|----|----|----|----|
| l            | 0 | 1 | 2  | 3  | 4  | 5  |
| Tên phân lớp | s | p | d  | f  | g  | h  |
| Số e-        | 2 | 6 | 10 | 14 | 18 | 22 |

**b) Nguyên lý năng lượng tối thiểu :**

( Qui tắc xác định mức năng lượng cao thấp :

$$E_{n_2 \ell_2} < E_{n_1 \ell_1} \text{ nếu } n_2 + \ell_2 < n_1 + \ell_1$$

Dù  $n_2 > n_1$

( Sự sắp xếp trạng thái theo thứ tự năng lượng tăng dần :

1s, 2s, 2p, 3s, 3p, 4s, 3d, 4p, 5s, 4d, 5p, 6s, 4f, 5d, 6p, 7s, 6d, 5f, 7p... v.v...

( Sơ đồ cấu hình của nguyên tử : Phản ánh cách sắp xếp e- trong nguyên tử theo các lớp và phân lớp.

**\* Bài tập hướng dẫn :**

1. Khảo sát tự phân bố xác suất tìm thấy e- theo bán kính r trong nguyên tử H ở trạng thái cơ bản :

**Giải :**

Ở trạng thái cơ bản ( $n = 1, l = 0$ ) hàm sóng theo r có dạng :

$$R_{n,\ell}(r) = R_{1,0}(r) = 2 \left( \frac{1}{a_0} \right)^{\frac{3}{2}} e^{-\frac{r}{a_0}}$$

Vậy xác suất tìm thấy e- theo bán kính là :

$$dW_r = R^2 \cdot r^2 \cdot dr = 4 \cdot \left( \frac{1}{a_0} \right)^3 \cdot e^{-\frac{2r}{a_0}} \cdot r^2 \cdot dr$$

Hàm mật độ xác suất :

$$\rho = \frac{dw}{dr} = 4 \left( \frac{1}{a_0} \right)^3 \cdot e^{-\frac{2r}{a_0}} \cdot r^2$$

Tìm cực trị của hàm :

$$\begin{aligned} \frac{d\rho}{dr} &= 4 \left( \frac{1}{a_0} \right)^3 \left[ \left( -\frac{2}{a_0} \right) \cdot e^{-\frac{2r}{a_0}} r^2 + 2r e^{-\frac{2r}{a_0}} \right] \\ &= 4 \left( \frac{1}{a_0} \right)^3 \cdot e^{-\frac{2r}{a_0}} 2r \left[ 1 - \frac{r}{a_0} \right] = 0 \end{aligned}$$

Suy ra :

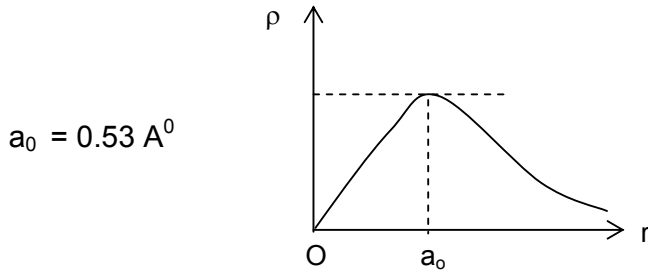
(G ( Cực đại

$$\left. \begin{aligned} &\bullet e^{-\frac{2r}{a_0}} = 0 \Rightarrow r = \infty \\ &\bullet r = 0 \end{aligned} \right\} \text{ -- Cỡc}$$

Vậy khả năng tìm thấy e- trong nguyên tử Hydro ở trạng thái cơ bản nhiều nhất là ở vùng bán kính quỹ đạo Bolô thứ nhất, ít nhất (hay không có) là tại tâm nguyên tử (tức hạt nhân) và tại vô cực (tức ở xa hạt nhân nguyên tử).

Đối với nguyên tử cơ học lượng tử do tuân theo hệ thức bất định, e- không thể coi là chuyển động trên quỹ đạo như trong cơ học cổ điển.

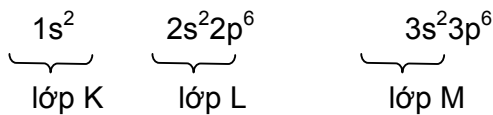
\* Đồ thị mô tả xác suất tìm thấy e- trong nguyên tử H có dạng :



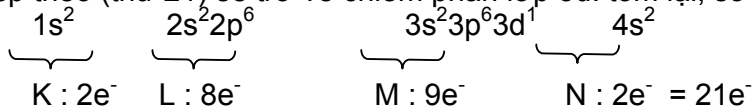
2. Viết sơ đồ cấu hình của nguyên tử Scandi (Sc), biết số thứ tự của nó trong bảng tuần hoàn là :  $Z = 21$ .

**Giải :**

Theo nguyên lý Pauli ta có thể viết.



Đến đây theo nguyên lý Pauli lớp M có thể chứa  $18e^-$ , nhưng phân lớp 3p chỉ chứa được  $6e^-$  vậy phân lớp 3p không thể chứa thêm  $e^-$ . Đáng lẽ phải chuyển sang phân lớp 3d tức vẫn thuộc lớp 3. Nhưng theo nguyên lý năng lượng tối thiểu thì mức 4s có năng lượng nhỏ hơn mức 3d. Vậy nên  $e^-$  tiếp theo (tức  $e^-$  thứ 19), sẽ làm đầy mức 4s, mở đầu cho lớp 4. Phân lớp này chứa được 2  $e^-$  cho nên  $e^-$  tiếp theo (tức  $e^-$  thứ 20) sẽ làm đầy phân lớp này. Tiếp theo,  $e^-$  thứ 21 đáng lẽ phải làm đầy tiếp lớp 4p. Nhưng vì lớp 4p có năng lượng nhỏ hơn 3d. Vậy nên  $e^-$  tiếp theo (thứ 21) sẽ trở về chiếm phân lớp 3d. Tóm lại, sơ đồ cấu hình của Sc có dạng :



3. Nguyên tử Hydro ở trạng thái 1s. Tính xác suất tìm thấy  $e^-$  trong một hình cầu bán kính  $r = 0,1 a_0$  ( $a_0$  là bán kính quỹ đạo Bohr thứ nhất).

**Giải :**

Ở trạng thái 1s ( $n = 1, l = 0, m = 0$ ) hàm ứng của  $e^-$  có dạng :

$$\begin{aligned} \Psi_{1,0,0}(r, \theta, \varphi) &= R_{1,0}(r) \cdot Y_{0,0}(\theta, \varphi) \\ &= 2 \left( \frac{1}{\sqrt{a_0^3}} \right) \cdot e^{-\frac{r}{a_0}} \cdot \frac{1}{\sqrt{4\pi}} \\ &= \frac{1}{\sqrt{\pi a_0^3}} \cdot e^{-\frac{r}{a_0}} \end{aligned}$$

Hàm sóng ở đây chỉ phụ thuộc r (đối xứng cầu) xác suất tìm thấy  $e^-$  trong một lớp cầu mỏng nằm giữa 2 bán kính ( $er + dr$ ) có thể tích  $dV = 4\pi r^2 dr$ , sẽ là :

$$\begin{aligned} dW &= |\Psi_{1,0,0}|^2 d.V = \left( \frac{1}{\sqrt{\pi a_0^3}} \cdot e^{-\frac{r}{a_0}} \right)^2 \cdot 4\pi r^2 dr = \\ &= \frac{1}{\pi a_0^3} \cdot e^{-\frac{2r}{a_0}} \cdot 4\pi r^2 dr = \frac{4}{a_0^3} \cdot e^{-\frac{2r}{a_0}} r^2 dr \end{aligned}$$

Xác suất tìm  $e^-$  trong quả cầu bán kính  $r = 0,1 a_0$  được tính bởi tích phân :

$$W = \int_0^{0,1a_0} dW = \int_0^{0,1a_0} \frac{4}{a_0^3} e^{-\frac{2r}{a_0}} r^2 dr$$

$$= \frac{4}{a_0^3} \int_0^{0,1a_0} r^2 e^{-\frac{2r}{a_0}} dr$$

Ta có tích phân mẫu :

$$\int x^2 \cdot e^{ax} dx = -\frac{1}{a^3} (a^2 x^2 + 2ax + 2) e^{-ax}$$

Vậy nên ở đây để áp dụng tích phân mẫu ta đặt  $a = \frac{2}{a_0}$  ta có kết quả :

$$W = -\frac{4}{a_0^3} \cdot \frac{a_0^3}{8} \left( \frac{4}{a_0^2} r^2 + \frac{4}{a_0} r + 2 \right) e^{-\frac{2}{a_0} r} \Big|_0^{0,1a_0}$$

$$= -\left( \frac{2}{a_0^2} r^2 + \frac{2}{a_0} r + 1 \right) e^{-\frac{2}{a_0} r} \Big|_0^{0,1a_0}$$

$$= -(0,02 + 0,2 + 1) e^{-0,2} + 1$$

$$= 0,0011 = 1,1 \cdot 10^{-3}$$

### Bài tập tự giải :

- 4.1. Tìm hàm mật độ xác suất tìm thấy e- theo bán kính ở trạng thái  $n = 2, \hat{G} = 0, m = 0$  cho nguyên tử Hydro.
- 4.2. Nguyên tử Hydro ở trạng thái  $1s$ .
  - a) Tính xác suất  $w_1$  tìm thấy e- trong hình cầu  $(0 ; a_0)$  với  $a_0$  là bán kính quỹ đạo Bohr thứ nhất.
  - b) Tính xác suất  $w_2$  tìm thấy e- ngoài hình cầu đó.
  - c) Tìm tỷ số  $\hat{G}$
- 4.3. Hàm sóng mô tả e- ở trạng thái  $2s$  là  $\hat{G}$ . Với  $\hat{G}$ . Xác định những điểm cực trị của một độ xác suất. Vẽ đồ thị của  $\hat{G}$ .
- 4.4. Viết phương trình Srodinơ với nguyên tử Heli.
- 4.5. Viết phương trình Srodinơ với phân tử oxy.
- 4.6. Trong nguyên tử các lớp K, L, M đều đầy.
 

Xác định :

  - a) Tổng số e- trong nguyên tử.
  - b) Số electron s, số electron p và electron d.
  - c) Số electron p có  $m = 0$ .
- 4.7. Viết sơ đồ cấu hình đối với các nguyên tử sau ở trạng thái cơ bản : a) Bo b) Cacbon c) Natri
- 4.8. Viết các số lượng tử đối với tất cả các trạng thái của nguyên tử Hydro có  $n = 4$  và  $\hat{G} = 3$ .
- 4.9. Nguyên tử Hydro có bao nhiêu trạng thái với  $n = 5$ .
- 4.10. Có bao nhiêu hàm sóng 4 (bậc suy biến) ứng với trạng thái năng lượng  $n = 3$  của nguyên tử Hydro? Hãy viết tất cả các ký hiệu hàm sóng tìm được trong 2 hệ số lượng tử từ đó suy ra mức suy biến là như nhau.
- 4.11. Viết sơ đồ cấu hình của nguyên tố Argon (Ar,  $Z = 18$ ) và Krypton (Kr,  $Z = 36$ ), từ cấu hình đó hãy nhận xét các nguyên tố này được xếp vào họ nguyên tố gì trong lượng tuần hoàn Mendeleev.
- 4.12. 21 electron của nguyên tố Scandi (Sc) được sắp xếp theo các lớp và phân lớp như thế nào ?
- 4.13. Sơ đồ cấu hình của nguyên tố Xerxi (Ce) được ký hiệu như sau :  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^{10} 5s^2 5p^6 6s^1$ . Hãy xác định số lớp, phân lớp số e- trong từng lớp phân lớp và cho biết số thứ tự của nguyên tố này trong bảng tuần hoàn Mendeleev.
- 4.14. Lớp ứng  $n = 3$  chứa đầy electron, trong đó có bao nhiêu electron :
  - a) cùng có  $s_z = \hat{G}$
  - b) cùng có  $m = 1$

- c) cùng có  $m = -2$                       d) cùng có  $s_z = \frac{1}{2}$  và  $m = 0$   
 e) cùng có  $s_z = \frac{1}{2}$  và  $l = 2$
- 4.15. Tìm số e- cực đại có thể có trên một lớp vỏ con f (phân lớp) và cho các giá trị tương ứng của  $l$  và  $s_z$ .
- 4.16. Thiết lập cấu hình của năm khí trơ đầu tiên trong bảng tuần hoàn.
- 4.17. So với các khí trơ, số e- trong các kim loại kiềm nhiều hơn một. Viết sơ đồ cấu hình của bốn kim loại kiềm đầu tiên.
- 4.18. Các Halogen có số electron ít hơn một so với các khí trơ. Tìm sơ đồ cấu hình của ba Halogen đầu tiên.
- 4.19. Sau khi vỏ con (phân lớp) 4s được xếp đầy các e- bắt đầu xếp vào vỏ con 3d. Mười nguyên tố tương ứng tạo thành các nguyên tố chuyển tiếp. Tìm sơ đồ cấu hình đối với 3 nguyên tố đầu của nhóm nguyên tố chuyển tiếp đó (21Sc, 22Ti, 23V).
- 4.20. Xác định khí trơ nếu phân lớp 6p bị lấp đầy :
- 4.21. Tìm sơ đồ cấu hình của kim loại kiềm hình thành trên cơ sở cấu hình của Xe (Xenon).
- 4.22. Tìm sơ đồ cấu hình của một Halogen với 1 electron ít hơn so với Xe.
- 4.23. Các kim loại kiềm thổ có số e- nhiều hơn 2 so với các khí trơ tương ứng. Tìm cấu hình của 4 kim loại kiềm thổ đầu tiên.
- 4.24. Tìm nguyên tố có cấu hình  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6 4s^2$ .



# CẤU TRÚC NGUYÊN TỬ THEO CƠ HỌC LƯỢNG TỬ

4.1.  $\rho(r) = \left(\frac{r^2}{8a_0^3}\right) \left(2 - \frac{r}{a_0}\right)^2 \cdot e^{-\frac{r}{a_0}}$

a)  $W_1 = 0,324$

4.2. b)  $W_2 = 0,676$

c)  $\frac{W_1}{W_2} = 2,09$

4.3. Xác suất tìm thấy e- trong khoảng ( $\rho$ ;  $\rho+d\rho$ ) ( $\hat{G}$ )  
Xét hàm  $\hat{G}$

|                         |          |      |     |      |
|-------------------------|----------|------|-----|------|
| $\rho$                  | 0        | 0,76 | 2   | 5,24 |
|                         | $\infty$ |      |     |      |
| $ \psi(\rho) ^2 \rho^2$ | 0        | max  | max | 0    |

Mật độ xác suất cực đại tại:

( $\rho = 0,76$  và ( $\rho = 5,24$

và bằng không tại :

$\rho = 0$ ;  $\rho = 2$ ;  $\rho = \infty$

4.4. Hàm sóng của hai e- phụ thuộc vào  $\hat{G}$  và  $\hat{G}$ :  $\hat{c}$

Phương trình Srodinng có dạng:

$$\Delta_1 \psi + \Delta_2 \psi + \frac{2me}{\hbar^2} (E - U) \psi = 0$$

trong đó:

$$U = -\frac{e^2}{r_1} - \frac{e^2}{r_2} + \frac{e^2}{r_{12}}$$

(chú ý: Hệ đơn vị là CGS)

4.5. Các chỉ số :  $i, j \dots = 1, 2, 3 \dots 8$  Electron, A, B là hai hạt nhân, ta có hàm sóng:  $\hat{G}$

Phương trình Srodinng có dạng:

$$\sum \Delta_i \psi + \frac{2me}{\hbar^2} (E - U) \psi = 0$$

với  $\hat{G}$

4.6. a)  $2(1^2 + 2^2 + 3^2) = 28$

b) 6 electron s là  $(1s)^2$ ;  $(2s)^2$ ;  $(3s)^2$

12 electron p gồm  $(2p)^6$ ;  $(3p)^6$

10 electron d gồm  $(3d)^10$

c) 4 electron ( $l$  có  $m = 0$  gồm  $(2p)^2$  và  $(3p)^2$

4.7. a)  $1s^2 2s^2 2p^1$   $B$ ;  $Z = 5$

b)  $1s^2 2s^2 2p^2$   $C$ ;  $Z = 6$

c)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$   $Na$ ;  $Z = 11$

4.8. Với  $n = 4$  ta có mức suy biến  $G = 2n^2 = 2.16 = 32$ , nhưng với  $\hat{G} = 3$ , chỉ có:  $g = 2(l+1) = 2(2.3+1) = 14$

Các trạng thái đo ứng với các số lượng tử sau (viết theo thứ tự  $n, l, m, s_z$ ):

$$\begin{array}{ll}
4; 3; -3; \frac{1}{2} & 4; 3; -3; -\frac{1}{2} \\
4; 3; -2; \frac{1}{2} & 4; 3; -2; -\frac{1}{2} \\
4; 3; -1; \frac{1}{2} & 4; 3; -1; -\frac{1}{2} \\
4; 3; 0; \frac{1}{2} & 4; 3; 0; -\frac{1}{2} \\
4; 3; 1; \frac{1}{2} & 4; 3; 1; -\frac{1}{2} \\
4; 3; 2; \frac{1}{2} & 4; 3; 2; -\frac{1}{2} \\
4; 3; 3; \frac{1}{2} & 4; 3; 3; -\frac{1}{2}
\end{array}$$

\* Như vậy ứng với  $n = 4, \bar{G} = 3$  ta có 7 giá trị của  $m$  : ( 3, ( 2, (1, 0; 1, 2, 3 và tương ứng với 2 giá trị của  $s_z = \bar{G}$  ta sẽ có 14 trạng thái.

