

# **ĐỀ CƯƠNG ÔN TẬP**

## **BÀI THI VẬT LÝ ĐẠI CƯƠNG**

### **1. Cơ học**

#### 1.1. Động lực học chất điểm

- + Các định luật của Newton.
- + Các định lý về động lượng và mô men động lượng.
- + Các lực liên kết.

#### 1.2. Động lực học hệ chất điểm và vật rắn

- + Khối tâm của hệ chất điểm.
- + Chuyển động tịnh tiến của vật rắn.
- + Chuyển động quay của vật rắn.
- + Mô men động lượng của một hệ.

#### 1.3. Năng lượng

- + Công và công suất.
- + Năng lượng, định luật bảo toàn năng lượng.
- + Động năng và định lý về động năng.
- + Trường lực thế và thế năng trong trường lực thế.
- + Cơ năng và định luật bảo toàn cơ năng.

#### 1.4. Cơ học chất lưu

- + Tĩnh học chất lưu.
- + Động lực học chất lưu lý tưởng.

### **2. Nhiệt học**

#### 2.1. Phương trình trạng thái của khí lý tưởng

- + Các định luật thực nghiệm của chất khí
- + Phương trình trạng thái của khí lý tưởng

#### 2.2. Nguyên lý thứ nhất của nhiệt động học

- + Công, nhiệt, nội năng của hệ nhiệt động
- + Nguyên lý thứ nhất của nhiệt động học
- + Ứng dụng nguyên lý thứ nhất để khảo sát các quá trình cân bằng

#### 2.3. Nguyên lý thứ hai của nhiệt động học

- + Quá trình thuận nghịch và không thuận nghịch
- + Nguyên lý thứ 2 của nhiệt động học
- + Chu trình Carnot và định lý Carnot
- + Biểu thức định lượng của nguyên lý thứ 2
- + Entropy và nguyên lý tăng Entropy

#### 2.4. Phương trình trạng thái của khí thực

- + Hệ số cộng tích và hệ số nội áp
- + Phương trình Van der Waals
- + Trạng thái tới hạn và thông số tới hạn

### **3. Điện từ học**

#### 3.1. Trường tĩnh điện

- + Định luật Coulomb
- + Điện trường và véc tơ cường độ điện trường
- + Điện thông, định lý Ostrogradsky – Gauss đối với điện trường
- + Điện thế và hiệu điện thế
- + Liên hệ giữa véc tơ cường độ điện trường và điện thế

#### 3.2. Từ trường

- + Tương tác từ của dòng điện, định luật Ampe
- + Véc tơ cảm ứng từ và véc tơ cường độ từ trường
- + Từ thông, định lý Ostrogradsky – Gauss đối với từ trường
- + Lưu số của véc tơ cường độ từ trường, định lý Ampere
- + Tác dụng của từ trường lên dòng điện
- + Chuyển động của hạt điện trong từ trường

#### 3.3. Cảm ứng điện từ

- + Các định luật về hiện tượng cảm ứng điện từ
- + Hiện tượng tự cảm và hiện tượng hổ cảm

#### 3.4. Trường điện từ

- + Luận điểm thứ nhất của Maxwell, phương trình Maxwell – Faraday
- + Luận điểm thứ hai của Maxwell, phương trình Maxwell – Ampere
- + Trường điện từ và hệ thống các phương trình Maxwell

### 3.5. Dao động và sóng điện từ

- + Dao động điện từ điều hòa
- + Dao động điện từ tắt dần
- + Dao động điện từ cưỡng bức
- + Hiện tượng cộng hưởng
- + Tổng hợp dao động

## **4. Quang học**

### 4.1. Quang học sóng

- + Hàm sóng của ánh sáng
- + Hiện tượng giao thoa ánh sáng
- + Hiện tượng nhiễu xạ ánh sáng

### 4.2. Quang học lượng tử

- + Bức xạ nhiệt, các đại lượng đặc trưng cho bức xạ nhiệt
- + Thuyết lượng tử của Planck
- + Các định luật bức xạ của vật đen tuyệt đối
- + Thuyết Photon của Einstein
- + Hiện tượng quang điện, các định luật quang điện

## **5. Vật lý nguyên tử và hạt nhân**

### 5.1. Cơ học lượng tử

- + Tính sóng hạt của vật chất trong thế giới vi mô
- + Hệ thức bất định Heisenberg
- + Hàm sóng và ý nghĩa thống kê của hàm sóng
- + Phương trình cơ bản của cơ học lượng tử

### 5.2. Vật lý nguyên tử

- + Nguyên tử Hidro
- + Nguyên tử kim loại kiềm
- + Mô men động lượng và mô men từ của electron trong nguyên tử
- + Spin của electron
- + Hệ thống tuần hoàn Mendeleev

### 5.3. Vật lý hạt nhân

- + Cấu tạo và các tính chất cơ bản của hạt nhân
- + Hiện tượng phóng xạ
- + Các phương pháp gia tốc hạt
- + Tương tác hạt nhân
- + Phản ứng dây chuyền của hạt nhân
- + Phản ứng nhiệt hạch

## **6. Tài liệu tham khảo**

- Lương Duyên Bình (2012), *Vật lí đại cương, tập 1,2,3*, NXB Giáo dục.
- Lương Duyên Bình (2012), *Bài tập vật lí đại cương, tập 1,2,3*, NXB Giáo dục.

## **MỘT SỐ BÀI TẬP THAM KHẢO BÀI THI VẬT LÝ ĐẠI CƯƠNG**

### **Phần I. Cơ học**

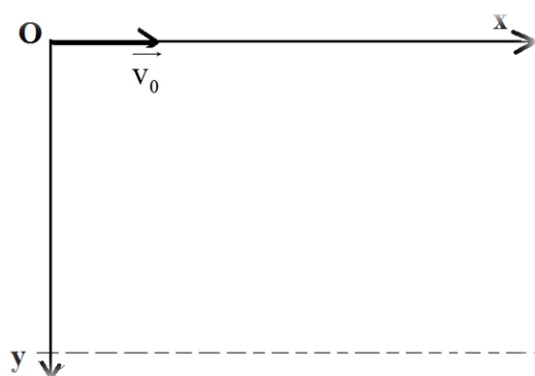
**Ví dụ 1:** Từ một đỉnh tháp cao  $h = 25\text{m}$  ta ném một hòn đá theo phương nằm ngang với vận tốc  $v_0 = 15\text{m/s}$ , lấy  $g = 10\text{m/s}^2$ . Xác định:

- a) Quỹ đạo chuyển động của hòn đá;
- b) Thời gian chuyển động của hòn đá (từ lúc ném đến lúc chạm đất);
- c) Khoảng cách từ chân tháp đến điểm hòn đá chạm đất (còn gọi là tầm xa);
- d) Vận tốc, gia tốc toàn phần, gia tốc tiếp tuyến và gia tốc pháp tuyến của hòn đá tại điểm nó chạm đất.
- e) Bán kính cong tại điểm bắt đầu ném và điểm chạm đất. Bỏ qua sức cản của không khí.

### Hướng dẫn giải

Khi vật chuyển động ném, vật chuyển động trong mặt phẳng thẳng đứng do giả thuyết chỉ chịu tác dụng của trọng lực.

Chọn hệ quy chiếu Oxy (hình 1.1), Oy theo phương thẳng đứng, chiều dương hướng xuống dưới, Ox nằm ngang cùng phương với véc tơ vận tốc ban đầu, chiều dương là chiều của véc tơ vận tốc, gốc O trùng với vị trí ném.



Hình 1.1. Hệ tọa độ Oxy

Xét chuyển động của vật dọc theo trục Ox, vật chuyển động không có gia tốc nên là chuyển động thẳng đều:

$$v_x = v_0$$

$$x = x_0 + v_x \cdot t = v_0 \cdot t$$

Xét chuyển động của vật dọc theo trục Oy, vật chuyển động rơi tự do:

$$v_y = g \cdot t$$

$$y = y_0 + \frac{1}{2} g \cdot t^2 = \frac{1}{2} g \cdot t^2$$

a) Từ  $x = v_0 \cdot t \Rightarrow t = \frac{x}{v_0}$  thay vào y, ta có:  $y = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 = \frac{1}{2} \cdot g \cdot \left(\frac{x}{v_0}\right)^2 = \frac{1}{45} \cdot x^2$

Vậy quỹ đạo chuyển động của vật là một nửa parabol.

b) Thời gian chuyển động của hòn đá từ lúc ném đến lúc chạm đất chính là

thời điểm để:  $y = h \Rightarrow t_c = \sqrt{\frac{2 \cdot h}{g}} = \sqrt{5}(\text{s})$

c) Tầm xa của hòn đá là vị trí x khi hòn đá chạm đất:  $x = v_0 \cdot t_c = 15\sqrt{5}(\text{m})$

d) Khi hòn đá chạm đất:  $v_y = g \cdot t_c = 10\sqrt{5}(\text{m/s})$

Vận tốc hòn đá khi đó:  $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{15^2 + 10^2 \cdot 5} = 5\sqrt{29}(\text{m/s})$

Gia tốc của hòn đá luôn không đổi  $a = g = 10\text{m} / \text{s}^2$

Gia tốc tiếp tuyến của hòn đá:

$$a_t = \frac{dv}{dt} = \frac{d}{dt} \left( \sqrt{v_0^2 + g^2 \cdot t^2} \right) = \frac{1}{2} \frac{2g^2 \cdot t}{\sqrt{v_0^2 + g^2 \cdot t^2}} = \frac{g^2 \cdot t}{v}$$

Khi hòn đá chạm đất:  $a_t = \frac{g^2 \cdot t_c}{\sqrt{v_0^2 + g^2 \cdot t_c^2}} = \frac{10^2 \cdot \sqrt{5}}{5\sqrt{29}} = 8,3(\text{m} / \text{s}^2)$

Gia tốc pháp tuyến  $a_n = \sqrt{a^2 - a_t^2} = 5,57(\text{m} / \text{s}^2)$

e) Sử dụng biểu thức:  $a_n = \frac{v^2}{R}$  trong đó R là bán kính cong của quỹ đạo.

Suy ra bán kính cong của chuyển động:  $R = \frac{v^2}{a_n}$

Tại vị trí bắt đầu ném:  $a_n = a = g \Rightarrow R = \frac{15^2}{10} = 22,5\text{m}$

Tại vị trí chạm đất:  $R = \frac{(5\sqrt{29})^2}{5,57} = 130,16(\text{m})$

**Ví dụ 2:** Trong tình huống cứu nạn, một chiến sĩ cần leo lên dây để di chuyển lên trên. Chiến sĩ này có khối lượng  $m = 70\text{kg}$ , gia tốc trọng trường  $g = 10\text{m} / \text{s}^2$ . Giả thiết xem người chiến sĩ như chất điểm.

a) Nếu chiến sĩ leo lên trên với vận tốc không đổi thì khi đó lực căng của dây là bao nhiêu?

b) Giả sử lực căng tối đa mà dây treo có thể chịu được là  $1000\text{N}$ , trong quá trình leo lên trên chiến sĩ này chỉ được phép tăng tốc với gia tốc tối đa là bao nhiêu để vẫn an toàn?

### Hướng dẫn giải

Đây là bài tập vận dụng định luật II Newton.

Phương trình định luật II Newton cho chuyển động của chiến sĩ:  $\vec{P} + \vec{T} = m \cdot \vec{a}$ .

