

# CHƯƠNG 1

## ĐỘNG HỌC CHẤT ĐIỂM

### A - MỤC ĐÍCH, YÊU CẦU

1. Nắm được các khái niệm và đặc trưng cơ bản của chuyển động như: Hệ qui chiếu, vận tốc, gia tốc trong chuyển động thẳng và chuyển động cong.

2. Lập được phương trình chuyển động và phương trình quỹ đạo của chất điểm. Vận dụng được các công thức trong chuyển động thẳng và chuyển động cong.

### B – CÂU HỎI ÔN TẬP NỘI DUNG TRỌNG TÂM LÝ THUYẾT

1. Khái niệm hệ qui chiếu, chất điểm, chuyển động.

2. Phân biệt sự khác nhau giữa phương trình chuyển động và phương trình quỹ đạo.

3. Nêu biểu thức, ý nghĩa của vận tốc tức thời và vận tốc trung bình. Biểu thức vận tốc trong hệ tọa độ Đề-các

4. Nêu biểu thức và ý nghĩa của gia tốc tức thời.

5. Thế nào là chuyển động thẳng biến đổi đều. Các công thức của chuyển động thẳng biến đổi đều.

6. Viết biểu thức của vận tốc góc, gia tốc góc, gia tốc tiếp tuyến, gia tốc pháp tuyến trong chuyển động tròn.

7. Viết biểu thức liên hệ giữa các đại lượng trong chuyển động tròn (Liên hệ giữa vận tốc dài và vận tốc góc, giữa gia tốc tiếp tuyến và gia tốc góc, giữa vận tốc góc và gia tốc hướng tâm)

### C - TÓM TẮT NỘI DUNG

#### 1- PHƯƠNG TRÌNH CHUYỂN ĐỘNG VÀ PHƯƠNG TRÌNH QUỸ ĐẠO

##### 1.1. Phương trình chuyển động

Định nghĩa : Hàm số biểu diễn sự phụ thuộc của  $\vec{r}$  (hay các tọa độ của chất điểm) theo thời gian gọi là phương trình chuyển động.

Phương trình chuyển động của chất điểm trong hệ tọa độ Đề các Oxyz

$$\vec{r} = \vec{r}(t) \quad \text{hay:} \quad x = x(t); \quad y = y(t); \quad z = z(t)$$

Trong đó  $\vec{r}$  là vectơ vị trí

$$\vec{r} = x \vec{i} + y \vec{j} + z \vec{k}$$

Với  $x, y, z$  là các thành phần của  $\vec{r}$  trên các trục tọa độ.

##### 1.2. Phương trình quỹ đạo

Phương trình quỹ đạo là phương trình mô tả dạng quỹ đạo của chất điểm chuyển động trong không gian, nó biểu diễn mối liên hệ giữa các tọa độ không gian x,y,z của chất điểm.

## 2. VÉC TƠ VẬN TỐC

Véc tơ vận tốc là đại lượng vật lý đặc trưng cho phương chiều và độ nhanh, chậm của chuyển động, tức là đặc trưng cho trạng thái chuyển động của chất điểm.

### 2.1. Vận tốc trung bình

- *Vận tốc trung bình:*

Vận tốc trung bình là một véc tơ được xác định bằng véc tơ độ dời chia cho khoảng thời gian chuyển động tương ứng.

$$\vec{v}_{TB} = \frac{\overrightarrow{M_1M_2}}{\Delta t}$$

Vận tốc trung bình của chuyển động thẳng:  $v_{TB-x} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$

Đơn vị : mét/giây (m / s)

### 1.2.3. Vectơ vận tốc

Định nghĩa: Vectơ vận tốc bằng đạo hàm theo thời gian của véc tơ vị trí.

Biểu thức:  $\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt}$

Đặc điểm của  $\vec{v}$  : *Phương:* Tiếp tuyến với quỹ đạo tại từng điểm.

*Chiều:* Thuận theo chiều chuyển động.

*Độ lớn:* là tốc độ v của chất điểm ở thời điểm ta xét.

Trong hệ tọa độ Đề các,  $\vec{v}$  được biểu diễn:  $\vec{v} = v_x \vec{i} + v_y \vec{j} + v_z \vec{k}$

Với:  $v_x = \frac{dx}{dt}$ ;  $v_y = \frac{dy}{dt}$ ;  $v_z = \frac{dz}{dt}$

Độ lớn của vận tốc tức thời:  $v = |\vec{v}| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$

## 3 - GIA TỐC

### 3.1. Vectơ gia tốc

*Định nghĩa:* Vectơ gia tốc tức thời bằng đạo hàm theo thời gian của véc tơ vận tốc.

Biểu thức: 
$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt}$$

Đơn vị: mét/(giây)<sup>2</sup> (m/s<sup>2</sup>)

Trong hệ tọa độ Đề các: 
$$\vec{a} = a_x \vec{i} + a_y \vec{j} + a_z \vec{k}$$

Với: 
$$a_x = \frac{d^2x}{dt^2} = \frac{dv_x}{dt}; \quad a_y = \frac{d^2y}{dt^2} = \frac{dv_y}{dt}; \quad a_z = \frac{d^2z}{dt^2} = \frac{dv_z}{dt}$$

Độ lớn: 
$$a = |\vec{a}| = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$$

### 3.2. Gia tốc tiếp tuyến và gia tốc pháp tuyến

$$\vec{a} = \vec{a}_t + \vec{a}_n$$

**a. Vectơ gia tốc tiếp tuyến:**  $\vec{a}_t$

*Phương:* Tiếp tuyến với quỹ đạo tại điểm đang xét.

*Chiều:* Chuyển động nhanh dần (v tăng):  $\vec{a}_t$  cùng chiều chuyển động;

Chuyển động chậm dần (v giảm):  $\vec{a}_t$  ngược chiều chuyển động.

*Độ lớn:* 
$$a_t = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{dv}{dt}$$

*Ý nghĩa:* đặc trưng cho sự thay đổi về độ lớn của véc tơ vận tốc.

**b. Vectơ gia tốc pháp tuyến:**  $\vec{a}_n$

*Phương:* Là phương pháp tuyến của quỹ đạo tại điểm đang xét (vuông góc với tiếp tuyến tại đó).

*Chiều:* Quay về phía lõm của quỹ đạo tại M, nên  $\vec{a}_n$  còn được gọi là gia tốc hướng tâm.

*Độ lớn:* 
$$a_n = \frac{v^2}{R}$$
 (với R là bán kính cong của quỹ đạo tại điểm đang xét).

*Ý nghĩa:* đặc trưng cho sự thay đổi về phương của véc tơ vận tốc.

Tóm lại véc tơ gia tốc trong chuyển động cong có biểu thức:  $\vec{a} = \vec{a}_t + \vec{a}_n$

Độ lớn: 
$$|\vec{a}| = \sqrt{a_t^2 + a_n^2}$$

## 4 - HAI DẠNG CHUYỂN ĐỘNG CƠ ĐẶC BIỆT

### 4.1. Chuyển động thẳng biến đổi đều

- Gia tốc:  $a = a_t = \text{const}$

- Vận tốc:  $v = at + v_0$

- Đường đi:  $s = v_0t + \frac{at^2}{2}$

- Hệ thức liên hệ:  $v^2 - v_0^2 = 2as$

- Phương trình chuyển động:  $x = x_0 + v_0t + \frac{at^2}{2}$

## 4.2. Chuyển động tròn

### a. Véc tơ vận tốc góc

- Định nghĩa: Véc tơ vận tốc góc là đại lượng có giá trị bằng đạo hàm của góc quay theo thời gian.

$$\vec{\omega} = \frac{d\phi}{dt}$$

- Đặc điểm của  $\vec{\omega}$ :

Phương  $\vec{\omega}$ : Nằm trên trục  $\Delta$

Chiều  $\vec{\omega}$ : Thuận với chiều quay của chất điểm (quy tắc cái đinh vít).

- Đơn vị vận tốc góc: radian/giây (rad/s)

### b. Véc tơ gia tốc góc

Định nghĩa: Véc tơ gia tốc góc có giá trị bằng đạo hàm theo thời gian của véc tơ vận tốc góc.

$$\vec{\beta} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{\omega}}{\Delta t} = \frac{d\vec{\omega}}{dt}$$

Đặc điểm:

+ Phương: Trùng với trục quay

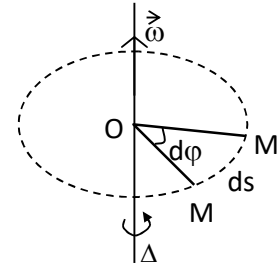
+ Chiều: Nếu  $\omega$  tăng thì  $\vec{\beta}$  cùng chiều  $\vec{\omega}$  (hình 1-2a)

Nếu  $\omega$  giảm thì  $\vec{\beta}$  ngược chiều  $\vec{\omega}$  (hình 1-2b)

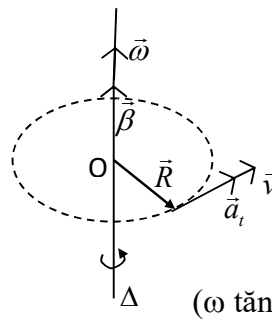
+ Độ lớn:  $\beta = \frac{d\omega}{dt}$

Đơn vị: radian/giây<sup>2</sup> (rad/s<sup>2</sup>)

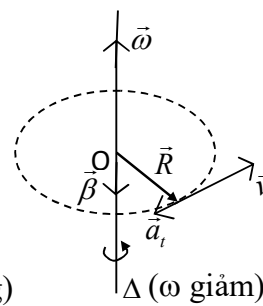
Ý nghĩa vật lý: đặc trưng cho sự thay đổi của véc tơ vận tốc góc  $\vec{\omega}$ , tức là đặc trưng cho sự biến đổi trạng thái chuyển động quay của chất điểm trên quỹ đạo tròn.



Hình 1-1



Hình 1-2a



Hình 1-2b

### c. Các công thức liên hệ

- Liên hệ giữa vận tốc dài và vận tốc góc:

$$\text{Độ lớn: } v = \omega.R$$

$$\text{Dạng véc tơ: } \vec{v} = \vec{\omega} \times \vec{R}$$

- Liên hệ giữa gia tốc tiếp tuyến và gia tốc góc:

$$\text{Độ lớn: } a_t = \beta.R$$

$$\text{Dạng véc tơ: } \vec{a}_t = \vec{\beta} \times \vec{R}$$

- Liên hệ giữa gia tốc pháp tuyến và vận tốc góc:

$$\text{Độ lớn: } a_n = \frac{v^2}{R} = \frac{(\omega R)^2}{R} = \omega^2.R$$

$$\text{Dạng véc tơ: } \vec{a}_n = -\omega^2.\vec{R}$$

- Các phương trình của chuyển động tròn biến đổi đều:

$$+ \text{ Gia tốc góc : } \beta = \text{const}$$

$$+ \text{ Vận tốc góc: } \omega_t = \omega_0 + \beta t$$

$$+ \text{ Góc quay : } \varphi - \varphi_0 = \omega_0 t + \frac{\beta t^2}{2}$$

$$+ \text{ Hệ thức liên hệ: } \omega_t^2 - \omega_0^2 = 2\beta(\varphi - \varphi_0)$$

## D - BÀI TẬP CHƯƠNG 1

### I. BÀI TẬP THÍ DỤ

**Bài tập 1:** Một hòn đá được thả rơi tự do từ điểm A ở độ cao  $H = 15\text{m}$  so với mặt đất. Đồng thời một viên đạn được bắn từ mặt đất lên cao với vận tốc ban đầu  $v_0 = 20\text{m/s}$  theo phương thẳng đứng đi qua điểm A. Bỏ qua lực cản của không khí. Lấy  $g = 10\text{m/s}^2$ . Hãy tính:

a. Khoảng cách giữa viên đạn và hòn đá tại thời điểm

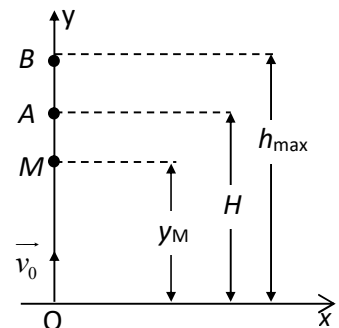
$$t = 0,5\text{s}.$$

b. Thời điểm và vị trí mà viên đạn và hòn đá gặp nhau.

c. Độ bay cao nhất của viên đạn nếu không có hòn đá.

*Hướng dẫn giải:* Cho:  $H = 15\text{m}$ ;

$$v_0 = 20\text{m/s}; g \approx 10\text{m/s}^2$$



Hình 1-3

Hỏi:  $\Delta y$ ?  $t = 0,5s$ ;  $t_M$ ?  $y_M$ ?  $h_{\max}$ ?

a. Chọn gốc tọa độ O tại mặt đất, trục Oy hướng lên trên theo phương thẳng đứng. Gốc thời gian là thời điểm khi các vật bắt đầu chuyển động.

Phương trình chuyển động rơi của hòn đá từ độ cao  $\overline{OA} = H$ :

$$y_1 = H - \frac{gt^2}{2} \quad (1)$$

Phương trình chuyển động của viên đạn bắn từ điểm O lên cao:

$$y_2 = v_0 t - \frac{gt^2}{2} \quad (2)$$

Suy ra khoảng cách giữa viên đạn và hòn đá tại thời điểm  $t = 0,5s$  là:

$$\Delta y = y_1 - y_2 = H - v_0 t \quad (3)$$

Thay số ta tìm được:  $\Delta y = 15 - 20 \cdot 0,5 = 5m$

b. Viên đạn chạm hòn đá tại thời điểm  $t_M$  ứng với khoảng cách  $\Delta y = 0$ , từ (3) ta có:

$$0 = H - v_0 t_M \quad \rightarrow \quad t_M = \frac{H}{v_0} = \frac{15}{20} = 0,75 \text{ s}$$

Thay  $t = 0,75s$  vào (1) hoặc (2) ta tìm được vị trí viên đạn chạm hòn đá.:

$$y_M = H - \frac{gt^2}{2} = 15 - \frac{10 \cdot (0,75)^2}{2} \approx 12,2 \text{ m}$$

c. Nếu không có hòn đá rơi thì độ bay cao nhất  $h_{\max}$  của viên đạn sẽ ứng với vị trí B tại đó vận tốc của viên đạn giảm tới  $v_B = 0$ , vì  $a = -g$  nên ta có:

$$v_B^2 - v_0^2 = -2gh \rightarrow h_{\max} = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{(20)^2}{2 \cdot 10} = 20 \text{ m}$$

**Bài tập 2:** Một viên đạn được bắn từ mặt đất lên cao với vận tốc  $v_0 = 800m/s$  hợp với mặt phẳng ngang một góc nghiêng  $\alpha = 30^0$ . Bỏ qua lực của không khí. Lấy  $g = 9,8m/s^2$ . Hãy xác định:

- Phương trình chuyển động và dạng quỹ đạo của hòn đá.
- Thời gian bay và vận tốc của viên đạn khi chạm đất.
- Độ bay xa nhất và độ bay cao nhất của viên đạn.
- Gia tốc tiếp tuyến, gia tốc pháp tuyến, gia tốc toàn phần và bán kính cong của quỹ đạo viên đạn tại điểm rơi chạm đất.