**4.9.**  $G = 2n^2 = 2.25 = 50$

**4.10. Hướng dẫn :  $G = 2n^2 = 2.9 = 18$  có 18 hàm sóng**

1) Viết theo hệ số lượng tử  $n, \bar{G}, m, s_z$

với  $n$  : số lượng tử chính

$\ell$  : số lượng tử mô men động lượng  $0 \leq \ell \leq n-1$

$m$  : số lượng tử từ  $-\ell$  đến  $\ell$

$s_z$  : số lượng tử spin  $s_z = \pm \frac{1}{2}$

(hay số lượng tử hình chiếu spin)

\* Chú ý: một số sách ký hiệu  $s_z$  là  $m_s$ . Viết theo hệ số này ta có:

|        |                |    |   |   |                |    |   |   |
|--------|----------------|----|---|---|----------------|----|---|---|
| $n$    | $Z$            |    |   |   |                |    |   |   |
| $\ell$ | 0              | 1  |   | 2 |                |    |   |   |
| $m$    | 0              | -1 | 0 | 1 | -2             | -1 | 0 | 1 |
| $s_z$  | $+\frac{1}{2}$ |    |   |   | $-\frac{1}{2}$ |    |   |   |

\*  $n, \bar{G}, m, s_z$  là :

$$\begin{array}{ll}
4; 0; 0; \frac{1}{2} & 4; 0; 0; -\frac{1}{2} \\
4; 1; -1; \frac{1}{2} & 4; 1; -1; -\frac{1}{2} \\
4; 1; 0; \frac{1}{2} & 4; 1; 0; -\frac{1}{2} \\
4; 1; 1; \frac{1}{2} & 4; 1; 1; -\frac{1}{2} \\
4; 2; -2; \frac{1}{2} & 4; 2; -2; -\frac{1}{2} \\
4; 2; -1; \frac{1}{2} & 4; 2; -1; -\frac{1}{2} \\
4; 2; 0; \frac{1}{2} & 4; 2; 0; -\frac{1}{2} \\
4; 2; 1; \frac{1}{2} & 4; 2; 1; -\frac{1}{2}
\end{array}$$

$$4; 2; 2; \frac{1}{2} \qquad 4; 2; 2; -\frac{1}{2}$$

Vậy viết theo cách này có 18 hàm sóng khác nhau.

2) Viết theo hệ số lượng tử n, l, j, m<sub>j</sub> với:

n: số lượng tử chính

l : số lượng tử mô men động lượng từ 0 đến n-1

j : số lượng tử nội

m<sub>j</sub> : số lượng tử toàn phần : m<sub>j</sub> từ j đến +j. Ta có những giá trị tương ứng như sau:

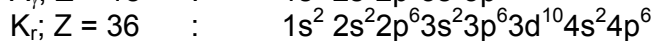
| n              | z              |                 |  |  |  |
|----------------|----------------|-----------------|--|--|--|
| l              | 0              | 1               |  | 2  |  |
| j              | $\frac{1}{2}$  | $\frac{1}{2}$   | $1\frac{1}{2}$                           | $1\frac{1}{2}$   | $2\frac{1}{2}$   |
| m <sub>j</sub> | $-\frac{1}{2}$ | $-\frac{1}{2};$ | $-1\frac{1}{2};$                         | $-1\frac{1}{2}; -\frac{1}{2}; \frac{1}{2}; 1\frac{1}{2}$ | $-2\frac{1}{2}; -1\frac{1}{2};$                        |
|                | $\frac{1}{2}$  | $\frac{1}{2}$   | $\frac{1}{2}; \frac{1}{2}; 1\frac{1}{2}$ |  | $\frac{1}{2}; \frac{1}{2}; 1\frac{1}{2}; 2\frac{1}{2}$ |

( Ta có các hàm sóng tương ứng như sau:

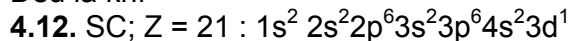
$$\begin{array}{ll}
 3; 0; \frac{1}{2}; \frac{1}{2} & 3; 0; \frac{1}{2}; -\frac{1}{2} \\
 3; 1; \frac{1}{2}; \frac{1}{2} & 3; 1; \frac{1}{2}; -\frac{1}{2} \\
 3; 1; 1\frac{1}{2}; -1\frac{1}{2} & 3; 1; 1\frac{1}{2}; -\frac{1}{2} \\
 3; 1; 1\frac{1}{2}; \frac{1}{2} & 3; 1; 1\frac{1}{2}; 1\frac{1}{2} \\
 3; 2; 1\frac{1}{2}; -1\frac{1}{2} & 3; 2; 1\frac{1}{2}; -\frac{1}{2} \\
 3; 2; 1\frac{1}{2}; \frac{1}{2} & 3; 2; 1\frac{1}{2}; 1\frac{1}{2} \\
 3; 2; 2\frac{1}{2}; -2\frac{1}{2} & 3; 2; 2\frac{1}{2}; -1\frac{1}{2} \\
 3; 2; 2\frac{1}{2}; -\frac{1}{2} & 3; 2; 2\frac{1}{2}; \frac{1}{2} \\
 3; 2; 2\frac{1}{2}; 1\frac{1}{2} & 3; 2; 2\frac{1}{2}; 2\frac{1}{2}
 \end{array}$$

Như vậy, viết theo hệ số lượng tử này ta cũng được 18 hàm sóng khác nhau.

Vậy cách viết theo 2 hệ là như nhau.



Đều là khí



**4.13. 6 lớp; 12 phân lớp; Z = 55**

Số e- trong từng lớp, phân lớp

| Lớp      | 1 | 2   | 3      | 4      | 5   | 6 |
|----------|---|-----|--------|--------|-----|---|
| Tên      | K | L   | N      | O      | P   | Q |
| Số e-    | 2 | 8   | 18     | 18     | 8   | 1 |
| Phân lớp | s | s p | s p d  | s p d  | s p | s |
| Số e+-   | 2 | 2 6 | 2 6 10 | 2 6 10 | 2 6 | 1 |

4.14. a) 9 b) 4 c) 2 d) 3 e) 5

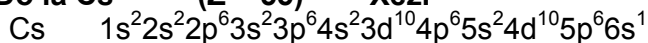
4.15. 14 electron;  $m = \pm 3; \pm 2; \pm 1; 0$ ;  $s_z = \pm \frac{1}{2}$

4.16. Khí trơ là những khí mà số e- của chúng chiếm đầy các lớp (hoặc phân lớp). Tức đã bão hoà, không thể nhận thêm được nữa. Vì vậy nó trở về phương diện hoạt động hóa học.

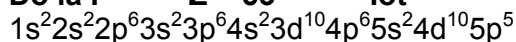
|          |  |          |
|----------|--|----------|
| He       | $1s^2$   | $Z = 2$  |
| Ne       | $1s^2 2s^2 2p^6$   | $Z = 10$ |
| Ar       | $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$                                     | $Z = 18$ |
| Kr       | $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6$                   | $Z = 36$ |
| Xe       | $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^6$ | $Z = 54$ |
| 4.17. Li | $1s^2 2s^1$  | $Z = 3$  |
| Na       | $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$  | $Z = 11$ |
| K        | $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$                                | $Z = 19$ |
| Rb       | $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^1$              | $Z = 37$ |
| 4.18. F  | $1s^2 2s^2 2p^5$   | $Z = 9$  |
| Cl       | $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$                                     | $Z = 17$ |
| Br       | $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^5$                   | $Z = 35$ |
| 4.19. Sc | $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^1$                           | $Z = 21$ |
| Ti       | $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^2$                           | $Z = 22$ |
| V        | $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^3$                           | $Z = 23$ |

4.20. Đó là Rn ( $Z = 86$ ) Radon

4.21. Đó là Cs ( $Z = 55$ ) Xezit



4.22. Đó là I ( $Z = 53$ ) Iot



|          |   |          |
|----------|---|----------|
| 4.23. Be | $1s^2 2s^2$                                       | $Z = 4$  |
| Mg       | $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$                             | $Z = 12$ |
| Ca       | $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$                   | $Z = 20$ |
| Sr       | $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2$ | $Z = 38$ |
| 4.24. Fe | $Z = 26$  |          |

## Phần II : VẬT LÝ HẠT NHÂN

### Chương I Hạt nhân nguyên tử và đặc tính của nó

- 1.1. a) Số proton đều là 6 còn số neutron lần lượt bằng 4, 5, 6, 7, 8, 9  
b)  $R \approx 3,2 \cdot 10^{-15} \text{m}$ .

1.2. 6,2 lần

1.3. Hạt nhân nguyên tử Hydro không chứa Neutron. Nó chính là hạt proton.

1.4. Với  $H'$  ( $R = R_0 = 1,4 \cdot 10^{-15} \text{m}$ )  
với  $Al_{27}$  ( $R = R_0$ )

1.5. Được  $1H^3$ ,  $3Li^7$ ,  $7N^{15}$

1.6. Với  $6C^{12}$  ( $E = (92,15 \text{Mev}; \epsilon = (7,68 \text{Mev/n})$   
 $8O^{16}$   $\Delta E = -127,6 \text{Mev}; \epsilon = -7,97 \text{Mev/n}$   
 $3Li^7$   $\Delta E = -39,24 \text{Mev}; \epsilon = -5,6 \text{Mev/n}$

1.7. Xem 1.6 – Cacbon bền hơn

1.8. ( 8,3 Mev/n và ( 7,9 Mev/n

1.9. – 160,7Mev

1.10. 34,97dvkInt (hay u)

1.11. Tự chứng minh

1.12. Khối lượng nguyên tử của nguyên tố Cl : 35,46

1.13. Hàm lượng tương ứng của các đồng vị Bo là 20% và 80%

1.14. ( 76,3 Mev và ( 8,5Mev

1.15. ( 178,6 Mev và ( 180,4Mev. Hạt nhân  $92U^{238}$  bền hơn hạt nhân  $92U^{235}$ .

1.16. – 6,38Mev/n; – 8,75Mev/n; – 8,56Mev/n

1.17.  $\Delta E = 12,42 \text{Mev}$

Hướng dẫn:

Sau khi biết 1 neutron, hạt nhân  $11Na^{23}$  trở thành  $11Na^{22}$ . Năng lượng bứt neutron khỏi hạt nhân,  $11Na^{23}$  bằng năng lượng liên kết của Neutron với hạt nhân  $11Na^{22}$ . Có thể thay khối lượng hạt nhân bằng khối lượng của các nguyên tử trung hòa (theo bảng tra cứu), vì số electron ở các lớp vỏ của các nguyên tử  $Na^{22}$  và  $Na^{23}$  là như nhau.

1.18. với  $2He^4$  là 23,8Mev

Với  $6C^{12}$  là 7,26Mev

1.19.  $R = R_T \sqrt{\frac{\rho t}{\rho_{hn}}} \approx 15,85 \cdot 10^3 \text{m}$

Hướng dẫn :

Tính mật độ khối lượng chất hạt nhân:

$$\rho_{hn} = \frac{M_{hn}}{\frac{3}{4} \pi R_{hn}^3} \quad \text{vôùi } M_{hn} = m_p \cdot A$$

$$R_{hn} = (1,5 \cdot 10^{-15}) \cdot A$$

$$\rho_{\text{hn}} = 1,18 \cdot 10^{17} \text{ kg/m}^3$$

Thể khối lượng mặt trời qua mật độ khối lượng của nó.

1.20. 0,71 Mev

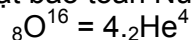
1.21. Với  $2\text{He}^3$  ( $E = 7,72 \text{ Mev}$ )  
với  $1\text{H}^3$  ( $E = 8,48 \text{ Mev}$ )

Ta thấy năng lượng liên kết của  $2\text{He}^3$  nhỏ hơn của  $1\text{H}^3$  một lượng (0,76 Mev), xấp xỉ bằng năng lượng do lực đẩy Colomb của hạt nhân  $2\text{He}^3$  ở bài trên.

1.22. a) – 8,55 Mev; d) – 7,9 Mev

1.23. Hướng dẫn:

Xét về mặt bảo toàn Nuclon hạt nhân  $8\text{O}^{16}$  có thể tách ra làm 4 hạt nhân  $2\text{He}^4$



Năng lượng liên kết của  $8\text{O}^{16} = 127,2 \text{ Mev}$

của  $2\text{He}^4 = 28,3 \text{ Mev}$

của 4 hệ  $2\text{He}^4 = 113,2 \text{ Mev}$

Vậy năng lượng liên kết của 4 hệ  $2\text{He}^4$  cao hơn của  $8\text{O}^{16}$ , do đó  $8\text{O}^{16}$  có thể tách ra thành 4 mảnh  $2\text{He}^4$ , nếu ta cung cấp cho nó một năng lượng:

$$\begin{aligned} A &= -\Delta(E_o - 4\Delta E_{\text{He}}) \\ &= 14 \text{ Mev} \end{aligned}$$

1.24. a)  $\Delta E = -12,06 \text{ J}$

b)  $\Sigma = -1,3 \cdot 10^{-12} \text{ J}$

c)  $A = 226 \cdot 10^3 \text{ Kwh}$

1.25. a) 15,6 Mev

b) 12,14 Mev

Liên kết proton yếu hơn vì còn chịu tương tác đẩy Coulomb.

## Chương II Phân và phóng xạ

2.1. 8( và 6(-

2.2.  $n = 1 - e^{-\lambda t}$

Hướng dẫn :

Xác suất  $n = \frac{\text{soá hạt nhân bò phân rã trong } t \text{ giây}}{\text{soá hạt nhân cò ôu thời ñieâm ban ñầu}}$

$$n = \frac{\Delta N}{N_0}$$

2.3. 63%

2.4.  $m = m_0 e^{-\lambda t}$

Gọi ý: khối lượng 1 chất bằng khối lượng của một nguyên tử nhân với số nguyên tử có trong khối chất đó :  $m N(A)$

2.5. **G mẫu ban đầu**

2.6. ( 700 hạt

2.7. = 2.108 phân rã

2.8. T = 1660 năm

2.9. T = 2.75 năm hay 1023 ngày

2.10. ( =  $10^{-7}$  prã/s hay 0,04prã/h

2.11. ( =  $5 \cdot 10^{-18}$ /s; ( =  $2 \cdot 10^{17}$ s; T =  $4 \cdot 5 \cdot 10^9$  năm

2.12.  $0,5 \cdot 10^{14}$  hạt

2.13.  $\approx 177$  gam

2.14.  $\approx 53$ g

2.15. a)  $0,707 N_0$  và  $0,031 N_0$

b)  $6,1 \cdot 10^{-5} N_0$

2.16.  $231,25 \cdot 10^7$  pr/s hay 62,5mCi

2.17. (  $1,1 \cdot 10^4$  prã/s

2.18. (  $1,2 \cdot 10^9$  năm

2.19.  $6 \cdot 10^9$  năm

2.20.  $t = T = 5570$  năm

2.21. 5280 năm

Gọi ý : Hoạt độ phóng xạ ban đầu  $A_0$  là hoạt độ phóng xạ cân bằng của  $C^{14}$  đo được ở các chất hữu cơ sống. Khi chất hữu cơ chết, quá trình hấp thụ cacbon ngừng, hoạt độ phóng xạ sẽ giảm theo qui luật:

$$A = A_0 e^{-\lambda t}$$

2.22. 12.400 năm

2.23. 3,31 micro curie ( $\mu$ Ci)

hay  $1,22 \cdot 10^5$  prã/s

**2.24. 12.444 năm**

**2.25. 9 lần**

**2.26. 10,3giờ**

**2.27. T = 3,8ngày; A = 0,31.10<sup>23</sup>prã/ngày hay A = 3,58.10<sup>11</sup>Bq**

**2.28. a) 48phút**

b) 5,3giờ

**2.29. 1803năm**

**2.30. 16.710năm**

**2.31. 45,2ngày**

Gọi ý: ( Số lượng hạt Po còn lại sau thời gian t là  $N = N_0 e^{-\lambda t}$  ứng với khối lượng

$$m_{po} = \frac{N \cdot 210}{N_A} = \frac{N_0 e^{-\lambda t} \cdot 210}{N_A}$$

( Số lượng hạt chỉ tạo thành sau thời gian t bằng số polomi phân rã:  $(N = N_0(1 - e^{-\lambda t}))$  tương ứng với khối lượng G ta có tỷ số :G

**2.32. T = 4,7giờ**



### Chương III : Tương tác hạt nhân – Năng lượng hạt nhân

3.1.  ${}_7\text{N}^{14}(\text{n}, \text{p}) {}_6\text{C}^{14}$

3.2. **Đề được :**

Phản ứng 1) do Cockesoft và Walton tiến hành năm 1932.

Phản ứng 2) do Rutherford tiến hành năm 1919.

3.3.  $m(\text{n}) = 1,008628 \text{ dvk/nt}$

3.4. **a) không.**

b) 1,57Mev

3.5. 7,26Mev

3.6. **Q > 0 nên có U235 phân rã được**

3.7. a) – 1,64Mev; b) 6,28Mev; c) – 2,79Mev; d) 3,11Mev

3.8. a) 4Mev; b) 3,26Mev; c) 18,3Mev; d) 17,6Mev

3.9. **Hướng dẫn:**

Coulomb là năng lượng cần thiết để đưa một proton tới bờ của hạt nhân:

Đặt  $\tilde{G}$ ; với  $r_0 = 1,4\text{fm}$

$$E_c = K \frac{Ze}{\Delta} = K \cdot \frac{Ze^2}{r_0(A^{\frac{1}{3}} + 1)} = (1,03\text{Mev}) \left( \frac{Z}{A^{\frac{1}{3}} + 1} \right)$$

(chú ý: Nếu hệ CGS :  $K = 1$ )

Với  ${}_{80}\text{O}^{16}$  : 2,34Mev

${}_{41}\text{Nb}^{93}$  : 7,64Mev

${}_{83}\text{Bi}^{209}$  : 12,33Mev

3.10. **Với  ${}_{80}\text{O}^{16}(\text{p}, \text{d}) {}_{80}\text{O}^{15}$ ;  $W_n = 14,28\text{Mev}$**

${}_{41}\text{N}^{93}(\text{p}, \text{d}) {}_{41}\text{N}^{92}$ ;  $W_n = 6,69\text{Mev}$

${}_{83}\text{Bi}^{209}(\text{p}, \text{d}) {}_{83}\text{Bi}^{208}$ ;  $W_n = 5,26\text{Mev}$

3.11.  $D_n = 2,44 \text{ Mev}$

3.12.