Chiếu phương trình này lên phương thẳng đứng, chiều dương hướng lên thu được:  $T - P = m \cdot a$

a) Nếu chiến sĩ leo lên trên thang đều thì  $a = 0$

$$\Rightarrow T = P = m.g = 700(\text{N})$$

b) Nếu chiến sĩ leo lên trên với gia tốc  $a \Rightarrow T = P + m.a = m.(a + g)$

$$\text{Để đảm bảo an toàn: } T \leq T_{\max} \Rightarrow a \leq \frac{T_{\max}}{m} - g \Rightarrow a \leq 4,28(\text{m/s}^2)$$

**Ví dụ 3:** Một cái thang dài  $L = 12\text{m}$  có khối lượng bằng  $45\text{kg}$ , đặt dựa vào tường, đầu trên của nó đặt cách mặt đất  $9,3\text{m}$ . Khối tâm của thang ở một phần ba chiều dài của thang, tính từ chân. Một người lính cứu hỏa có khối lượng  $72\text{kg}$  leo lên thang cho đến khi khối tâm của anh ta ở chính giữa thang. Giả sử rằng thang là không ma sát với tường, có ma sát với sàn với hệ số ma sát  $\mu$ . Xác định:

a) Lực do tường tác dụng vào thang.

b) Lực do sàn tác dụng vào thang.

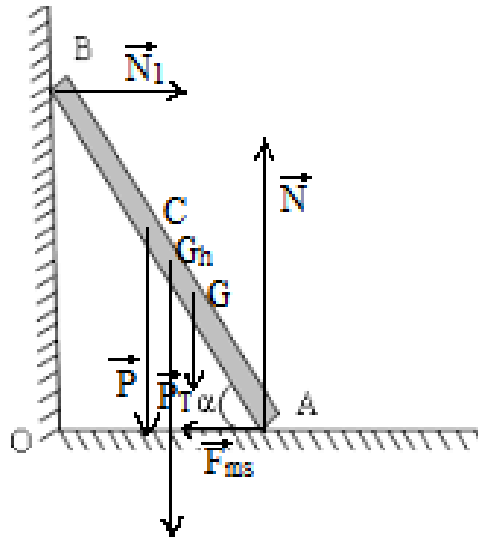
c) Giả sử hệ số ma sát nghỉ cực đại (gần đúng bằng hệ số ma sát trượt) giữa thang và mặt sàn là  $0,44$ . Người lính cứu hỏa leo đến độ cao lớn nhất bao nhiêu thì thang bắt đầu trượt?

### Giải

Đây là bài toán về khối tâm của hệ gồm thang và người lính cứu hỏa. Có thể biểu diễn hệ như hình vẽ:

Các ngoại lực tác dụng lên hệ thang và người lính cứu hỏa gồm: trọng lực của thang  $\vec{P}_T$ ; trọng lực của người lính  $\vec{P}$ , phản lực của mặt sàn  $\vec{N}$ , phản lực của tường  $\vec{N}_1$ ; lực ma sát của sàn  $\vec{F}_{ms}$ .

$$\text{Điều kiện để hệ cân bằng: } \vec{P}_T + \vec{P} + \vec{N} + \vec{N}_1 + \vec{F}_{ms} = \vec{0}$$



**Hình 1.2. Biểu diễn các lực tác dụng lên thang**

Chiếu phương trình trên lên trục Ox theo phương ngang và trục Oy theo phương thẳng đứng thu được:

$$\begin{cases} P_T + P - N = 0 \\ F_{ms} - N_1 = 0 \end{cases}$$

$$\Rightarrow N = P_T + P = (M + m).g = 1170(N)$$

Xét điều kiện cân bằng của hệ thang và người quay quanh trục đi qua O là tiếp điểm của thang với mặt sàn.

$$\overrightarrow{M_{P_T}} + \overrightarrow{M_P} + \overrightarrow{M_N} + \overrightarrow{M_{N_1}} + \overrightarrow{M_{F_{ms}}} = \vec{0}$$

$$\Rightarrow P \cdot \frac{a}{2} + P_T \cdot \frac{a}{3} - N_1 \cdot h = 0 \text{ với } a \text{ là khoảng cách từ chân thang đến chân tường,}$$

$$\Rightarrow a = \sqrt{L^2 - h^2} = 7,58m$$

Từ đó giải phương trình được kết quả:  $N_1 = 416(N)$

c) Thang bắt đầu trượt khi lực ma sát nghỉ đạt giá trị lớn nhất:

$$F_{ms} = \mu \cdot N = 514,8(N)$$

Sử dụng điều kiện cân bằng lực ở trên có:  $N_1 = F_{ms} = 514,8(N)$

Sử dụng điều kiện cân bằng mô men:  $P \cdot x + P_T \cdot \frac{a}{3} - N_1 \cdot h = 0$

$$\Rightarrow x = 5(m). \text{ Mặt khác } \frac{x}{a} = \frac{\ell}{L} \Rightarrow \ell = \frac{x}{a} \cdot L = 7,92(m)$$



Vậy người lính leo lên đến 7,92m trên thang tính từ chân thang thì thang sẽ bắt đầu trượt.

**Ví dụ 4:** Một hỏa tiễn lúc đầu đứng yên, sau đó phụt khí đều đặn ra phía sau với vận tốc không đổi  $u = 300\text{m/s}$  đối với hỏa tiễn. Trong mỗi giây, lượng khí phụt ra bằng  $\mu = 90\text{g}$ . Khối lượng tổng cộng ban đầu của hỏa tiễn bằng  $M_0 = 270\text{g}$ . Bỏ qua sức cản của không khí và lực hút của trái đất.

a) Xác định sau bao lâu hỏa tiễn đạt tới vận tốc  $v = 40\text{m/s}$ .

b) Khi khối lượng tổng cộng của hỏa tiễn là 90g, thì vận tốc của hỏa tiễn là bao nhiêu?

### Hướng dẫn giải

Khối lượng và vận tốc của hỏa tiễn tại thời điểm  $t$ :  $m, \vec{v}$ .

Khối lượng và vận tốc của hỏa tiễn tại thời điểm  $t + dt$ :  $m + dm; \vec{v} + d\vec{v}$ .

Động lượng của hệ gồm hỏa tiễn và khí được bảo toàn trong khoảng thời gian  $dt$  từ thời điểm  $t$  đến thời điểm  $t + dt$ :

$$m.\vec{v} = (m + dm)(\vec{v} + d\vec{v}) + (-dm)\vec{v}'$$

Trong đó  $\vec{v}'$  là vận tốc của khí có khối lượng  $-dm$  phụt ra trong thời gian  $dt$ ,  $\vec{v}' = \vec{v} + \vec{u}$ .

$$\text{Thay vào thu được: } m.\vec{v} = (m + dm)(\vec{v} + d\vec{v}) + (-dm)(\vec{v} + \vec{u})$$

$$\rightarrow m.d\vec{v} + dm.d\vec{v} - dm.\vec{u} = 0$$

Bỏ qua số hạng vô cùng bé bậc hai  $dm.d\vec{v}$  thu được:  $m.d\vec{v} = dm.\vec{u}$

Chiếu phương trình véc tơ trên lên trục Ox cùng phương cùng chiều chuyển động của hỏa tiễn thu được:  $m.dv = -dm.u$

$$\rightarrow dv = -u.\frac{dm}{m}$$

Lấy nguyên hàm hai vế thu được:  $v = -u.\ln(m) + C$

Xác định C từ điều kiện ban đầu khi  $m = M, v = 0$ :  $C = u.\ln(M)$

$$\text{Vậy: } v = u.\ln\frac{M}{m}$$

a) Khi vận tốc hỏa tiễn là 40m/s thì:  $\ln \frac{M}{m} = \frac{v}{u} \rightarrow \frac{M}{m} = e^{\frac{v}{u}} \rightarrow m = M.e^{-\frac{v}{u}}$

$$m = 270.e^{-\frac{40}{300}} = 236,3g$$

Khối lượng khí đã phụt ra khi đó là:  $\Delta m = M - m = 33,7g$

Thời gian để hỏa tiễn đạt tốc độ đó là:  $t = \frac{\Delta m}{\mu} = \frac{33,7}{90} = 0,374s$

b) Từ  $v = u.\ln \frac{M}{m}$  ;  $m = 90g$ ;  $\Rightarrow v = 300.\ln \frac{270}{90} = 329,6m / s$

**Ví dụ 5:** Một ô tô khối lượng 10 tấn đang chạy trên đoạn đường phẳng nằm ngang với vận tốc không đổi bằng 36km/h. Sau khi tắt máy và hãm phanh, ô tô chạy chậm dần và dừng lại. Hệ số ma sát của mặt đường là 0,2 và lực hãm của phanh bằng  $60.10^3N$ . Lấy  $g = 10m / s^2$ . Xác định đoạn đường mà ô tô đi được từ khi tắt máy cho đến khi dừng lại và công của lực ma sát thực hiện trên đoạn đường đó.

### Hướng dẫn giải

Đây là bài toán đơn giản thay vì dùng các định luật Newton, ở đây sẽ áp dụng định lý động năng.

Xét các lực tác dụng lên ô tô gồm trọng lực  $\vec{P}$ , phản lực của mặt đường  $\vec{N}$  và lực ma sát với mặt đường  $\vec{F}_{ms}$ , lực hãm phanh  $\vec{F}_h$ . Vì mặt đường nằm ngang nên trọng lực và phản lực cân bằng nhau. Khi đó:

$$A_{F_{hl}} = A_{F_{ms}} + A_{F_h} = W_{d2} - W_{d1}$$

Khi dừng lại động năng của ô tô bằng không,  $W_{d2} = 0$

$$\Rightarrow A_{F_{ms}} + A_{F_h} = -W_{d1} = -\frac{1}{2}m.v^2 \text{ với } m = 10^4 \text{ kg; } v = 36 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\Rightarrow A_{F_{ms}} + A_{F_h} = -500000(J)$$

Lại có:  $\frac{A_{F_{ms}}}{A_{F_h}} = \frac{F_{ms}}{F_h} = \frac{\mu.mg}{F_h} = \frac{0,2.10^4.10}{60.10^3} = \frac{1}{3}$

$$\Rightarrow 4.A_{F_{ms}} = -5.10^5 \Rightarrow A_{F_{ms}} = -1,25.10^5(J)$$

Để xác định quãng đường sử dụng:

$$A_{F_{ms}} + A_{F_h} = -(F_{ms} + F_h) \cdot s$$

$$\Rightarrow s = -\frac{A_{F_{ms}} + A_{F_h}}{(F_{ms} + F_h)} = \frac{5 \cdot 10^5}{0,2 \cdot 10^4 \cdot 10 + 60 \cdot 10^3} = 6,25(\text{m})$$

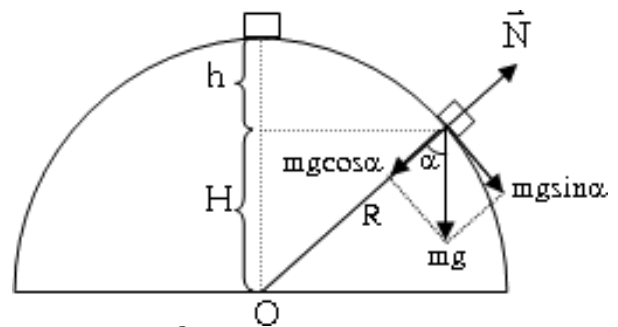
**Ví dụ 6:** Từ đỉnh của một bán cầu bán kính là R người ta buông tay cho một vật trượt xuống phía dưới trên bề mặt của bán cầu. Hỏi ở độ cao nào so với mặt đất vật bắt đầu rời khỏi bề mặt của bán cầu?

### Hướng dẫn giải

Xét một vị trí bất kỳ của vật khi nó còn tiếp xúc với mặt bán cầu như ở hình bên. Khi đó vật chịu tác dụng của hai lực:

- Phản lực  $\vec{N}$  của mặt bán cầu. Lực này hướng theo phương nối tâm O của bán cầu với vật và có chiều hướng từ trong ra ngoài bán cầu.