*Hướng dẫn giải:*

Cho:  $v_0 = 800m/s$ ;  $g = 9,8m/s^2$ ;  $\alpha = 30^0$

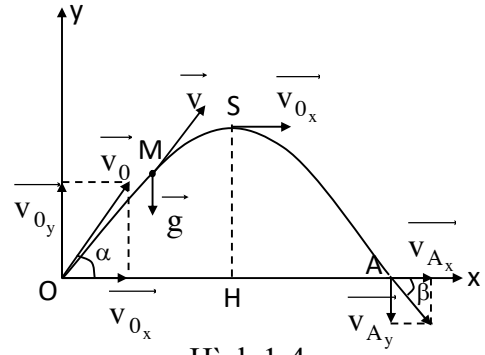
Hỏi:  $x = x(t)$ ?  $y = y(t)$ ?;  $f_{(x,y)}$ ?

$t_A$ ?  $v_A$ ?

$x_{\max}$ ?  $y_{\max}$ ?

$a_t$ ?  $a_n$ ?  $a$ ?  $R$ ?

a. Viên đạn sẽ chuyển động trong mặt phẳng thẳng đứng Oxy chứa viên đạn vận tốc  $\vec{v}_0$  và gia tốc trọng trường  $\vec{g}$ .



Hình 1-4

Chọn gốc tọa độ O là điểm viên đạn bay ra khỏi nòng súng, trục Ox nằm ngang, Oy thẳng đứng hướng lên trên. Có thể phân tích chuyển động của viên đạn thành hai chuyển động thành phần:

- Chuyển động thẳng đều theo hướng Ox với gia tốc  $a_x = 0$  và vận tốc ban đầu

$$v_{0x} = v_0 \cos \alpha.$$

Phương trình chuyển động của viên đạn theo phương Ox:

$$x = v_{0x} \cdot t = (v_0 \cos \alpha) t = 400 \sqrt{3} t \quad (1)$$

- Chuyển động thẳng biến đổi đều theo hướng Oy với gia tốc  $a_y = -g$  và vận tốc ban đầu:  $v_{0y} = v_0 \sin \alpha$ .

Phương trình chuyển động của viên đạn theo phương Oy:

$$y = v_{0y} t - \frac{gt^2}{2} = (v_0 \sin \alpha) t - \frac{gt^2}{2} = -4,9t^2 + 400t \quad (2)$$

Khử thời gian t trong các phương trình chuyển động (1) và (2) ta tìm được phương trình quỹ đạo của viên đạn:

$$y = -\frac{g}{2v_0^2 \cos^2 \alpha} x^2 + (\tan \alpha) x \approx -1,02 \cdot 10^{-5} x^2 + 0,58x \quad (3)$$

Phương trình (3) chứng tỏ quỹ đạo của viên đạn là một đường cong parabol (đỉnh tại S, trục đối xứng là SH).

b. Viên đạn chạm đất tại điểm A có tung độ  $y_A = 0$ . Do đó thời gian bay của viên đạn từ O đến A phải thỏa mãn phương trình:

$$y_A = (v_0 \sin \alpha) t_A - \frac{gt_A^2}{2} = 0$$

Suy ra: 
$$t_A = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{2 \cdot 800 \cdot 0,5}{9,8} = 81 \text{ s} \quad (4)$$

Vận tốc của viên đạn khi rơi chạm đất tại điểm A có độ lớn bằng:

$$v_A = \sqrt{v_{Ax}^2 + v_{Ay}^2} \quad (5)$$

Trong đó:  $v_{Ax} = v_{0x} = v_0 \cos \alpha = 400 \cdot \sqrt{3} \quad (\text{m/s})$

$$v_{Ay} = v_{0y} - gt_A = v_0 \sin \alpha - gt_A = -400 \quad (\text{m/s})$$

Thay vào (5) ta được:  $v_A = \sqrt{(400\sqrt{3})^2 + (-400)^2} = 800 \text{ m/s} = v_0$

Vận tốc  $\overline{v_A}$  lập với phương ngang Ox một góc nghiêng  $\beta$  được xác định bởi:

$$\tan \beta = \frac{v_{Ay}}{v_{Ax}} = \frac{-400}{400\sqrt{3}} = -\frac{1}{\sqrt{3}} = \tan(-30^\circ) \rightarrow \beta = -30^\circ = -\alpha$$

c. Độ bay xa của viên đạn đúng bằng hoành độ  $x_A = \overline{OA}$  (ứng với  $t = t_A$ ).

Từ (1) suy ra:  $x_A = v_{0x} \cdot t_A = (v_0 \cos \alpha) \cdot \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$

Hay:  $x_A = \frac{v_0^2 \cdot \sin 2\alpha}{g} = \frac{(800)^2}{9,8} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \approx 56,6 \cdot 10^3 \text{ (m)} = 56,6 \text{ km}$

Nhận xét thấy  $x_A$  đạt cực đại khi  $\sin 2\alpha = 1$  ứng với  $\alpha = 45^\circ$ .

- Độ bay cao của viên đạn ứng với tung độ  $y_s = \overline{SH}$  của đỉnh quỹ đạo Parabol (ứng với thời điểm  $t = t_s$ ), lúc đó vận tốc theo phương Oy giảm tới không ( $v_y = 0$ ). Nghĩa là:

$$v_y = v_{0y} - gt_s = 0 \rightarrow t_s = \frac{v_{0y}}{g} = \frac{v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{t_A}{2}$$

Thay trị số  $t$  vào (2) ta tìm được:

$$y_{\max} = y_s = (v_0 \sin \alpha) t_s - \frac{gt_s^2}{2} = \frac{(v_0 \sin \alpha)^2}{2g} = \frac{(800 \cdot 0,5)^2}{2 \cdot 9,8} = 8,16 \cdot 10^3 \text{ (m)}$$

d) Tại vị trí A (viên đạn rơi chạm đất) gia tốc tiếp tuyến và gia tốc pháp tuyến có độ lớn là:

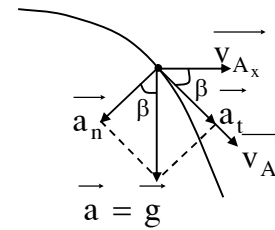
$$a_t = a \sin \beta = g \sin 30^\circ = 9,8 \cdot 0,5 = 4,9 \text{ m/s}^2$$

$$a_n = a \cos \beta = g \cos 30^\circ = 9,8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 8,49 \text{ m/s}^2$$

Gia tốc toàn phần có độ lớn là:

$$a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2} = \sqrt{4,9^2 + 8,49^2} = 9,8 \text{ m/s}^2$$

Bán kính cong của quỹ đạo tại A được xác định bởi:



Hình 1-5



$$R_A = \frac{v_A^2}{a_n} = \frac{(800)^2}{8,49} = 75,4 \cdot 10^3 \text{ m} = 75,4 \text{ km}$$

**Bài tập 3:** Một bánh xe bán kính 10cm, lúc đầu đứng yên, sau đó quay quanh trục của nó với gia tốc góc bằng  $1,57 \text{ rad/s}^2$ . Hãy xác định:

- Vận tốc góc và vận tốc dài của một điểm trên vành bánh xe sau 1 phút.
- Gia tốc tiếp tuyến, gia tốc pháp tuyến và gia tốc toàn phần của một điểm trên vành bánh xe sau 1 phút.
- Số vòng mà bánh xe đã quay được trong 1 phút.

*Hướng dẫn giải:* Cho:  $R = 10 \text{ cm}$ ;  $\omega_0 = 0$ ;  $\beta = 1,57 \text{ rad/s}^2$

Hỏi:  $\omega$ ?  $v$ ?  $t = 1$  phút

$a_t$ ?  $a_n$ ?  $a$ ?  $N$ ?

- Vận tốc góc  $\omega$  và vận tốc dài  $v$  ở thời điểm  $t = 1 \text{ phút} = 60 \text{ s}$ .

$$\omega = \beta \cdot t = 1,57 \cdot 60 = 94,2 \text{ rad/s}$$

$$v = \omega \cdot R = 94,2 \cdot 0,1 = 9,42 \text{ m/s}$$

- Gia tốc tiếp tuyến  $a_t$ , gia tốc pháp tuyến  $a_n$  bằng:

$$a_t = \beta \cdot R = 1,57 \cdot 0,1 = 0,157 \text{ m/s}^2$$

$$a_n = \omega^2 \cdot R = (94,2)^2 \cdot 0,1 \approx 887,36 \text{ m/s}^2$$

Do đó gia tốc toàn phần  $a$  bằng:

$$a = \sqrt{(0,157)^2 + (887,36)^2} \approx 887,36 \text{ m/s}^2$$

- Góc quay  $\phi$  và số vòng quay  $N$  sau 1 phút là:

$$\phi = \frac{\beta t^2}{2} = \frac{1,57 \cdot (60)^2}{2} = 2826 \text{ (rad)}$$

$$N = \frac{\phi}{2\pi} = \frac{2826}{2 \cdot 3,14} = 450 \text{ vòng}$$

## CHƯƠNG 2

### ĐỘNG LỰC HỌC CHẤT ĐIỂM

#### A – MỤC ĐÍCH, YÊU CẦU

1. Nắm được nội dung của 3 định luật Newton.
2. Hiểu và vận dụng được các định lý về động lượng và định luật bảo toàn động lượng
3. Hiểu được nguyên lý Galiléo. Vận dụng được lực quán tính trong hệ quy chiếu có gia tốc.

#### B – CÂU HỎI ÔN TẬP NỘI DUNG TRỌNG TÂM LÝ THUYẾT

1. Phát biểu định luật Newton thứ nhất. Tại sao gọi nó là nguyên lý quán tính. Định nghĩa hệ quy chiếu quán tính. Cho thí dụ.
2. Phát biểu định luật Newton thứ hai và ý nghĩa.
3. Phát biểu định luật Newton thứ ba. Nêu các lực liên kết.
4. Trình bày các định lý về động lượng và xung lượng. Nêu ý nghĩa vật lý của các đại lượng này.
5. Thiết lập định luật bảo toàn động lượng. Điều kiện để áp dụng định luật bảo toàn động lượng.
6. Trình bày phép biến đổi Galiléo và các suy luận. Phát biểu nguyên lý tương đối Galiléo.
7. Định nghĩa hệ quy chiếu không quán tính. Lực quán tính. Lực quán tính ly tâm.

#### C - TÓM TẮT NỘI DUNG

##### 1 - CÁC ĐỊNH LUẬT NEWTON

##### 1.1. Định luật Newton thứ nhất

Phát biểu: *Một vật cô lập (không chịu tác dụng của bên ngoài) nếu đang đứng yên thì sẽ đứng yên mãi, nếu đang chuyển động thì đó là chuyển động thẳng và đều.*

##### 1.2. Định luật Newton thứ hai

Phát biểu : *Trong hệ quy chiếu quán tính, véc tơ gia tốc  $\vec{a}$  của chất điểm tỷ lệ và cùng hướng với lực tác dụng lên chất điểm và tỷ lệ nghịch với khối lượng của chất điểm đó.*

Biểu thức : 
$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$$

Suy ra 
$$m \cdot \vec{a} = \vec{F} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i$$
 : phương trình cơ bản của động lực học chất điểm

##### 1.3. Định luật Newton thứ ba

Phát biểu: *Khi vật A tác dụng lên vật B một lực  $\vec{F}_{A-B}$  thì vật B cũng tác dụng lên vật A một lực  $\vec{F}_{B-A}$  cùng phương, ngược chiều và cùng độ lớn với  $\vec{F}_{A-B}$ .*

Biểu thức:  $\vec{F}_{B-A} = -\vec{F}_{A-B}$

Trong hai lực trên, nếu một lực là lực tác dụng thì lực kia là phản lực. Lực tác dụng và phản lực là hai lực trực đối, tức là chúng có “cùng độ lớn nhưng ngược hướng”.

Chú ý: *Tổng các nội lực tương tác trong một hệ vật triệt tiêu.*

## 2 - CÁC LỰC LIÊN KẾT

### 2.1. Lực ma sát

#### a. Ma sát động và ma sát tĩnh

Lực ma sát động:  $f_k = \mu_k \cdot N$

$\mu_k$  là **hệ số ma sát động**, trị số của  $\mu_k$  luôn nhỏ hơn đơn vị ( $\mu_k < 1$ ),  $\mu_k$  phụ thuộc vào bản chất và tính chất của hai bề mặt tiếp xúc.

Lực ma sát tĩnh:  $f_s \leq \mu_s \cdot N$

$\mu_s$  gọi là **hệ số ma sát tĩnh**

#### b. Lực ma sát lăn

Biểu thức:  $F_r = \mu_r \cdot N$

$\mu_r$  là hệ số ma sát lăn,  $\mu_r$  được định nghĩa là tỉ số giữa lực theo phương ngang cần thiết để vật chuyển động với tốc độ không đổi trên một bề mặt phẳng và lực pháp tuyến hướng lên do bề mặt tác dụng lên vật. Các kỹ sư cầu đường còn gọi  $\mu_r$  là *sự cản trở kéo*.

### 2.2. Lực căng

Lực căng tại một điểm là lực tương tác giữa hai nhánh dây ở hai bên điểm đó.

$\vec{T}$  và  $\vec{T}'$  đều gọi là lực căng của sợi dây. Như vậy: *Lực căng của sợi dây ở bất kỳ điểm nào trên sợi dây là lực tác dụng vào điểm đó.*

Với một sợi dây mềm, không dẫn, khối lượng không đáng kể, thì lực căng có cùng giá trị tại mọi điểm dọc theo sợi dây.

### 2.3. Lực hướng tâm

Theo định luật II Newton, gia tốc hướng về tâm đường tròn do một lực (hoặc hợp của vài lực) có hướng hướng vào tâm của đường tròn gây ra, lực này được gọi là lực hướng tâm.

Biểu thức lực hướng tâm:  $\vec{F}_{ht} = m\vec{a}_n$

Độ lớn:  $F_{ht} = ma_n = m \frac{v^2}{R}$

Chuyển động tròn đều có thể gây ra bởi tổng hợp các lực, vì thế trong trường hợp này hợp lực  $\sum \vec{F}$  luôn hướng vào tâm của đường tròn và có độ lớn không đổi.

Chuyển động của một chiếc ô tô khi đi vào vòng cua luôn được chính người lái xe và cả các kỹ sư xây dựng quan tâm. Khi xe vào cua theo một đường cong không nghiêng, bằng phẳng sẽ khác với khi xe vào cua theo một đường cong nghiêng. Trong mỗi trường hợp, tùy theo biểu hiện của lực hướng tâm để điều chỉnh tốc độ tối đa của xe mà xe vẫn không bị trượt.