3.13.  $\lambda' = 0,022\text{A}^\circ$

3.14.  **$\tilde{G}$ ; n truyền cho p một nửa năng lượng của nó.**

3.15. **21 lần**

3.16.  $Q = 8,2 \cdot 10^{17} \text{ brg}$  hay  $8,2 \cdot 10^{10} \text{ J}$  hay  $5,3 \cdot 10^{23} \text{ Mev}$

3.17. 12,4kg

3.18.  $Q = 4,2 \cdot 10^{14} \text{ J}$  hay  $26,3 \cdot 10^{26} \text{ Mev}$

3.19. a)  $Q = 5,13 \cdot 10^{26} \text{ Mev} \approx 2,3 \cdot 10^7 \text{ KWh}$

b) 2800tấn

3.20.  $\varphi = 54^\circ$

3.21.  $Q = 40,35 \cdot 10^{26} \text{ Mev}$  hay

**3.22.** – Chu trình proton – proton (hay chu trình Critchfield):

$$Q = 26,7\text{Mev hay } 4,3 \cdot 10^{-12}\text{J}$$

Tóm tắt :  $4\text{H}^1 \rightarrow 2\text{He}^4 + 2\text{e}^+ + 2\gamma + 3\text{H}^1$

Trong mặt trời phần đóng góp của 2 chu trình là như nhau.

( Trong các sao có nhiệt độ thấp hơn mặt trời: chu trình p – p trội hơn.

( Trong các sao sáng hơn mặt trời (nóng hơn) : chu trình Cacbon trội hơn. Tuy nhiên các chu trình này không thể sử dụng ở phòng thí nghiệm được vì chúng xảy ra rất chậm.

( Các năng lượng trên có thể bị thất thoát chút đỉnh do nitơ ( $^{14}\text{N}$ ) bay ra khỏi mặt trời.

**3.23.**  $\approx 6 \cdot 10^{-12}\text{J}$

**3.24. a)**  $6 \cdot 10^{11}\text{kg/s}$

b)  $m = 1,369 \cdot 10^{14}\text{tấn}$

$$\frac{\Delta m}{M} = 6,8 \cdot 10^{-14}$$

c)  $m_{\text{He}} = 9,73 \cdot 10^{15}\text{tấn}$

$m_{\text{H}} = m_{\text{He}} + m = 9,86 \cdot 10^{15}\text{tấn}$

**3.25. T = 3,6.1010năm**

Gợi ý: 1 năm (  $3,15 \cdot 10^7\text{s}$  )

**3.27. T =  $8,35 \cdot 10^9\text{K}^0$**

**3.28. Q = 23,8Mev**

**ĐÁP SỐ VÀ HƯỚNG DẪN**  
**PHẦN I : VẬT LÝ NGUYÊN TỬ**

*Chương I :*

**TÍNH CHẤT LƯỢNG TỬ CỦA BỨC XẠ ĐIỆN TỬ**

**1.1. Đáp số :**  $V = 7,30.10^5$  m/s.

**1.2. Đáp số :** Không thể xảy ra

**1.3. Đáp số :**

1)  $A = 4,52$  eV

2)  $V = 9,10.10^7$  m/s và  $D = 3,80.10^{-19}$  J.

**1.4. Đáp số :** ( $\tilde{G} = 12,4A_0$  và  $\dot{G} = 2,42.10^{17}S^{-1}$ )

**1.5. Đáp số :**  $P = \dot{G} = 12MeV/c$ .

**1.6. Hướng dẫn :** Khi Electron bay vào vùng tác dụng của trường lực hạt nhân sẽ bức xạ photon có tần số xác định. Dựa vào qui luật bảo toàn: tổng năng lượng trước bằng tổng năng lượng sau :

$$E_{đầu} = E_{sau}$$

$$D + m_0c^2 = m_0c^2 + h\nu$$

Suy ra  $D = \tilde{U}$  cụ thể là  $20Kev = \tilde{U}$  vậy  $\dot{G} = 4,84S^{-1}$ .

**1.7. Đáp số :** Theo định luật bảo toàn năng lượng :

$$E_{đầu} = E_{sau}$$

$$15eV = \frac{hc}{\lambda} \quad \text{suy ra } \lambda = 827A^0$$

**1.8. Hướng dẫn :** Hạt chuyển động với vận tốc lớn vào cỡ bằng hoặc lớn hơn 30% vận tốc ánh sáng, phải áp dụng qui luật tương đối tính. Theo thuyết tương đối :

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \quad \text{với } m_0 - \text{ là khối lượng nghỉ.}$$

Ta bình phương hai vế của biểu thức sau đó nhân cho  $C^2$  ta có :

$$m^2c^2 - m^2v^2 = m_0^2c^2$$

$$m^2c^4 - m^2v^2c^2 = m_0^2c^4$$

$$E^2 - (pc)^2 = E_0^2 \Rightarrow E^2 = E_0^2 + (pc)^2$$

Năng lượng nghỉ của Electron :

$$E_0 = m_0c^2 = 0,511MeV$$

Động năng :  $D = E - E_0 = mc^2 - m_0c^2$  ( $D + m_0c^2 = mc^2$ )

Vậy :  $E = D + m_0c^2$  nên ta có :

$$(0,30 + 0,511)^2 = (0,511)^2 + (PC)^2$$

Kết quả :  $P = 3,47$  MeV/c

$$E = P.C = 3,47$$
 MeV/c.C = 3,47 MeV

**1.9. Hướng dẫn:**

Mỗi photon mang năng lượng  $E = \tilde{U} = 6,6.10^{-34}.10^3.7.10^6 = 6,88.10^{-26}J$ .

Số lượng tử trong một đơn vị thời gian được xác định :

$$N = \frac{\text{Số lỗđing}}{\text{thời gian}} = \frac{200KW}{E} = \frac{2.10^5 J/s}{6,88.10^{-26}J} = 2,91.10^{30} \text{ photon / s}$$

**1.10. Hướng dẫn :**

Áp dụng phương trình Einstein :  $\tilde{U} = A + \dot{G}$

Trong đó động năng bằng :G

Cho biết A = 2,10 eV

$$\nu = 5,07 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

Kết quả hằng số planck : h = 6,626.10<sup>-34</sup> JS.

**1.11. Hướng dẫn : Theo định luật bảo toàn năng lượng :**

D =G, D là động năng.

$$1) \lambda' = \lambda + \frac{h}{mC} = 0,732A^\circ$$

$$2) D = 1,13 \text{ KeV.}$$

**1.12. Đáp số : 1)G(1-cos()) = 2,21.10<sup>-12</sup>m.**

$$2) N = \frac{D}{E} = \frac{h\nu - h\nu'}{h\nu} = \frac{\lambda' - \lambda}{\lambda'} = \frac{\Delta\lambda}{\lambda + \Delta\lambda} = 91\%$$

**1.13. Đáp số : 1) (' = 2,73.10<sup>-12</sup>m.**

$$2) \lambda' = 6,05 \cdot 10^{-12} \text{ m.}$$

**1.14. Đáp số : 1) (( = 4,8.10<sup>-12</sup>m.**

$$2) \Delta E = 41 \text{ Kev.}$$

$$3) E = 41 \text{ Kev.}$$

**1.15. Đáp số : 1) 8,1.10<sup>-9</sup>%**

$$2) 4,9 \cdot 10^{-4}\%$$

$$3) 9,6\%$$

$$4) 68\%$$

**1.16. Đáp số : 2,33.10<sup>-7</sup>m**

**1.17. Đáp số : 10,10ev**

**1.18. Đáp số : 6,76.10<sup>5</sup>m/s**

**1.19. Đáp số : 1,30v và 6,80.10<sup>5</sup>m/s**

**1.20. Đáp số :**

$$1) 3,82 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

$$2) 1,82 \text{ ev.}$$

**1.21. Hướng dẫn : Chọn Electron làm gốc hệ qui chiếu trước khi hấp thụ photon xem như đang chuyển động tự do.**

Áp dụng định luật bảo toàn năng lượng và xung lượng :

$$\frac{mV^2}{2} = \frac{mV'^2}{2} + h\nu \quad (1)$$

$$m\vec{V} = m\vec{V}' + \frac{h\nu}{C} \quad (2)$$

$$\text{Suy ra : } m(v^2 - v'^2) = 2h\nu \quad (1)$$

$$m(v - v') + (v + v') = 2h\nu \quad (2)$$

$$m(v - v') = \frac{h\nu}{C} \quad \text{suy ra } \frac{h\nu}{C}(v - v') = 2h\nu$$

Kết quả :

$v - v' = 2c$  điều này vô lý. Do vậy Electron tự do không thể bức xạ photon.

**1.22. Hướng dẫn: Vận tốc V = 0,6C nên phải áp dụng phương trình tương đối tính.**

$$D = mc^2 - m_0c^2 = \Delta E$$

$$\Delta E = \frac{m_0 C^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - m_0 C^2 = \frac{hC}{\lambda} - \frac{hC}{\lambda'}$$

Mặt khác ta có :  $(E = h(\dots - \dot{G}$  là độ giảm năng lượng photon.

$$\Delta \lambda = \lambda' - \lambda = 0,0135 \text{ \AA}$$

Thế vào :  $(( = 2(c \sin 2\dot{G}$  suy ra  $( = 63040'$

**1.23. Hướng dẫn: Động năng D = 0,19MeV là khá lớn, nên phải áp dụng hệ thức tương đối tính. Áp dụng hai định luật bảo toàn năng lượng và xung lượng:**

$$hv + m_0 C^2 = hv' + \frac{m_0 C^2}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{C^2}}} \quad (1)$$

$$\frac{hv}{C} + 0 = \frac{hv'}{C} + P_e \quad (2)$$

Mặt khác ta có  $D = mc^2 - m_0c^2 = \tilde{U} - \tilde{U}_0 = \dot{G}$

Hay :  $D = \dot{G}$  thế  $(( = 2(c \sin J$

Động năng chỉ cực đại khi  $\sin J = 1$  suy ra  $( = 180o$

Vậy :  $D_{Max} = \dot{G}$  Suy ra  $( = \dot{G}$

Thế số vào ta có:  $( = 0,037 \text{ \AA}$

**1.24. Hướng dẫn :**

$$\Delta \lambda = \lambda' - \lambda = 2\lambda_c \sin^2 \frac{\theta}{2}; \text{ suy ra } \lambda' = \lambda + \Delta \lambda$$

$$E' = hv' = \frac{hc}{\lambda'} = \frac{hc}{\lambda + 2\lambda_c \sin^2 \frac{\theta}{2}} = 0,144 \text{ Mev.}$$

**1.25. Hướng dẫn :**

( Xung lượng các photon trước và sau khi tán xạ:

$$P_1 = \dot{G} \text{ và } P_2 = \dot{G}.$$

( Theo định luật bảo toàn động lượng:  $\dot{G} = \dot{G} + \dot{G}$

$$\text{Trị số: } P_2 = \dot{O} + \dot{G}, \text{ suy ra: } P = 1,60 \cdot 10^{-22} \text{ kg.m/s}$$

**1.26. Hướng dẫn: Áp dụng hai định luật bảo toàn năng lượng và xung lượng:**

$$E + m_0 C^2 = \dot{G} + \dot{G} \text{ với Electron } E_0 = m_0 C^2 = 0,511 \text{ Mev.}$$

$$\frac{E}{C} + 0 = -\frac{E'}{C} + \frac{m_0 V}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Va chạm là trực diện, nên có thể xem  $\dot{G} = 180o$  (quay ngược lại) giải hệ phương trình trên, ta suy ra:  $V = 0,65 C$ .

**1.27. Hướng dẫn: Áp dụng định luật bảo toàn năng lượng và động lượng:**

$$E + m_0 C^2 = E' + m_0 C^2 + D$$

$$E' = E - D = 0,05 - 0,10 = 0,40 \text{ MeV}$$

$$\lambda' = \frac{hC}{E'} = 3,10 \cdot 10^{-2} \text{ \AA}$$

**1.28. Hướng dẫn:**

( Nếu Electron có năng lượng cực đại điều này cho thấy Photon sẽ phải tán xạ ngược trở lại so với chiều Photon bay tới. Theo định luật bảo toàn năng lượng và động năng:

$$E + m_0 C^2 = E' + m_0 C^2 + D \text{ và } D = E - E' = 45 \text{ KeV}$$

$$\frac{E}{C} + 0 = -\frac{E'}{C} + P_e$$

Mặt khác ta có quan hệ  $E_2 = (P_e C)^2 + \dot{G}$  và  $E = E_0 + D$  và  $E_0 = m_0 C^2$  nên ta có :  $(0,511 + 0,045)^2 = (P_e C)^2 + (0,511)^2$

Suy ra :  $P_e = 0,219\text{Mev}/c$  và  $E = 132\text{Kev}$ .

Kết quả :  $\hat{G}$

**1.29. Hướng dẫn : Photon mang năng lượng 0,50Mev tương ứng với bước sóng :**

$$\lambda = \frac{hc}{E} = 2,48.10^{-4}\text{A}^\circ$$

Theo định luật bảo toàn năng lượng:

$$E + m_0c^2 = E' + m_0c^2 + D$$

$$E = E' + D \text{ suy ra } E' = 0,50 - 0,10 = 0,40\text{Mev}$$

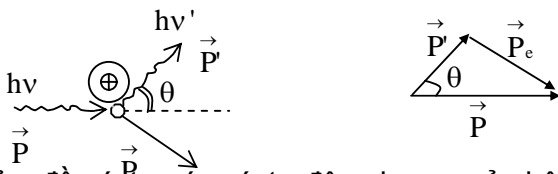
$$\lambda' = \frac{hc}{E'} = 3,10.10^{-4}\text{A}^\circ.$$

Hiệu ứng Compton:  $\hat{G} = \hat{G}(1 - \cos(\theta))$

thế trị số vào:  $3,10.10^{-4}\text{Ao} - 2,48.10^{-4}\text{Ao} = 2,43.10^{-4}\text{Ao} (1 - \cos\theta)$ , suy ra:  $( = 420$

**1.30. Hướng dẫn: Hiện tượng tán xạ Compton có thể minh họa trên hình vẽ sau:**

- Photon va chạm vào Electron đánh bật nó ra khỏi nguyên tử sau đó Photon bị tán xạ dưới góc  $\theta$ .



- Giảm đồ vectơ các vectơ động lượng của hệ được minh họa như một tam giác.

Theo định luật bảo toàn năng lượng:

$$\begin{aligned} \frac{hc}{\lambda} + m_0c^2 &= \frac{hc}{\lambda'} + mc^2, \text{ suy ra: } mc^2 = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda'} + m_0c^2 \\ &= hc\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda'}\right) + m_0c^2 \end{aligned}$$

$$\text{Suy ra : } mc^2 = \frac{hc(\lambda' - \lambda)}{\lambda\lambda'} + m_0c^2$$

Ta biến đổi bằng cách bình phương hai vế của biểu thức trên:

$$\begin{aligned} (mc^2)^2 &= \left[ \frac{hc(\lambda' - \lambda)}{\lambda\lambda'} + m_0c^2 \right]^2 \\ (mC^2)^2 &= \frac{(hc)^2}{(\lambda\lambda')^2}(\lambda^2 + \lambda'^2) - \frac{2(hc)^2}{\lambda\lambda'} + \frac{2hm_0C^3}{\lambda\lambda'}(\lambda' - \lambda) + (m_0C^2)^2 \end{aligned}$$

Từ hình vẽ ta có vectơ động lượng của Electron bằng :

$$\vec{p}_e = \vec{p} - \vec{p}' \text{ trừ số của } P_e \text{ bằng:}$$

$$P_e^2 = P^2 + P'^2 - 2pp'\cos\theta = \frac{h^2}{(\lambda\lambda')^2}(\lambda'^2 + \lambda^2 - 2\lambda\lambda'\cos\theta)$$

Mặt khác ta có :  $E^2 = (Pec)^2 + E_0^2$

Thế trị số vào ta có :

$$\begin{aligned} \frac{(hc)^2}{(\lambda\lambda')^2}(\lambda'^2 + \lambda^2) - \frac{2(hc)^2}{\lambda\lambda'} + \frac{2hm_0C^3}{\lambda\lambda'}(\lambda' - \lambda) + (m_0C^2)^2 &= \\ = \frac{(hc)^2}{(\lambda\lambda')^2}(\lambda'^2 + \lambda^2 - 2\lambda\lambda'\cos\theta) + (m_0C^2)^2 & \end{aligned}$$

$$\text{Suy ra : } \Delta\lambda = \lambda' - \lambda = \frac{h}{m_0C} (1 - \cos\theta)$$

## Chương II

### CÁC MẪU NGUYÊN TỬ CỔ ĐIỂN

2.1. Đáp số :  $b = 7,3 \cdot 10^{-11} \text{cm}$

2.2. Đáp số : (pG)

2.3. Đáp số :  $b = 4,92 \cdot 10^{-12} \text{cm}$

2.4. Đáp số :  $d = 0,9 \cdot 10^{-12} \text{cm}$

2.5. Hướng dẫn :

1)  $d = 5,9 \cdot 10^{-11} \text{cm}$

2) Xét trong hệ khối tâm c.