- Trọng lực  $\vec{mg}$  của vật hướng theo phương thẳng đứng từ trên xuống dưới.



**Hình 1.3. Biểu diễn các lực tác dụng lên vật**

Lực này có thể phân tích thành hai lực thành phần:

- + Thành phần pháp tuyến  $mg \cos \alpha$ .

- + Thành phần tiếp tuyến  $mg \sin \alpha$  là thành phần lực trực tiếp làm cho vật chuyển động trượt xuống dưới theo bề mặt bán cầu. Trong đó  $\alpha$  là góc lực pháp tuyến làm với phương thẳng đứng.

Do theo phương pháp tuyến của quỹ đạo hai lực  $mg \cos \alpha$  và  $\vec{N}$  ngược chiều nhau nên khi tổng hợp lại ta có lực  $(mg \cos \alpha - N)$ . Chính lực này đóng vai trò là lực hướng tâm làm cho vật chuyển động theo quỹ đạo tròn. Do vậy, ta có:

$$mg \cos \alpha - N = m \frac{v^2}{R} \text{ với } v: \text{ vận tốc tức thời của vật tại thời điểm ta đang xét.}$$

$$\text{Từ đó: } N = mg \cos \alpha - m \frac{v^2}{R} = m \left( g \cos \alpha - \frac{v^2}{R} \right)$$

Từ phương trình trên có nhận xét sau: khi vật càng trượt xuống phía dưới thì góc  $\alpha$  càng tăng làm cho thành phần  $g \cos \alpha$  càng giảm trong khi thành phần  $\frac{v^2}{R}$  càng tăng do  $v$  càng lớn ( $v$  càng lớn do đó thành phần  $mg \sin \alpha$  càng tăng), đến một lúc nào đó thì  $g \cos \alpha = \frac{v^2}{R}$  và khi đó  $N = 0$ . Lúc này vật bắt đầu rời khỏi mặt cầu (vì khi rời khỏi bán cầu vật không còn tiếp xúc với mặt bán cầu nên nó không còn chịu tác dụng của phản lực  $N$ , tức là  $N = 0$ ).

Khi vật bắt đầu rời khỏi bán cầu, ta có:

$$mg \cos \alpha = m \frac{v^2}{R} \Rightarrow g \cdot \cos \alpha = \frac{v^2}{R} \Rightarrow \cos \alpha = \frac{v^2}{Rg}$$

Muốn tính được góc  $\alpha$  khi vật bắt đầu rời khỏi bán cầu ta phải tính được vận tốc tức thời  $v$  của vật khi đó. Muốn vậy, ta có thể áp dụng định luật bảo toàn cơ năng vì vật chuyển động trong trường trọng lực là một trường thế. Gọi  $h$  là khoảng cách tính theo phương thẳng đứng từ đỉnh của bán cầu đến vị trí mà vật bắt đầu rời khỏi bán cầu. Theo định luật bảo toàn cơ năng, ta có:  $\frac{1}{2}mv^2 = mgh \Rightarrow v^2 = 2gh$

Thay giá trị này vào phương trình trên tìm được:  $\cos \alpha = \frac{2h}{R}$

Mặt khác, từ hình vẽ tính được:  $\cos \alpha = \frac{R-h}{R}$

Từ hai phương trình trên có:  $\frac{2h}{R} = \frac{R-h}{R} \Rightarrow 2h = R-h \Rightarrow h = R/3$

Vậy vật bắt đầu rời khỏi bán cầu ở độ cao:  $H = R - h = R - R/3 = 2R/3$

**Ví dụ 7:** Trong một tình huống cứu nạn do có người mắc kẹt trong một khoang của con tàu bị chìm dưới nước. Những chiến sĩ cần phải mở một cánh cửa thoát hiểm để đưa người bị nạn ra ngoài. Cánh cửa có kích thước 60cm x 120cm. Biết tại vị trí cánh cửa đang ở độ sâu 10m dưới mặt nước, khối lượng riêng của nước là  $1000\text{kg/m}^3$  và trong khoang áp suất bằng áp suất khí quyển. Xác định lực cần tác dụng vào cánh cửa để mở được nó ra. Lấy  $g = 10\text{m/s}^2$ .

### Hướng dẫn giải

Do áp suất trong khoang bằng áp suất khí quyển nên độ chênh lệch áp suất trong khoang và áp suất bên ngoài  $\Delta p$  đúng bằng áp suất do chiều cao cột nước gây nên:  $\Delta p = p_n - p_t = \rho \cdot g \cdot z = 1000 \cdot 10 \cdot 10 = 10^5 \text{ (N/ m}^2\text{)}$ .

Xét các lực tác dụng lên cánh cửa gồm:  $\vec{F}_t, \vec{F}_n$  lần lượt là hai lực do áp suất bên trong và bên ngoài tác dụng lên;  $\vec{F}$  là lực do đội cứu nạn tác dụng lên.

$$\text{Để thấy điều kiện để mở được cửa: } F + F_t \geq F_n \Leftrightarrow F \geq (F_n - F_t)$$

$$\Rightarrow F \geq (p_n - p_t) \cdot S = 10^5 \cdot 0,6 \cdot 1,2 = 72 \cdot 10^3 \text{ (N)}$$

## Phần II. Nhiệt học

**Ví dụ 1:** Một khối khí  $N_2$  ở trạng thái 1 có thể tích  $V_1 = 6$  lít ở áp suất  $p_1 = 3$  at và nhiệt độ  $t_1^0 = 30^\circ\text{C}$  biến đổi sang trạng thái 2 ( $p_o, V_o, T_o$ ) theo 3 quá trình liên tiếp là quá trình đẳng tích (ở áp suất 4,5 at), nén đẳng áp (ở thể tích 5 lít) và nén đẳng nhiệt (ở áp suất 9at).

- Tính khối lượng của khối khí.
- Tính các thông số ( $p_o, V_o, T_o$ ) khi hệ ở trạng thái 2.

### Hướng dẫn giải

- Theo phương trình trạng thái của khí lí tưởng

$$p_1 V_1 = nRT_1 \Rightarrow n = \frac{p_1 V_1}{RT_1} = \frac{(3 \cdot 9,81 \cdot 10^4) \cdot (6 \cdot 10^{-3})}{8,31 \cdot (30 + 273)} = 0,70 \text{ mol}$$

$$m = n \cdot 28 = 0,70 \cdot 28 = 19,6 \text{ g}$$

- Biến đổi từ trạng thái 1 sang trạng thái 2 theo 3 quá trình:

$$(p_1, V_1, T_1) \xrightarrow{V = \text{const}} (p_2, V_2, T_2) \xrightarrow{p = \text{const}} (p_3, V_3, T_3) \xrightarrow{T = \text{const}} (p_o, V_o, T_o)$$

Trạng thái 1 có  $p_1 = 3 \text{ at}$ ;  $T_1 = 303 \text{ K}$ ;  $V_1 = 6$  lít

- Quá trình đẳng tích:  $V_2 = V_1 = 6$  lít và  $p_2 = 4,5 \text{ at}$

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2} \Rightarrow T_2 = \frac{p_2 \cdot T_1}{p_1} = \frac{4,5 \cdot 303}{3} = 454,5 \text{ K}$$

- Quá trình đẳng áp:  $p_3 = p_2 = 4,5 \text{ at}$ ;  $V_3 = 5$  lít

$$\frac{V_2}{V_3} = \frac{T_2}{T_3} \Rightarrow T_3 = \frac{V_3 \cdot T_2}{V_2} = \frac{5.454,5}{6} = 378,75\text{K}$$

- Quá trình đẳng nhiệt:  $T_0 = T_3 = 378,75\text{K}$

$$p_3 V_3 = p_0 V_0 \Rightarrow V_0 = \frac{p_3 V_3}{p_0} = \frac{4,5.5}{9} = 2,5 \text{ lít}$$

**Ví dụ 2:** Cho 33g khí  $\text{CO}_2$  ở nhiệt độ  $t_1^\circ = 20^\circ\text{C}$  và áp suất  $p_1 = 2,5\text{at}$ . Sau khi hơn nóng đẳng áp thì thể tích khối khí là  $V_2 = 8$  lít. Tính thể tích  $V_1$ , nhiệt độ  $t_2^\circ\text{C}$  và cho biết khối lượng riêng của khí tăng hay giảm bao nhiêu?

### Hướng dẫn giải

Ta có  $n_{\text{CO}_2} = \frac{33}{44} = 0,75\text{mol}$ ;  $T_1 = 293\text{K}$

$$p_1 V_1 = nRT_1 \Rightarrow V_1 = \frac{nRT_1}{p_1} = \frac{0,75.8,31.(273+20)}{2,5.9,81.10^4} = 7,45.10^{-3}\text{m}^3 = 7,45 \text{ lít}$$

+ Nhiệt độ:  $p = \text{const} \Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \Rightarrow T_2 = \frac{T_1 \cdot V_2}{V_1} = \frac{293.8}{7,45} = 314,63\text{K}$

$$t_2^\circ\text{C} = T_2 - 273 = 41,63^\circ\text{C}$$

+ Khối lượng riêng của khối khí

$$\Delta\rho = \rho_2 - \rho_1 = \frac{m}{V_2} - \frac{m}{V_1} = 33.10^{-3} \left( \frac{1}{8.10^{-3}} - \frac{1}{7,45.10^{-3}} \right) \square -0,305 \text{ kg / m}^3$$

Khi thể tích tăng thì khối lượng riêng của khí giảm  $0,305 \text{ kg / m}^3$

**Ví dụ 3:** Cho 10g khí  $\text{O}_2$  có áp suất 3at và nhiệt độ  $10^\circ\text{C}$  được đốt nóng đẳng áp và cho dẫn nở đến thể tích 10 lít. Tính thể tích ban đầu, nhiệt cung cấp cho khối khí, độ biến thiên nội năng và công mà khối khí sinh ra.

### Hướng dẫn giải

+ Ta có:  $n_{\text{O}_2} = \frac{10}{32} = 0,3125\text{mol}$ ;  $p_1 = 3\text{at}$ ;  $T_1 = 283\text{K}$ ;  $V_2 = 10^{-2}$  lít

$$p = \text{const} \Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \Rightarrow T_2 = \frac{10.283}{2,5} = 1132\text{K} \Rightarrow \Delta T = 849\text{K}$$

+ Từ hương trình trạng thái

$$p_1 V_1 = nRT_1 \Rightarrow V_1 = \frac{nRT_1}{p_1} = \frac{0,3125 \cdot 8,31 \cdot 283}{3,9 \cdot 81 \cdot 10^4} = 0,0025 \text{m}^3 \Rightarrow V_1 = 2,5 \text{ lít}$$

+ Nhiệt cung cấp cho khối khí:

$$Q = \int_{T_1}^{T_2} nC_p \cdot dT = n \cdot C_p \cdot \Delta T = 0,3125 \cdot \left(\frac{7}{2} \cdot 8,31\right) \cdot 849 = 7716,61 \text{J}$$

+ Độ biến thiên nội năng:  $\Delta U = n \cdot C_v \cdot \Delta T = 0,3125 \cdot \left(\frac{5}{2} \cdot 8,31\right) \cdot 849 = 5511,87 \text{J}$

+ Công khối khí nhận:  $A = \Delta U - Q = -2204,74 \text{J} \Rightarrow A' = -A = 2204,74 \text{J}$

**Ví dụ 4:** Cho khí  $N_2$  ở áp suất  $p_1 = 0,8 \text{ at}$ , nhiệt độ  $t_1 = 20^\circ\text{C}$  và có thể tích  $V_1 = 3 \text{ lít}$  được dẫn nở tới thể tích  $V_2 = 2,5V_1$ . Biết  $R = 8,31 \text{ J/mol.K}$ . Hãy tính công mà khối khí sinh ra và nhiệt khối khí nhận được nếu quá trình là:

- a) Đẳng áp                      b) Đẳng nhiệt                      c) Đẳng tích

### Hướng dẫn giải

Khối khí chuyển từ trạng thái  $(p_1, V_1, T_1)$  sang trạng thái  $(p_2, V_2, T_2)$

a) Quá trình là đẳng áp nên

$$A' = -A = \int_{V_1}^{V_2} p dV = p(V_2 - V_1) = 1,5p_1 V_1 = 1,5 \cdot (0,8 \cdot 9,81 \cdot 10^4) \cdot 3 \cdot 10^{-3} = 353,16 \text{J}$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \rightarrow T_2 = \frac{V_2}{V_1} \cdot T_1 = 2,5 \cdot (20 + 273) = 732,5 \text{K}$$

+ Nhiệt mà khối khí nhận được

$$Q = n \cdot C_p \cdot \Delta T = \left(\frac{i}{2} + 1\right) \cdot nR \cdot (732,5 - 293) = \left(\frac{5}{2} + 2\right) \cdot \frac{p_1 V_1}{T_1} \cdot 439,5$$

$$Q = 3,5 \cdot \frac{(0,8 \cdot 9,81 \cdot 10^4) \cdot 3 \cdot 10^{-3}}{(20 + 273)} \cdot 439,5 \approx 1236,1 \text{J}$$

b) Quá trình đẳng nhiệt

$$A' = \int_{V_1}^{V_2} p dV = nRT_1 \cdot \ln \frac{V_2}{V_1} = p_1 V_1 \cdot \ln \frac{V_2}{V_1} = (0,8 \cdot 9,81 \cdot 10^4) \cdot (3 \cdot 10^{-3}) \ln 2,5 = 215,73 \text{J}$$

$$\Delta U = Q + A = 0 \Rightarrow Q = -A = A' = 215,73\text{J}$$

c) Quá trình đoạn nhiệt  $Q = 0$ ;  $\gamma = \frac{i+2}{i} = \frac{7}{5} = 1,4$

$$p_1 V_1^\gamma = p_2 V_2^\gamma \Rightarrow p_2 = p_1 \cdot \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^\gamma = 0,8 \cdot \left(\frac{1}{2,5}\right)^{1,4} \approx 0,277\text{at}$$

$$A' = -A = \int p dV = \int \frac{p_1 V_1^\gamma}{V^\gamma} dV. \text{ Tính toán ta được}$$

$$A = \frac{p_1 V_1 - p_2 V_2}{\gamma - 1} = \frac{(0,8 \cdot 3 - 0,277 \cdot 7,5) \cdot 9,81 \cdot 10}{1,4 - 1} \approx 70,09\text{J}$$

**Ví dụ 5:** Một máy hơi nước có công suất 14,7 kW, tiêu thụ 8,1 kg than trong 1 giờ. Năng suất tỏa nhiệt của than 7800 kcal/kg. Nhiệt độ của nguồn nóng là 250°C và nhiệt độ của nguồn lạnh là 60°C.

a) Tính hiệu suất thực tế của máy.

b) So sánh hiệu suất đó với hiệu suất của máy nhiệt làm việc theo chu trình Carnot với cùng 2 nguồn nhiệt trên.

### Hướng dẫn giải

a) Công suất  $P = 14,7\text{kW} \Rightarrow$  Công máy hơi nước sinh ra trong 1 giờ:

$$A = (14,7\text{kJ}) \cdot 3600 = 52920 \text{ kJ}$$

+ Nhiệt lượng máy hơi nước nhận

$$Q_1 = mq = 8,1 \cdot (7800 \cdot 4,16) = 262828,8 \text{ kJ}$$

+ Hiệu suất của máy hơi nước

$$\eta = \frac{A'}{Q_1} = \frac{52920}{262828,8} \Rightarrow \eta = 20,13\%$$

b) Hiệu suất của máy nhiệt làm việc theo chu trình Carnot với hai nguồn nhiệt  $T_1 = 250 + 273 = 523\text{K}$  và  $T_2 = 60 + 273 = 333\text{K}$  là

$$\eta_{\text{Carnot}} = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{333}{523} \Rightarrow \eta_{\text{Carnot}} = 36,32\%$$

**Ví dụ 6:** Tính độ biến thiên entropy  $\Delta S$  khi biến đổi 10g cục nước đá từ nhiệt độ  $t_0 = -20^\circ\text{C}$  thành hơi nước ở  $100^\circ\text{C}$ . Cho biết nhiệt dung riêng của nước đá là  $c_1$



= 0,5 kcal/kg.K, nhiệt hóa hơi của nước đá ở 100°C là  $L = 539 \text{ kcal/kg}$  và nhiệt dung riêng của nước là  $c_2 = 1 \text{ kcal/kg.K}$ , nhiệt nóng chảy của nước đá ở 0°C là  $\lambda = 80 \text{ kcal/kg}$ .

### Hướng dẫn giải

- Sự chuyển hóa của cục nước đá (trạng thái 1 có nhiệt độ  $t_1 = -20^\circ\text{C}$ ) thành hơi nước ở 100°C (trạng thái 2) xảy ra theo 4 quá trình sau:

(1) Đá cục từ  $T_1 = 253\text{K}$  ( $t_1 = -20^\circ\text{C}$ ) chuyển thành đá ở  $T_0 = 273\text{K}$  ( $0^\circ\text{C}$ )

(2) Đá cục ở  $T_0 = 273\text{K}$  chuyển thành nước đá cũng ở nhiệt độ  $T_0 = 273\text{K}$

(3) Nước đá ở nhiệt độ  $T_0 = 273\text{K}$  chuyển thành nước sôi ở  $T_2 = 373\text{K}$  ( $100^\circ\text{C}$ )

(4) Nước sôi ở  $T_2 = 373\text{K}$  chuyển thành hơi nước ở  $T_2 = 373\text{K}$

- Độ biến thiên  $\Delta S_1$  trong quá trình (1):

$$\Delta S_1 = \int_{T_1}^{T_0} \frac{\delta Q_1}{T} = \int_{T_1}^{T_0} mc_1 \cdot \frac{dT}{T} = mc_1 \cdot \ln \frac{T_0}{T_1}$$

- Độ biến thiên  $\Delta S_2$  trong quá trình (2):  $\Delta S_2 = \int_{T_0}^{T_0} \frac{\delta Q_2}{T} = \frac{1}{T_0} \int_{T_0}^{T_0} \delta Q_2 = \frac{m\lambda}{T_0}$

- Độ biến thiên  $\Delta S_3$  trong quá trình (3):

$$\Delta S_3 = \int_{T_0}^{T_2} \frac{\delta Q_3}{T} = \int_{T_0}^{T_2} mc_2 \cdot \frac{dT}{T} = mc_2 \cdot \ln \frac{T_2}{T_0}$$

- Độ biến thiên  $\Delta S_4$  trong quá trình (4):  $\Delta S_4 = \int_{T_2}^{T_2} \frac{\delta Q_4}{T} = \frac{1}{T_2} \int_{T_2}^{T_2} \delta Q_4 = \frac{mL}{T_0}$

- Độ biến thiên  $\Delta S$  trong 4 quá trình trên là

$$\Delta S = m \cdot \left( c_1 \cdot \ln \frac{T_0}{T_1} + \frac{\lambda}{T_0} + c_2 \cdot \ln \frac{T_2}{T_0} + \frac{L}{T_0} \right)$$

$$\Delta S = 10^{-2} \left( 0,5 \cdot \ln \frac{273}{253} + \frac{80}{273} + 1 \cdot \ln \frac{373}{273} + \frac{539}{273} \right) \text{ kcal/K} \approx 21 \text{ cal/K}$$

**Ví dụ 7:** Có 10 gam khí He ở áp suất  $p = 10^8 \text{ N/m}^2$  chiếm thể tích  $V = 100 \text{ cm}^3$ . Tìm nhiệt độ của khí trong 2 trường hợp:

a) Coi khí là khí lí tưởng

b) Coi khí là khí thực biết  $a = 0,35 \cdot 10^{-2} \text{ (Pa} \cdot \text{m}^6 / \text{mol}^2)$  và  $b = 2,38 \cdot 10^{-5} \text{ (m}^3 / \text{mol)}$ .

### Hướng dẫn giải

Số mol khí He là Số mol của khí  $n = \frac{m}{\mu} = \frac{10}{4} \approx 2,5 \text{ mol}$

a) Khi coi khí là khí lí tưởng:

$$pV = nRT \Rightarrow T = \frac{pV}{nR} = \frac{10^8 \cdot (100 \cdot 10^{-6})}{2,5 \cdot 8,31} \approx 481,35 \text{ K}$$

b) Khi coi khí là khí thực:

$$\left( p + n^2 \cdot \frac{a}{v^2} \right) (v - n \cdot b) = n \cdot R T \Rightarrow T = \frac{\left( p + n^2 \cdot \frac{a}{v^2} \right) (v - n \cdot b)}{nR}$$

$$T = \frac{\left[ 10^8 + 2,5^2 \cdot \frac{3,5 \cdot 10^{-3}}{(100 \cdot 10^{-6})^2} \right] (100 \cdot 10^{-6} - 2,5 \cdot 2,38 \cdot 10^{-5})}{2,5 \cdot 8,31} \approx 199,210 \text{ K}$$

So sánh kết quả câu (a) và (b) cho thấy ở áp suất lớn thì nhiệt độ của khí thực và khí lí tưởng sai nhiều.

### Phần III. Điện từ học

**Ví dụ 1:** Cho vành tròn có bán kính  $R$  đặt trong không khí mang điện tích  $Q$  được phân bố đều. Xác định điện thế và cường độ điện trường tại  $A$  trên trục của vành, cách tâm một khoảng  $a$ .

### Hướng dẫn giải

Chia vành tròn thành các đoạn nhỏ  $dx$ , mang điện tích  $dq$ .

$$dq = \lambda dx = \frac{Q}{2\pi R} dx; \quad dV = \frac{k dq}{\sqrt{a^2 + R^2}} = \frac{k Q dx}{2\pi R \sqrt{a^2 + R^2}}$$

Khi đó điện thế do vành tròn mang điện gây ra tại A là:

$$V = \int_0^{2\pi R} \frac{k Q dx}{2\pi R \sqrt{a^2 + R^2}} = \frac{k Q}{\sqrt{a^2 + R^2}} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{\sqrt{a^2 + R^2}}$$

Điện trường do thành phần  $dq$  gây ra tại A là:

$$dE_1 = \frac{k dq}{a^2 + R^2} = \frac{k Q dx}{2\pi R (a^2 + R^2)}$$

Điện trường tổng hợp do vòng dây gây ra tại A là:

$$E_A = \int_0^{2\pi R} dE_1 \cdot \cos \alpha = \int_0^{2\pi R} \frac{k Q a dx}{2\pi R (a^2 + R^2)^{1.5}} = \frac{k Q a}{(a^2 + R^2)^{1.5}} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q a}{(a^2 + R^2)^{1.5}}$$

**Ví dụ 2:** Người ta đặt hiệu điện thế  $U$  giữa 2 hình trụ dài đồng trục bằng kim loại mỏng bán kính trong  $r_1$  và bán kính ngoài  $r_2$ . Tính:

- Điện tích trên một đơn vị dài của trụ.
- Mật độ điện mặt trên mỗi hình trụ.