### 3 - CÁC ĐỊNH LÝ VỀ ĐỘNG LƯỢNG VÀ XUNG LƯỢNG

#### 3.1. Các định lý về động lượng và xung lượng

\* Động lượng:

$$\text{Biểu thức: } \vec{K} = m \vec{v}$$

$$\text{Đơn vị : } \text{kg} \cdot \frac{m}{s}$$

##### a. Định lý thứ nhất về động lượng

Phát biểu: "Đạo hàm theo thời gian của véctơ động lượng của chất điểm tại một thời điểm nào đó bằng hợp lực tác dụng lên chất điểm tại thời điểm đó".

$$\text{Biểu thức: } \frac{d\vec{K}}{dt} = \vec{F}$$

##### b- Định lý thứ hai về động lượng

Phát biểu: "Độ biến thiên của véctơ động lượng của chất điểm trong một khoảng thời gian nào đó bằng xung lượng của lực tác dụng lên chất điểm trong khoảng thời gian tương ứng".

$$\text{Biểu thức: } \Delta \vec{K} = \vec{K}_2 - \vec{K}_1 = \int_{t_1}^{t_2} \vec{F} \cdot dt$$

Đại lượng  $\int_{t_1}^{t_2} \vec{F} \cdot dt$  được gọi là xung lượng của lực hay xung lực trong khoảng thời gian

$$\Delta t = t_2 - t_1.$$

Đơn vị của xung lực: N.s

Trường hợp đặc biệt: Nếu  $\vec{F} = \text{const} \rightarrow \Delta \vec{K} = \vec{F} \cdot \Delta t$

#### 3.2. Ý nghĩa của động lượng và xung lượng

Ý nghĩa của động lượng :

Véc tơ động lượng đặc trưng cho trạng thái chuyển động của vật về mặt động lực học.

Động lượng còn đặc trưng cho khả năng truyền chuyển động trong va chạm giữa các vật.

*Ý nghĩa của xung lượng:* Xung lượng của lực đặc trưng cho tác dụng của lực trong một khoảng thời gian nào đó

## 4 - ĐỊNH LUẬT BẢO TOÀN ĐỘNG LƯỢNG

### 4.1. Định luật bảo toàn động lượng

#### a. Hệ chất điểm cô lập

Phát biểu : *"Tổng động lượng của một hệ chất điểm cô lập được bảo toàn"*.

Biểu thức: 
$$\overline{K} = \sum_{i=1}^n \overline{K}_i = \overline{K}_1 + \overline{K}_2 + \dots + \overline{K}_n = \overline{const}$$

#### b. Hệ không cô lập

- Nếu hệ không cô lập nhưng tổng các ngoại lực tác dụng lên hệ vật triệt tiêu:

$$\sum_{i=1}^n \overline{F}_i = \overline{F} = 0 \text{ thì } \sum_{i=1}^n \overline{K}_i = \overline{K}_1 + \overline{K}_2 + \dots + \overline{K}_n = \overline{const}$$

- Nếu hình chiếu trên phương  $x$  nào đó của tổng các ngoại lực tác dụng lên hệ vật bị triệt tiêu  $\sum_{i=1}^n F_{ix} = F_x = 0$  thì  $\sum_{i=1}^n K_{ix} = K_{1x} + K_{2x} + \dots + K_{nx} = const$

## 5 - TRƯỜNG HẤP DẪN

### 5.1. Định luật hấp dẫn vũ trụ

Phát biểu : Hai chất điểm khối lượng  $m_1$  và  $m_2$  nằm cách nhau một khoảng  $r$ , luôn hút nhau bằng các lực hấp dẫn  $\vec{F}_1$  và  $\vec{F}_2$  có phương trùng với đường thẳng nối hai chất điểm và ngược chiều nhau, có độ lớn tỷ lệ thuận với tích số khối lượng của hai chất điểm và tỷ lệ nghịch với bình phương khoảng cách  $r$  giữa hai chất điểm đó

Biểu thức:  $F_1 = F_2 = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$

trong đó  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{kg}^2$  là hằng số hấp dẫn vũ trụ.

### 5.2. Trường hấp dẫn

Trong không gian bao quanh mỗi vật có khối lượng đều tồn tại một dạng vật chất đặc biệt gọi là trường hấp dẫn.

## 6 - PHÉP BIẾN ĐỔI GALILÊ VÀ NGUYÊN LÝ TƯƠNG ĐỐI GALILÉO

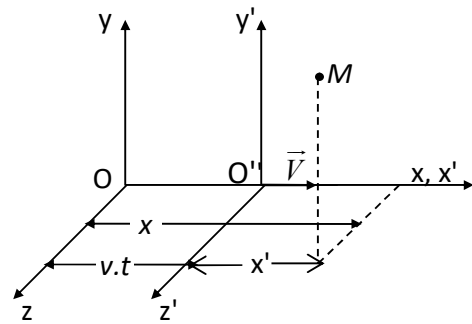
### 6.1. Phép biến đổi Galiléo

Xét hai hệ quy chiếu Oxyz và O'x'y'z'. Hệ O đứng yên, O' chuyển động đều trượt dọc trên trục Ox với vận tốc  $V$  so với O

Trên mỗi hệ gắn một đồng hồ.

Chọn gốc thời gian lúc O' trùng O. Theo cơ học cổ điển thì  $t' = t$ .

Gọi các tọa độ của chất điểm  $M$  trong hệ O là  $x, y, z$  và trong hệ O' là  $x', y', z'$



Hình 2-1

Ta có: 
$$\left. \begin{aligned} x &= x' + V.t' \\ y &= y' \\ z &= z' \\ t &= t' \end{aligned} \right\} \quad \text{Hoặc:} \quad \left\{ \begin{aligned} x' &= x - V.t \\ y' &= y \\ z' &= z \\ t' &= t \end{aligned} \right.$$

Hai hệ phương trình trên gọi là phép biến đổi Galiléo

### 6.2. Nguyên lý tương đối Galiléo

Phát biểu : "Các hiện tượng và các quá trình cơ học trong các hệ quy chiếu quán tính khác nhau đều xảy ra giống nhau".

## 7 - HỆ QUY CHIẾU KHÔNG QUÁN TÍNH VÀ LỰC QUÁN TÍNH

### 7.1. Hệ quy chiếu không quán tính

Hệ quy chiếu không quán tính là hệ quy chiếu chuyển động có gia tốc đối với hệ quy chiếu quán tính.

### 7.2. Lực quán tính

Biểu thức:  $\vec{F}_{qt} = -m \vec{A}$

Đặc điểm:

$\vec{F}_{qt}$  chỉ là một lực ảo (ta không chỉ rõ lực là do vật nào tác dụng lên chất điểm) và chỉ xuất hiện trong hệ quy chiếu không quán tính.

$\vec{F}_{qt}$  cùng phương, ngược chiều với gia tốc  $\vec{A}$

Độ lớn:  $F_{qt} = m.A$

### 7.3. Lực quán tính ly tâm

Biểu thức:  $\vec{F}_{qtl} = -m \vec{A}_{ht}$

Đặc điểm

$\vec{F}_{qtl}$  cùng phương, ngược chiều với gia tốc hướng tâm  $\vec{A}_{ht}$ . Nó có xu hướng làm chất điểm văng ra khỏi tâm.

Độ lớn:  $F_{qtl} = m.A_{ht}$

## D. BÀI TẬP CHƯƠNG 2

### I. BÀI TẬP THÍ DỤ

**Bài tập 1:** Một ô tô khối lượng 1 tấn chạy trên đoạn đường phẳng có hệ số ma sát là 0,1. Lấy  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ . Tính lực kéo của động cơ ô tô khi:

a. Ô tô chạy nhanh dần đều với gia tốc  $2 \text{ m/s}^2$  trên đoạn đường nằm ngang.

b. Ô tô chạy trên đường dốc với vận tốc không đổi. Mặt đường có độ dốc không đổi 4% ( góc nghiêng  $\alpha$  của mặt đường có  $\sin \alpha = 0,04$ )

*Hướng dẫn giải:*

Phương trình động lực học:  $m\vec{a} = \vec{P} + \vec{N} + \vec{F} + \vec{F}_{ms}$  (1)

a. Khi ô tô đi trên đoạn đường ngang:

Chiếu (1) lên phương Ox nằm ngang và Oy thẳng đứng ta có:  $ma = F - F_{ms}$

và:  $0 = -P + N$  ; mặt khác:  $F_{ms} = \mu N$

suy ra:  $F = ma + \mu N = m(a + \mu g) = 1000.(2 + 0,1.9,8) = 2980 \text{ (N)}$

b. Khi ô tô lên dốc:

Chiếu (1) lên Ox trùng hướng chuyển động của ô tô và Oy vuông góc với mặt dốc, ta có:  $0 = -P \sin \alpha + F' - F'_{ms}$  và:  $0 = -P \cos \alpha + N'$  ; mặt khác:  $F'_{ms} = \mu N'$

suy ra:  $F' = mg(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) = 1000.9,8.(0,04 + 0,1\sqrt{1 - (0,04)^2}) = 1372,6 \text{ (N)}$

**Bài tập 2:** Một sợi dây không dẫn, khối lượng không đáng kể được vắt qua một ròng rọc, hai đầu buộc hai vật có khối lượng  $m_1$  và  $m_2$ . Bỏ qua khối lượng ròng rọc và coi ma sát giữa ròng rọc và trục quay là không đáng kể. Xác định gia tốc của hệ, sức căng của sợi dây và lực nén tác dụng lên trục của ròng rọc.

*Hướng dẫn giải:* Cho:  $m_1, m_2$

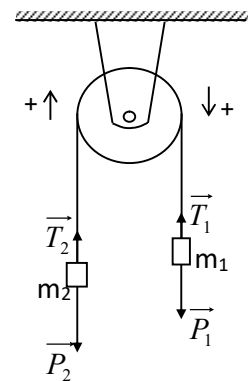
Hỏi:  $a? T?$

Giả sử :  $m_1$  chuyển động xuống dưới

$m_2$  chuyển động lên trên.

Chọn trục OX theo phương chuyển động của hệ, chiều dương theo chiều chuyển động của hệ.

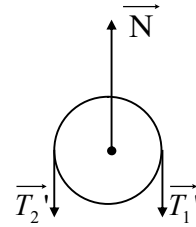
Phương trình chuyển động của vật  $m_1$ :  $\vec{P}_1 + \vec{T}_1 = m_1 \vec{a}_1$



Hình 2-2

Phương trình chuyển động của vật  $m_2$ :  $\vec{P}_2 + \vec{T}_2 = m_2 \vec{a}_2$

Vì khối lượng của dây và ròng rọc không đáng kể, bỏ qua ma sát giữa ròng rọc và trục quay:  $|\vec{T}_1| = |\vec{T}_2| = T$ . Vì dây không giãn nên gia tốc của cả hai vật đều bằng nhau:  $a_1 = a_2 = a$



Hình 2-3

- Chiếu các phương trình chuyển động lên trục OX ta được:

$$P_1 - T = m_1 a$$

$$-P_2 + T = m_2 a$$

Từ hai phương trình trên ta suy ra:  $a = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} \cdot g$ ;  $T = \frac{2m_1 m_2}{m_1 + m_2} \cdot g$

Nhận xét:

- Nếu  $m_1 > m_2$  thì  $a > 0$ , tức là:  $m_1$  chuyển động xuống,  $m_2$  chuyển động lên.
- Nếu  $m_1 < m_2$  thì  $a < 0$  → hướng chuyển động ngược lại với giả thiết
- Nếu  $m_1 = m_2$  thì  $a = 0$  → hệ sẽ đứng yên hay chuyển động thẳng đều

Ròng rọc chịu tác dụng của hai lực căng  $\vec{T}'$  hướng thẳng đứng xuống dưới và phản lực pháp tuyến  $\vec{N}$  của trục ròng rọc hướng thẳng đứng lên trên. Vì ròng rọc nằm cân bằng nên gia tốc bằng 0,

nên ta có:  $2T' - N = 0$

Suy ra:  $N = 2T' = 2T$

**Bài tập 3:** Trên một đĩa nằm ngang đang quay, người ta đặt một vật có khối lượng  $m = 1\text{kg}$  cách trục quay  $r = 50\text{cm}$ . Hệ số ma sát giữa vật và đĩa bằng  $\mu = 0,25$ . Hỏi:

a. Lực ma sát phải có độ lớn bằng bao nhiêu để vật được giữ trên đĩa nếu đĩa quay với vận tốc  $n = 12$  vòng/phút.

b. Với vận tốc góc nào thì vật bắt đầu trượt khỏi đĩa.

*Hướng dẫn giải:*

Cho:  $m = 1\text{kg}$ ;  $r = 50\text{cm}$ ;  $\mu = 0,25$

Hỏi: a)  $F_{ms}$ ? khi  $n = 12$  vòng/phút và vật nằm yên trên đĩa

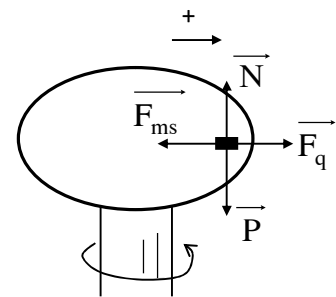
b)  $\omega$ ? thì vật trượt khỏi đĩa.

a) Chọn hệ quy chiếu  $O'$  là cái đĩa quay, vì vậy  $O'$  là hệ quy chiếu không quán tính (do có gia tốc hướng tâm so với đất).

Các lực tác dụng lên vật trong hệ quy chiếu  $O'$  là: Trọng lực  $\vec{P}$ , phản lực của đĩa lên vật  $\vec{N}$ , lực ma sát nghỉ  $\vec{F}_{ms}$  và lực quán tính li tâm  $\vec{F}_q$ .

Vì vật nằm yên so với đĩa nên phương trình chuyển động của vật trong hệ  $O'$  là:

$$\vec{F}_{ms} + \vec{F}_q + \vec{P} + \vec{N} = 0$$



Hình 2-4



Do  $\vec{P}$  triệt tiêu với  $\vec{N}$  nên ta được:  $\vec{F}_{ms} + \vec{F}_q = 0$

Chọn trục Ox theo phương bán kính đĩa, chiều (+) hướng theo chiều  $\vec{F}_{ms}$  (hướng vào tâm đĩa).

Chiếu phương trình trên lên trục Ox ta được:  $F_{ms} - F_q = 0$

Hay: 
$$F_{ms} = F_q = m\omega^2 r = m \left( \frac{2\pi n}{60} \right)^2 . r$$

Thay số ta được: 
$$F_{ms} = 1 \cdot \left( \frac{2.3,14.12}{60} \right)^2 . 0,5 = 0,784 \text{ (N)}$$

b. Vật trượt khỏi đĩa khi  $F_{qt} \geq F_{ms}$

Hay: 
$$m\omega^2 r \geq k.P$$

Khi đó: 
$$\omega \geq \sqrt{\frac{\mu \cdot g}{r}} . \text{ Thay số được: } \omega \geq 2,2 \text{ rad/s.}$$

Vậy, với  $\omega = 2,2 \text{ rad/s}$  thì vật bắt đầu trượt khỏi đĩa.