Khối tâm c chuyển động thẳng đều  $V_c = \text{const}$  nên vận tốc của hạt ( và hạt nhân Li tỉ lệ với khối tâm sẽ là vận tốc tương đối :

$$V'_\alpha = \frac{MV_\alpha}{m+M} \quad \text{và} \quad V'_L = -\frac{mV_\alpha}{m+M}$$

Ban đầu hạt nhân Li tỉ đứng yên. Gọi m là khối lượng hạt ( và M là khối lượng hạt nhân Li tỉ.  $V'_\alpha$  và  $V'_L$  luôn luôn tổng bằng 0 của hai hạt  $\alpha$  và hạt nhân Li tỉ so với khối tâm c của hệ hai hạt tương tác.

Động năng toàn phần của hệ :

$$E' = E'_\alpha + E'_L = \frac{mV_\alpha'^2}{2} + \frac{MV_L'^2}{2} = E_\alpha \frac{M}{m+M}$$

Dựa vào định luật bảo toàn năng lượng ta có :

$$E' = K \frac{2e \cdot 3e}{d} = 1 \frac{6e^2}{d} \Rightarrow d = \frac{6e^2}{E'} = 3,4 \cdot 10^{-12} \text{cm}$$

2.6. Hướng dẫn :

Áp dụng công thức Rutherford :

$$dW = \frac{dn}{n} = N \cdot d \left( \frac{ze^2}{mV^2} \right)^2 \frac{2\pi \sin \theta \cdot d\theta}{\sin^4 \frac{\theta}{2}}$$

vì góc biến thiên từ 890 đến 910 nên có thể chọn trung bình là 900 và  $d(\theta) = 20$ . Đổi đơn vị góc ra đơn vị Radian rồi tính toán cụ thể.

2.7. Hướng dẫn : Số hạt nhân trên một đơn vị diện tích gây tán xạ là  $n = N \cdot d$  (trong đó N là số hạt nhân trong một đơn vị thể tích). Số hạt nhân gây tán xạ là :  $n = N \cdot d$  với  $N_A$  là số Avôgadro.  $A/N_A$  là khối lượng của một nguyên tử tính bằng gam. Ta có thể xem  $d(\theta) = 20$  đổi ra đơn vị Radian, cuối cùng nhân cho thời gian  $t = 5$  phút;  $n(\theta) = 24$  hạt.

2.8. Hướng dẫn : Áp dụng :  $d = \frac{1}{N}$

$n$  là mật độ hạt nhân (số hạt nhân trong một đơn vị thể tích) thay trị số, suy ra  $d = 1,5 \cdot 10^{-6} \text{m}$ .

2.9. Hướng dẫn :

1)  $N = 1,6 \cdot 10^6$  hạt

$$2) N = \pi \cdot n \cdot d \left( \frac{ze^2}{D} \right)^2 \cot^2 \frac{\theta}{2} \cdot I_0 \cdot t$$

Thay trị số vào ta có :  $N = 2 \cdot 10^7$  hạt

2.10. Hướng dẫn : Từ công thức tán xạ Rutherford suy ra :

$$\frac{dn_1}{dn_2} = \left(\frac{z_1}{z_2}\right)^2 \frac{A_2}{A_1} \text{ và } \frac{dn_1}{dn_2} = \left(\frac{z_1}{z_2}\right)^2 \frac{N_1}{N_2}. \text{ Kết quả: } \frac{N_1}{N_2} = \frac{A_2}{A_1}$$

**2.11. Hướng dẫn : Từ qui luật bức xạ năng lượng điện từ của Electron theo điện động lực học cổ điển, suy ra :**

$$dE = -\frac{2e^2}{3C^3} a^2 dt \quad (1)$$

Năng lượng liên kết Electron và hạt nhân trong nguyên tử Hydro bằng :  $E = \dot{G}$  (trong hệ CGS).

Lấy vi phân biểu thức này :  $\dot{G}$  (2)

- Gia tốc :  $a = \dot{G}$

- Lực hút hạt nhân đối với Electron  $\dot{G}$  (trong hệ CGS), suy ra trị số gia tốc :  $\dot{G}$

(3)

- Thế biểu thức (2) và (3) vào (1) ta có :

$$\frac{e^2}{2r^2} dr = -\frac{2e^2}{3C^3} \left(\frac{e^2}{mr^2}\right)^2 dt$$

- Suy ra :  $t = \int_0^t dt = -\int_r^0 \frac{3C^3 m^2 r}{4e^4} dr = \frac{m^2 C^3 r^3}{4e^2} = 1,30 \cdot 10^{-11} \text{ s}$

**2.12. Đáp số :  $R = 109563 \text{ cm}^{-1}$**

**2.13. Đáp số :**

- 1)  $r_1 = 0,529 \cdot 10^{-8} \text{ cm}$  (H) và  $V = 2,18 \cdot 10^8 \text{ cm/s}$   
 $r_1 = 0,265 \cdot 10^{-8} \text{ cm}$  (He+) và  $V = 4,36 \cdot 10^8 \text{ cm/s}$
- 2)  $D = 13,60 \text{ eV}$  (H) và  $E = 13,60 \text{ eV}$   
 $D = 54,50 \text{ eV}$  (He+) và  $E = 54,50 \text{ eV}$
- 3)  $V_{ion} = 13,60 \text{ v}$  (H) và  $( = 12,15 \cdot 10^{-8} \text{ cm}$   
 $V_{ion} = 54,50 \text{ v}$  (He+) và  $( = 3,04 \cdot 10^{-8} \text{ cm}$

**2.14. Hướng dẫn: Áp dụng biểu thức hằng số Rítbéc cho iôn Heli ((He+).**

$$R_{He} = \frac{R_{\infty}}{1 + \frac{m}{M_{He}}} = 109722 \text{ cm}^{-1}$$

Đối với Heli  $Z = 2$  do đó ta có :

Trị số năng lượng iôn hóa :

$$\Delta E_{ion} = E_{\infty} - E_1 = 4Rhc \left( \frac{1}{1^2} - \frac{1}{\infty} \right) = 4Rhc$$

Kết quả : 1)  $( = 1,64 \cdot 10^{-5} \text{ cm}$ .

2)  $\Delta E_{ion} = 54,40 \text{ eV}$ .

**2.15. Hướng dẫn: Áp dụng công thức dãy Banme cho Hydro (H) và Triti (T).**

$$\lambda_H = R_H \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2} \right) = \frac{R_{\infty}}{1 + \frac{m}{M_H}} \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2} \right)$$

$$\lambda_T = R_T \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2} \right) = \frac{R_{\infty}}{1 + \frac{m}{M_T}} \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2} \right)$$

Lập tỷ số (T/H sau đó biến đổi sẽ dẫn đến kết quả :

$$\frac{\Delta \lambda}{\lambda_H} = \frac{\lambda_H - \lambda_T}{\lambda_H} = \frac{\frac{2}{3} \left( \frac{m}{M_H} \right)}{1 + \frac{m}{M_H}} \text{ cho biết tỷ số } \frac{M_H}{m} = 1836$$



Để tiện tính toán ta nhân cả tử và mẫu số với  $G$  ta có:

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda_H} = \frac{2}{3} = 3,63 \cdot 10^{-4}$$

Suy ra :  $\Delta\lambda = 3,63 \cdot 10^{-4} \cdot \lambda_H = 3,63 \cdot 10^{-4} \cdot 6563 = 2,38 \text{ \AA}$ .

**2.16. Đáp số :  $G = 1,999$ .**

**2.17. Hướng dẫn :**

Áp dụng định luật Culon:  $F = \eta$  với  $K = 9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$

Áp dụng định luật hấp dẫn:  $F = \checkmark$

với  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{Kg}^2$

**2.18. Hướng dẫn: Theo lý thuyết N.Bohr không cho phép Electron nằm lơ lửng giữa khoảng không của hai quỹ đạo.**

Với động năng  $D = 12,50 \text{ eV}$  ta nhận thấy :

- Hiệu hai mức năng lượng thứ ba và thứ nhất nhỏ hơn  $D$  :

$$\Delta E = E_3 - E_1 < 12,50 \text{ eV.}$$

- Hiệu hai mức năng lượng thứ tư và và thứ nhất lớn hơn  $D$  :

$$\Delta E = E_4 - E_1 > 12,50 \text{ eV.}$$

Vì Electron không thể lơ lửng giữa hai mức năng lượng do đó nó chỉ có thể ở mức  $n = 3$  là hợp lý.

- Số vạch phổ bằng :  $N = G$

Vậy ta có 2 vạch thuộc dãy quang phổ Lyman và 1 vạch thuộc dãy quang phổ Banme.

**2.19. Hướng dẫn: Thế năng tương tác hút giữa hạt nhân và Electron bằng :**

$$U = -K \frac{q_1 \cdot q_2}{r_1} = -27,20 \text{ eV}$$

- Cơ năng được xem bằng tổng động năng và thế năng của Electron trên quỹ đạo (Hay năng lượng liên kết của Electron với hạt nhân).

$$E = Eđ + Et = G = (13,60 \text{ eV.}$$

**2.20. Đáp số :  $G = m$**

và  $G$

**2.21. Đáp số :  $\checkmark = 12,10 \text{ eV}$**

**2.22. Đáp số :  $\checkmark = 10,20 \text{ eV}$  và  $G = 13,60 \text{ eV}$**

**2.23. Hướng dẫn: Số vạch quang phổ bằng  $N = G = 6$ , vậy mức năng lượng ứng với  $n = 4$ .**

Từ trạng thái kích thích với  $n = 4$  trở về trạng thái cơ bản  $n=1$  nguyên tử sẽ phát ra 6 vạch quang phổ (3 vạch thuộc dãy Lyman, 2 vạch thuộc dãy Banme và 1 vạch thuộc dãy Pasen).

**2.24. Đáp số: Số vạch phổ bằng  $N = G$**

**2.25. Hướng dẫn:**  $\frac{mv^2}{2} = hv - |E_1| = 16,50$

$- 13,60 = 1,90 \text{ eV}$

**2.26. Hướng dẫn: Áp dụng biểu thức:  $G$ . Suy ra :  $G$ . Từ đó ta có :  $n_2 = \frac{R\lambda}{R\lambda - 1} = 4$ , m**

ức năng lượng thứ hai  $n = 2$  do đó bán kính quỹ đạo thứ hai bằng:  $r_n = n^2 a_0 = 4a_0$ .

**2.27. Hướng dẫn: Bước sóng do Hydro và ion tương tự Hydro là Heli sẽ khác nhau:**

$$\frac{1}{\lambda_H} = R_H \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2} \right) \text{ và } \frac{1}{\lambda_{He}} = 2^2 R_{He} \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2} \right)$$

Thế  $R_H = 109677,6 \text{ cm}^{-1}$  và  $R_{He} = 107722,3 \text{ cm}^{-1}$

Kết quả có độ lệch :  $(( = G$

**2.28. Đáp số :  $V = 1,31 \cdot 10^8 \text{ cm/s}$**

**2.29. Đáp số :**

1) ( $1 = 1216a_0$  (Vạch đầu của dãy Lyman).

- 2) ( $2 = 1026A_0$ ) (Vạch thứ hai của dãy Lyman).  
 3) ( $3 = 6533A_0$ ) (Vạch đầu của dãy Balmer).

**2.30. Hướng dẫn :**

Áp dụng điều kiện N.Bohr :  $L = \hbar$  với  $mvr = \hbar$   
 Do đó :  $r_2 = 22a_0$  suy ra  $V = \hbar$

**2.31. Hướng dẫn: Mezo - nguyên tử cấu tạo từ hạt nhân là proton mang điện tích dương và một hạt Mezon-pi** (Khối lượng hạt Mezon-pi trừ này khoảng 207 lần lớn hơn khối lượng của Electron. Do vậy trong biểu thức bán kính quỹ đạo và biểu thức năng lượng của nó chứa khối lượng rút gọn của hệ gồm 2 hạt liên kết với nhau :  $\mu$ , trong đó  $m$  là khối lượng của hạt Mezon-(- và  $M$  là khối lượng của proton).

1)  $r_n = n^2 \frac{\hbar^2}{\mu z e^2}$

2)  $E_n = -k_2 \frac{z^2}{n^2} = (3237 \text{ eV})$  (với  $z=1, n=1$  và  $k=1$ )

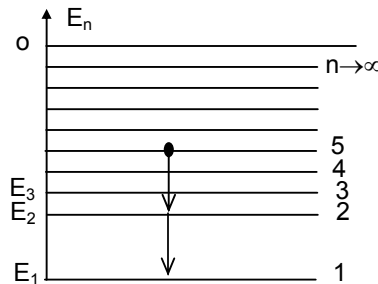
**2.32. Hướng dẫn:**

Hiện tượng phát xạ 2 photon liên tiếp nối đuôi nhau có thể biểu diễn trên sơ đồ năng lượng.

Áp dụng biểu thức:

$$\frac{1}{\lambda_1} = z^2 R_{\text{He}} \left( \frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

với  $z=2$



ta có :  $\hbar$

và  $R_{\text{He}} = 109722 \text{ cm}^{-1}$  ; ( $1 = 30,40 \cdot 10^{-7} \text{ cm}$ , suy ra  $n = 2$ )

$\hbar$  với ( $2 = 108,5 \cdot 10^{-7} \text{ cm}$ , suy ra  $n_x = 5$ )

Vậy 2 photon phát ra từ  $n_x = 5$  xuống  $n = 2$  rồi từ đó xuống  $n=1$  diễn ra liên tiếp nối đuôi nhau. Trạng thái cần tìm ứng với  $n_x = 5$ .

**2.33. Hướng dẫn: Đối với Hydro  $Z = 1$  và hằng số Ritz  $R_H = 10977,60 \text{ cm}^{-1}$ . Trước tiên phải tìm  $n_x$  thông qua trị số (1 :**

$$\frac{1}{\lambda_1} = R_H \left( \frac{1}{1^2} - \frac{1}{n_x^2} \right) = R_H \left( 1 - \frac{1}{n_x^2} \right)$$

Biết  $n_x$  thế vào biểu thức trên kết hợp với trị số của (2 ta có :

$$\frac{1}{\lambda_2} = R_H \left( \frac{1}{n_x^2} - \frac{1}{n^2} \right), \text{ suy ra } n = 5$$

Năng lượng ứng với  $n = 5$  ta có :  $E_5 = \hbar$ .

**2.34. Hướng dẫn :**

Áp dụng dụng biểu thức tần số:  $\hbar$  với  $n_x > n$

Bán kính quỹ đạo tương ứng  $\hbar$  và  $\hbar$

Theo đầu bài thì bán kính quỹ đạo thay đổi ( lần có thể hiểu là:  $\hbar$  lần. Thế trị số trên vào biểu thức ta có kết quả

**2.35. Đáp số : 1)  $n = 4$**

2)  $n = 3$

**2.36. Hướng dẫn: Đối với Electron bị đánh bật ra khỏi nguyên tử có nghĩa là nó không còn liên kết với hạt nhân nên có thể xem như nó đã rời trạng thái  $n = 1$  ra xa vô cực  $n (\infty)$**

với Heli  $\text{He}^+$  thì  $z = 2$  và  $n (\infty)$ .

Suy ra:  $\frac{1}{\lambda} = 2^2 \cdot R \left( \frac{1}{1^2} - \frac{1}{\infty} \right) = 4R$

Năng lượng ion hóa bằng ( $E = \hbar$ ,

$$\text{suy ra } V^2 = \frac{2\Delta E}{m}$$

$$\text{Kết quả : } V = 2,26.108\text{cm/s.}$$

### 2.37. Hướng dẫn :

Áp dụng: Với Heli He<sup>+</sup> thì z = 2 và RHe.

Mức kích thích thứ nhất ứng với n = 2, năng lượng photon phát ra E = Ğ; năng lượng này tác động vào Hydro làm cho nó bị ion hóa. Năng lượng ion hóa nguyên tử Hydro E = 13,60eV. Năng lượng của photon E = Ğ cung cấp một phần bằng (E phần còn lại tạo động năng cho Electron :

$$\frac{mV^2}{2} = h\nu - E = \Delta E$$

Suy ra : Ğ = E ( kết quả V<sup>2</sup> = Ğ

$$\text{Kết quả : } V = 3,10.108\text{cm/s.}$$

### 2.38. Hướng dẫn: Năng lượng cần thiết để làm cho nguyên tử Hydro chuyển từ mức cơ bản n = 1 lên mức kích thích thấp nhất là n = 2.

$$\Delta E = E_2 - E_1 = -\frac{Rhc}{2^2} + \frac{Rhc}{1^2} = \frac{3}{4}Rhc$$

Động năng ứng với Ğ là Ğ

$$\text{Suy ra : } V = \sqrt{\frac{3}{2} \frac{Rhc}{m}}$$

### 2.39. Hướng dẫn: Nguyên tử chuyển từ trạng thái n = 2 về trạng thái n = 1 phát ra vạch

$$\text{phổ: } \frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2} \right) = \frac{3}{4}R, \text{ ta có } v = \frac{c}{\lambda} \text{ và năng lượng } E = h\nu \text{ và năng lượng } P$$

$$= \frac{h\nu}{c} = mv.$$

$$\text{Suy ra : } V = \frac{h\nu}{mC} = \frac{3Rh}{4m}$$

### 2.40. Hướng dẫn : Số vạch được xác định N = Ğ

1) N = 10 vạch (gồm 4 vạch thuộc dãy quang phổ Lyman; 3 vạch thuộc dãy Balmer; 2 vạch thuộc dãy Pasen và 1 vạch thuộc dãy Brackett).

2) N = 190 vạch.