### Hướng dẫn giải

a) Cường độ điện trường tại điểm M bất kì cách O khoảng  $r$  có biểu thức:

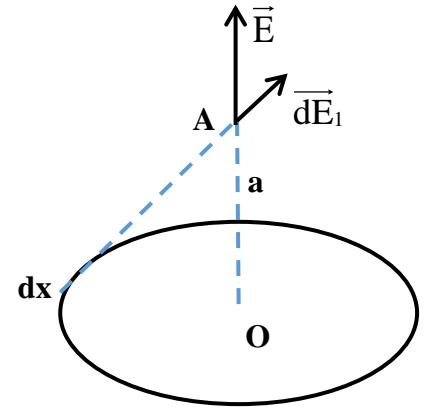
$$E = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon\epsilon_0 r} = \frac{2\lambda k}{\epsilon r}$$

Khi đó hiệu điện thế giữa 2 điểm A và B được xác định:

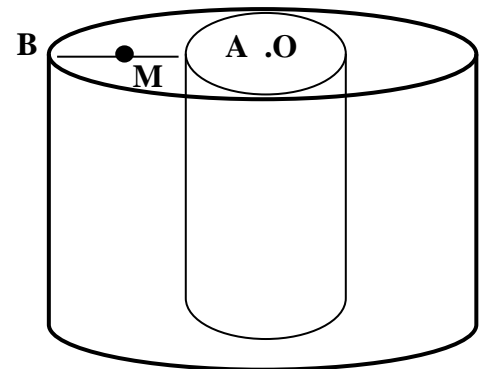
$$U_{AB} = \int_{r_1}^{r_2} E \cdot dr = \int_{r_1}^{r_2} \frac{2\lambda k}{\epsilon r} dr \Rightarrow U_{AB} = \frac{2\lambda k}{\epsilon} \cdot \ln \frac{r_2}{r_1} \Rightarrow \lambda = \frac{U 2\pi\epsilon\epsilon_0}{\ln \frac{r_2}{r_1}}$$

b) Mật độ điện mặt trên mỗi hình trụ được xác định:

$$q = \lambda \cdot l = \delta_1 \cdot 2\pi \cdot r_1 \cdot l \Rightarrow \delta_1 = \frac{\lambda}{2\pi \cdot r_1}$$



**Hình 3.1:** Điện trường do vành dây tích điện gây ra.



**Hình 3.2:** Hai hình trụ dài đồng trục

$$q = \lambda \cdot l = \delta_2 \cdot 2\pi \cdot r_2 \cdot l \Rightarrow \delta_2 = \frac{\lambda}{2\pi \cdot r_2}$$

**Ví dụ 3:** Cho dòng điện thẳng dài vô hạn có  $I = 5A$  được uốn tròn một đoạn có bán kính 2cm đặt trong không khí như hình 3.13. Xác định vectơ cường độ từ trường tổng hợp tại O.

### Hướng dẫn giải

Vecto cường độ từ trường do dòng điện thẳng gây ra tại O có phương vuông góc với mặt phẳng hình vẽ, có chiều đi ra, có độ lớn:

$$H_1 = \frac{I}{2\pi R} = \frac{5}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,02} = 39,8(A / m)$$

Vecto cường độ từ trường do dòng điện tròn I gây ra tại O có phương vuông góc với mặt phẳng hình vẽ, có chiều đi vào, có độ lớn:

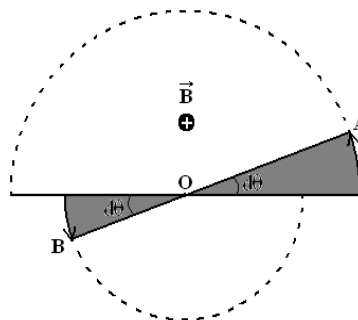
$$H_2 = \frac{I}{2R} = \frac{5}{2 \cdot 0,02} = 125(A / m)$$

Vì  $\vec{H}_{1M} \perp \perp \vec{H}_{2M}$  nên vectơ cường độ từ trường tổng hợp tại O có phương vuông góc với mặt phẳng hình vẽ, có chiều đi vào, có độ lớn:

$$H = H_2 - H_1 = 85,2(A / m)$$

**Ví dụ 4: Câu 5-14-C3:** Một thanh kim loại có hai đầu là A và B quay trong từ trường đều, có cảm ứng từ  $B = 0,005T$  với chu kỳ không đổi  $T = 1s$ . Trục quay đi qua điểm O nằm trên thanh, vuông góc với thanh và song song với các đường sức từ. Hãy tính độ lớn của suất điện động cảm ứng xuất hiện trên thanh. Cho biết  $AB = 1m$  và  $OA = 60cm$ .

### Hướng dẫn giải



- Giải sử véc tơ cảm ứng từ  $\vec{B}$  và chiều quay của thanh quanh trục đi qua điểm O có chiều

như hình vẽ.

- Trong khoảng thời gian  $dt$  thanh quay được một góc là  $d\theta$

- Phần diện tích mà đoạn OA quét được là:  $dS_1 = \frac{1}{2}d\theta.OA^2$

- Phần diện tích mà đoạn OB quét được là:  $dS_2 = \frac{1}{2}d\theta.OB^2$

- Phần từ thông gửi qua diện tích  $dS_1$  là:  $d\phi_1 = BdS_1 = \frac{1}{2}B.OA^2.d\theta$

- Phần từ thông gửi qua diện tích  $dS_2$  là:  $d\phi_2 = BdS_2 = \frac{1}{2}B.OB^2.d\theta$

- Suất điện động cảm ứng xuất hiện trên đoạn OA là:

$$\varepsilon_{c1} = -\frac{d\phi_1}{dt} = -\frac{1}{2} \cdot \frac{d\theta}{dt} \cdot B \cdot OA^2 = -\frac{1}{2} \omega.B.OA^2$$

- Suất điện động cảm ứng xuất hiện trên đoạn OB là:

$$\varepsilon_{c2} = -\frac{d\phi_2}{dt} = -\frac{1}{2} \cdot \frac{d\theta}{dt} \cdot B \cdot OB^2 = -\frac{1}{2} \omega.B.OB^2$$

- Vì  $\varepsilon_{c1}$  và  $\varepsilon_{c2}$  ngược chiều nhau nên suất điện động xuất hiện trên thanh AB có độ lớn là:

$$\varepsilon_c = |\varepsilon_{c1} - \varepsilon_{c2}| = \left| -\frac{1}{2} \omega.B.OA^2 + \frac{1}{2} \omega.B.OB^2 \right| = \frac{1}{2} \omega.B. |OA^2 - OB^2| = \frac{\pi.B. |OA^2 - OB^2|}{T}$$

- Thay số vào ta được:  $\varepsilon_c = \frac{\pi.0,005. |0,6^2 - 0,4^2|}{1} \approx 3,14.10^{-3} \text{ V}$

**Ví dụ 5:** Một dây dẫn bằng Bạc có điện trở suất  $1,62.10^{-8} \Omega\text{m}$  có tiết diện ngang  $5,00 \text{ mm}^2$ . Khi dòng điện trên dây đạt giá trị  $50\text{A}$ , tốc độ biến thiên của dòng là  $1000\text{A/s}$ .

a) Xác định điện trường và giá trị dòng điện dịch trong sợi dây khi dòng điện có giá trị  $25\text{A}$ .

b) Xác định tỉ số của từ trường do dòng điện dịch sinh ra và từ trường do dòng điện dẫn sinh ra tại điểm cách dây một khoảng  $r$ .

#### Hướng dẫn giải

Theo định luật Ohm dạng vi phân:  $\vec{j} = \sigma \cdot \vec{E} = \frac{1}{\rho} \vec{E}$

Với  $\vec{j} = \frac{dI}{dS}$  là mật độ dòng điện dẫn trong dây. Giả sử phân bố dòng điện là

đều trên diện tích  $S$ . Khi đó có:  $E = \rho \cdot j = \rho \frac{I}{S}$

Thay số thu được:  $E = 0,081(\text{V} / \text{m})$

Dòng điện dịch trên dây được xác định:  $I_d = \varepsilon_0 \cdot S \cdot \frac{dE}{dt}$

Mặt khác:  $\frac{dE}{dt} = \frac{\rho}{S} \cdot \frac{dI}{dt}$

Từ đó thu được:  $I_d = \epsilon_0 \cdot S \cdot \frac{\rho}{S} \cdot \frac{dI}{dt} = \epsilon_0 \cdot \rho \cdot \frac{dI}{dt} = \frac{1}{\mu_0 c^2} \cdot \rho \cdot \frac{dI}{dt}$

Thay số thu được:  $I_d = 1,43 \cdot 10^{-16} \text{ (A)}$

b) Từ trường B do dòng điện thẳng dài gây ra tại một điểm cách nó một khoảng r được xác định:  $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$

Từ trường do dòng điện dịch sinh ra:  $B = \frac{\mu_0 I_d}{2\pi r}$

Từ đó suy ra:  $\frac{B_d}{B} = \frac{I_d}{I} = 1,86 \cdot 10^{-18}$

**Ví dụ 6:** Mạch dao động kín, lí tưởng có  $L = 1 \text{ mH}$ ,  $C = 10 \text{ }\mu\text{F}$ . Khi dao động cường độ dòng điện hiệu dụng  $I = 1 \text{ mA}$ . Chọn gốc thời gian lúc năng lượng điện trường bằng 3 lần năng lượng từ trường và tụ điện đang phóng điện. Viết biểu thức điện tích trên tụ điện, điện áp giữa hai bản tụ và cường độ dòng điện trên mạch dao động.

### Hướng dẫn giải

Xác định tần số dao động của mạch điện:  $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

Thay số thu (chú ý đổi đơn vị) thu được kết quả  $\omega = 10^4 \text{ rad / s}$

Do bài toán cho điều kiện ban đầu  $t_0 = 0$  khi mà năng lượng điện trường bằng 3 lần năng lượng từ trường và tụ điện đang phóng điện, nên để thuận tiện ta viết biểu thức điện tích trên bản tụ trước, khi đó điện tích trên tụ có độ lớn đang giảm.

Do bảo toàn năng lượng điện từ nên tại  $t_0 = 0$  thì:

$$W_e + W_m = W$$

$$W_e + \frac{1}{3} W_e = W \Rightarrow W_e = \frac{3}{4} W$$

$$\Leftrightarrow \frac{1}{2} \frac{q^2}{C} = \frac{3}{4} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{Q_0^2}{C} \Leftrightarrow q^2 = \frac{3}{4} Q_0^2$$

$$\Rightarrow q = \pm \frac{\sqrt{3}}{2} Q_0$$

Để xác định điện tích cực đại trên tụ  $Q_0$ , chú ý mối liên hệ:  $i = \frac{dq}{dt} = q'(t)$  và mối quan hệ giữa giá trị cực đại với giá trị hiệu dụng. Khi đó thu được:

$$Q_0 = \frac{I_0}{\omega} = \frac{\sqrt{2}I}{\omega}$$

Xét trường hợp 1:  $q = \frac{\sqrt{3}}{2} Q_0$  và điện tích tích sau đó giảm thì phương trình có dạng:

$$q = Q_0 \cdot \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{6}\right) = \sqrt{2} \cdot 10^{-7} \cdot \cos\left(10^4 \cdot t + \frac{\pi}{6}\right) (\text{C})$$

Để xác định biểu thức điện tích trên tụ chú ý mối liên hệ:  $i = \frac{dq}{dt} = q'(t)$

$$i = I_0 \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{6} + \frac{\pi}{2}\right) \Rightarrow i = \sqrt{2} \cdot 10^{-3} \cos\left(10^4 \cdot t + \frac{2\pi}{3}\right) (\text{A})$$

Biểu thức điện áp giữa hai bản tụ:  $u = \frac{q}{C}$

$$\Rightarrow u = \sqrt{2} \cdot 10^{-2} \cdot \cos\left(10^4 \cdot t + \frac{\pi}{6}\right) (\text{V})$$