**Bài tập 4:** Một khẩu pháo khối lượng 0,5 tấn (không kể đạn) đặt cố định trên một xe có khối lượng 10 tấn. Xe đang chạy trên đường ray với vận tốc 18km/h và khẩu pháo nhắm đạn theo phương của đường ray. Viên đạn có khối lượng 1kg và bay khỏi đầu nòng pháo với vận tốc 500m/s. Bỏ qua các lực cản và ma sát. Hãy xác định vận tốc của xe ngay sau khi bắn lần đầu trong hai trường hợp:

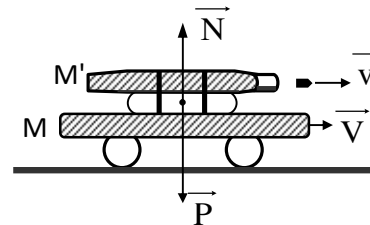
- Đạn bắn theo chiều xe chạy.
- Đạn bắn ngược chiều xe chạy.

*Hướng dẫn giải:*

Cho:  $M = 10 \text{ tấn} = 10.10^3 \text{kg};$

$M' = 0,5 \text{ tấn} = 500 \text{kg}; m = 1 \text{kg};$

$v = 500 \text{m/s}; V = 18 \text{km/h} = 5 \text{m/s}$



Hình 2-5

Hỏi:  $V'$ ?

Vì trọng lực  $\vec{P}$  của hệ (xe, pháo, đạn) cân bằng với phản lực pháp tuyến  $\vec{N}$  của đường ray, đồng thời không có lực ma sát và lực cản. Do đó tổng hợp lực tác dụng lên hệ vật bằng 0. Do đó tổng động lượng của hệ vật bảo toàn, nghĩa là:

$$(\sum \vec{K}_i \text{ sau khi bắn}) = (\sum \vec{K}_i \text{ trước khi bắn}) \quad (1)$$

Gọi:  $\vec{V}$  là vận tốc của xe trước khi bắn

$\vec{v}$  là vận tốc đầu nòng của đạn

$\vec{V}'$  là vận tốc của xe sau khi bắn

Phương trình (1) được viết là:  $(M+M')\vec{V}' + m\vec{v} = (M+M'+m)\vec{V}$

Suy ra: 
$$\vec{V}' = \frac{(M+M'+m)\vec{V} - m\vec{v}}{M+M'} \quad (2)$$

a) Nếu đạn bắn theo chiều xe chạy ( $\vec{v}$  và  $\vec{V}$  cùng chiều)

Ta chiếu phương trình (2) xuống hướng chuyển động của xe được:

$$V' = \frac{(M+M'+m)V - mv}{M+M'} = \frac{(10^4 + 500 + 1)5 - 1.500}{10^4 + 500} = 4,95 \text{m/s} > 0$$

Vậy xe vẫn chạy theo chiều ban đầu với vận tốc nhỏ hơn:  $V' < V$

b. Nếu đạn bắn ngược chiều xe chạy ( $\vec{v}$  và  $\vec{V}$  ngược chiều). Ta chiếu phương trình (2) xuống hướng chuyển động của xe được:

$$V' = \frac{(M+M'+m)V - (-mv)}{M+M'} = \frac{(10^4 + 500 + 1)5 + (1.500)}{10^4 + 500} = 5,05 \text{m/s} > 0$$

Vậy xe vẫn chạy theo chiều ban đầu với vận tốc lớn hơn:  $V' > V$

## CHƯƠNG 3

### ĐỘNG LỰC HỌC VẬT RẮN

#### A- MỤC ĐÍCH, YÊU CẦU

1. Nắm được khái niệm khối tâm. Viết được phương trình động lực học khối tâm chuyển động và nêu nhận xét.

2. Nắm được đặc điểm của chuyển động tịnh tiến của vật rắn và chuyển động quay của vật rắn quanh một trục cố định.

3. Viết được phương trình động lực học của vật rắn chuyển động tịnh tiến và vật rắn quay quanh một trục cố định.

4. Hiểu và vận dụng được định lý mômen động lượng và định luật bảo toàn momen động lượng.

#### B – CÂU HỎI ÔN TẬP NỘI DUNG TRỌNG TÂM LÝ THUYẾT

1. Định nghĩa khối tâm của hệ chất điểm. Viết phương trình động lực học của khối tâm. Nêu ý nghĩa của khối tâm.

2. Nêu định nghĩa, đặc điểm của chuyển động tịnh tiến của vật rắn. Thiết lập phương trình cơ bản của chuyển động tịnh tiến của vật rắn.

3. Viết biểu thức, nêu đặc điểm, ý nghĩa, đơn vị của mômen lực.

4. Nêu định nghĩa, đặc điểm của chuyển động quay của vật rắn quanh một trục cố định. Thiết lập phương trình cơ bản của chuyển động quay của vật rắn quanh một trục cố định.

5. Viết các công thức tính mômen quán tính của các vật đồng chất đối với trục đối xứng và đi qua khối tâm của nó: thanh dài, đĩa tròn, trục tròn, khối cầu; công thức Steiner - Huyghens.

6. Chứng minh và phát biểu định lý thứ nhất và thứ hai về mômen động lượng.

7. Chứng minh và phát biểu định luật bảo toàn mômen động lượng. Nêu và giải thích ứng dụng của định luật này.

8. Định nghĩa con quay. Nêu tính chất của con quay có trục quay tự do và con quay có trục đi trên một điểm cố định.

9. Nêu hiệu ứng hồi chuyển và ứng dụng của hiệu ứng này.

#### C – TÓM TẮT NỘI DUNG

##### 1- KHỐI TÂM - CHUYỂN ĐỘNG TỊNH TIẾN CỦA VẬT RẮN

###### 1.1. Khối tâm

###### a. Định nghĩa

Khối tâm của một hệ chất điểm  $M_1, M_2, \dots, M_n$  có khối lượng  $m_1, m_2, \dots, m_n$  là một điểm được xác định bởi véc tơ vị trí  $\vec{R}$  sao cho:

$$\vec{R}_G = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \vec{r}_i}{\sum_{i=1}^n m_i}$$

Toạ độ của khối tâm được xác định bởi các biểu thức:

$$X_G = \frac{\sum_i m_i x_i}{\sum_i m_i}; \quad Y_G = \frac{\sum_i m_i y_i}{\sum_i m_i}; \quad Z_G = \frac{\sum_i m_i z_i}{\sum_i m_i}$$

Trong đó:  $\vec{r}_i$  là véctơ xác định vị trí của chất điểm  $M_i$ .

### **b. Vận tốc khối tâm**

Biểu thức: 
$$\vec{V}_G = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \vec{v}_i}{\sum_{i=1}^n m_i}$$

### **c. Gia tốc khối tâm. Phương trình chuyển động của khối tâm**

Biểu thức: 
$$\vec{A}_G = \frac{\sum_{i=1}^n \vec{F}_i}{\sum_{i=1}^n m_i}$$

Suy ra  $\left(\sum_{i=1}^n m_i\right) \vec{A}_G = \vec{F}$  : là phương trình chuyển động của khối tâm. (Với  $\vec{F} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i$ )

Vậy: Khối tâm của hệ chuyển động như một chất điểm có khối lượng bằng khối lượng cả hệ, chịu tác dụng của một lực bằng tổng các ngoại lực tác dụng lên hệ.

## **1.2. Chuyển động tịnh tiến của vật rắn**

### **a. Định nghĩa**

Chuyển động tịnh tiến là chuyển động trong đó mọi chất điểm trên vật rắn đều vạch những quỹ đạo giống nhau .

### **b. Đặc điểm**

- Trong cùng khoảng thời gian, mọi điểm trên vật đều có cùng đường đi.
- Tại cùng một thời điểm các chất điểm trên vật có cùng vận tốc  $\vec{v}$  và gia tốc  $\vec{a}$ .

### **c. Phương trình cơ bản của động lực học vật rắn chuyển động tịnh tiến:**

$$m \cdot \vec{a} = \vec{F}$$

Trong đó:  $m = \sum_{i=1}^n m_i$  là khối lượng của cả vật rắn

$\vec{F} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i$  là tổng các ngoại lực tác dụng lên vật rắn.

Vậy: Muốn khảo sát chuyển động tịnh tiến của một vật rắn ta chỉ cần xét chuyển động của khối tâm của vật rắn đó.

## 2 - CHUYỂN ĐỘNG QUAY CỦA VẬT RẮN QUANH MỘT TRỤC CỐ ĐỊNH

### 2.1. Chuyển động quay của vật rắn quanh một trục cố định

**a. Định nghĩa:** Chuyển động quay của vật rắn quay quanh một trục cố định  $\Delta$  là chuyển động mà mỗi điểm trên vật đều vạch ra những quỹ đạo tròn có tâm nằm trên trục quay  $\Delta$  và có mặt phẳng vuông góc với  $\Delta$ .

#### **b. Đặc điểm**

- Trong cùng một khoảng thời gian, mọi điểm của vật rắn đều quay được cùng một góc  $\varphi$ .

- Tại cùng một thời điểm, mọi điểm trên vật rắn có cùng vận tốc góc  $\vec{\omega} = \frac{d\varphi}{dt}$  và gia tốc góc  $\vec{\beta} = \frac{d\vec{\omega}}{dt}$

- Hệ thức liên hệ:  $\vec{v} = \vec{\omega} \times \vec{r}$ ;  $\vec{a}_t = \vec{\beta} \times \vec{r}$

### 2.2. Mômen lực đối với một trục quay

Định nghĩa: Mômen của lực  $\vec{F}$  đối với trục  $\Delta$  là một vectơ  $\vec{M}$  được xác định bởi:

$$\vec{M} = (\vec{r} \times \vec{F})_{\Delta}$$

Phương: Nằm trên trục  $\Delta$ , vuông góc với mặt phẳng chứa  $\vec{r}$  và  $\vec{F}_t$ .

Chiều: Theo quy tắc cái đinh vít (thuận chiều quay từ  $\vec{r}$  đến  $\vec{F}_t$ ).

Độ lớn:  $M = r.F_t$  (Vì  $\vec{F}_t \perp \vec{r}$ )

Đơn vị : niuton mét (Nm)

\* *Ý nghĩa vật lý:* Mômen lực đối với một trục quay đặc trưng cho khả năng của lực làm quay vật xung quanh trục quay đó. Tác dụng này không những phụ thuộc vào cường độ lực mà còn phụ thuộc vào cánh tay đòn của lực.

### 2.3. Phương trình cơ bản của động lực học vật rắn quay quanh trục cố định

Biểu thức:  $I.\vec{\beta} = \vec{M}$

Trong đó:  $M$ : Mômen lực;  $\vec{\beta}$ : gia tốc góc;  $I$ : mômen quán tính.

### 2.4. Mômen quán tính

#### **a. Khái niệm**

Biểu thức mômen quán tính của hệ chất điểm:  $I = \sum_{i=1}^n m_i \cdot r_i^2$

Trường hợp khối lượng vật rắn được phân bố liên tục:  $I = \int r^2 dm$

Ý nghĩa vật lý: Mômen quán tính  $I$  là đại lượng đặc trưng cho quán tính của vật rắn chuyển động quay.

Đơn vị đo mômen quán tính:  $\text{kg} \cdot \text{m}^2$

**b. Tính mômen quán tính của một số vật rắn đồng chất có hình dạng đối xứng, có khối lượng  $m$ , đối với trục quay đi qua khối tâm**

+ Thanh mảnh đồng chất:  $I_0 = \frac{1}{12} ml^2$

+ Trụ đặc (đĩa đặc) đồng chất:  $I_0 = \frac{1}{2} mR^2$

+ Vành tròn (trụ rỗng) thành mỏng:  $I_0 = mR^2$

+ Khối cầu đặc đồng chất:  $I_0 = \frac{2}{5} mR^2$

**c. Định lý trục song song:**

$$I = I_0 + ma^2$$

Trong đó  $a$  là khoảng cách hai trục.

### 3 - CÁC ĐỊNH LÝ MÔMEN ĐỘNG LƯỢNG ĐỊNH LUẬT BẢO TOÀN MÔMEN ĐỘNG LƯỢNG

#### 3.1. Mômen động lượng

**a. Mômen động lượng của một chất điểm đối với một trục quay**

Định nghĩa:  $\vec{L}_\Delta = \vec{r} \times \vec{K}_t$

Trong đó:  $\vec{r}$  là bán kính véctor;  $\vec{K}_t$  là véctor động lượng:  $K_t = m \cdot v$

Đặc điểm:

+ Phương  $\vec{L}_\Delta$ : Nằm trên trục  $\Delta$ .

+ Chiều: Theo quy tắc cái đinh ốc

+ Độ lớn:  $L_\Delta = r \cdot K_t = r \cdot m \cdot v$

Đơn vị của  $L$ :  $\text{kg} \cdot \text{m}^2 / \text{s}$

**b. Mômen động lượng của vật rắn quay xung quanh một trục cố định**

Biểu thức:  $\vec{L} = I \cdot \vec{\omega}$

Đặc điểm

+ Phương  $\vec{L}$  : Trùng với phương  $\vec{\omega}$  (nằm trên trục  $\Delta$ )

+ Chiều : Cùng chiều  $\vec{\omega}$

+ Độ lớn :  $L = I \cdot \omega$

### 3.2. Các định lý về mômen động lượng của vật rắn chuyển động quay

#### a. Định lý thứ nhất

$$\text{Biểu thức: } \frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{M}$$

Phát biểu: "Đạo hàm theo thời gian của vectơ mômen động lượng của vật rắn quay xung quanh một trục cố định bằng tổng mômen của các ngoại lực tác dụng lên vật rắn tại thời điểm đó".

#### b. Định lý thứ hai

$$\text{Biểu thức: } \Delta \vec{L} = \vec{L}_2 - \vec{L}_1 = \int_{t_1}^{t_2} \vec{M} \cdot dt$$

Đại lượng  $\int_{t_1}^{t_2} \vec{M} \cdot dt$  được gọi là xung lượng của mômen lực trong khoảng thời gian  $\Delta t = t_2 - t_1$ .

Phát biểu : "Độ biến thiên véc tơ mômen động lượng của vật rắn quay quanh một trục cố định bằng xung lượng của tổng véc tơ mômen ngoại lực tác dụng lên vật rắn trong khoảng thời gian tương ứng".