## Chương III

### NHỮNG CƠ SỞ CỦA THUYẾT LƯỢNG TỬ

**3.1. Đáp số :** ( $e = 7,27 \cdot 10^{-10}$  m và ( $p = 3,96 \cdot 10^{-10}$  m

**3.2. Hướng dẫn :** Electron chuyển động với vận tốc lớn. Vào cỡ từ 20% (Hai mươi phần trăm) của vận tốc ánh sáng trở lên cần phải áp dụng qui luật tương đối tính theo thuyết tương đối Einstein :  $m = \gamma \cdot m_0$ . Với  $m_0$  - là khối lượng nghỉ của hạt.

$$P = mv = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \cdot v$$

$$\lambda = \frac{h}{P} = 2,72 \cdot 10^{-12} \text{ m.}$$

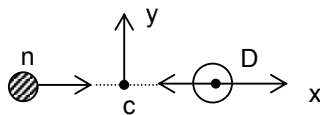
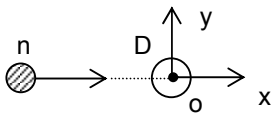
**3.3. Đáp số :**  $U = 150\text{v}$ .

**3.4. Hướng dẫn:** Cả hai trường hợp đều áp dụng qui luật tương đối tính :

$$\lambda_{p,p} = \frac{h}{\sqrt{2m_p eU}}$$

$$(\lambda = 9,07 \cdot 10^{-13} \text{ m và } (\lambda = 0,286 \cdot 10^{-13} \text{ m}$$

**3.5. Hướng dẫn:**



- Trong hệ qui chiếu phòng thí nghiệm hạt Dơtron D được chọn làm gốc tọa độ, đứng yên nên vận tốc bằng 0, vận tốc nơtron bằng V với động năng  $D = \frac{1}{2} mV^2$

- Trong hệ khối tâm C hai hạt đều chuyển động tương đối so với khối tâm C và khối tâm C chuyển động thẳng đều.

- Theo qui luật tổng hợp vận tốc Galilê :  $\vec{V}' = \vec{V} - \vec{V}_C$

Vai trò của vận tốc kéo theo chính là vận tốc khối tâm  $\vec{V}_C$ . Vì vậy vận tốc tương đối của Nơtron  $\vec{V}'_n$  và của Dơtron  $\vec{V}'_d$ :

$$V'_n = V_n - V_C$$

$$V'_d = V_d - V_C$$

trong đó  $V_n$  và  $V_d$  là vận tốc tuyệt đối của Nơtron và Dơtron.

Mặt khác, vận tốc khối tâm C được xác định :

$$V_C = \frac{mV_n + MV_d}{m + M}$$

$m$  - là khối lượng Nơtron.

$M$  - là khối lượng Dơtron.

Do đó vận tốc tương đối của:  $V'_n = \vec{V}_n - \vec{V}_C$  và  $\vec{V}'_d = \vec{V}_d - \vec{V}_C$

Động lượng Nơtron :  $P_n = mV'_n = \vec{p}_n$

Động lượng Dơtron :  $P_M = MV'_d = \vec{p}_M$

Trong hệ khối tâm hai hạt Nơtron và Đơtron có vectơ động lượng ngược chiều nhau và có giá trị tuyệt đối bằng nhau :

$$P = \left| \frac{mM}{m+M} \cdot V_n \right|$$

Do đó hai hạt Nơtron và Đơtron có cùng bước sóng trong hệ khối tâm

$$\lambda = \frac{h}{P} = \left( \frac{m+M}{mM} \right) \cdot \frac{h}{V_n} = \frac{h}{V_n} \left( \frac{1}{m} + \frac{1}{M} \right)$$

Thay thế vận tốc  $V_n$  từ biểu thức động năng  $D = \dot{G}$

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{\frac{2D}{m} \cdot \frac{m}{m}}} \left( \frac{1}{m} + \frac{1}{M} \right) = \frac{mh}{\sqrt{2mD}} \left( \frac{1}{m} + \frac{1}{M} \right) = \frac{h}{\sqrt{2mD}} \left( 1 + \frac{m}{M} \right)$$

Khối lượng Nơtron :  $m = 1,66 \cdot 10^{-27}$  kg

Khối lượng Đơtron :  $M = 3,32 \cdot 10^{-27}$  kg ( $= 8,60 \cdot 10^{-12}$  m.

### 3.6. Hướng dẫn: Giả sử Electron bức xạ photon ánh sáng $\tilde{\Gamma}$ ) khi đang chuyển động tự do, theo định luật bảo toàn năng lượng và động lượng ta có :

$$\frac{mV^2}{2} = \frac{mV'^2}{2} + hv \quad (1)$$

$$m\vec{V} = m\vec{V}' + \frac{hv}{C} \quad (2)$$

Giả sử Electron khi bức xạ photon sẽ bị giật lùi nên động lượng của photon và động lượng của Electron sau khi bức xạ hướng ngược chiều nhau, do đó từ biểu thức (2) suy ra :

$$mv = -mv' + \frac{hv}{c}$$

$$m(v + v') = \frac{hv}{c} \quad (3)$$

Từ biểu thức (1) suy ra :

$$\frac{m}{2}(V^2 - V'^2) = hv$$

$$m(V - V')(V + V') = 2hv \quad (4)$$

Kết hợp hai biểu thức (3) và (4) suy ra :  $(V - V')t = 2\tilde{U}$

Kết quả :  $V - V' = 2C$

Hiệu của hai vận tốc của Electron trước và sau khi bức xạ lại gấp hai lần vận tốc ánh sáng, điều này vô lý.

### 3.7. Đáp số: $\dot{G}$ và $\dot{G}$

### 3.8. Hướng dẫn: Bài tập này giải trong hệ đơn vị CGS.

Áp dụng định luật về động năng:

$$A = \frac{mV_2^2}{2} - \frac{mV_1^2}{2} = F \cdot d = eE \cdot d$$

Bước sóng :

ê thế vào:

$$eE \cdot d = \frac{m}{2}(V_2^2 - V_1^2) = \frac{m}{2} \left( \frac{h^2}{m^2 \lambda^2} - V_1^2 \right)$$

Trong hệ đơn vị CGSE thì điện thế bằng :  $\dot{G}$

$$\text{Suy ra : } d = \frac{m}{2eE} \left( \frac{h^2}{m^2 \lambda^2} - v_1^2 \right) = 9,2 \text{ cm}$$

### 3.9. Hướng dẫn : (Xem bài tập mẫu số 4)

Bước sóng Dơ Bơri tương đối tính :

$$\lambda = \frac{h}{mV} = \frac{h}{\frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{V^2}{c^2}}} \cdot v} = \frac{hc}{\sqrt{D(D+2m_0C^2)}}$$

Trong đó động năng : $\hat{G}$

Bước sóng DeBroi phi tương đối tính : $\hat{G}$

Lập tỷ số: $\hat{G}$

Mặt khác động năng:  $D = mc^2 - m_0c^2$  nên  $mc^2 = m_0c^2 + D$  tức là:

ê tỷ số $\hat{G}$

$$\frac{\lambda_0}{\lambda} - 1 = \frac{D}{m_0C^2}, \text{ suy ra } \frac{\lambda_0 - \lambda}{\lambda} = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{D}{m_0C^2}$$

Muốn cho $\hat{G}$  tức là $\hat{G}$

Năng lượng nghỉ Electron  $E_0 = m_0c^2 = 0,51\text{Mev}$

Năng lượng nghỉ proton  $E_0 = m_p c^2 = 940\text{Mev}$

Vậy :

- Đối với Electron : $\hat{G}$

- Đối với proton : $\hat{G}$

### 3.10. Đáp số : $U = 8,2.106 \text{ v.}$

3.11. Hướng dẫn : Áp dụng điều kiện Vunpho-Brắc cho các cực đại nhiễu xạ trên tinh thể :

$$2d\sin\theta = n\lambda$$

với  $n = 1, 2, 3...$  bậc nhiễu xạ.

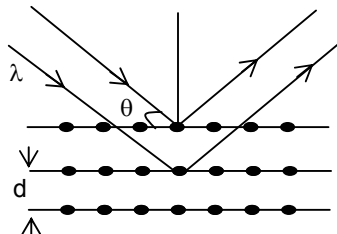
( - là góc trượt.

$d$  - là hằng số mạng tinh thể

( - là bước sóng tới.

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2meu}}, \text{ suy ra } u = \frac{h^2}{2me\lambda^2}$$

$$\text{Kết quả : } U_1 = 26,04 \text{ v ; } U_2 = 4U_1 \text{ và } U_3 = 9U_1$$



3.12. Hướng dẫn: Nếu bước sóng De Broi ban đầu là: $\hat{G}$

thì De Broi sau là: $\hat{G}$

Lập tỷ số giữa hai bước sóng ta có kết quả : $\hat{G}$

3.13. Hướng dẫn:

Gọi khối lượng proton là  $m$  và

khối lượng hạt gây tán xạ là

$M = 4m$  vậy hệ số  $KL' = 4$  ta

dùng  $M = Km$  cho tiện.

$V$  - là vận tốc proton trước khi tán xạ.

$V'$  - là vận tốc proton sau khi tán xạ.

$V_h$  - là vận tốc của hạt gây tán xạ.

Áp dụng định luật bảo toàn năng lượng và xung lượng:

$$\frac{mV^2}{2} + 0 = \frac{mV'^2}{2} + \frac{km}{2} V_h^2 \quad (1)$$

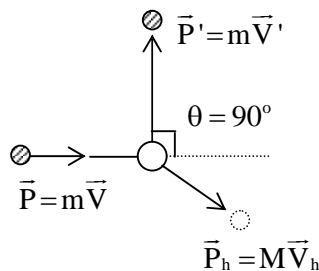
$$m\vec{V} + 0 = m\vec{V}' + (km)\vec{V}_h \quad (2)$$

Từ biểu thức (2) suy ra :

$$(km)\vec{V}_h = m\vec{V} - m\vec{V}'$$

Trị số :

$$(km\vec{V}_h)^2 = (m\vec{V})^2 + (m\vec{V}')^2 - 2m\vec{V}.m\vec{V}'.\cos\theta$$



$$k^2 m^2 V_h^2 = m^2 V^2 + m^2 v'^2 = m^2 (v^2 + v'^2)$$

$$\text{Suy ra : } V_h^2 = \frac{V^2 + V'^2}{K^2} \quad (3)$$

Từ biểu thức (1) suy ra :

$$m v^2 = m v'^2 + k m v_h^2$$

$$m (V^2 - V'^2) = k m v_h^2 \Rightarrow v_h^2 = \frac{v^2 - v'^2}{k} \quad (4)$$

Từ hai biểu thức (3) và (4) suy ra :  $V' = V$

Bước sóng DeBroie của proton sau khi bị tán xạ :

$$\lambda' = \frac{h}{mV} = \frac{h}{mV \sqrt{\frac{k-1}{k+1}}} = \frac{\lambda}{\sqrt{\frac{k-1}{k+1}}} = 0,022 \text{ \AA}$$

### 3.14. Hướng dẫn: Trị số momen động lượng theo lý thuyết cổ điển : $L = mvr$

theo lý thuyết N.Bohr :  $L = \hbar$  với  $n = 1, 2, 3, \dots$

với  $\hbar$  do đó ta có :  $(2\pi r) \cdot mv = nh$

chu vi vòng tròn quỹ đạo :  $2\pi r = n \cdot \hbar$

ứng với quỹ đạo thứ nhất  $n = 1$  :  $2\pi r_1 = \hbar$  (1)

Vậy bước sóng thứ  $n$  là :  $\hbar$

### 3.15. Hướng dẫn:

Theo định lý động năng :  $\hbar$  và  $u = E \cdot d$

Bước sóng De Broie :  $D - D_0 = eEd$

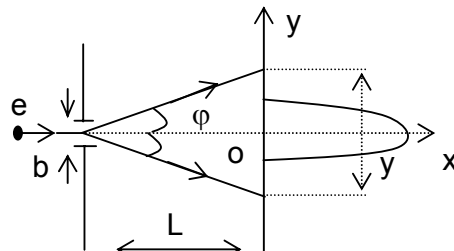
$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2mD}} \Rightarrow D = \frac{h^2}{2m\lambda^2}$$

$$\text{Suy ra : } d = \frac{D - D_0}{eE} = \left( \frac{h^2}{2m\lambda^2} - D_0 \right) \cdot \frac{1}{eE}$$

### 3.16. Hướng dẫn: Electron có bước sóng De Broie bị nhiễu xạ qua khe có bề rộng $b$ .

Điều kiện cho cực đại nhiễu xạ :  $\hbar$

Số thứ tự cực đại :  $k = 0, 1, 2, 3, \dots$



cực đại trung tâm ứng với  $K = 0$ , cực đại bậc nhất ứng với  $K = 1$ , góc nhiễu xạ ( nhỏ nên có thể xem  $\sin(\theta) \approx \theta$ ). Khoảng cách góc giữa hai cực đại bậc nhất (xem hình vẽ) bằng  $2\theta$ .

$$2\sin\theta = 2 \cdot \left( \frac{2k+1}{b} \right) \cdot \frac{\lambda}{2} = 2 \left( \frac{2 \cdot 1 + 1}{b} \right) \cdot \frac{\lambda}{2}$$

$$\text{Suy ra : } 2\theta = 3 \cdot \frac{\lambda}{b}$$

khoảng cách giữa 2 cực đại đầu tiên :  $y = 2L \tan\theta$ , vì góc  $\theta$  ( nhỏ nên  $\tan\theta \approx \theta$  )

$$y = 2L \tan\theta = 2L\theta = 2L \cdot \frac{3\lambda}{2b} = \frac{3L\lambda}{b}$$

$$y = \frac{3L}{b \cdot mV} = 6 \cdot 10^{-5} \text{ m}$$

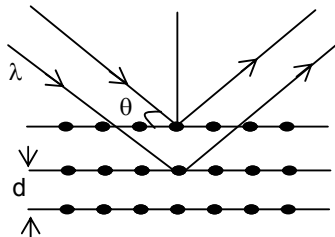
### 3.17. Hướng dẫn:

Điều kiện cực tiểu nhiễu xạ ứng với góc ( $\theta$ ):  
 $b \sin \theta = m \lambda$  (với  $m = 1, 2, 3, \dots$ )  
 $b$  – bề rộng của khe. Góc ( $\theta$ ) nhỏ nên:

Đổi đơn vị của ( $\theta$ ) ra đơn vị Radian sau đó thế trị số ta có:  $y = 2L \cdot \frac{\lambda}{b} = 4,8 \cdot 10^{-4} \text{ m}$ .

**3.18. Hướng dẫn:**  
 Xem bài tập (3.17) và áp dụng công thức  $y = \frac{m \lambda L}{b}$   
 Với ( $m = 1$ ) nên  $y = \frac{\lambda L}{b}$   
 Suy ra:  $V = \frac{2L \lambda}{y b m} = 4,5 \cdot 10^6 \text{ m/s}$

**3.19. Hướng dẫn:**  
 Áp dụng điều kiện Vunphơ – Bragg:  
 $2d \sin \theta = n \lambda$  (với  $n = 1, 2, 3, \dots$ )  
 Hiệu quang trình của hai tia phản xạ kế cận nhau bằng một số nguyên lần bước sóng sẽ cho hình giao thoa nhiễu xạ. Góc ( $\theta$ ) nhỏ nên  $\sin \theta \approx \theta$   
 Bước sóng  $\lambda = 0,68 \text{ nm}$   
 Suy ra:  $D = 0,68 \text{ eV}$   
 $V = 1,1 \cdot 10^4 \text{ m/s}$



**3.20. Đáp số: Neutron chậm có bước sóng DeBroie cùng bậc với kích thước của cách tử nhiễu xạ nên sẽ nhiễu xạ tốt, còn neutron nhanh thì ngược lại.**

**3.21. Hướng dẫn: Áp dụng hệ thức bất định:  $\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \frac{h}{4\pi}$**

$$\text{Suy ra: } \Delta V = \frac{h}{m \Delta x} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34}}{10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^{-6}} = 3,3 \cdot 10^{-22} \text{ m/s}$$

Sai số này quá nhỏ có thể bỏ qua. Vậy quả cầu có thể chuyển động theo qui luật của vật lý cổ điển và có thể bỏ qua tính chất sóng của nó.

**3.22. Hướng dẫn: Từ hệ thức bất định:  $\Delta p \geq \frac{h}{\Delta x}$**

$$\Delta P = \frac{h}{\Delta x} = 6,6 \cdot 10^{-24} \text{ gcm/s}$$

$$P = \sqrt{2mE} = 6,6 \cdot 10^{-18} \text{ gcm/s}$$

So sánh:  $\frac{\Delta P}{P} \approx 10^{-6}$

Tỷ số này quá nhỏ, do đó Electron trong trường hợp này có thể xét theo qui luật vật lý cổ điển, tức là có thể bỏ qua tính chất sóng của nó. Electron thể hiện như một hạt.

**3.23. Hướng dẫn: Từ hệ thức bất định  $\Delta p \geq \frac{h}{\Delta x}$**

$$\Delta P = \frac{h}{\Delta x} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34}}{2r_1} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34}}{2,053 \cdot 10^{-10}} = 3,2 \cdot 10^{-24}$$

$$P = \sqrt{2mD} = \sqrt{2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 13,6 \cdot 10^{-19}} = 1,99 \cdot 10^{-24}$$

Động lượng P có trị số xấp xỉ với sai số ( $\Delta P$  là điều vô lý). Từ đó rút ra kết luận: không thể xem Electron chuyển động trên quỹ đạo của nguyên tử Hydro, như vậy sẽ dẫn đến điều vô lý. Vậy đối với Electron trong nguyên tử Hydro cần phải áp dụng lý thuyết của cơ lượng tử.



### 3.24. Hướng dẫn : Từ hệ thức bất định (x. (p ( h

$$\text{Suy ra : } \Delta x = \frac{h}{m\Delta v} = \frac{6,6.10^{-34}}{9,1.10^{-31}.0,1.1,5.10^6} = 4,8.10^{-3} \text{ m}$$

Đường kính quỹ đạo thứ nhất của Electron trong nguyên tử Hydro :  $d = 2r_1 = 2.0,53.10^{-10} = 1,06.10^{-10} \text{ m}$

Độ bất định quá khác biệt với trị số của đường kính do vậy không thể chấp nhận Electron chuyển động theo quỹ đạo.