Trường hợp thứ 2:  $q = -\frac{\sqrt{3}}{2} Q_0$  làm tương tự nhưng chú ý rằng trong trường hợp này độ lớn điện tích đang giảm thì giá trị điện tích  $q$  đang tăng. Từ đó thu được kết quả:

$$q = \sqrt{2} \cdot 10^{-7} \cos\left(10^4 \cdot t - \frac{5\pi}{6}\right) (\text{C})$$

Biểu thức dòng điện trong mạch:

$$i = \sqrt{2} \cdot 10^{-3} \cos\left(10^4 \cdot t - \frac{5\pi}{6} + \frac{\pi}{2}\right) = \sqrt{2} \cdot 10^{-3} \cos\left(10^4 \cdot t - \frac{\pi}{3}\right) (\text{A})$$

Biểu thức hiệu điện thế trên hai bản tụ:

$$u = \sqrt{2} \cdot 10^{-2} \cdot \cos\left(10^4 \cdot t - \frac{5\pi}{6}\right) (\text{V})$$

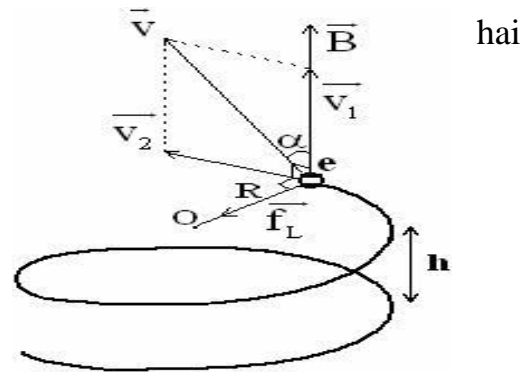
**Ví dụ 7:** Một electron sau khi được gia tốc bằng một hiệu điện thế  $U$  thì bay vào một từ trường đều có cảm ứng từ  $B = 0,1 \text{ T}$  và có hướng bay tạo với đường sức từ một góc  $45^\circ$ . Khi đó quỹ đạo của electron là một đường đinh ốc và có bước tiến sau mỗi một chu kỳ quay được là  $h = 1 \text{ cm}$ . Hãy tính hiệu điện thế  $U$ , coi như lực ma sát và trọng lực là không đáng kể.

### Hướng dẫn giải

- Vận tốc của electron được gia tốc trước khi bay vào từ trường là:

$$W = \frac{1}{2} m_e v^2 = |e|U \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2|e|U}{m_e}}$$

- Ta phân tích véc tơ vận tốc  $\vec{v}$  thành thành phần là:  $\vec{v}_1$  trùng với phương của các đường sức từ và  $\vec{v}_2$  vuông góc với các đường sức từ.



- Khi đó electron chuyển động trong từ trường nên sẽ chịu tác dụng của lực Loren:  $\vec{f}_L = e\vec{v} \wedge \vec{B} = e(\vec{v}_1 + \vec{v}_2) \wedge \vec{B} = e\vec{v}_1 \wedge \vec{B} + e\vec{v}_2 \wedge \vec{B}$

- Vì  $\vec{v}_1 \parallel \vec{B}$  nên  $\vec{v}_1 \wedge \vec{B} = \vec{0}$ , suy ra:  $\vec{f}_L = e\vec{v}_2 \wedge \vec{B}$  và  $\vec{f}_L \perp \vec{v}_2$

- Vì  $\vec{v}_1 \perp \vec{B}$  nên:  $f_L = |e|v_2 B$

- Theo phương của các đường sức từ: Electron không chịu tác dụng của ngoại lực, nên sẽ chuyển động thẳng đều với véc tơ vận tốc  $\vec{v}_1$  có độ lớn là:  $v_1 = v \cos \alpha$ .

- Theo phương vuông góc với các đường sức từ: Electron chịu tác dụng của lực Loren có độ lớn không đổi và luôn vuông góc với vectơ vận tốc  $\vec{v}_2$ , nên sẽ làm cho electron chuyển động trên một đường tròn nằm trong mặt phẳng vuông góc với các đường sức từ vận tốc không đổi là:  $v_2 = v \sin \alpha$ .

- Quỹ đạo của electron hợp bởi hai thành phần nói trên tạo thành một đường đinh ốc.

- Vì lực Loren đóng vai trò là lực hướng tâm nên bán kính của đường tròn là:

$$f_L = f_{ht} \Leftrightarrow |e|v_2 B = \frac{m_e v_2^2}{R} \Rightarrow R = \frac{m_e v_2}{|e|B}$$



- Chu kỳ quay của electron trên đường tròn là:  $T = \frac{2\pi R}{v_2} = \frac{2\pi m_e}{|e|B}$

- Bước của đường đing ốc là:

$$h = v_1 T = \frac{2\pi m_e v_1}{|e|B} = \frac{2\pi m_e v \cos \alpha}{|e|B} = \frac{2\pi m_e \cos \alpha}{|e|B} \cdot \sqrt{\frac{2|e|U}{m_e}} = \frac{2\pi \cos \alpha}{B} \cdot \sqrt{\frac{2m_e U}{|e|}}$$

- Hiệu điện thế cần gia tốc cho electron lúc đầu là:

$$U = \frac{|e|h^2 B^2}{8m_e \pi^2 \cos^2 \alpha} = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 0,01^2 \cdot 0,1^2}{8 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \pi^2 \cos^2 45^\circ} \approx 4453,7V$$

#### Phần IV. Quang học

**Ví dụ 1:** Một người đứng trên nắp một bể nước và quan sát một viên đá nằm ở dưới đáy bể với hướng quan sát hợp với mặt nước một góc  $60^\circ$  thì thấy dường như viên đá nằm cách mặt nước 1,2m.

a) Xác định độ sâu của nước trong bể nếu chiết suất của nước là  $4/3$  và của không khí là 1.

b) Nếu người này nhìn viên đá theo phương thẳng đứng thì thấy viên đá cách mặt nước bao nhiêu?

#### Hướng dẫn giải

Vẽ hình xác định đường đi của hai tia sáng xuất phát từ viên đá S đi từ trong nước ra ngoài không khí:

Tia thứ nhất theo phương vuông góc với mặt nước,

Tia thứ 2 theo phương sao cho tia ló ra không khí hợp với mặt nước một góc  $60^\circ$  (hợp với pháp tuyến một góc  $30^\circ = r$ ).

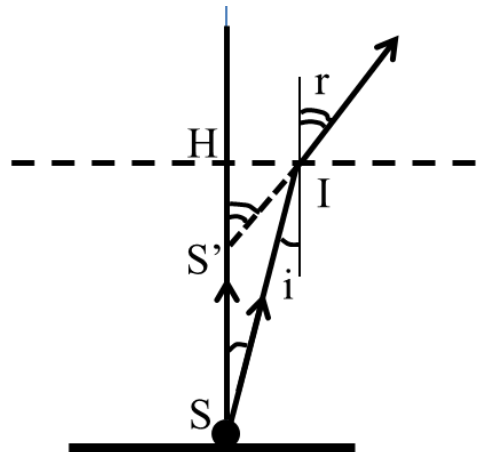
Từ đó xác định được ảnh S' của S.

a) Từ góc  $r = 30^\circ$  theo định luật khúc xạ xác định được góc tới i:

$$n_1 \cdot \sin i = n_2 \cdot \sin r$$

$$\text{Suy ra góc tới } i = 22,02^\circ$$

$$\text{Từ hình vẽ suy ra: } SH = \frac{HI}{\tan i}$$



$$\text{Mặt khác: } S'H = \frac{HI}{\tan r}$$

**Hình 4.1:** Đường đi các tia sáng tạo thành ảnh

$$\Rightarrow \frac{SH}{S'H} = \frac{\tan r}{\tan i} \Rightarrow SH = S'H \cdot \frac{\tan r}{\tan i}$$

Từ kết quả của tìm được của  $i$  và góc  $r$  tính được:  $SH = 1,71 \text{ m}$ .

b) Nếu nhìn theo phương thẳng đứng thì hai tia xuất phát từ  $S$  tới mặt nước rất gần nhau và theo phương vuông góc với mặt nước, tức là góc  $i$  và góc  $r$  ở hình vẽ trên rất nhỏ. Khi đó:  $\tan i \approx \sin i$ ;  $\tan r \approx \sin r$

$$\text{Tương tự với kết quả câu a, } \Rightarrow \frac{SH}{S'H} = \frac{\tan r}{\tan i} \Rightarrow SH = S'H \cdot \frac{\tan r}{\tan i}$$

$$\Rightarrow SH = S'H \cdot \frac{\sin r}{\sin i} = S'H \cdot \frac{n}{1} = 1,6(\text{m})$$

**Ví dụ 2:** Xét thí nghiệm giao thoa ánh sáng qua hai khe Young, với khoảng cách hai khe hẹp là  $1 \text{ mm}$ , khoảng cách từ mặt phẳng chứa hai khe đến màn quan sát là  $2 \text{ m}$ , ánh sáng dùng trong thí nghiệm là laser có bước sóng  $0,6 \mu\text{m}$ . Hệ được đặt trong không khí giả sử chiết suất bằng  $1$ .

- Xác định bề rộng của  $1$  vân sáng.
- Xác định vị trí của vân sáng bậc  $4$  và vân tối thứ  $3$  trên màn quan sát.
- Đặt trước một trong hai khe sáng một bản mỏng phẳng trong suốt có hai mặt song song, chiết suất  $1,7$  bề dày  $10 \mu\text{m}$ . Xác định độ dịch chuyển của hệ thống vân trên màn quan sát.

### Hướng dẫn giải

- Bề rộng của một vân sáng cũng chính là khoảng cách giữa hai vân sáng kế tiếp được xác định:  $i = \frac{\lambda \cdot D}{a}$

Trong đó  $a$  là khoảng cách hai khe sáng,  $D$  là khoảng cách từ mặt phẳng chứa hai khe đến màn quan sát. Thay số sau khi đã đổi đơn vị thu được:  
 $i = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 1,2 \text{ mm}$

b) Vị trí vân sáng bậc 4 được xác định:

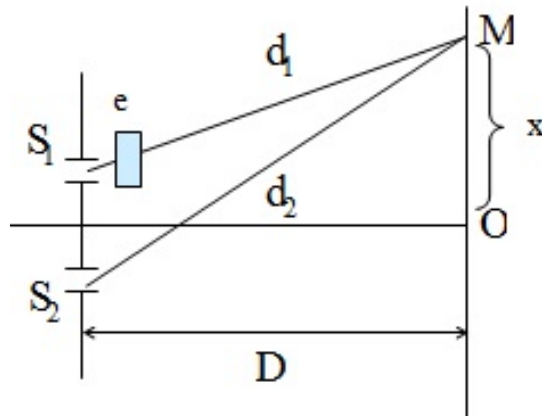
$$x_{S_3} = \pm 4.i = \pm 4,8 \text{ mm}$$

Vị trí của vân tối thứ 3 được xác định:

$$x_{T_3} = \pm 2,5.i = \pm 3 \text{ mm}$$

c) Giả sử đặt trước khe sáng  $S_1$  một bản mỏng có bề dày  $e$  chiết suất  $n$ , khi đó hiệu quang lộ từ hai nguồn sáng đến một điểm  $M$  trên màn quan sát:

$$\Delta L = L_2 - L_1 = d_2 - (d_1 - e + n.e) = d_2 - d_1 - (n - 1).e$$



**Hình 4.2:** Bố trí thí nghiệm với bản mỏng trong suốt.

Mặt khác theo hình học ta có gần đúng:  $d_2 - d_1 = \frac{a.x}{D}$

Ở đó  $x$  là vị trí của điểm  $M$  trên trục  $Ox$ .