Trường hợp nếu  $\vec{M} = \text{const}$  thì  $\Delta \vec{L} = \vec{M} \cdot \Delta t$

### 3.3. Định luật bảo toàn mômen động lượng:

Phát biểu: Mômen động lượng của vật rắn cô lập được bảo toàn.

$$\text{Biểu thức } \vec{L} = I \cdot \vec{\omega} = \overline{\text{const}}$$

Thực tế, vật rắn luôn chịu tác dụng của ngoại lực. Nhưng nếu tổng mômen ngoại lực tác dụng lên vật rắn quay quanh trục  $\Delta$  bằng không thì mômen động lượng của vật rắn đối với trục quay  $\Delta$  cũng bảo toàn.

a. Vật rắn không tuyệt đối nếu  $\vec{M} = 0$  thì  $\vec{L} = I \vec{\omega} = \overline{\text{const}}$

Từ đó suy ra: khi I tăng thì  $\omega$  sẽ giảm (vật quay chậm hơn) và ngược lại.

b. Hệ vật gồm nhiều phần quay

$$\text{Nếu } \vec{M} = 0 \quad \vec{L} = I_1 \vec{\omega}_1 + I_2 \vec{\omega}_2 = \overline{\text{const}}$$

Giả sử lúc đầu hệ vật không quay ( $\vec{L} = 0$ ) thì  $\vec{L} = I_1 \vec{\omega}_1 + I_2 \vec{\omega}_2 = 0$

$$\text{hay } \vec{\omega}_2 = -\frac{I_1}{I_2} \vec{\omega}_1$$

Từ đó suy ra vận tốc góc  $\bar{\omega}_2$  ngược chiều với  $\bar{\omega}_1$ .

## D. BÀI TẬP CHƯƠNG III

### I. BÀI TẬP THÍ DỤ

**Bài tập 1:** Bánh xe đường kính 1m gồm một vòng tròn mảnh có khối lượng 10 kg và bốn nan hoa được làm từ các thanh mảnh, mỗi nan hoa có khối lượng 2 kg (hình 3-1). Xác định mômen quán tính của bánh xe đối với trục vuông góc với mặt phẳng trang giấy đi qua điểm A.

*Hướng dẫn giải:*

Mômen quán tính của bánh xe tại điểm G

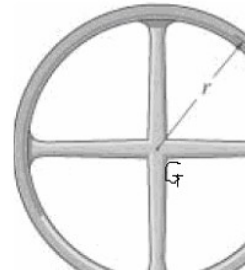
$$I_G = I_{\text{bánh}} + I_{\text{nan}} = m_1 r^2 + 4 \cdot \frac{1}{3} m_2 r^2$$

$$I_G = 10 \cdot 0,5^2 + 4 \cdot \frac{1}{3} \cdot 2 \cdot 0,5^2 = 3,17 (\text{kgm}^2)$$

Mômen quán tính của bánh xe tại điểm A:

Áp dụng định lý trục song song:  $I_A = I_G + md^2$

$$\text{suy ra: } I_A = I_G + (m_1 + 4 \cdot m_2) r^2 = 3,17 + 18 \cdot 0,5^2 = 7,67 (\text{kgm}^2)$$



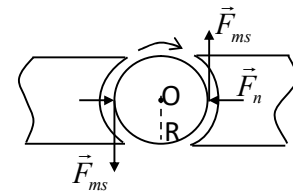
Hình 3-1

**Bài tập 2:** Một bánh xe có bán kính 50cm đang quay dưới tác dụng của mômen lực bằng 980Nm. Hãy xác định lực nén vuông góc của mỗi má phanh tác dụng lên bánh xe để bánh xe quay chậm dần quanh trục của nó với gia tốc bằng  $-2,5 \text{ rad/s}^2$  (hình 3-2). Cho biết hệ số ma sát giữa má phanh và bánh xe là  $\mu = 0,25$ . Mômen quán tính của bánh xe và trục của nó đối với trục quay bằng  $I = 50 \text{ kgm}^2$ .

*Hướng dẫn giải:* Cho  $R = 50 \text{ cm}$ ;  $M = 980 \text{ N.m}$

$$\beta = -2,5 \text{ rad/s}^2; \quad \mu = 0,25; \quad I = 50 \text{ kg.m}^2$$

Hỏi: N?



Hình 3-2

Khi hãm phanh, bánh xe quay chậm dần quanh một trục cố định O nằm ngang với gia tốc góc  $\beta$  dưới tác dụng của mômen lực phát động M và mômen lực cản (mômen lực ma sát  $M_c$ ). Mômen lực ma sát ngược hướng với mômen lực phát động.

Áp dụng phương trình cơ bản của chuyển động quay đối với bánh xe:

$$I \cdot \beta = M - M_c = M - 2 \cdot F_{ms} \cdot R \quad (1)$$

$$\text{Lại có: } F_{ms} = \mu \cdot N = \mu \cdot F_n \quad (2)$$

trong đó  $F_n$  là lực nén vuông góc của mỗi má phanh tác dụng lên trục của bánh xe.

Thay (2) vào (1), ta tìm được:



$$F_n = \frac{M - I\beta}{2\mu R} = \frac{980 - 50(-2,5)}{2,0 \cdot 25 \cdot 50 \cdot 10^{-2}} = 4420(N)$$

**Bài tập 3:** Một bánh đà có dạng một đĩa phẳng tròn đang quay quanh trục của nó với vận tốc 480 vòng/phút thì bị tác dụng một mômen lực hãm. Bánh đà có khối lượng 500kg và bán kính 20cm. Hãy xác định mômen của lực hãm trong hai trường hợp:

- Bánh đà dừng lại sau khi hãm 50 giây.
- Bánh đà dừng lại sau khi quay thêm được 300 vòng.

*Hướng dẫn giải:* Cho:  $\omega_1 = 480 \text{ vòng/phút} = 16\pi \text{ rad/s}$   
 $m = 500\text{kg}; R = 20\text{cm} = 0,2\text{m}$

$$\text{Hỏi: } M? \begin{cases} \text{a) } \omega_2 = 0, & \Delta t = 50\text{s} \\ \text{b) } \omega_2 = 0, & N = 300\text{vòng} \end{cases}$$

a. Vì trong suốt quá trình hãm thì lực hãm không đổi  $\rightarrow M = \text{const.}$

Áp dụng định lý về mômen động lượng:

$$\frac{\Delta L}{\Delta t} = M_h \quad \text{hay} \quad \frac{L_2 - L_1}{\Delta t} = M_h$$

$$\text{Mà } L_2 = I \cdot \omega_2 = 0; \quad L_1 = I \cdot \omega_1$$

$$\text{Do vậy, ta được: } -I\omega_1 = M_h \cdot \Delta t$$

$$\text{Suy ra: } M_h = \frac{-I \cdot \omega_1}{\Delta t} \quad \text{Thay số: } M_h = -\frac{0,5 \cdot 500 \cdot (20 \cdot 10^{-2})^2 \cdot 16 \cdot 3,14}{50} = -10 \text{ (Nm)}$$

b. Từ khi bắt đầu hãm đến khi dừng lại, bánh đà quay thêm được 300 vòng ứng với góc quay  $\varphi = 2\pi N = 600\pi \text{ (rad)}$ .

$$\text{Áp dụng công thức: } \omega_2^2 - \omega_1^2 = 2\beta \cdot \varphi$$

$\rightarrow$  Gia tốc góc của bánh xe là:

$$\beta = -\frac{\omega_1^2}{2 \cdot \varphi} = -0,67 \text{ rad/s}^2$$

Áp dụng phương trình cơ bản của chuyển động quay ta được:

$$M = I \cdot \beta = \frac{1}{2} m R^2 \cdot \beta = -6,7 \text{ (N.m)}$$

**Bài tập 4:** Một trụ đặc khối lượng  $m_1 = 100\text{kg}$  quay xung quanh một trục nằm ngang trùng với trục của trụ. Trên trụ có cuốn một sợi dây không giãn trọng lượng không đáng kể. Đầu tự do của dây có treo một vật nặng khối lượng  $m_2 = 20\text{kg}$  (hình 3-3). Để vật nặng đó tự chuyển động. Tính gia tốc của vật nặng và sức căng của sợi dây.

*Hướng dẫn giải:* Cho:  $m_1 = 100\text{kg}$  (trụ đặc)

$$m_2 = 20\text{kg}$$

Hỏi:  $a?$   $T?$

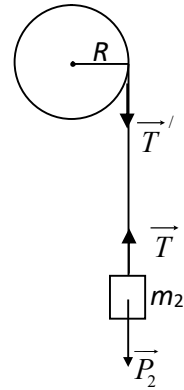
Ta có:  $\vec{T}' = -\vec{T}$

- Các lực tác dụng lên trụ là:  $\vec{P}_1, \vec{N}, \vec{T}'$ .

$\vec{P}_1$  và  $\vec{N}$  triệt tiêu nhau còn  $\vec{T}'$  gây ra mômen  $\vec{M}$  làm quay trụ.

Ta có phương trình:  $I \cdot \vec{\beta} = \vec{M}$  (1)

- Các lực tác dụng lên vật nặng là  $\vec{P}_2$  và  $\vec{T}$ . Các lực này làm vật nặng chuyển động tịnh tiến thẳng đứng xuống dưới với gia tốc  $\vec{a}$ .



Hình 3-3

Ta có phương trình:  $\vec{P}_2 + \vec{T} = m_2 \cdot \vec{a}$  (2)

- Chọn trục Ox theo hướng chuyển động của vật  $m_2$ .

Chọn trục  $\Delta$  vuông góc với mặt trụ, chiều dương hướng thuận chiều quay của trụ.

Chiếu các phương trình trên lên các trục tương ứng ta được:

Từ (1) có:  $I \cdot \beta = M$  hay  $I \cdot \frac{a_t}{R} = T' \cdot R$

Thay:  $I = \frac{m_1 R^2}{2}$ ;  $a_t = a$ ;  $T' = T$  Ta được:  $T = \frac{m_1 a}{2}$

Từ (2) ta có:  $P_2 - T = m_2 a$

Kết hợp hai phương trình trên ta được:  $a = \frac{2m_2 g}{2m_2 + m_1} = \frac{2 \cdot 20 \cdot 9,8}{2 \cdot 20 + 100} = 2,8 \text{ m/s}^2$

$$T = \frac{m_1 a}{2} = \frac{100 \cdot 2,8}{2} = 140 \text{ N}$$

**Bài tập 5:** Một thanh gỗ mỏng dài 0,5m có thể quay tự do quanh một trục nằm ngang đi qua đầu trên của thanh. Một viên đạn khối lượng 10g bay theo phương ngang với vận tốc 400m/s tới đâm xuyên vào đầu dưới của thanh gỗ và mắc lại ở đó (Hình 3-4). Khối lượng của thanh gỗ bằng 6kg phân bố đều dọc theo chiều dài thanh. Bỏ qua ma sát của trục quay và lực cản của không khí. Hãy xác định vận tốc góc của thanh gỗ sau khi viên đạn đâm xuyên vào nó.

*Hướng dẫn giải:*

Có thể coi gần đúng khi viên đạn vừa chạm sát thanh gỗ, các trọng lực tác dụng lên hệ vật (viên đạn và thanh gỗ) đều có phương cắt trục quay tại điểm treo O. Như vậy tổng mômen ngoại lực tác dụng lên hệ vật bằng không. Do đó tổng mômen động lượng của hệ vật đối với trục quay O bảo toàn, nghĩa là tổng mômen động lượng của hệ vật đối với trục quay O trước và sau va chạm có cùng giá trị:

$$\left( \sum_{i=1}^n \vec{L}'_i \right)_{\text{Sau va chạm}} = \left( \sum_{i=1}^n \vec{L}_i \right)_{\text{Trước va chạm}}$$

Hay:  $L'_{\text{hệ}} = L_{\text{hệ}} \quad (1)$

Ban đầu thanh gỗ đứng yên, viên đạn (coi là chất điểm) có vận tốc  $\vec{v}$  theo phương vuông góc với thanh, cách trục quay O một khoảng  $l$ . Như vậy, mômen động lượng của hệ ngay trước khi viên đạn xuyên vào tâm gỗ là:

$$L_{\text{hệ}} = m_1 l v \quad (2)$$

Sau khi xuyên vào thanh gỗ, viên đạn cùng thanh gỗ chuyển động quay quanh trục O với vận tốc góc  $\omega'$ . Mômen động lượng của hệ là:

$$L'_{\text{hệ}} = (I_{\text{đạn}} + I_{\text{thanh}}) \omega'$$

Mômen quán tính của viên đạn (coi như chất điểm) đối với trục quay O là:

$$I_{\text{đạn}} = m_1 \cdot l^2$$

Mômen quán tính của thanh gỗ đối với trục quay O đi qua đầu mút của thanh là:

$$I_{\text{thanh}} = \frac{m_2 l^2}{12} + m_2 \left( \frac{l}{2} \right)^2 = \frac{m_2 l^2}{3}$$

Vậy được:  $L'_{\text{hệ}} = \left( m_1 \cdot l^2 + \frac{m_2 l^2}{3} \right) \omega' \quad (3)$

Thay (2) và (3) vào (1) ta tìm được tốc độ quay của thanh gỗ sau khi viên đạn đâm xuyên vào nó:

$$\omega' = \frac{m_1 \cdot v}{\left( m_1 + \frac{m_2}{3} \right) \cdot l} = \frac{10 \cdot 10^{-3} \cdot 400}{\left( 10 \cdot 10^{-3} + \frac{6}{3} \right) \cdot 0,5} \approx 4 \text{ (rad / s)}$$

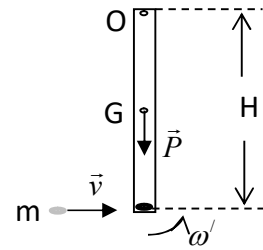
**Bài tập 6:** Một người ngồi trên ghế quay (ghế Giucôpxki) sao cho phương của trọng lực tác dụng lên người và ghế trùng với trục quay của ghế. Người đó giang hai tay và mỗi tay cầm một quả tạ có khối lượng 2,0kg. Khoảng cách từ mỗi quả tạ đến trục quay của ghế là 0,8m. Cho người và ghế quay với vận tốc 30vòng/phút. Mômen quán tính của người và ghế (không kể các quả tạ) đối với trục quay là 2,5kgm<sup>2</sup>. Hãy xác định vận tốc quay của người và ghế khi người đó co hai tay lại để khoảng cách từ mỗi quả tạ đến trục quay chỉ còn bằng 0,6m.