### 3.25. Hướng dẫn:

1) Theo đầu bài cho :  $(p = 0,001. P = P.10^{-3} = (mv).10^{-3}$

Từ hệ thức bất định ta có :

$$\Delta x = \frac{h}{\Delta P} = \frac{h}{(mv).10^{-3}} = 6,6.10^{-26} \text{ m}$$

Trị số này quá nhỏ có thể bỏ qua.

2) Vận tốc lớn phải sử dụng biểu thức tương đối tính :

$$\Delta x = \frac{h}{(mv).10^{-3}} = \frac{h\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}{(m_0 v).10^{-3}} = 0,35.10^{-8} \text{ m}$$

Độ bất định nhỏ nhất về vị trí tọa độ của Electron bằng  $0,35.10^{-8} \text{ m}$ .

### 3.26. Hướng dẫn :

Thời gian để đo năng lượng là  $10^{-8} \text{ S}$

Căn cứ theo hệ thức bất định :  $(E. (t ( h$

$$\text{Suy ra : } \Delta E = \frac{h}{\Delta t} = \frac{6,6.10^{-34}}{10^{-8}.1,6.10^{-19}} = 4,125.10^{-7} \text{ eV}$$

Độ bất định về năng lượng (E được xem như bề rộng của mức năng lượng ở trạng thái kích thích gọi là độ rộng tự nhiên của mức năng lượng kích thích.

### 3.27. Hướng dẫn : Từ hệ bất định : (E. (t ( h

Với  $(t = ($  là thời gian sống trung bình của trạng thái kích thích.

(E – là độ bất định cực tiểu về năng lượng của trạng thái kích thích tương ứng với độ rộng của vạch quang phổ ( $(=10^{-4} \text{ Ao}$ .

Từ biểu thức năng lượng :  $E = \hat{G}$

ta lấy vi phân năng lượng theo bước sóng :  $dE = \hat{G}$

Vì độ biến thiên nhỏ nên có thể đặt  $dE = (E$  và  $d( = (($

Vậy trị số :  $\hat{G}$

Thời gian sống trung bình của trạng thái năng lượng kích thích :

$$\tau = \frac{h}{\Delta E} = \frac{h}{hc \frac{\Delta \lambda}{\lambda^2}} = \frac{\lambda^2}{c\Delta \lambda} = 5,33.10^{-8} \text{ s}$$

### 3.28. Hướng dẫn :

Từ biểu thức động năng :  $E = \hat{G}$

Lấy vi phân ta có :  $dE = \hat{G}$

Vì biến thiên nhỏ nên có thể đặt  $dE = (E$  và  $dp = (p$

Vậy :  $(E = \hat{G}$

Mặt khác ta có :  $\hat{G}$  và  $(t = \hat{G}( (X=V(t$ .

Thế vào :  $V(t. (p ( h ( V(P. (t ( h$

Kết quả :  $(E.(t ( h$ .

### 3.29. Hướng dẫn : Trị số momen động lượng :

$L = \hat{G}$  với  $n = 3$  thì  $l = 0, 1, 2$

Monmen từ :  $\hat{G}$

$$\mu_o = \frac{e\hbar}{2m} = 0,927.10^{-23} \text{ J/T} - \text{Magneton Bo}$$

Vậy :

Với  $\hat{G} = 0$  thì  $L = 0$  và  $\hat{G} = 0$

$$\ell = 1 \text{ thì } \mu = \sqrt{2}\mu_o$$

$$\ell = 2 \text{ thì } \mu = \sqrt{6}\mu_o$$

### 3.30. Hướng dẫn :

Véc tơ Monmen tổng hợp  $\hat{G}$  với trị số  $\hat{G}$

Với trị số của  $j = \hat{G} + s - 1, \dots, \hat{G}$  và  $\hat{G}$

1) Khi  $S = \frac{1}{2}$  và  $\hat{G} = 1$ :  $\hat{c}$

$$j = L + S - 1 = |L - S| = 1 - \frac{1}{2} = \frac{1}{2}$$

2) Khi  $S = \hat{G}$  và  $\hat{G} = 2$ :  $\hat{G}$

### 3.31. Hướng dẫn :

Độ bội :  $g = 2s + 1 = 3$  suy ra  $s = 1$

Từ đầu bài cho  $j = \hat{G}$  suy ra  $j = 4$

Theo qui luật  $j = L + S, L + S - 1, \dots, \hat{G}$  và  $\hat{G} (j = L + S)$

Ta có :  $\hat{c} (j + S = 4 + 1 = 5)$

$\hat{c} ( \hat{G} = 4 - 1 = 3$  vậy  $\hat{G} = 3, 4, 5.$

$\hat{c}$  và  $\hat{G}$

### 3.32. Đáp số :

**3.33. Hướng dẫn:** Trạng thái thích ứng với  $n = 4$  và  $\hat{G} = 0, 1, 2, 3$ . Độ thay đổi monmen động lượng : ( $L = 0, \hat{G}, \hat{G}$  và  $\hat{G}$ )

### 3.34. Hướng dẫn:

Ứng với  $n = 3$  thì giá trị của  $\hat{G} = 0, 1, 2$  với  $J = \hat{G}(\hat{G} + 1)$

Vậy  $\hat{c} = 0$  có  $J = \hat{G}(\hat{G} + 1)$

$$\hat{c} = 1 \text{ có } J = \hat{G}(\hat{G} + 1)$$

$$\hat{c} = 2 \text{ có } J = \hat{G}(\hat{G} + 1)$$

**3.35. Đáp số:** Bội suy biến  $g = 2n^2$ , có cả thảy 18 hàm sóng ứng với  $n = 3$ .

### 3.36. Hướng dẫn:

Năng lượng photon :  $E = \hat{G}(\hat{G} + 1) \mu_o B$

Lấy vi phân biểu thức năng lượng:

$$dE = -\frac{hc}{\lambda^2} d\lambda \text{ hay } |d\lambda| = \frac{\lambda^2 |dE|}{hc}$$

Giá trị của  $\hat{G}$

$$|dE| = \Delta E = 0,927.10^{-23}.0,009 = 8,1.10^{-26} \text{ J}$$

Và  $\hat{G}$

**3.37. Hướng dẫn :** Áp dụng kết quả bài tập trên (3.40) ta có :

$$\frac{|d\lambda|}{\lambda} = \frac{|dE|}{hc} = \frac{\left(\frac{e\hbar}{2m}\right).B}{hc}$$

$$\text{Suy ra : } B = \frac{d\lambda}{\lambda} \left(\frac{hc}{\lambda}\right) \left(\frac{2m}{e\hbar}\right) = 4,28 \text{ Tesla}$$

### 3.38. Hướng dẫn :

Số mức năng lượng bằng  $|j + 1| = 2.3 + 1 = 7$ .

Hiệu số năng lượng giữa hai mức kế cận nhau : ( $E = \mu_o B$ ).

**3.39. Hướng dẫn :**

Lượng tử số chính nhận các giá trị :  $n = 1, 2, 3, 4...$

Lượng tử số momen quỹ đạo nhận các giá trị:  $\hat{G} = 0, 1, 2... (n-1)$

Lượng tử số từ nhận các giá trị :  $m = 0, (1, (2, (... \hat{I}$

Khi Electron trong nguyên tử giả sử chuyển từ trạng thái ứng với  $\hat{G}$  sang trạng thái ứng với  $\hat{G}$  khi đặt trong từ trường B thì tần số sẽ thay đổi một lượng :

$$\Delta\nu = \frac{\Delta E_2 - \Delta E_1}{h} = (m_2 - m_1) \frac{\mu_0 B}{h} =$$

Sự chuyển trạng thái phải tuân theo qui tắc lựa chọn sau :

$$\Delta l = \pm 1$$

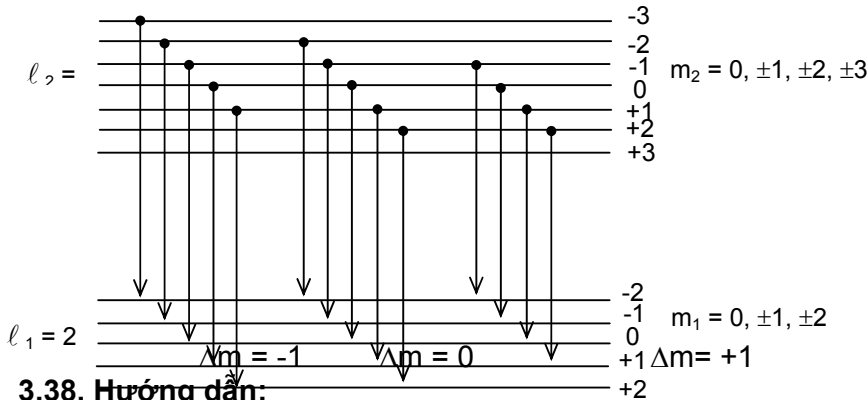
$$\Delta m = 0, \pm 1$$

Mặt khác ta có :  $m_2 = 0, (1, (2, (3.$

$$m_1 = 0, \pm 1, \pm 2.$$

ứng với  $\hat{G} = 3$  sẽ tách :  $|J| + 1 = 7$  mức năng lượng.

ứng với  $\hat{G} = 2$  sẽ tách :  $|J| + 1 = 5$  mức năng lượng.



**3.38. Hướng dẫn:**

$$\Delta\nu = \pm \frac{\mu_0 B}{h} \text{ với } \mu_0 = \frac{e\hbar}{2m} - \text{Magneton N.Bohr}$$

Vậy :  $\hat{G}$

Suy ra điện tích riêng:  $\hat{G}$

**3.39. Hướng dẫn:**

Có thể áp dụng biểu thức : ( $=\hat{G}$  nhân cho  $\hat{G}$  ta có :

$$\lambda = \frac{hc}{h\nu} = \frac{12,4 \text{Kev} \cdot \text{A}^\circ}{20 \text{Kev}} = 0,62 \text{A}^\circ$$

$$E_{\text{Max}} = h\nu = \frac{hc}{\lambda} = \frac{12,4 \text{Kev} \cdot \text{A}^\circ}{0,62 \text{A}^\circ} = 20 \text{Kev}$$

**3.40. Hướng dẫn :**

Áp dụng định luật Môđơlây :  $\hat{G}$

Bước sóng tương ứng :  $\hat{G}$

Đối với nhôm ( $z = 13$ ) thì ( $= 8,43 \text{Ao}$ .

Đối với Côban ( $z = 27$ ) thì ( $= 1,80 \text{Ao}$ .

**3.41. Hướng dẫn :**

Cường độ tia x qua lớp vật chất :  $I = I_0 e^{-\mu d}$

$$d = \frac{1}{\mu} \ln \frac{I}{I_0} = 14,7 \text{cm}$$

**3.42. Hướng dẫn :**

Áp dụng công thức Môđơlây í

Suy ra bước sóng ( $=\hat{G}$  vậy  $\hat{G}$ )

Thay bằng số Ricbéc :  $R = 1,0977 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$

Ứng với bước sóng ( $= 1,94 \text{Ao}$  tìm được  $z$  ( $26$ )

( $= 1,94 \text{Ao}$  tìm được  $z$  ( $27$ )

### 3.43. Hướng dẫn :

Năng lượng liên kết của lớp vỏ nguyên tử K là :

$$|E_k| = \frac{hc}{\lambda_k} = \frac{12,4 \text{Kev} \cdot \text{A}^\circ}{0,15 \text{A}^\circ} = 82,7 \text{Kev}$$

Năng lượng của photon tới :

$$E_v = hv = \frac{hc}{\lambda} = \frac{12,4 \text{Kev} \cdot \text{A}^\circ}{0,10 \text{A}^\circ} = 124 \text{Kev}$$

Động năng cực đại của Electron bằng :

$$D = E_v - |E_k| = 124 - 82,7 = 41,3 \text{Kev}$$

### 3.44. Hướng dẫn: Quang Electron sau khi bức ra khỏi nguyên tử chuyển động trên vòng tròn cho nên lực Lorenxơ cân bằng với lực hướng tâm :

$$evB = m \frac{V^2}{R} \text{ hay } V = \frac{e}{m} B.R$$

Động năng bằng :

$$D = \frac{mV^2}{2} = \frac{1}{2} \frac{e^2 B^2 R^2}{m} = 18,6 \text{Kev}$$

Năng lượng proton tới :  $E = \dot{G}$

Do đó năng lượng liên kết Electron ở lớp vỏ nguyên tử thứ K là:

$$E_{LK} = E - D = 24,8 - 18,6 = 6,2 \text{Kev}.$$

## Chương IV

### CẤU TRÚC NGUYÊN TỬ THEO CƠ HỌC LƯỢNG TỬ

4.1.  $\rho(r) = \left( \frac{r^2}{8a_0^3} \right) \left( 2 - \frac{r}{a_0} \right)^2 \cdot e^{-\frac{r}{a_0}}$

4.2. a)  $W_1 = 0,324$

b)  $W_2 = 0,676$

c)  $\frac{W_2}{W_1} = 2,09$

**4.3. Xác suất tìm thấy e- trong khoảng ( $\rho$ ;  $\rho+d\rho$ ) ( $\hat{G}$ )**

Xét hàm  $\hat{G}$

Sự biến thiên của hàm đó theo  $\rho$  (như sau:

|                         |          |      |   |      |
|-------------------------|----------|------|---|------|
| $\rho$                  | 0        | 0,76 | 2 | 5,24 |
|                         | $\infty$ |      |   |      |
| $ \psi(\rho) ^2 \rho^2$ | 0        | max  | 0 | 0    |
|                         | 0        |      |   |      |

Mật độ xác suất cực đại tại:

$\rho = 0,76$  và  $\rho = 5,24$

và bằng không tại :

$\rho = 0$ ;  $\rho = 2$ ;  $\rho = \infty$

**4.4. Hàm sóng của hai e- phụ thuộc vào  $\hat{G}$  và  $\hat{G}$ :  $\hat{c}$**

Phương trình Srodng có dạng:

$$\Delta_1 \psi + \Delta_2 \psi + \frac{2me}{\hbar^2} (E - U) \psi = 0$$

trong đó:

$$U = -\frac{e^2}{r_1} - \frac{e^2}{r_2} + \frac{e^2}{r_{12}}$$

(chú ý: Hệ đơn vị là CGS)

**4.5. Các chỉ số : i, j ... = 1, 2, 3 ... 8 Electron, A, B là hai hạt nhân, ta có hàm sóng:  $\hat{G}$**

Phương trình Srodng có dạng:

$$\sum \Delta_i \psi + \frac{2me}{\hbar^2} (E - U) \psi = 0$$

với  $\hat{G}$

4.6. a)  $2(1^2 + 2^2 + 3^2) = 28$

b) 6 electron s là  $(1s)^2$ ;  $(2s)^2$ ;  $(3s)^2$

12 electron p gồm  $(2p)^6$ ;  $(3p)^6$

10 electron d gồm  $(3d)^10$

c) 4 electron p có  $m = 0$  gồm  $(2p)^2$  và  $(3p)^2$

4.7. a)  $1s^2 2s^2 2p^1$                       B;       $Z = 5$

b)  $1s^2 2s^2 2p^2$                         C;       $Z = 6$

c)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$                     Na;      $Z = 11$

**4.8. Với  $n = 4$  ta có mức suy biến  $G = 2n^2 = 2.16 = 32$ , nhưng với  $\tilde{G} = 3$ , chỉ có:  $g = 2(lj + 1) = 2(2.3+1) = 14$**

Các trạng thái đo ứng với các số lượng tử sau (viết theo thứ tự  $n, l, m, s_z$ ):

$$\begin{array}{ll}
 4; 3; -3; \frac{1}{2} & 4; 3; -3; -\frac{1}{2} \\
 4; 3; -2; \frac{1}{2} & 4; 3; -2; -\frac{1}{2} \\
 4; 3; -1; \frac{1}{2} & 4; 3; -1; -\frac{1}{2} \\
 4; 3; 0; \frac{1}{2} & 4; 3; 0; -\frac{1}{2} \\
 4; 3; 1; \frac{1}{2} & 4; 3; 1; -\frac{1}{2} \\
 4; 3; 2; \frac{1}{2} & 4; 3; 2; -\frac{1}{2} \\
 4; 3; 3; \frac{1}{2} & 4; 3; 3; -\frac{1}{2}
 \end{array}$$

\* Như vậy ứng với  $n = 4, \tilde{G} = 3$  ta có 7 giá trị của  $m$  : ( 3, (2, (1, 0; 1, 2, 3 và tương ứng với 2 giá trị của  $s_z = \tilde{G}$  ta sẽ có 14 trạng thái.

**4.9.  $G = 2n^2 = 2.25 = 50$**

**4.10. Hướng dẫn :  $G = 2n^2 = 2.9 = 18$  có 18 hàm sóng**

1) Viết theo hệ số lượng tử  $n, \tilde{G}, m, s_z$

với  $n$  : số lượng tử chính

$l$  : số lượng tử quỹ đạo từ 0 đến  $n-1$

$m$  : số lượng tử từ  $-l$  đến  $l$

$s_z$  : số lượng tử spin  $s_z = \tilde{G}$

(hay số lượng tử hình chiếu spin)

\* Chú ý: một số sách ký hiệu  $s_z$  là  $m_s$ .