Từ đó suy ra:  $\Delta L = \frac{a.x}{D} - (n - 1).e$

Áp dụng điều kiện tại  $M$  là cực đại giao thoa (cực đại sáng).

$$\Delta L = k.\lambda \Rightarrow x = k.\frac{\lambda.D}{a} + \frac{(n - 1).e.D}{a}$$

So sánh với biểu thức xác định cực đại giao thoa khi không có bản mỏng trong suốt:  $x_s = k.\frac{\lambda.D}{a}$

Xác định được độ dịch chuyển hệ vân giao thoa:

$$\Delta x = \frac{(n - 1).e.D}{a} = 14.10^{-3} \text{ m} = 14 \text{ mm}$$

**Ví dụ 3:** Quan sát trên mặt nước có váng dầu, thì thấy tại góc quan sát  $30^\circ$  thì có cực đại với ánh sáng màu vàng với bước sóng  $0,55 \mu\text{m}$ .

a) Xác định bề dày lớp dầu có thể có, giả sử rằng lớp dầu mỏng đủ để trong suốt và chiết suất của dầu là 1,6.

b) Nếu tăng góc quan sát dần lên thì kế tiếp đến góc khoảng  $53^\circ$  lại thấy cực đại giao thoa của ánh sáng màu vàng với bước sóng trên. Xác định gần đúng nhất bề dày của bản mỏng

### Hướng dẫn giải

Đây là hiện tượng giao thoa gây bởi bản mỏng. Áp dụng biểu thức đã tìm được trong phần lý thuyết về hiệu quang lộ:

$$\Delta L = L_1 - L_2 = 2.d.\sqrt{n^2 - \sin^2 i} - \frac{\lambda}{2}$$

Trong bài này, góc tới  $i = 30^\circ$ , chiết suất  $n = 1,6$  và bước sóng  $\lambda = 0,55 \mu\text{m}$ .

Áp dụng với điều kiện cực đại giao thoa:  $\Delta L = k.\lambda$  suy ra:

$$2.d.\sqrt{n^2 - \sin^2 i} - \frac{\lambda}{2} = k.\lambda \Rightarrow d = \left(k + \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda}{2\sqrt{n^2 - \sin^2 i}}$$

$$\Rightarrow d = 0,18.\left(k + \frac{1}{2}\right) \mu\text{m} \text{ trong đó } k \text{ là số tự nhiên.}$$

b) Khi tăng dần góc tới và kế tiếp lại quan sát được cực đại giao thoa, khi đó cực đại giao thoa quan sát được ở góc  $53^\circ$  tương ứng với giá trị  $(k - 1)$ . Chú ý rằng bề dày của lớp váng dầu không thay đổi.

$$d = 0,18.\left(k + \frac{1}{2}\right) = 0,2\left(k - 1 + \frac{1}{2}\right)$$

Giải phương trình trên nếu lấy gần đúng  $k$  là số nguyên có thể lấy  $k = 9$  hoặc  $k = 10$ . Khi đó bề dày của lớp váng dầu tương ứng là:

$$d = 1,71 \mu\text{m}; d = 1,89 \mu\text{m}$$

**Ví dụ 4:** Chùm photon của bức xạ đơn sắc  $\lambda = 2720 \text{ \AA}$  đập xiên vào mặt điện cực vonfram và làm bắn theo phương vuông góc với chùm tới các quang electron chuyển động với vận tốc bằng vận tốc cực đại. Hãy tính tổng động lượng

đã truyền cho điện cực đối với mỗi photon đập vào làm bắn ra một electron. Biết giới hạn quang điện của vonfram  $\lambda_0 = 2750 \text{ \AA}$ .

### Hướng dẫn giải

- Khi photon đập vào điện cực làm bứt ra electron thì có sự bảo toàn động lượng. Giả sử ban đầu điện cực và electron không có động lượng.

$$\begin{aligned}\vec{p}_p &= \vec{p}_e + \vec{p}_{dc} \\ \Rightarrow \vec{p}_{dc} &= \vec{p}_p - \vec{p}_e\end{aligned}$$

- Bình phương hai vế ta được:  $p_{dc}^2 = p_p^2 + p_e^2 - 2 \cdot p_p \cdot p_e \cdot \cos(\vec{p}_p, \vec{p}_e)$

$$\Rightarrow p_{dc}^2 = p_p^2 + p_e^2 \Rightarrow p_{dc} = \sqrt{p_p^2 + p_e^2} \quad (1)$$

- Xác định  $p_p = \frac{h}{\lambda} = \frac{6,625 \cdot 10^{-34}}{0,272 \cdot 10^{-6}} = 2,435 \cdot 10^{-27}$  (2)

$$\text{Áp dụng } \frac{hc}{\lambda} = A + \frac{m \cdot v_{0\max}^2}{2} \Rightarrow v_{0\max} = \sqrt{\frac{2}{m} \left( \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda_0} \right)}$$

- Xác định  $p = m_e \cdot v = m_e \cdot \eta \cdot \sqrt{\frac{2}{m} \left( \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda_0} \right)} = 2,409 \cdot 10^{-27}$  (3)

- Thay (2), (3) vào (1) ta được:  $p_{dc} = 3,42 \cdot 10^{-27} \left( \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}} \right)$

**Ví dụ 5:** Chiếu một chùm tia tử ngoại đơn sắc có bước sóng  $\lambda = 0,3 \mu\text{m}$  vào catốt của một tế bào quang điện, biết kim loại làm catốt có giới hạn quang điện  $\lambda_0 = 0,5 \mu\text{m}$ .

a) Xác định vận tốc ban đầu cực đại của các electron quang điện khi bứt ra khỏi catốt

b) Xác định vận tốc cực đại của các electron khi đến anốt nếu hiệu điện thế giữa hai cực anốt và catốt là  $U_{AK} = 2 \text{ V}$ .

### Hướng dẫn giải

a) Ta có:  $\frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda_0} + \frac{1}{2}mv_{0\max}^2$

Nên:  $v_{0\max} = \sqrt{\frac{2}{m} \left( \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda_0} \right)}$

$$\Rightarrow v_{0\max} = \sqrt{\frac{2 \cdot 6,65 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{9,1 \cdot 10^{-31}} \left( \frac{1}{0,3 \cdot 10^{-6}} - \frac{1}{0,5 \cdot 10^{-6}} \right)}$$

$$\Rightarrow v_{0\max} = 764601,5 \text{ m/s}$$

b) Áp dụng bảo toàn năng lượng ta có:  $e \cdot U_{KA} = \frac{1}{2}mv_{A\max}^2 - \frac{1}{2}mv_{0\max}^2$

Nên:  $v_{A\max} = \sqrt{v_{0\max}^2 + \frac{2 \cdot e \cdot U_{KA}}{m}}$

$$\Rightarrow v_{A\max} = \sqrt{(764601,5)^2 + \frac{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 2}{9,1 \cdot 10^{-31}}} = 11,3 \cdot 10^5 \text{ m/s}$$

## Phần V. Vật lý nguyên tử và hạt nhân

**Ví dụ 1:** Xác định bước sóng De Broglie của electron nếu:

- nó chuyển động với vận tốc  $10^4 \text{ m/s}$ .
- nó chuyển động với vận tốc  $2 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ .
- nó có động năng  $1 \text{ keV}$ .

### Hướng dẫn giải

a) Vì vận tốc của electron nhỏ so với vận tốc ánh sáng nên ta tính động lượng của electron theo cơ học cổ điển

$$p = m \cdot v = 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 10^4 = 9,1 \cdot 10^{-27} \text{ (kgm/s)}$$

Bước sóng De Broglie của electron là:

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{6,625 \cdot 10^{-34}}{9,1 \cdot 10^{-27}} = 7,28 \cdot 10^{-8} \text{ m}$$

b) Vì vận tốc của electron gần với vận tốc ánh sáng nên ta tính động lượng của electron theo cơ học lượng tử:

$$p = \frac{m \cdot v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 2 \cdot 10^8}{\sqrt{1 - \frac{4}{9}}} = 2,442 \cdot 10^{-22} \text{ (kgm / s)}$$

Bước sóng De Broglie của electron là:

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{6,625 \cdot 10^{-34}}{2,442 \cdot 10^{-22}} = 2,7 \cdot 10^{-12} \text{ m}$$

c) Vì năng lượng của electron nhỏ nên ta tính theo cơ học cổ điển:

$$W = \frac{p^2}{2m} \Rightarrow p = \sqrt{2mW} = \sqrt{2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 1,6 \cdot 10^{-16}} = 1,7 \cdot 10^{-23} \text{ (kg.m / s)}$$

Bước sóng De Broglie của electron là:

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{6,625 \cdot 10^{-34}}{1,7 \cdot 10^{-23}} = 3,88 \cdot 10^{-11} \text{ m}$$

**Ví dụ 2:** Hạt vi mô trong giếng thế năng xác định bởi:

$$U = \begin{cases} 0 & \Leftrightarrow 0 < x < a \\ \infty & \Leftrightarrow x \leq 0; x \geq a \end{cases}$$

a) Hạt ở trạng thái ứng với  $n = 2$ . Xác định những vị trí ứng với cực đại và cực tiểu của mật độ xác suất tìm hạt.

b) Hạt ở trạng thái  $n = 2$ , tính xác suất để tìm hạt trong khoảng:

$$\frac{a}{3} \leq x \leq \frac{2a}{3}.$$

c) Tìm vị trí  $x$  tại đó xác suất tìm hạt ở trạng thái  $n = 1$  và  $n = 2$  là như nhau.

d) Chứng minh rằng:

$$\int \Psi_m(x) \Psi_n(x) dx = \delta_{mn} \quad \text{Với } \delta_{mn} = \begin{cases} 0 & \text{khi } m \neq n \\ 1 & \text{khi } m = n \end{cases}$$

e) Chứng minh rằng tại trạng thái  $n$ , số điểm nút của mật độ xác suất tìm hạt (tức là những điểm tại đó mật độ xác suất bằng 0) bằng  $n + 1$ .

### Hướng dẫn giải

a) Hàm sóng ứng với  $n = 2$  là:

$$\Psi_n(x) = \sqrt{\frac{2}{a}} \sin\left(\frac{2\pi}{a}x\right)$$

Mật độ xác suất:

$$|\Psi_n(x)|^2 = \frac{2}{a} \sin^2\left(\frac{2\pi}{a}x\right)$$

Cực đại khi:  $\sin\left(\frac{2\pi}{a}x\right) = \pm 1 \Rightarrow x = \frac{a}{4}; \frac{3a}{4}$

Cực tiểu khi:  $\sin\left(\frac{2\pi}{a}x\right) = 0 \Rightarrow x = \frac{a}{2}$

b) Xác suất phải tìm bằng:

$$\int_{a/2}^{2a/3} |\Psi_2(x)|^2 dx = \frac{1}{3} - \frac{\sqrt{3}}{4\pi} = 0,195$$

c) Tìm x để  $|\Psi_1(x)|^2 = |\Psi_2(x)|^2$

$$\sin^2\left(\frac{2\pi}{a}x\right) = \sin^2\left(\frac{\pi}{a}x\right)$$

$$\Rightarrow x = \frac{a}{3}; \frac{2a}{3} \text{ và tại đó: } |\Psi(x)|^2 = \frac{3}{2a}$$

d) Ta có:

$$C = \int \Psi_m(x) \Psi_n(x) dx$$

$$C = \frac{2}{a} \int \sin\left(\frac{m\pi}{a}x\right) \sin\left(\frac{n\pi}{a}x\right) dx$$

$$C = \frac{1}{a} \int \left[ \cos\frac{(m-n)\pi x}{a} - \cos\frac{(m+n)\pi x}{a} \right] dx$$

Với:  $\int_0^a \cos\left(\frac{k\pi}{a}x\right) dx = \sin\left(\frac{k\pi}{a}x\right) \Big|_0^a = 0$

Nếu  $m = n$  thì  $C = 1$ ,  $m \neq n$  thì  $C = 0$ .



$$\text{Vậy: } \int \Psi_m(x)\Psi_n(x)dx = \delta_{mn} \quad \delta_{mn} = \begin{cases} 0 & \text{khi } m \neq n \\ 1 & \text{khi } m = n \end{cases}$$

$$\text{e) } |\Psi(x)|^2 = \frac{2}{a} \sin^2 \frac{n\pi x}{a} = 0$$

$$\frac{n\pi x}{a} = k\pi \Rightarrow x = \frac{ka}{n} \quad \text{Với } n \text{ nguyên, } k = 0, \dots, n.$$

$$\Rightarrow x = 0, \frac{a}{n}, \frac{2a}{n}, \dots, a.$$

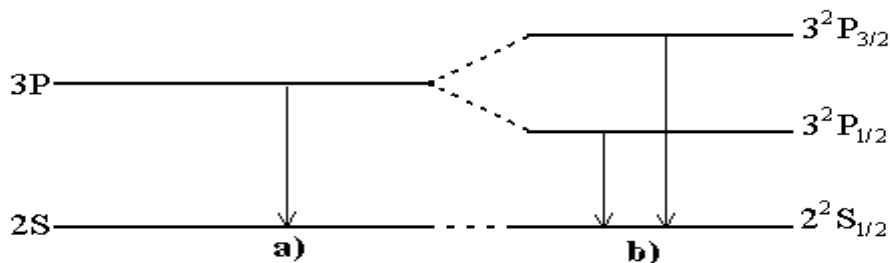
Kết luận: có  $(n + 1)$  vị trí.