Hướng dẫn giải: Cho:  $m_1 = m_2 = m = 2\text{kg}$   $l_2 = 0,6\text{m}$

$l_1 = 0,8\text{m}$   $I_0 = 2,5\text{kgm}^2$

$n_1 = 30 \text{ vòng/phút}$

Hỏi:  $n_2?$



Hình 3-4

Các ngoại lực tác dụng lên hệ người và ghế chỉ gồm các trọng lực và phản lực, chúng đều có phương trùng với trục quay của ghế. Do đó mômen ngoại lực tác dụng lên hệ vật bằng không. Do vậy mômen động lượng của hệ vật bảo toàn.

$$\vec{L}_1 = \vec{L}$$

Hay:  $I_1 \vec{\omega}_1 = I_2 \vec{\omega}_2$  (1)

Chiếu phương trình (1) trên trục quay ta được:  $I_1 \omega_1 = I_2 \omega_2$  (2)

Ta có, khi người dang tay:  $I_1 = I_0 + 2ml_1^2 = 2,5 + 2.2.(0,8)^2 = 5,06 \text{kg.m}^2$

$$\omega_1 = 2\pi n_1 = 2.3,14 \cdot \frac{30}{60} = 3,14 \text{rad/s}$$

Khi người co tay:  $I_2 = I_0 + 2ml_2^2 = 2,5 + 2.2.(0,6)^2 = 3,94 \text{kgm}^2$

Thay vào (2) ta tìm được:  $\omega_2 = \frac{I_1}{I_2} \omega_1 = \frac{5,06}{3,94} \cdot 3,14 = 4,03 \text{ rad/s}$

Suy ra vận tốc quay của ghế khi người co tay là:

$$n_2 = \frac{\omega_2}{2\pi} = \frac{4,03}{2.3,14} \cdot 60 = 38,5 \text{ (vòng/phút)}.$$

## CHƯƠNG 4

### CƠ NĂNG

#### A- MỤC ĐÍCH, YÊU CẦU

1. Nắm được biểu thức tính công và công suất, Biểu thức tính công và động năng của vật rắn trong chuyển động quay quanh một trục cố định.

2. Nắm được định lý biến thiên động năng. Vận dụng định lý biến thiên động năng để giải các bài toán trong chuyển động tịnh tiến và chuyển động quay.

3. Nắm được khái niệm lực thế, thế năng. Vận dụng được định luật bảo toàn cơ năng trong trọng trường.

4. Vận dụng được định luật bảo toàn động lượng và định luật bảo toàn cơ năng để giải các bài toán về va chạm.

#### B – CÂU HỎI ÔN TẬP NỘI DUNG TRỌNG TÂM LÝ THUYẾT

1. Định nghĩa công, công suất và ý nghĩa của chúng. Biểu thức tính công và công suất trong chuyển động quay.

2. Nêu định nghĩa, biểu thức, ý nghĩa của động năng. Chứng minh định lý động năng (cho trường hợp chất điểm và trường hợp vật chuyển động quay).

3. Khái niệm về trường lực thế và lực thế. Cho thí dụ.

4. Định nghĩa thế năng của chất điểm trong trường lực thế. Biểu thức thế năng của chất điểm trong trọng trường. Nội dung của định lý thế năng?

5. Định nghĩa cơ năng. Biểu thức cơ năng của chất điểm trong trọng trường đều. Phát biểu định luật bảo toàn cơ năng của chất điểm trong trường lực thế và trong trọng trường đều. Khi nào thì cơ năng bị biến đổi? Viết biểu thức tính độ biến thiên cơ năng.

6. Thế nào là va chạm đàn hồi xuyên tâm và va chạm mềm xuyên tâm.

#### C – TÓM TẮT NỘI DUNG

##### 1. Công và công suất

##### 1.1. Công của lực

\* Xét một vật chịu tác dụng của một lực  $\vec{F}$  không đổi chuyển dời được một đoạn thẳng  $\overline{MM'} = \vec{s}$

Biểu thức:  $A = F.s \cdot \cos \alpha = \vec{F} \cdot \vec{s}$

\* Trường hợp tổng quát:

Công của lực  $\vec{F}$  trong cả chuyển dời BC là:

$$A = \int_{BC} dA = \int_{BC} \vec{F} \cdot d\vec{s}$$

\* Đơn vị công trong hệ SI: Jun (J)

## 1.2. Công suất của lực

$$\text{Biểu thức: } N = \frac{dA}{dt} = \vec{F} \cdot \vec{v}$$

Đơn vị công suất: oát (W)

## 1.3. Công và công suất của lực tác dụng trong chuyển động quay

$$\text{Công của mômen lực: } A = \int dA = \int_0^{\phi} M \cdot d\phi = \int_0^t M \cdot \omega \cdot dt$$

$$\text{Công suất của một lực trong chuyển động quay là: } N = \frac{dA}{dt} = \vec{M} \cdot \vec{\omega}$$

## 2 - ĐỘNG NĂNG

### 2.1. Động năng và định lý về động năng

#### a. Động năng

Định nghĩa: Động năng là phần cơ năng tương ứng với sự chuyển dời của vật.

$$\text{Biểu thức: } W_d = \frac{mv^2}{2}$$

Đơn vị: J

#### b. Định lý động năng

$$\text{Biểu thức: } \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} = W_{d2} - W_{d1} = A$$

Phát biểu: "Độ biến thiên động năng của chất điểm trong một chuyển dời bằng công của ngoại lực tác dụng lên chất điểm trong chuyển dời đó".

### 2.2. Động năng của vật rắn trong chuyển động quay:

$$\text{Động năng: } W_d = \frac{I\omega^2}{2}$$

Định lý động năng của vật rắn quay :

$$+ \text{ Biểu thức } W_{d2} - W_{d1} = \frac{I\omega_2^2}{2} - \frac{I\omega_1^2}{2} = A$$

+ Phát biểu: "Độ biến thiên động năng của vật rắn quay quanh trục cố định  $\Delta$  bằng công của mômen ngoại lực tác dụng lên vật rắn đối với cùng trục quay đó".

$$\text{Chú ý: Trường hợp nếu vật rắn vừa quay vừa tịnh } W_d = \frac{mv^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2}$$

### 3 - TRƯỜNG LỰC THỂ VÀ THỂ NĂNG

#### 3.1. Trường lực thế

Trường lực thế là trường lực mà công của lực không phụ thuộc vào dạng đường dịch chuyển mà chỉ phụ thuộc vào vị trí điểm đầu điểm cuối.

#### 3.2. Thế năng:

Định nghĩa: *Thế năng của chất điểm trong trường lực thế là một hàm  $W_t$  phụ thuộc vào vị trí của chất điểm, sao cho độ giảm thế năng bằng công của lực thế.*

- *Thế năng của chất điểm trong trọng trường đều:*

+ *Biểu thức:*  $W_t = mgz + C$

+ *Định lý thế năng :*  $mgz_1 - mgz_2 = W_{t1} - W_{t2} = A_P$

Phát biểu : *“Hiệu thế năng của chất điểm khi nó chuyển dời từ vị trí (1) đến vị trí (2) trong trọng trường bằng công của trọng lực trong chuyển dời đó ”*

#### 4. Định luật bảo toàn cơ năng

##### 4.1. Cơ năng trong trường lực thế

Biểu thức:  $W = \frac{mv^2}{2} + mgh$

##### 4.2. Định luật bảo toàn và biến đổi cơ năng

\* *Biểu thức:*  $W = W_d + W_t = \frac{mv^2}{2} + m.g.h = \text{const}$

Phát biểu: "Khi chất điểm chuyển động trong một trường chỉ có lực thế thì cơ năng của chất điểm bảo toàn".

\* Trường hợp chất điểm chuyển động trong một trường lực ngoài lực thế còn có các lực khác, các lực này sinh công  $A'$  làm cơ năng của chất điểm bị biến đổi

Biểu thức:  $\Delta W = W_2 - W_1 = A'$

Phát biểu: *Độ biến thiên cơ năng bằng công của các ngoại lực khác tác dụng.*

#### 5. Va chạm

##### 5.1. Va chạm đàn hồi

Vận tốc hai quả cầu sau va chạm

$$v_1' = \frac{(m_1 - m_2).v_1 + 2m_2.v_2}{m_1 + m_2}$$

$$v_2' = \frac{(m_2 - m_1).v_2 + 2m_1.v_1}{m_1 + m_2}$$

## 5.2. Va chạm mềm

Vận tốc hai quả cầu sau va chạm  $V' = \frac{m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2}{m_1 + m_2}$

### D - BÀI TẬP CHƯƠNG IV

#### I. BÀI TẬP THÍ DỤ

**Bài tập 1:** Một ô tô khối lượng  $m = 1000\text{kg}$  chạy với vận tốc không đổi bằng  $36\text{km/h}$ . Hệ số ma sát giữa bánh xe với mặt đường bằng  $0,07$ . Lấy  $g = 9,8\text{m/s}^2$ . Hãy tính công suất của động cơ ô tô khi:

a. Ô tô chạy trên đoạn đường phẳng ngang.

b. Ô tô chạy lên dốc trên đoạn đường phẳng hợp với mặt ngang một góc nghiêng  $\alpha$  sao cho  $\sin \alpha = 0,05$ .

*Hướng dẫn giải:*

Cho:  $m = 1000\text{kg}$ ;  $v = 36\text{km/h} = 10\text{m/s}$ ;  $k = 0,07$ ;  $g = 9,8\text{m/s}^2$

Hỏi:  $N$ ? khi  $\sin \alpha = 0$

khi  $\sin \alpha = 0,05$

Ô tô chịu tác dụng của: Trọng lực  $\vec{P}$ , phản lực pháp tuyến  $\vec{N}$  của mặt đường phẳng, lực kéo  $\vec{F}_k$  của động cơ và lực ma sát  $\vec{F}_{ms}$  giữa bánh xe với mặt đường.

Chọn trục  $Ox$  theo phương của mặt đường, chiều dương là chiều chuyển động của xe.

Phương trình chuyển động của xe ô tô khi xe chuyển động đều là:

$$\vec{P} + \vec{N} + \vec{F}_k + \vec{F}_{ms} = m\vec{a} = 0 \quad (1)$$

a. Khi ô tô chuyển động trên đường phẳng ngang:

Chiếu (1) lên trục  $Ox$  ta được:  $F_k - F_{ms} = 0$

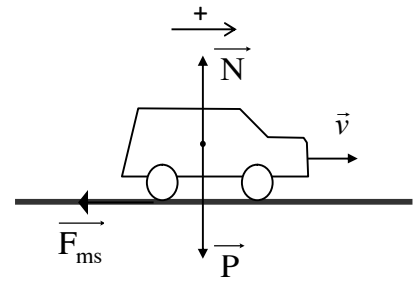
$$F_k = F_{ms} = kN = kP$$

Suy ra công suất của ô tô là:

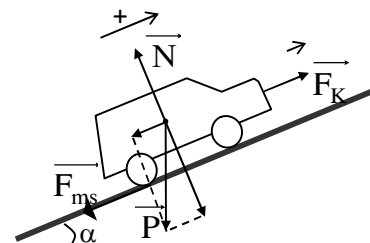
$$N = F_k \cdot v = kmg \cdot v = 0,07 \cdot 1000 \cdot 9,8 \cdot 10 = 6860\text{W} = 6,86\text{kW}$$

b. Khi ô tô chạy trên đường phẳng nghiêng:

Chiếu (1) lên trục  $Ox$  ta được:  $P \sin \alpha + F_k - F_{ms} = 0$



Hình 4-1



Hình 4-2



Hay:  $F_k = -P \sin \alpha + F_{ms}$

Vi:  $N = P \cos \alpha$

nên:

Suy ra công suất của ô tô là:  $N = F_k \cdot v = mg(\sin \alpha + k \cos \alpha)v$

Thay  $\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = 0,9975$  ta được:

$$N = 1000 \cdot 9,8 \cdot (0,05 + 0,07 \cdot 0,998) \cdot 10 \approx 11750 \text{W} = 11,7 \text{KW}$$

Ta thấy khi lên dốc, động cơ của ô tô phải thực hiện một công suất lớn hơn so với khi nó chạy trên đường phẳng ngang.

**Bài tập 2:** Một viên đạn khối lượng 10g đang bay với vận tốc 500m/s tới xuyên vào tấm gỗ dày một đoạn bằng 5cm. Hãy xác định:

- Lực cản trung bình của tấm gỗ tác dụng lên viên đạn.
- Vận tốc của viên đạn sau khi xuyên qua tấm gỗ nếu tấm gỗ chỉ dày 2,4cm.

*Hướng dẫn giải:* Cho:  $m = 10\text{g}$ ;  $s = 5\text{cm}$ ;  $v = 500\text{m/s}$

Hỏi: a.  $\overline{F_c}$  ?

b.  $s' = 2,4\text{cm}$ ;  $v'$ ?

a. Áp dụng định lý động năng đối với chuyển động của viên đạn khi xuyên vào tấm gỗ một đoạn  $s = 5\text{cm}$ .

$$0 - \frac{m \cdot v^2}{2} = A_c = -F_c \cdot s$$

Suy ra lực cản trung bình của tấm gỗ tác dụng lên viên đạn có độ lớn bằng:

$$F_c = \frac{mv^2}{2 \cdot s} = \frac{10 \cdot 10^{-3} \cdot (500)^2}{2 \cdot 5 \cdot 10^{-2}} = 25 \cdot 10^3 \text{N}$$

b. Nếu tấm gỗ chỉ dày  $s' = 2,4\text{cm}$  thì áp dụng định lý động năng đối với chuyển động của viên đạn ta có:

$$\frac{mv'^2}{2} - \frac{mv^2}{2} = A'_c = -F_c \cdot s'$$

Suy ra vận tốc của viên đạn sau khi xuyên qua tấm gỗ có độ dày  $s' = 2,4\text{cm}$  là:

$$v' = \sqrt{v^2 - \frac{2}{m} \cdot F_c \cdot s'}$$

Thay số:  $v' = \sqrt{(500)^2 - \frac{2}{10 \cdot 10^{-3}} \cdot 25 \cdot 10^3 \cdot 2,4 \cdot 10^{-2}} \approx 360 \text{m/s}$

**Bài tập 3:** Một đĩa phẳng đồng chất nặng 2 kg lăn không trượt trên một mặt phẳng nằm ngang với vận tốc khối tâm  $v = 4 \text{ m/s}$ . Tìm động năng của đĩa.

*Hướng dẫn giải:*

$$\text{Động năng tịnh tiến: } W_{d1} = \frac{mv^2}{2} = \frac{2 \cdot 4^2}{2} = 16 \text{ (J)}$$

$$\text{Động năng quay: } W_{d2} = \frac{I\omega^2}{2} = \frac{mR^2}{2 \cdot 2} \cdot \frac{v^2}{R^2} = \frac{mv^2}{4} = 8 \text{ (J)}$$

$$\text{Động năng toàn phần: } W = W_{d1} + W_{d2} = 16 + 8 = 24 \text{ (J)}$$

**Bài tập 4:** Tính công cần thiết để làm cho một vô lăng hình vành tròn, đường kính 50 cm, khối lượng 200 kg đang quay với tốc độ 120 vòng/phút đạt được tốc độ 180 vòng/phút.

*Hướng dẫn giải:*

$$I = mR^2 = 200 \cdot 0,25^2 = 12,5 \text{ (kgm}^2\text{)}$$

$$\text{Áp dụng định lí động năng: } A = \frac{I\omega_2^2}{2} - \frac{I\omega_1^2}{2} = 1233,7 \text{ (J)}$$

**Bài tập 5:** Một khẩu pháo có khối lượng 500 kg bắn theo phương ngang. Viên đạn có khối lượng 5 kg và có vận tốc đầu nòng là 400 m/s. Ngay sau khi bắn, khẩu pháo giật lùi một đoạn 45 cm. Hãy xác định lực hãm trung bình tác dụng lên khẩu pháo.