Viết theo hệ số này ta có:

|       |                |    |   |   |                |    |   |   |
|-------|----------------|----|---|---|----------------|----|---|---|
| $n$   | 3              |    |   |   |                |    |   |   |
| $l$   | 0              |    | 1 |   | 2              |    |   |   |
| $m$   | 0              | -1 | 0 | 1 | -2             | -1 | 0 | 1 |
| $s_z$ | $+\frac{1}{2}$ |    |   |   | $-\frac{1}{2}$ |    |   |   |

\*  $n, \tilde{G}, m, s_z$  là :

$$\begin{array}{ll}
 3; 0; 0; \frac{1}{2} & 3; 0; 0; -\frac{1}{2} \\
 3; 1; -1; \frac{1}{2} & 3; 1; -1; -\frac{1}{2} \\
 3; 1; 0; \frac{1}{2} & 3; 1; 0; -\frac{1}{2} \\
 3; 1; 1; \frac{1}{2} & 3; 1; 1; -\frac{1}{2} \\
 3; 2; -2; \frac{1}{2} & 3; 2; -2; -\frac{1}{2}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{ll}
3; 2; -1; \frac{1}{2} & 3; 2; -1; -\frac{1}{2} \\
3; 2; 0; \frac{1}{2} & 3; 2; 0; -\frac{1}{2} \\
3; 2; 1; \frac{1}{2} & 3; 2; 1; -\frac{1}{2} \\
3; 2; 2; \frac{1}{2} & 3; 2; 2; -\frac{1}{2}
\end{array}$$

Vậy viết theo cách này có 18 hàm sóng khác nhau.

2) Viết theo hệ số lượng tử  $n, \ell, j, m_j$  với:

$n$  : số lượng tử chính

$\ell$  : số lượng tử mô men động lượng  $\ell = 0, 1, \dots, n-1$

$j$  : số lượng tử mô men góc

$m_j$  : số lượng tử mô men từ :  $m_j$  từ  $-j$  đến  $+j$ .

Ta có những giá trị tương ứng như sau:

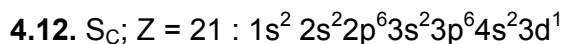
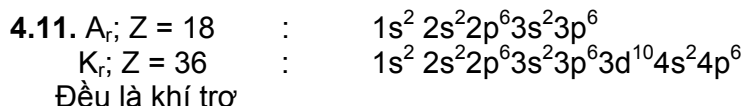
| $n$    | 3              |                 |                  |  |   |                |
|--------|----------------|-----------------|------------------|--|---|----------------|
| $\ell$ | 0              |                 | 1                |  | 2   |                |
| $j$    | $\frac{1}{2}$  | $\frac{1}{2}$   | $1\frac{1}{2}$   | $1\frac{1}{2}$   | $2\frac{1}{2}$  | $2\frac{1}{2}$ |
| $m_j$  | $-\frac{1}{2}$ | $-\frac{1}{2};$ | $-1\frac{1}{2};$ | $-1\frac{1}{2}; -\frac{1}{2}; \frac{1}{2}; 1\frac{1}{2}$ | $-2\frac{1}{2}; -1\frac{1}{2}; -\frac{1}{2}; \frac{1}{2}; 1\frac{1}{2}; 2\frac{1}{2}$ |                |

( Ta có các hàm sóng tương ứng như sau:

$$\begin{array}{ll}
3; 0; \frac{1}{2}; \frac{1}{2} & 3; 0; \frac{1}{2}; -\frac{1}{2} \\
3; 1; \frac{1}{2}; \frac{1}{2} & 3; 1; \frac{1}{2}; -\frac{1}{2} \\
3; 1; 1\frac{1}{2}; -1\frac{1}{2} & 3; 1; 1\frac{1}{2}; -\frac{1}{2} \\
3; 1; 1\frac{1}{2}; \frac{1}{2} & 3; 1; 1\frac{1}{2}; 1\frac{1}{2} \\
3; 2; 1\frac{1}{2}; -1\frac{1}{2} & 3; 2; 1\frac{1}{2}; -\frac{1}{2} \\
3; 2; 1\frac{1}{2}; \frac{1}{2} & 3; 2; 1\frac{1}{2}; 1\frac{1}{2} \\
3; 2; 2\frac{1}{2}; -2\frac{1}{2} & 3; 2; 2\frac{1}{2}; -1\frac{1}{2} \\
3; 2; 2\frac{1}{2}; -\frac{1}{2} & 3; 2; 2\frac{1}{2}; \frac{1}{2} \\
3; 2; 2\frac{1}{2}; 1\frac{1}{2} & 3; 2; 2\frac{1}{2}; 2\frac{1}{2}
\end{array}$$

Như vậy, viết theo hệ số lượng tử này ta cũng được 18 hàm sóng khác nhau.

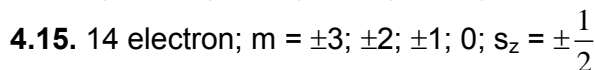
Vậy cách viết theo 2 hệ là như nhau.



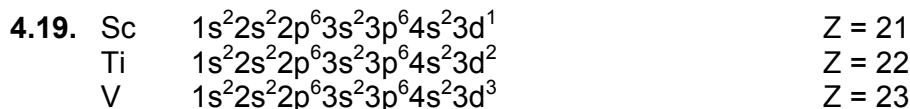
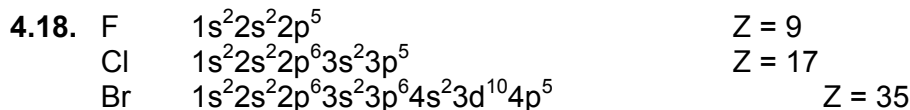
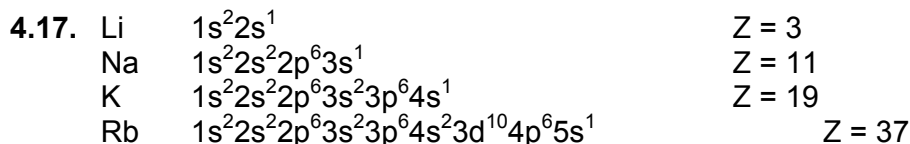
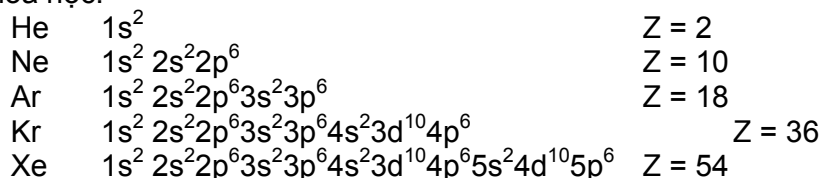
**4.13. 6 lớp; 12 phân lớp; Z = 55**

Số e- trong từng lớp, phân lớp

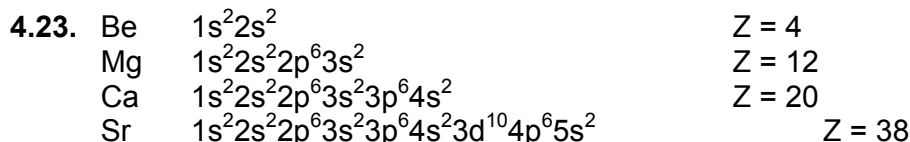
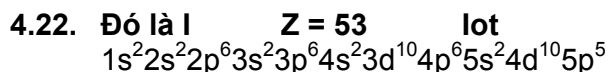
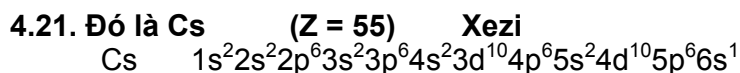
| Lớp      | 1 | 2   | 3      | 4      | 5   | 6 |
|----------|---|-----|--------|--------|-----|---|
| Tên      | K | L   | N      | O      | P   | Q |
| Số e-    | 2 | 8   | 18     | 18     | 8   | 1 |
| Phân lớp | s | s p | s p d  | s p d  | s p | s |
| Số e+-   | 2 | 2 6 | 2 6 10 | 2 6 10 | 2 6 | 1 |



4.16. Khí trơ là những khí mà số e- của chúng chiếm đầy các lớp (hoặc phân lớp) - Tức đã bão hoà, không thể nhận thêm được nữa. Vì vậy nó trơ về phương diện hoạt động hóa học.



4.20. Đó là Rn (Z = 86) Radon





## Phần II : VẬT LÝ HẠT NHÂN

### Chương I: Hạt nhân nguyên tử và đặc tính của nó

- 1.1. a) Số proton đều là 6, số neutron lần lượt bằng 4, 5, 6, 7, 8, 9  
b)  $R \approx 3,2 \cdot 10^{-15} \text{m}$ .

1.2. 6,2 lần

1.3. Hạt nhân nguyên tử Hydro không chứa Neutron. Nó chính là hạt proton.

1.4. Với  ${}^1_1\text{H}$  ( $R = R_0 = 1,4 \cdot 10^{-15} \text{m}$ )  
với  ${}^{27}_{11}\text{Al}$  ( $R = R_0$ )

1.5. Được  ${}^1_1\text{H}$ ,  ${}^3_3\text{Li}$ ,  ${}^7_3\text{Li}$ ,  ${}^{15}_7\text{N}$

1.6. Với  ${}^{12}_6\text{C}$  ( $E = 92,15 \text{Mev}$ ;  $\epsilon = 7,68 \text{Mev/n}$ )  
 ${}^{16}_8\text{O}$  ( $\Delta E = -127,6 \text{Mev}$ ;  $\epsilon = -7,97 \text{Mev/n}$ )  
 ${}^7_3\text{Li}$  ( $\Delta E = -39,24 \text{Mev}$ ;  $\epsilon = -5,6 \text{Mev/n}$ )

1.7. Xem 1.6 – Cacbon bền hơn

1.8. ( 8,3 Mev/n và ( 7,9 Mev/n

1.9. – 160,7Mev

1.10. 34,97dvkInt (hay u)

1.11. Tự chứng minh

1.12. Khối lượng nguyên tử của nguyên tố Cl : 35,46

1.13. Hàm lượng tương ứng của các đồng vị Bo là 20% và 80%

1.14. ( 76,3 Mev và ( 8,5Mev

1.15. ( 178,6 Mev và ( 180,4Mev. Hạt nhân  ${}^{238}_{92}\text{U}$  bền hơn hạt nhân  ${}^{235}_{92}\text{U}$ .

1.16. – 6,38Mev/n; – 8,75Mev/n; – 8,56Mev/n

1.17.  $\Delta E = 12,42 \text{Mev}$

#### Hướng dẫn:

Sau khi bắt 1 neutron, hạt nhân  ${}^{23}_{11}\text{Na}$  trở thành  ${}^{22}_{11}\text{Na}$ . Năng lượng bắt neutron khỏi hạt nhân.  ${}^{23}_{11}\text{Na}$  bằng năng lượng liên kết của Neutron với hạt nhân  ${}^{22}_{11}\text{Na}$ . Có thể thay khối lượng hạt nhân bằng khối lượng của các nguyên tử trung hòa (theo bảng tra cứu), vì số electron ở các lớp vỏ của các nguyên tử  ${}^{22}_{11}\text{Na}$  và  ${}^{23}_{11}\text{Na}$  là như nhau.

1.18. Với  ${}^4_2\text{He}$  là 23,8Mev

Với  ${}^{12}_6\text{C}$  là 7,26Mev

1.19.  $R = R_T \sqrt[3]{\frac{\rho_t}{\rho_{hn}}} \approx 15,85 \cdot 10^3 \text{m}$

#### Hướng dẫn :

Tính mật độ khối lượng chất hạt nhân:

$$\rho_{hn} = \frac{M_{hn}}{\frac{4}{3}\pi R_{hn}^3} \quad \text{vôùi } M_{hn} = m_p \cdot A$$

$$R_{hn} = (1,5 \cdot 10^{-15}) \cdot A^{\frac{1}{3}}$$
$$\rho_{hn} = 1,18 \cdot 10^{17} \text{kg/m}^3$$

Thay kết quả này vào công thức của R ta sẽ ra đáp số.

**1.20.** 0,71Mev

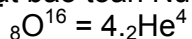
**1.21. Với  $2\text{He}^3$  ( $E = 7,72\text{Mev}$ )  
với  $1\text{H}^3$  ( $E = 8,48\text{Mev}$ )**

Ta thấy năng lượng liên kết của  $2\text{He}^3$  nhỏ hơn của  $1\text{H}^3$  một lượng (0,76Mev), xấp xỉ bằng năng lượng do lực đẩy Coulomb của hạt nhân  $2\text{He}^3$  ở bài trên.

**1.22.** a) – 8,55 Mev;      d) – 7,9Mev

**1.23. Hướng dẫn:**

Xét về mặt bảo toàn Nuclon hạt nhân  $8\text{O}^{16}$  có thể tách ra làm 4 hạt nhân  $2\text{He}^4$



Năng lượng liên kết của  $8\text{O}^{16} = 127,2\text{Mev}$   
của  $2\text{He}^4 = 28,3\text{Mev}$   
của 4 hệ  $2\text{He}^4 = 113,2\text{Mev}$

Vậy năng lượng liên kết của 4 hệ  $2\text{He}^4$  cao hơn của  $8\text{O}^{16}$ , do đó  $8\text{O}^{16}$  có thể tách ra thành 4 mảnh  $2\text{He}^4$ , nếu ta cung cấp cho nó một năng lượng:

$$A = -(\Delta E_{\text{O}} - 4\Delta E_{\text{He}}) \\ = 14\text{Mev}$$

**1.24.** a)  $\Delta E = -12,06\text{J}$

b)  $\varepsilon = -1,3 \cdot 10^{-12}\text{J}$

c)  $A = 226 \cdot 10^3\text{Kwh}$

**1.25.** a) 15,6Mev

b) 12,14Mev

Liên kết proton yếu hơn vì còn chịu tương tác đẩy Coulomb.

## Chương II Phân rã phóng xạ

2.1. 8( và 6(-

2.2.  $n = 1 - e^{-\lambda t}$

Hướng dẫn :

Xác suất  $n = \frac{\text{soá hạt nhân bò phân rã trong } t \text{ giây}}{\text{soá hạt nhân cò ôu thời điểm ban đầu}}$

$$n = \frac{\Delta N}{N_0}$$

2.3. 63%

2.4.  $m = m_0 e^{-\lambda t}$

Gọi ý: khối lượng 1 chất bằng khối lượng của một nguyên tử nhân với số nguyên tử có trong khối chất đó :  $m = N(A$

2.5. G mẫu ban đầu

2.6. ( 700 hạt

2.7. = 2.108 phân rã

2.8. T = 1660 năm

2.9. T = 2,75 năm hay 1023 ngày

2.10. ( =  $10^{-7}$  prã/s hay 0,04prã/h

2.11. ( =  $5 \cdot 10^{-18}$ /s; ( = 2.1017s; T = 4,5.109năm

2.12. 0,5.1014hạt

2.13.  $\approx 177$  gam

2.14.  $\approx 53$ g

2.15. a) 0,707No và 0,031No

b)  $6,1 \cdot 10^{-5} N_0$

2.16.  $231,25 \cdot 10^7$ pr/s hay 62,5mCi

2.17. ( 1,1.104prã/s

2.18. ( 1,2.109năm

2.19. 6.109năm

2.20. t = T = 5570năm

2.21. 5280 năm

Gọi ý : Hoạt độ phóng xạ ban đầu  $A_0$  là hoạt độ phóng xạ cân bằng của  $C^{14}$  đo được ở các chất hữu cơ sống. Khi chất hữu cơ chết, quá trình hấp thụ cacbon ngừng, hoạt độ phóng xạ sẽ giảm theo qui luật:

$$A = A_0 e^{-\lambda t}$$

2.22. 12.400năm

2.23. 3,31 micro curie ( $\mu$ Ci)

hay  $1,22 \cdot 10^5$ prã/s

**2.24. 12.444 năm**

**2.25. 9 lần**

**2.26. 10,3giờ**

**2.27. T = 3,8ngày; A = 0,31.10<sup>23</sup>prã/ngày hay A = 3,58.10<sup>11</sup>Bq**

**2.28. a) 48phút**

b) 5,3giờ

**2.29. 1803năm**

**2.30. 16.710năm**

**2.31. 45,2ngày**

Gợi ý: ( Số lượng hạt Po còn lại sau thời gian t là  $N = N_0 e^{-\lambda t}$  ứng với khối lượng

$$m_{Po} = \frac{N \cdot 210}{N_A} = \frac{N_0 e^{-\lambda t} \cdot 210}{N_A}$$

( Số lượng hạt chì tạo thành sau thời gian t bằng số hạt Poloni phân rã:  $(N = N_0(1 - e^{-\lambda t}))$  tương ứng với khối lượng G ta có tỷ số :G

**2.32. T = 4,7giờ**

### Chương III : Tương tác hạt nhân – Năng lượng hạt nhân

3.1.  ${}_7\text{N}^{14}(n, p) {}_6\text{C}^{14}$

3.2. **Điều được :**

Phản ứng 1) do Cockcroft và Walton tiến hành năm 1932.

Phản ứng 2) do Rutherford tiến hành năm 1919.

3.3.  $m(n) = 1,008628 \text{ dvk/nt}$

3.4. **a) không.**

b) 1,57Mev

3.5. 7,26Mev

3.6. **Q > 0 nên U235 phân rã được**

3.7. a) – 1,64Mev; b) 6,28Mev; c) – 2,79Mev; d) 3,11Mev

3.8. a) 4Mev; b) 3,26Mev; c) 18,3Mev; d) 17,6Mev

3.9. **Hướng dẫn:**

Rào Coulomb là năng lượng cần thiết để đưa một proton tới bờ của hạt nhân:

Đặt  $\bar{G}$ ; với  $r_0 = 1,4\text{fm}$

$$E_c = K \frac{Ze^2}{\Delta} = K \cdot \frac{Ze^2}{r_0(A^{\frac{1}{3}} + 1)} = (1,03\text{Mev}) \left( \frac{Z}{A^{\frac{1}{3}} + 1} \right)$$

(chú ý: Nếu hệ CGS : K = 1)

Với  ${}_{80}\text{O}^{16}$  : 2,34Mev

${}_{41}\text{Nb}^{93}$  : 7,64Mev

${}_{83}\text{Bi}^{209}$  : 12,33Mev

3.10. **Với  ${}_{80}\text{O}^{16}(p,d) {}_{80}\text{O}^{15}$ ;  $W_n = 14,28\text{Mev}$**

${}_{41}\text{N}^{93}(p,d) {}_{41}\text{N}^{92}$ ;  $W_n = 6,69\text{Mev}$

${}_{83}\text{Bi}^{209}(p,d) {}_{83}\text{Bi}^{208}$ ;  $W_n = 5,26\text{Mev}$

3.11.  $D_n = 2,44 \text{ Mev}$

3.12.