**Ví dụ 3:** Giải thích cấu tạo bội của vạch quang phổ đối với kim loại kiềm?

### Hướng dẫn giải

Giả sử khi chưa đề ý tới spin, ta có một vạch đơn đối với tần số:

$$\nu = 2S - 3P$$



a) Vạch quang phổ chưa tính đến spin    b) Vạch quang phổ kép tính đến spin

**Hình 7.1:** Vạch quang phổ kép

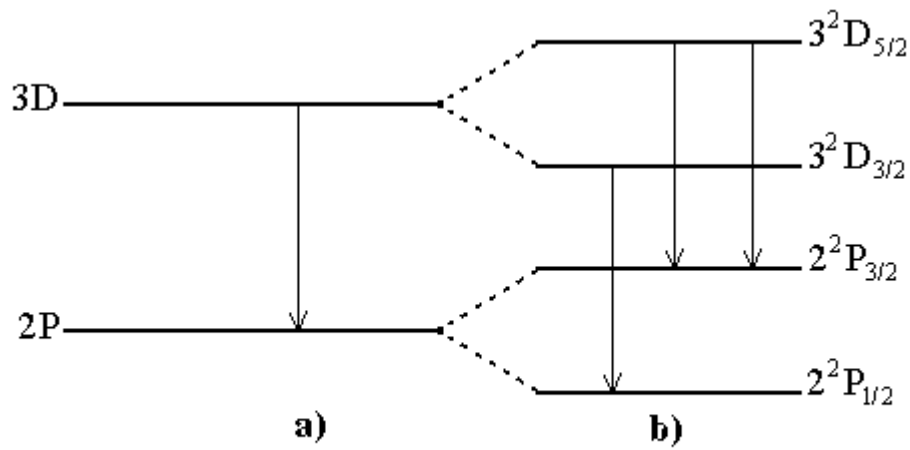
Nếu kể tới spin ta có vạch kép:

$$\nu_1 = 2^2S_{1/2} - 3^2P_{1/2} \quad (\Delta l = -1, \Delta j = 0),$$

$$\nu_2 = 2^2S_{1/2} - 3^2P_{3/2} \quad (\Delta l = -1, \Delta j = -1),$$

Hãy xét vạch đơn:  $\nu = 2S - 3D$

Khi kể tới spin ta có 3 vạch sát nhau gọi là vạch bội 3:



a) Vạch quang phổ chưa tính đến spin    b) Vạch quang phổ bội ba tính đến spin

**Hình 7.2:** Vạch quang phổ bội ba

$$\begin{aligned} \nu_1 &= 2^2P_{1/2} - 3^2D_{3/2} \quad (\Delta l = -1, \Delta j = -1), \\ \nu_2 &= 2^2P_{3/2} - 3^2D_{3/2} \quad (\Delta l = -1, \Delta j = 0), \\ \nu_3 &= 2^2P_{3/2} - 3^2D_{5/2} \quad (\Delta l = -1, \Delta j = -1), \end{aligned}$$

**Ví dụ 4:** Tìm bước sóng của các bức xạ phát ra khi nguyên tử Liti chuyển trạng thái 3s sang 2s. Cho biết các số bổ chính Rytbe. đối với nguyên tử Liti là:  $x_s = -0,41$ ;  $x_p = -0,04$ ;  $R = 3,27 \cdot 10^{15} \text{ s}^{-1}$ . Nếu tính cả spin thì có bao nhiêu bức xạ phát ra?

### Hướng dẫn giải

Tần số phát ra khi chuyển mức năng lượng của electron hóa trị từ trạng thái

$$2 \text{ về } 1 \text{ là: } \nu = \frac{R}{(n_1 + x_1)^2} - \frac{R}{(n_2 + x_2)^2}$$

Tần số phát ra khi chuyển mức năng lượng của electron hóa trị từ 3s ( $n = 3$ ) về 2p ( $n = 2$ ) là:

$$\begin{aligned} \nu &= 3,27 \cdot 10^{15} \left( \frac{1}{(2 - 0,04)^2} - \frac{1}{(3 - 0,41)^2} \right) \\ \nu &= 3,637 \cdot 10^{14} \text{ Hz} \end{aligned}$$

$$\text{Suy ra: } \lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{3 \cdot 10^8}{3,637 \cdot 10^{14}} = 8,248 \cdot 10^{-7} \text{ (m)}$$

Tần số phát ra khi chuyển mức năng lượng của electron hóa trị từ 2p (n = 2) về 2s (n = 2) là:

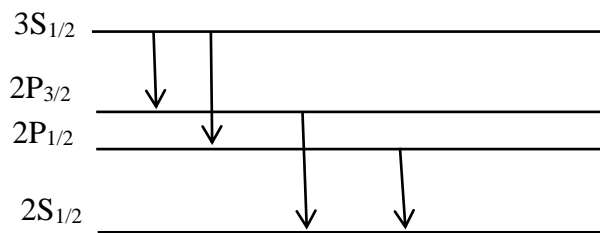
$$\nu = 3,27 \cdot 10^{15} \left( \frac{1}{(2-0,41)^2} - \frac{1}{(2-0,04)^2} \right)$$

$$\nu = 4,4215 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

Suy ra:  $\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{3 \cdot 10^8}{4,4215 \cdot 10^{14}} = 6,8 \cdot 10^{-7} \text{ (m)}$

Nếu tính cả spin thì có 4 bức xạ phát ra như sau, thỏa mãn điều kiện:

$$\Delta \ell = \pm 1; \quad \Delta j = 0, \pm 1$$



**Hình 7.3:** Vạch bức xạ khi tính đến spin

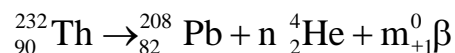
**Ví dụ 5:** Nguyên tố Thori  ${}_{90}^{232}\text{Th}$  sau quá trình phóng xạ biến thành đồng vị chì  ${}_{82}^{208}\text{Pb}$ .

a) Khi đó mỗi nguyên tử Thori đã phóng ra bao nhiêu hạt  $\alpha$  và  $\beta$ .

b) Cho chu kỳ bán rã của  ${}_{90}^{232}\text{Th}$  là  $14,01 \cdot 10^9$  năm. Lúc đầu có 1kg Thori, hỏi sau 4 tỉ năm Thori còn lại bao nhiêu?

### Hướng dẫn giải

a) Phương trình phóng xạ:



Theo định luật bảo toàn số khối và bảo toàn điện tích, ta có:

$$\begin{cases} 232 = 208 + n \cdot 4 \\ 90 = 82 + 2 \cdot n \pm m \end{cases}$$

Suy ra  $\begin{cases} n = 6 \\ m = 4 \end{cases}$  và hạt sinh ra là  ${}^0_{-1}\beta$

b) Khối lượng Thori còn lại sau 4 tỉ năm là:

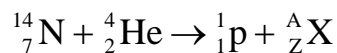
$$m = m_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}} = 1.2 \cdot 2^{-\frac{4}{14,01}} = 0,82(\text{kg})$$

**Ví dụ 6:** Trong phản ứng  ${}^{14}_7\text{N}(\alpha, p)\text{X}$ , động năng của hạt  $\alpha$  là 10,7 MeV bay đến đập vào hạt nhân bia  ${}^{14}_7\text{N}$ , hạt proton sinh ra bay theo phương vuông góc với hạt  $\alpha$ . Biết khối lượng của proton; hạt nhân  ${}^{14}_7\text{N}$ ; hạt nhân  $\alpha$  và hạt nhân X lần lượt có giá trị là: 1,00728u; 14,00307u; 4,0026u; 16,9991u và  $1\text{uc}^2 = 931,5\text{MeV}$ .

- Hạt X sinh ra là hạt gì?
- Tính động năng hạt X.
- Tính góc  $\varphi$  tạo bởi giữa vận tốc của hạt proton và hạt nhân X.

### Hướng dẫn giải

a) Phương trình phản ứng:



Áp dụng định luật bảo toàn điện tích và số khối, ta có:

$$\begin{cases} 14 + 4 = 1 + A \\ 7 + 2 = 1 + Z \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} A = 17 \\ Z = 8 \end{cases}$$

Vậy hạt X sinh ra là hạt  $\text{O}^{17}$ .

b) Theo định luật bảo toàn năng lượng ta có:

$$W_{\alpha} + c^2 \cdot (m_{\text{N}} + m_{\alpha} - m_{\text{O}} - m_{\text{p}}) = W_{\text{dp}} + W_{\text{dO}} \quad (1)$$

Theo định luật bảo toàn động lượng:

$$\vec{P}_{\alpha} = \vec{P}_{\text{O}} + \vec{P}_{\text{p}} \Rightarrow P_{\text{O}}^2 = P_{\alpha}^2 + P_{\text{p}}^2$$

Lại có mối liên hệ giữa động lượng và động năng:

$$P^2 = 2mW_{\text{d}}$$

$$\text{Suy ra: } m_{\text{O}} W_{\text{dO}} = m_{\alpha} W_{\text{d}\alpha} + m_{\text{p}} W_{\text{dp}} \quad (2)$$

Thay số vào (1) và (2) ta có:

$$\begin{cases} 10,7 + 931,5(14,00307 + 4,0026 - 1,00728 - 16,9991) = W_{\text{dp}} + W_{\text{dO}} \\ 16,9991 \cdot W_{\text{dO}} = 4,0026 \cdot 10,7 + 1,00728 \cdot W_{\text{dp}} \end{cases}$$

Từ đó tính được:  $W_{\text{dO}} = 2,94 \text{ MeV}$ ;  $W_{\text{dp}} = 7,0986 \text{ MeV}$

c) Góc tạo bởi hướng bay của hạt nhân Oxi và hạt Heli là:

$$\cos \alpha = \frac{P_{\alpha}}{P_{\text{O}}} = \sqrt{\frac{m_{\alpha} W_{\text{d}\alpha}}{m_{\text{O}} W_{\text{dO}}}} = \sqrt{\frac{4,0026 \cdot 10,7}{16,9991 \cdot 2,94}} = 0,9257$$

Suy ra  $\alpha = 22,23^{\circ}$ . Vậy góc  $\varphi$  tạo bởi vận tốc của hạt proton và hạt nhân Oxi là  $112,23^{\circ}$ .