*Hướng dẫn giải:*

$$\text{áp dụng định luật bảo toàn động lượng: } m\vec{v} + M\vec{V} = 0$$

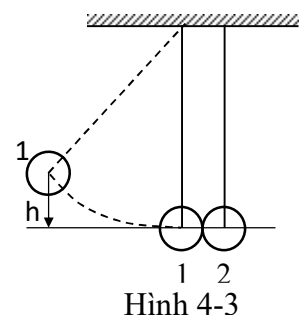
Chọn trục Ox theo chiều chuyển động của viên đạn.

$$V = -\frac{mv}{M} = -\frac{5 \cdot 400}{500} = -4 \text{ (m/s)}$$

$$\text{áp dụng định lý biến thiên động năng: } 0 - \frac{MV^2}{2} = F_h \cdot s$$

$$\text{Suy ra: } F_h = -\frac{MV^2}{2s} = -\frac{500 \cdot 4^2}{2 \cdot 0,45} \approx -8889 \text{ (N)}$$

**Bài tập 6:** Hai quả cầu được treo ở đầu hai sợi dây dài không giãn song song và có độ dài bằng nhau. Đầu còn lại của mỗi sợi dây này được buộc cố định vào một giá đỡ sao cho hai quả cầu tiếp xúc với nhau và tâm của chúng đều nằm trên mặt phẳng ngang (hình 4-3). Khối lượng của hai quả cầu lần lượt bằng 200g và 100g. Quả cầu thứ nhất được nâng lên đến độ cao  $h = 4,5 \text{ cm}$  và sau đó được thả ra để nó tự chuyển động đến va chạm vào quả cầu thứ hai đang đứng yên. Lấy  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ . Bỏ qua sức cản của không khí. Hỏi sau khi va chạm các quả cầu được nâng lên tới độ cao bao nhiêu? Xét hai trường hợp:



a. Va chạm là hoàn toàn đàn hồi.

b. Va chạm mềm.

Hướng dẫn giải: Cho:  $m_1 = 200\text{g}$ ;  $m_2 = 100\text{g}$

$$h = 4,5\text{cm}; g = 9,8\text{m/s}^2$$

Hỏi: a.  $h'_1$ ?  $h'_2$ ?                      b.  $h'$ ?

Xét quá trình chuyển động của quả 1 trước va chạm:

Quả 1 chịu tác dụng của trọng lực  $\vec{P}_1$  và lực căng  $\vec{T}_1$ .

Vì  $A_{\vec{T}_1} = 0$  (do  $\vec{T}_1 \perp \vec{v}_1$ ) mà  $\vec{P}_1$  là lực thế, do đó cơ năng của quả 1 bảo toàn.

Chọn mốc tính thế năng là mặt phẳng ngang qua vị trí của các quả khi dây treo thẳng đứng.

Áp dụng định luật bảo toàn cơ năng ta được:  $\frac{m_1 v_1^2}{2} = m_1 g h_1$

Suy ra vận tốc của quả cầu 1 ngay trước va chạm là:

$$v_1 = \sqrt{2gh_1} = \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 4,5 \cdot 10^{-2}} \approx 0,94\text{m/s}$$

a. Trường hợp va chạm đàn hồi:

Trước va chạm, quả cầu 2 đứng yên ( $v_2 = 0$ ). Áp dụng công thức (4-23) và (4-24) ta tìm được vận tốc của hai quả cầu ngay sau va chạm:

$$v'_1 = \frac{(m_1 - m_2)v_1}{m_1 + m_2} = \frac{(0,2 - 0,1)0,94}{0,2 + 0,1} \approx 0,31\text{m/s}$$

$$v'_2 = \frac{2m_1 v_1}{m_1 + m_2} = \frac{2 \cdot 0,2 \cdot 0,94}{0,2 + 0,1} \approx 1,25\text{m/s}$$

Áp dụng định luật bảo toàn cơ năng đối với quá trình chuyển động của mỗi quả sau va chạm ta tìm được độ cao mà mỗi quả lên được:

- Đối với quả cầu 1:  $m_1 g h'_1 = \frac{m_1 v_1'^2}{2}$

suy ra:  $h'_1 = \frac{v_1'^2}{2g} = \frac{(0,31)^2}{2 \cdot 9,8} \approx 5\text{mm}$

- Đối với quả cầu 2:  $m_2 g h'_2 = \frac{m_2 v_2'^2}{2}$

Suy ra:  $h'_2 = \frac{v_2'^2}{2g} = \frac{(1,25)^2}{2 \cdot 9,8} = 80\text{mm}$

b. Trường hợp va chạm mềm:

Trước va chạm quả cầu thứ 2 đứng yên ( $v_2 = 0$ ). Áp dụng định luật bảo toàn động lượng cho hệ 2 quả cầu ta có:

$$m_1 v_1 = (m_1 + m_2) v$$

Vận tốc của cả hai quả ngay sau khi va chạm là:

$$v'_1 = v'_2 = v' = \frac{m_1 v_1}{m_1 + m_2} = \frac{0,2 \cdot 0,94}{0,2 + 0,1} \approx 0,63 \text{ m/s}$$

Áp dụng định luật bảo toàn cơ năng đối với quá trình chuyển động của cả hai quả cầu sau va chạm, ta tìm được độ cao mà cả hai quả cầu đã nâng lên:

$$(m_1 + m_2) g h' = \frac{(m_1 + m_2) v'^2}{2}$$

Suy ra:

$$h' = \frac{v'^2}{2g} = \frac{(0,63)^2}{2 \cdot 9,8} \approx 20 \text{ mm}$$

## CHƯƠNG 5: CƠ HỌC CHẤT LƯU

### A- MỤC ĐÍCH, YÊU CẦU

1. Trang bị cho sinh viên những kiến thức cơ bản về tĩnh học và động lực học chất lưu và các ứng dụng trong thực tế.
2. Nắm vững định nghĩa, các công thức và phương trình của tĩnh học và động học chất lưu, vận dụng để giải các bài tập về chất lưu.

### B- TÓM TẮT NỘI DUNG

#### 1. Tĩnh học chất lưu

- Định nghĩa áp suất:  $p = \frac{F}{S}$

- Đơn vị áp suất: Pa

1 atm = 1,013.10<sup>5</sup> Pa = 760 mmHg

- Áp suất tại điểm có độ sâu h:  $p = p_o + \rho gh$

Trong đó:  $p_o$ : áp suất ở mặt chất lưu (Pa)

h: độ sâu tính từ mặt chất lưu (m)

$\rho$ : khối lượng riêng của chất lưu (kg/m<sup>3</sup>)

với chất lưu đồng nhất và không nén được  $\rho = const \rightarrow \rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{S.h}$

➤ Nhận xét:

+ Hai điểm trong chất lưu trên cùng một mặt phẳng ngang ( $h_1 = h_2$ ) thì cùng áp suất ( $p_1 = p_2$ )

+ Mặt thoáng của một chất lỏng là mặt phẳng ngang.

#### 2. Động lực học chất lưu lý tưởng

- Định luật bảo toàn dòng (PT liên tục)

+ Biểu thức:  $S_1.v_1 = S_2.v_2 = const = Q$

Trong đó: Q: lưu lượng chất lưu (m<sup>3</sup>/s)

S: Tiết diện ống dòng (m<sup>2</sup>)

v: vận tốc dòng (m/s)

+ Phát biểu: “Đối với chất lưu lý tưởng thì lưu lượng ở mọi tiết diện là như nhau.”

+ Hệ quả: Nơi nào có tiết diện ống dòng càng lớn thì vận tốc chảy càng nhỏ và ngược lại.

- Định luật Bécnuili:

+ Biểu thức:  $p + \rho gh + \frac{\rho \cdot v^2}{2} = \text{const}$

Trong đó: p: áp suất tĩnh (Pa)

$\rho gh$  : áp suất trắc địa, phụ thuộc độ sâu h (Pa)

$\frac{\rho \cdot v^2}{2}$  : áp suất động, phụ thuộc vào vận tốc dòng (Pa)

+ Phát biểu: “Tổng áp suất tĩnh, áp suất trắc địa và áp suất động không thay đổi tại mọi điểm trong chất lưu.”

+ Hệ quả:

➤ Trường hợp chất lỏng chảy trong ống nằm ngang (h=const)

$$p + \frac{\rho \cdot v^2}{2} = \text{const} \rightarrow p_1 + \frac{\rho \cdot v_1^2}{2} = p_2 + \frac{\rho \cdot v_2^2}{2}$$

➤ Nếu trong chất lưu không có dòng chảy (v = 0) → trạng thái tĩnh

$$p + \rho gh = \text{const}$$

➤ Công thức Toricelli:

Vận tốc chảy ở vòi cách mặt chất lỏng một khoảng h:  $v = \sqrt{2gh}$

→ Miệng vòi càng thấp thì vận tốc phun càng mạnh

### 3. Hiện tượng nội ma sát

- Định luật Newton về nội ma sát:  $f_{ms} = \eta \frac{dv}{dy} S$

Trong đó:  $f_{ms}$ : lực nội ma sát giữa 2 lớp.

$\eta$ : hệ số tỷ lệ (hệ số nhớt), đ/v: Ns/m<sup>2</sup>.

S: diện tích tiếp xúc 2 lớp.

dv/dy: biến thiên vận tốc theo phương y.

### 4. Lực đẩy Acsimet: $F_A = \rho Vg$ (N)

Trong đó:  $\rho$  : khối lượng riêng của chất lưu (kg/m<sup>3</sup>)

V: thể tích phần vật bị chìm trong chất lưu (m<sup>3</sup>)



## CHƯƠNG 6

### DAO ĐỘNG CƠ - SÓNG CƠ

#### A- MỤC ĐÍCH, YÊU CẦU

1. Nắm được định nghĩa dao động cơ và điều kiện để một hệ có thể dao động cơ.
2. Nắm được phương trình dao động cơ cho ba trường hợp: Dao động cơ điều hòa, dao động cơ tắt dần, dao động cơ cưỡng bức. Nắm được hiện tượng cộng hưởng cơ.
3. Nắm được bản chất sóng cơ và các đặc trưng của nó.
4. Thiết lập được phương trình sóng cơ. Vận dụng để tính được biên độ dao động tổng hợp trong sự giao thoa các sóng kết hợp.

#### B – CÂU HỎI ÔN TẬP NỘI DUNG TRỌNG TÂM LÝ THUYẾT

1. Định nghĩa dao động cơ. Nêu điều kiện để một hệ có thể dao động cơ.
2. Viết phương trình dao động cơ điều hòa. Biểu thức tính chu kỳ riêng của con lắc lò xo, con lắc đơn, con lắc vật lý. Biểu thức năng lượng dao động cơ điều hòa.
3. Viết phương trình dao động cơ tắt dần. Nêu ý nghĩa của giảm lượng lôga trong dao động cơ tắt dần.
4. Viết phương trình dao động cơ cưỡng bức. Nhận xét sự phụ thuộc của  $A$ ,  $\varphi$  vào tần số  $\Omega$  của ngoại lực kích thích.
5. Hiện tượng cộng hưởng cơ là gì. Nêu điều kiện để có cộng hưởng cơ. Nêu đặc điểm của họ đường cong cộng hưởng. Nêu tác dụng và tác hại của hiện tượng cộng hưởng cơ trong kỹ thuật và đời sống.
6. Tổng hợp hai dao động điều hòa cùng phương cùng tần số.
7. Trình bày sự tạo thành sóng cơ trong môi trường đàn hồi. Nêu những tính chất và những đại lượng đặc trưng cho sóng cơ.
8. Thiết lập phương trình sóng cơ. Viết biểu thức mật độ năng lượng trung bình của sóng cơ.
9. Hiện tượng giao thoa sóng là gì? Nêu các điều kiện về hiệu pha  $\Delta\varphi$  để có được biên độ sóng tổng hợp là cực đại hoặc cực tiểu.
10. Thế nào là sóng dừng? Viết biểu thức biên độ sóng dừng và biểu thức xác định vị trí có biên độ sóng cực đại, cực tiểu.

#### C – TÓM TẮT NỘI DUNG

##### 1- DAO ĐỘNG CƠ

Định nghĩa : chuyển động cơ trong đó trạng thái của hệ vật biến đổi tuần hoàn theo thời gian

Điều kiện để một hệ vật có thể thực hiện dao động là:

- Hệ phải có một vị trí cân bằng bền.



- Hệ phải chịu tác dụng của một lực kéo nó về vị trí cân bằng bền.
- Hệ phải có quán tính để tiếp tục vượt qua vị trí cân bằng bền.

### 1.1. Dao động cơ điều hòa

#### a. Dao động cơ điều hòa của con lắc lò xo

\* Phương trình dao động điều hòa.  $x = A_0 \cdot \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$

- Độ dời (hay ly độ dao động)  $x$ : Để xác định vị trí của con lắc lò xo ở thời điểm  $t$  so với vị trí cân bằng.

- Biên độ dao động  $A_0$ : Xác định giới hạn dao động của hệ vật.  $A_0 = |x|_{max} = const$

- Đại lượng  $(\omega_0 t + \varphi)$  gọi là pha của dao động. Nó xác định trạng thái dao động của hệ vật ở thời điểm  $t$ .

$\varphi$  là pha ban đầu của dao động ở thời điểm  $t = 0$ .

- Đại lượng  $\omega_0$  (đơn vị: rad/s) là tần số góc của dao động:  $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$

\* Phương trình vận tốc:  $v = \frac{dx}{dt} = -\omega_0 A_0 \sin(\omega_0 t + \varphi_0)$

Phương trình vận gia tốc:  $a = \frac{d^2x}{dt^2} = -\omega_0^2 A_0 \cos(\omega_0 t + \varphi_0) = -\omega_0^2 x$

*Nhận xét:* Trong dao động điều hòa, độ dời  $x$ , vận tốc  $v$  và gia tốc  $a$  của hệ đều biến đổi tuần hoàn theo thời gian  $t$  với cùng chu kỳ  $T_0$

\* Chu kỳ  $T_0$  (s) là khoảng thời gian để hệ vật thực hiện được một dao động toàn phần:

$$T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

\* Tần số  $f_0$  (Hz) là số dao động toàn phần trong 1 đơn vị thời gian.

$$f_0 = \frac{1}{T_0} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

\* *Năng lượng của dao động cơ điều hòa*

Năng lượng dao động cơ điều hòa của con lắc lò xo bằng tổng động năng và thế năng của nó:

$$W = W_d + W_t = \frac{1}{2} m \cdot \omega_0^2 \cdot A_0^2 = \frac{1}{2} k \cdot A_0^2 = const$$

*Nhận xét:* Trong dao động điều hòa, động năng và thế năng của con lắc lò xo luôn biến đổi tuần hoàn và chuyển hóa lẫn nhau, nhưng năng lượng dao động của nó luôn bảo toàn và tỷ lệ với bình phương biên độ dao động.