3.13.  $\lambda' = 0,022\text{A}^\circ$

3.14.  **$\bar{G}$ ; n truyền cho p một nửa năng lượng của nó.**

3.15. **21 lần**

3.16.  $Q = 8,2 \cdot 10^{17} \text{ erg}$  hay  $8,2 \cdot 10^{10} \text{ J}$  hay  $5,3 \cdot 10^{23} \text{ Mev}$

3.17. 12,4kg

3.18.  $Q = 4,2 \cdot 10^{14} \text{ J}$  hay  $26,3 \cdot 10^{26} \text{ Mev}$

3.19. a)  $Q = 5,13 \cdot 10^{26} \text{ Mev} \approx 2,3 \cdot 10^7 \text{ kWh}$

b) 2800tấn

3.20.  $\varphi = 54^\circ$

3.21.  $Q = 40,35 \cdot 10^{26} \text{ Mev}$

3.22. **( Chu trình proton – proton (hay chu trình Critchfield): Viết tắt p ( p**

$Q = 26,7\text{Mev}$  hay  $4,3 \cdot 10^{-12} \text{ J}$

Tóm tắt :  $4(1\text{H}1) ( 2\text{He}4 + 2e+ + 1\text{J} + 2($

– Chu trình Cacbon (hay chu trình Bethe):

$Q = 26,7\text{Mev}$ (tương đương  $p + p$ )

Tóm tắt:  $4(1\text{H}1) + 2\text{He}4 + 2e^+ + 1\gamma + 3e^-$

Trong mặt trời phần đóng góp của 2 chu trình là như nhau.

( Trong các sao có nhiệt độ thấp hơn mặt trời: chu trình  $p - p$  trội hơn.

( Trong các sao sáng hơn mặt trời (nóng hơn) : chu trình Cacbon trội hơn.

Tuy nhiên các chu trình này không thể sử dụng ở phòng thí nghiệm được vì chúng xảy ra rất chậm.

( Các năng lượng trên có thể bị thất thoát chút đỉnh do neutrô rã  $\beta^-$ ) bay ra khỏi mặt trời.

**3.23.**  $\approx 6.10^{-12}\text{J}$

**3.24. a)**  $6.10^{11}\text{kg/s}$

b)  $m = 1,369.10^{14}\text{tấn}$

$$\frac{\Delta m}{M} = 6,8.10^{-14}$$

c)  $m_{\text{He}} = 9,73.10^{15}\text{tấn}$

$m_{\text{H}} = m_{\text{He}} + m = 9,86.10^{15}\text{tấn}$

**3.25. T = 3,6.1010năm**

Gợi ý: 1 năm (  $3,15.10^7\text{s}$ )

**3.27. T = 8,35.10<sup>9</sup>K<sup>0</sup>**

**3.28. Q = 23,8Mev**

# PHỤ LỤC

## Phụ lục 1

### CÁC HẰNG SỐ VẬT LÝ

(Thường dùng trong Vật lý nguyên tử và hạt nhân)

| Hằng số Vật lý                           | Hệ SI  | Hệ CGS   |
|--|--|--|
| Vận tốc ánh sáng<br>(trong chân không)   | $c = 2,998.10^8 \text{ m/s}$   | $= 2,998.10^{10} \text{ cm/s}$                                     |
| Hằng số Planck                           | $h = 6,626.10^{-34} \text{ Js}$<br>$\hbar = 1,054.10^{-34} \text{ Js}$   | $= 6,626.10^{-27} \text{ ec.s}$<br>$= 1,054.10^{-27} \text{ ec.s}$ |
| Hằng số Ritbec                           | $R = 1,096776.10^7 \text{ m}^{-1}$   | $= 1,096776.10^5 \text{ cm}^{-1}$                                  |
| Hằng số Avôgadrô                         | $N_A = 6,0225.10^{23} \text{ Kmol}^{-1}$   | $= 6,0225.10^{23} \text{ mol}^{-1}$                                |
| Hằng số Bônxman                          | $k = 1,3805.10^{-23} \text{ J}^\circ\text{K}$  | $= 1,3805.10^{-16} \text{ ec}^\circ\text{K}$                       |
| Điện tích electron                       | $e = 1,602.10^{-19} \text{ C}$   | $= 4,8.10^{-10} \text{ CGSE}$<br>$= 1,602.10^{-20} \text{ CGSM}$   |
| Khối lượng tinh<br>electron              | $m_e = 9,108.10^{-31} \text{ Kg}$  | $= 9,108.10^{-28} \text{ g}$                                       |
| Khối lượng tinh prôton                   | $m_p = 1,6725.10^{-27} \text{ g}$  | $= 1,6725.10^{-24} \text{ g}$                                      |
| Khối lượng tinh Nơtron                   | $m_n = 1,6748.10^{-27} \text{ kg}$   | $= 1,6748.10^{-24} \text{ g}$                                      |
| Tỉ số diện tích/khối<br>lượng (electron) | $\frac{e}{m_e} = 1,759.10^{11} \text{ C/kg}$   | $= 5,273.10^{17} \text{ CGSE/G}$<br>$= 1,759.10^7 \text{ CGSM/G}$  |
| Tỉ số khối lượng<br>prôton electron      | $\frac{m_p}{m_e} = 1836,12$  | $= 1836,12$  |
| Bán kính Bo thứ nhất                     | $a_0 = \frac{\hbar^2}{me^2} = 5,292.10^{-11} \text{ m}$  | $= 5,292.10^{-9} \text{ cm}$                                       |
| Manhêton Bo                              | $\mu_o = \frac{e\hbar}{2me} = 9,273.10^{-24} \text{ J/T}$  | $= 9.273.10^{-21} \text{ ec/haus}$                                 |
| Hằng số điện môi<br>(trong chân không)   | $\epsilon_o = 8,854.10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2$<br>$K = \frac{1}{4\pi\epsilon_o} = 8.987.10^9 \text{ Nm}^2/\text{c}^2$ | $K = 1$  |

## Phụ lục 2

### BẢNG TƯƠNG ĐƯƠNG GIỮA CÁC ĐƠN VỊ

|                         |   |
|-------------------------|---|
| Độ dài                  | 1micro ( $\mu\text{m}$ ) = $10^{-6}\text{m} = 10^{-4}\text{cm}$<br>1angstrom ( $\text{A}^{\circ}$ ) = $10^{-10}\text{m} = 10^{-8}\text{cm}$<br>1 fermi (f) = $10^{-15}\text{m} = 10^{-13}\text{cm}$   |
| Diện tích               | 1bar = $10^{-28}\text{m} = 10^{-24}\text{cm}^2$   |
| Thời gian               | 1năm = 365ngày = $3,15.10^7\text{s}$<br>1ngày = 24giờ = $86.400\text{s}$  |
| Lực                     | 1Newton (N) = 105đyn  |
| Năng lượng – Công       | 1Jun = $10^7\text{erg} = 6,2.10^{18}\text{ev}$<br>1 electron – Volt(ev) = $1,6.10^{-19}\text{J}$<br>= $1,6.10^{-12}\text{erg}$<br>1erg = $10^{-7}\text{J} = 6,2.10^{11}\text{eV}$<br>1Calo = $4,18\text{J} = 2,6.10^{19}\text{eV} =$<br>$4,18.10^7\text{erg}$ |
| Khối lượng – Năng lượng | 1đvklnt (u) = $1,66.10^{-27}\text{kg} = 1,66.10^{-24}\text{g}$<br>= $1,5.10^{-10}\text{J} = 1,5.10^{-3}\text{erg}$  |
| Điện thế                | 1Volt (V) = $1/300\text{CGSE}_v$  |
| Điện tích               | 1 coulomb (C) = $3.10^9\text{CGSE}_I$   |
| Cảm ứng từ              | 1 tesla (T) = $10^4\text{gauss}$  |
| Hoạt độ phóng xạ        | 1 Curie (C) = $3,7.10^{10}\text{phân rã/s}$   |



Phụ lục 4

**KHỐI LƯỢNG CỦA MỘT SỐ NGUYÊN TỬ TÍNH RA ĐƠN VỊ u**

| N.tố | Z  | A  | m(u)     |
|------|----|----|----------|
| H    | 1  | 1  | 1,007825 |
| D    | 1  | 2  | 2,01400  |
| T    | 1  | 3  | 3,01605  |
| He   | 2  | 3  | 3,01603  |
|      |    | 4  | 4,00260  |
| Li   | 3  | 6  | 6,01512  |
|      |    | 7  | 7,01600  |
| Be   | 4  | 7  | 7,0169   |
|      |    | 9  | 9,01218  |
|      |    | 10 | 10,0135  |
| B    | 5  | 10 | 10,0129  |
|      |    | 11 | 11,00931 |
| C    | 6  | 12 | 12,00000 |
|      |    | 13 | 13,00335 |
|      |    | 14 | 14,0032  |
| N    | 7  | 14 | 14,00307 |
|      |    | 15 | 15,00011 |
| O    | 8  | 16 | 15,99491 |
|      |    | 17 | 16,9991  |
|      |    | 18 | 17,9992  |
| F    | 9  | 19 | 18,99840 |
| Ne   | 10 | 20 | 19,99244 |
|      |    | 21 | 20,99395 |
|      |    | 22 | 21,99096 |
| Na   | 11 | 22 | 21,9944  |
|      |    | 23 | 22,9898  |
|      |    | 24 | 23,99096 |
| Mg   | 12 | 24 | 23,98504 |
| Al   | 13 | 26 | 25,98689 |
|      |    | 27 | 26,98153 |
| Si   | 14 | 28 | 27,97693 |
|      |    | 29 | 28,97649 |
|      |    | 30 | 29,97376 |
|      |    | 31 | 30,9753  |
|      |    | 32 | 31,9740  |
| P    | 15 | 31 | 30,99376 |
|      |    | 32 | 31,9739  |
|      |    | 33 | 32,9717  |
| S    | 16 | 32 | 31,97207 |
| Cl   | 17 | 35 | 34,96885 |
|      |    | 36 | 35,9797  |
|      |    | 37 | 36,9658  |
| Ar   | 18 | 36 | 35,96755 |
|      |    | 37 | 36,9667  |
|      |    | 38 | 37,96272 |
|      |    | 39 | 38,964   |
|      |    | 40 | 39,9624  |
| K    | 19 | 39 | 38,96371 |
|      |    | 40 | 39,974   |
|      |    | 41 | 40,952   |
|      |    | 42 | 41,963   |
| Ca   | 20 | 40 | 39,96259 |
| Cr   | 24 | 52 | 51,9405  |
| Mn   | 25 | 55 | 54,9381  |
| Fe   | 26 | 54 | 53,9396  |
| Co   | 27 | 56 | 55,940   |
| Ni   | 28 | 58 | 57,9353  |

|    |    |     |          |
|----|----|-----|----------|
| Cu | 29 | 64  | 63,9288  |
| Zn | 30 | 64  | 63,9291  |
| Ag | 47 | 108 | 107,9044 |
| Rn | 86 | 211 | 210,9906 |
|    |    | 222 | 222,0175 |
| Ra | 88 | 223 | 223,0186 |
|    |    | 226 | 226,0254 |
| U  | 92 | 235 | 235,0439 |
|    |    | 236 | 236,0457 |
|    |    | 238 | 238,0508 |
| Pu | 94 | 236 | 236,0461 |
|    |    | 237 | 237,0483 |
|    |    | 238 | 238,0495 |

## Phụ lục 5

### Đạo hàm và tích phân

Sau đây các chữ  $u$  và  $v$  là các hàm của  $x$ , và  $a$  và  $m$  là các hằng số. Với mỗi tích phân không xác định cần cộng vào một hằng số bất kỳ. Sách Tóm tắt Hóa học và Vật lý (Liên hiệp các xí nghiệp In CRC) sẽ cho một bảng đầy đủ hơn.

- |  |   |
|--|---|
| 1. $\frac{dx}{dx} = 1$   | 1. $\int dx = x$  |
| 2. $\frac{d}{dx}(au) = a \frac{du}{dx}$                            | 2. $\int audx = a \int udx$   |
| 3. $\frac{d}{dx}(u+v) = \frac{du}{dx} + \frac{dv}{dx}$             | 3. $\int (u+v)dx = \int udx + \int vdx$   |
| 4. $\frac{d}{dx} x^m = mx^{m-1}$                                   | 4. $\int x^m dx = \frac{x^{m+1}}{m+1} \quad (m \neq -1)$  |
| 5. $\frac{d}{dx} \ln x = \frac{1}{x}$                              | 5. $\int \frac{dx}{x} = \ln x $   |
| 6. $\frac{d}{dx}(uv) = u \frac{dv}{dx} + v \frac{du}{dx}$          | 6. $\int u \frac{dv}{dx} dx = uv - \int v \frac{du}{dx} dx$   |
| 7. $\frac{d}{dx} e^x = e^x$  | 7. $\int e^x dx = e^x$  |
| 8. $\frac{d}{dx} \sin x = \cos x$                                  | 8. $\int \sin x dx = -\cos x$   |
| 9. $\frac{d}{dx} \cos x = -\sin x$                                 | 9. $\int \cos x dx = \sin x$  |
| 10. $\frac{d}{dx} \tan gx = \sec^2 x$                              | 10. $\int \tan gx dx = \ln \sec x $   |
| 11. $\frac{d}{dx} \cot gx = -\csc^2 x$                             | 11. $\int \sin^2 x dx = \frac{1}{2}x - \frac{1}{4}\sin 2x$  |
| 12. $\frac{d}{dx} \sec x = \tan gx \sec x$                         | 12. $\int e^{-ax} dx = -\frac{1}{a}e^{-ax}$   |
| 13. $\frac{d}{dx} \csc x = -\cot gx \csc x$                        | 13. $\int xe^{-ax} dx = -\frac{1}{a^2}(ax+1)e^{-ax}$  |
| 14. $\frac{d}{dx} e^u = e^u \frac{du}{dx}$                         | 14. $\int x^2 e^{-ax} dx = -\frac{1}{a^3}(a^2x^2 + 2ax + 2)e^{-ax}$                                     |
| 15. $\frac{d}{dx} \sin u = \cos u \frac{du}{dx}$                   | 15. $\int_0^{\infty} x^n e^{-ax} dx = \frac{n!}{a^{n+1}}$   |
| 16. $\frac{d}{dx} \cos u = -\sin u \frac{du}{dx}$                  | 16. $\int_0^{\infty} x^{2n} e^{-ax^2} dx = \frac{1.3.5 \dots (2n-1)}{2^{n+1} a^n} \sqrt{\frac{\pi}{a}}$ |
| 17. $\int \frac{dx}{\sqrt{x^2 + a^2}} = \ln(x + \sqrt{x^2 + a^2})$ |   |

- Các công thức khai triển hàm để tính gần đúng:

$$1) \ln(1+x) = x - \frac{1}{2}x^2 + \frac{1}{3}x^3 \dots \quad (|x| < 1)$$

$$2) e^x = 1 + x + \frac{x^2}{2!} + \frac{x^3}{3!} \dots$$

$$3) \sin\theta = \theta - \frac{\theta^3}{3!} + \frac{\theta^5}{5!} \dots \quad (\theta \text{ tính ra Radian})$$

$$4) \cos\theta = 1 - \frac{\theta^2}{2!} + \frac{\theta^4}{4!} \dots$$

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Thái Khắc Định – Tạ Hưng Quí (2001), Vật lý nguyên tử và hạt nhân, ĐHSP Tp.HCM.
2. Phạm Duy Hiền (1983), Vật lý nguyên tử và hạt nhân, Nxb Giáo dục.
3. Lê Chấn Hùng – Vũ Thanh Khiết (1989), Vật lý nguyên tử và hạt nhân, Nxb Giáo dục.
4. David Halliday, Robert Resnick Jearl Walker (1998), Cơ sở vật lý, tập 6 (bảng tiếng Việt), Nxb Giáo dục.
5. Ronald Gantrean, William Savin (1997), Vật lý hiện đại, Nxb Giáo dục.
6. Nguyễn Công Nghênh, Vũ Ngọc Hồng, Lê Chấn Hùng (1982), Bài tập vật lý đại cương, tập II, Nxb Giáo dục.
7. Lương Duyên Bình (1997), Bài tập vật lý đại cương tập 3, Nxb Giáo dục.
8. Lê Chấn Hùng – Lê Trọng Tường (1999), Vật lý nguyên tử và hạt nhân, Nxb Giáo dục.
9. Nguyễn Xuân Chánh – Lê Băng Sương (2000), Vật lý cơ sở hiện đại phổ thông, Nxb KH&KT.
10. U.B. Cabeueb,
11. Trần Quốc Hà (1988), Bài tập vật lý Nguyên tử và hạt nhân – Luận văn cao học.
12. Lê Phước Lộc (1993), Bài tập Thiên văn, ĐH Cần thơ.

---

---

***BÀI TẬP VẬT LÝ NGUYÊN TỬ & HẠT NHÂN của Khoa Vật lý trường ĐHSP TP.HCM đăng ký trong kế hoạch năm 2002.*** Ban Ấn Bản Phát hành Nội bộ ĐHSP sao chụp 500 cuốn, khổ 14,5 x 20,5, xong ngày 25 tháng 02 năm 2003.