#### b. Dao động cơ điều hòa của con lắc vật lý

Chu kỳ dao động điều hòa của con lắc vật lý là:

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{I}{mgl}}$$

**c. Dao động cơ điều hòa của con lắc đơn**

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

**1.2. Dao động cơ tắt dần**

**a. Mô tả dao động :** là dao động có biên độ dao động và năng lượng giảm dần theo thời gian.

**b. Phương trình dao động cơ tắt dần**

Phương trình dao động:  $x = A_0 \cdot e^{-\beta t} \cdot \cos(\omega t + \varphi)$

Trong đó:  $A_0, \omega_0, \beta, \varphi$  là những hằng số phụ thuộc vào điều kiện ban đầu.

Trong đó: - Biên độ của dao động cơ tắt dần:  $A_t = A_0 \cdot e^{-\beta t}$

- Tần số góc của dao động cơ tắt dần:  $\omega =$  (5-12)

Với  $\beta$  là hệ số tắt dần  $\beta = \frac{r}{2m}$  ( với  $r$ : hệ số cản)

**c. Tính chất của dao động cơ tắt dần**

-  $T > T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0}$  nên dao động cơ tắt dần diễn biến chậm hơn dao động riêng (dao động điều hòa) của cùng một hệ vật.

- Biên độ  $A_t = A_0 \cdot e^{-\beta t}$  không phải là hằng số mà giảm nhanh theo thời gian  $t$  theo quy luật hàm số mũ âm.

"Giảm lượng lôga  $\delta$  của một dao động cơ tắt dần có trị số bằng lôga tự nhiên của tỷ số giữa hai biên độ dao động kế tiếp cách nhau một chu kỳ  $T$ ".

$$\delta = \ln \frac{A_t}{A_{t+T}} = \ln \frac{A_0 e^{-\beta t}}{A_0 e^{-\beta(t+T)}} = \beta \cdot T$$

- Điều kiện có dao động tắt dần:  $\omega_0 > \beta \rightarrow r < 2$

**1.3. Dao động cơ cưỡng bức và hiện tượng cộng hưởng**

**a. Mô tả dao động**

Dao động của hệ vật trong môi trường có thêm tác dụng của lực cưỡng bức tuần hoàn gọi là dao động cơ cưỡng bức.

$$F_{cb} = F_0 \cdot \cos \Omega t$$

Với  $F_0$  là biên độ và  $\Omega$  là tần số góc của lực cưỡng bức.

### **b. Thiết lập phương trình dao động cơ cưỡng bức**

Phương trình dao động:  $x = A \cos(\Omega t + \phi)$

Trong đó:  $A, \phi$  phụ thuộc vào tần số góc  $\Omega$  của lực cưỡng bức.

$$A = \frac{F_0}{m \sqrt{(\omega_0^2 - \Omega^2)^2 + 4\beta^2 \Omega^2}}$$

$$\operatorname{tg} \phi = -\frac{2\beta \cdot \Omega}{\omega_0^2 - \Omega^2}$$

### **c. Khảo sát các tính chất của dao động cưỡng bức. Cộng hưởng**

- Chu kỳ bằng chu kỳ của lực cưỡng bức:  $\tau = \frac{2\pi}{\Omega}$ .

- Biên độ của dao động cưỡng bức phụ thuộc vào tần số góc  $\Omega$  của lực cưỡng bức.

- Hiện tượng cộng hưởng cơ:

\* Định nghĩa: là hiện tượng biên độ dao động cưỡng bức đạt giá trị cực đại khi  $\Omega = \Omega_{ch} =$

Ta thấy:

+ Nếu  $\beta \rightarrow 0$  thì  $\Omega_{ch} \rightarrow \omega_0$  và  $A_{max}$  càng lớn.

+ Đặc biệt: Nếu  $\beta = 0$  thì  $\Omega \approx \omega_0$ , khi đó  $A_{max}$  sẽ có trị số cực đại ứng với một đỉnh rất nhọn của đường cộng hưởng. Do đó hiện tượng này gọi là cộng hưởng nhọn

### **1.4. Tổng hợp các dao động điều hòa**

#### **a. Tổng hợp hai dao động điều hòa cùng phương cùng tần số góc**

Biên độ tổng hợp

$$A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos(\varphi_1 - \varphi_2)}$$

Pha ban đầu

$$\tan \varphi = \frac{A_1 \sin \varphi_1 + A_2 \sin \varphi_2}{A_1 \cos \varphi_1 + A_2 \cos \varphi_2}$$

#### **b. Tổng hợp hai dao động điều hòa có phương vuông góc và cùng tần số góc**

Giả sử một chất điểm tham gia đồng thời hai dao động điều hòa  $x$  và  $y$  có phương vuông góc và có cùng tần số góc  $\omega_0$ :

$$x = A_1 \cos(\omega_0 t + \varphi_1)$$

$$y = A_2 \cos(\omega_0 t + \varphi_2)$$

Biến đổi toán học, ta tìm được phương trình quỹ đạo chuyển động tổng hợp của chất điểm có dạng:

$$\frac{x^2}{A_1^2} + \frac{y^2}{A_2^2} - 2 \cdot \frac{x}{A_1} \cdot \frac{y}{A_2} \cos(\varphi_1 - \varphi_2) = \sin^2(\varphi_1 - \varphi_2) \quad (5-26)$$

## 2 - SÓNG CƠ

### 2.1. Sóng cơ trong môi trường đàn hồi

#### a. Sự tạo thành sóng cơ

Quá trình lan truyền dao động cơ trong một môi trường đàn hồi được gọi là sóng đàn hồi hay sóng cơ.

#### b. Sóng ngang và sóng dọc

- Sóng ngang là sóng trong đó các phần tử môi trường dao động theo phương vuông góc với tia sóng.

- Sóng dọc là sóng trong đó các phần tử môi trường dao động dọc theo tia sóng.

Thực nghiệm chứng tỏ, sóng ngang chỉ truyền được trong chất rắn, còn sóng dọc truyền được cả trong chất rắn, chất lỏng và chất khí.

#### c. Các đặc trưng của sóng cơ

- Vận tốc sóng  $v$ : là quãng đường mà sóng truyền đi được trong một môi trường đàn hồi sau một đơn vị thời gian.

- Chu kỳ  $T$  và tần số  $f$  của sóng cơ có trị số đúng bằng chu kỳ và tần số dao động của một phần tử trong trường sóng.

- Bước sóng  $\lambda$ : là quãng đường mà sóng truyền đi được sau mỗi chu kỳ  $T$ .

$$\lambda = v \cdot T = \frac{v}{f} \quad (5-26)$$

### 2.2. Phương trình sóng, năng lượng sóng

#### a. Phương trình sóng

Xét một sóng phẳng truyền theo phương Oy trùng với tia sóng. Giả sử dao động của phần tử nằm tại điểm O (gốc tọa độ) có dạng:

$$x_o = A \cos \omega t$$

Xét một phần tử tại điểm M cách O một đoạn  $\overline{OM} = y$  trên phương Oy.

Phương trình dao động của phần tử tại M có dạng:

$$x = A \cos \omega \left( t - \frac{y}{v} \right) \text{ hay: } x = A \cos \left( \omega t - 2\pi \frac{y}{\lambda} \right)$$

## ***b. Năng lượng sóng***

Mật độ năng lượng trung bình của sóng bằng:

$$\overline{\omega_0} = \frac{1}{2} \rho \omega^2 A^2$$

Véc tơ Umóp – Poanhting:

$$\overline{\mathbf{P}} = \overline{\omega_0} \cdot \vec{v}$$

Véc tơ này hướng theo chiều của véc tơ vận tốc sóng  $\vec{v}$  và có trị số bằng năng lượng sóng trung bình truyền qua một đơn vị diện tích đặt vuông góc với phương truyền sóng sau mỗi đơn vị thời gian.

## **2.3. Sóng âm**

### ***a. Khái niệm***

Sóng âm được định nghĩa tổng quát là những sóng dọc trong môi trường. Sóng âm có thể truyền qua chất khí, chất lỏng hay chất rắn.

### ***b. Các đại lượng đặc trưng sinh lý của âm***

*Độ cao của âm:* Độ cao của âm phụ thuộc vào tần số của âm.

*Âm sắc:* Âm sắc của âm đặc trưng cho sắc thái của âm, giúp ta phân biệt được giọng nói của người này với người khác, hay âm phát ra từ nguồn này với nguồn khác.

*Độ to của âm:* Để đặc trưng cho độ mạnh của âm người ta dùng hai đại lượng: Cường độ âm và mức cường độ âm.

Cường độ âm  $I$  có trị số bằng tốc độ trung bình mà sóng âm truyền năng lượng qua một đơn vị diện tích (mật độ năng thông trung bình của âm):

$$I = |\overline{\mathbf{P}}| = \frac{1}{2} \rho v \omega^2 A^2$$

Mức cường độ âm  $L$ :

$$L = 10 \log \frac{I}{I_0} \quad (dB)$$

Trong phương trình này  $I_0$  là cường độ mốc tiêu chuẩn, được chọn là  $10^{-12} (W/m^2)$ , xấp xỉ ngưỡng nghe của người tại 1000Hz.

## **2.4. Giao thoa sóng - sóng dừng**

### ***a. Giao thoa sóng***

+ Định nghĩa: là hiện tượng giao nhau của hai hay nhiều sóng kết hợp tại một miền nào đó trong môi trường đàn hồi. . Khi đó trong miền giao thoa sẽ xuất hiện những điểm dao động mạnh nhất, gọi là các cực đại giao thoa nằm xen giữa những điểm dao động yếu nhất gọi là các cực tiểu giao thoa.

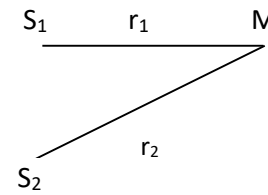
+ Điều kiện: Hai sóng kết hợp là hai sóng có cùng tần số và có hiệu pha không đổi theo thời gian

Giả sử có hai nguồn sóng  $S_1$  và  $S_2$  phát ra hai sóng cùng phương, cùng tần số, có pha ban đầu bằng không cùng truyền tới điểm M cách  $S_1$  và  $S_2$  các khoảng  $r_1$  và  $r_2$ .

Sóng do  $S_1$  và  $S_2$  truyền tới M có dạng:

$$x_1 = A_1 \cos(\omega t - 2\pi \frac{r_1}{\lambda})$$

$$x_2 = A_2 \cos(\omega t - 2\pi \frac{r_2}{\lambda})$$



Hình 5-1

Sóng tổng hợp tại M cũng cùng phương cùng tần số với sóng tại nguồn và có dạng:

$$x = x_1 + x_2 = A \cos(\omega t + \varphi)$$

với A là biên độ sóng tổng hợp tại M:

$$A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos(\varphi_1 - \varphi_2)}$$

trong đó:  $\varphi_1 - \varphi_2 = 2\pi \frac{r_2 - r_1}{\lambda}$

- Vị trí điểm biên độ sóng cực đại:  $r_2 - r_1 = k\lambda$

$$A_{\max} = A_1 + A_2$$

- Vị trí điểm biên độ sóng cực tiểu:  $r_2 - r_1 = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}$

$$A_{\min} = |A_1 - A_2|$$

### b. Sóng dừng

- Sóng dừng là hiện tượng giao thoa của hai sóng phẳng có cùng biên độ và tần số, truyền ngược chiều nhau theo cùng một phương y. Kết quả, ta sẽ quan sát thấy một sóng dừng ổn định gồm các *nút sóng* và các *bụng sóng* nằm xen kẽ, cách đều nhau.

## D - BÀI TẬP CHƯƠNG 5

### I. BÀI TẬP THÍ DỤ

**Bài tập 1:** Một con lắc lò xo gồm một quả cầu nhỏ khối lượng 10g treo vào đầu một lò xo gắn cố định vào một giá đỡ. Con lắc dao động điều hòa không vận tốc ban đầu với biên độ 50mm. Tại thời điểm ban đầu quả cầu đi qua vị trí có li độ 25mm, theo chiều âm của trục tọa độ. Biết rằng cứ mỗi phút con lắc lại thực hiện được 150 dao động.

a. Viết phương trình dao động, phương trình vận tốc và gia tốc.

b. Tính năng lượng của con lắc.

c. Tính trị số lớn nhất của lực kéo về tác dụng lên quả nặng và trị số lớn nhất của lực đàn hồi của lò xo.

*Hướng dẫn giải:*

Chọn trục Ox theo phương thẳng đứng, gốc O tại vị trí cân bằng, chiều dương hướng xuống dưới. Chọn gốc thời gian lúc quả cầu bắt đầu dao động.

a. Phương trình dao động của quả cầu có dạng:  $x = A \cos(\omega_0 t + \varphi)$

Theo đề, biên độ dao động là:  $A = 50\text{mm} = 5\text{ cm}$

$$\text{Tại } t = 0 \text{ thì } x = 2,5 \text{ cm và } v < 0, \text{ do đó } \begin{cases} \cos \varphi = \frac{1}{2} \\ \sin \varphi > 0 \end{cases} \Rightarrow \text{pha ban đầu: } \varphi = \frac{\pi}{3}$$

$$\text{Chu kỳ dao động: } T = \frac{\Delta t}{N} = \frac{60}{150} = 0,4 \text{ (s)}$$

$$\text{Suy ra tần số góc của dao động: } \omega_0 = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0,4} = 5\pi \text{ (rad/s)}$$

$$\text{Vậy, phương trình dao động của quả cầu là: } x = 5 \cos(5\pi t + \frac{\pi}{3}) \text{ (cm)}$$

$$\text{Phương trình vận tốc: } v = x' = -A\omega_0 \sin(\omega_0 t + \varphi) = -25\pi \sin(5\pi t + \frac{\pi}{3}) \text{ (cm/s)}$$

$$\text{Phương trình gia tốc: } a = v' = -A\omega_0^2 \cos(\omega_0 t + \varphi) = -125\pi^2 \cos(5\pi t + \frac{\pi}{3}) \text{ (cm/s}^2\text{)}$$

b. Hệ số đàn hồi của lò xo là:  $k = m\omega_0^2 = 0,01 \cdot (5\pi)^2 = 2,465 \text{ (N/m)}$

$$\text{Năng lượng của con lắc: } W = \frac{1}{2} kA^2 = \frac{1}{2} \cdot 2,465 \cdot (0,05)^2 = 3 \cdot 10^{-3} \text{ (J)}$$

c. Biểu thức của lực kéo về:  $F = m \cdot a = -m \cdot \omega_0^2 x = -kx$

$$\text{Trị số lớn nhất của lực kéo về là: } |F|_{\max} = k|x|_{\max} = kA = 2,465 \cdot 0,05 \approx 0,123 \text{ (N)}$$

Biểu thức của lực đàn hồi của lò xo là:  $F_{dh} = -k(\Delta l + x)$

với  $\Delta l$  là độ giãn ban đầu của lò xo. Từ vị trí cân bằng của quả cầu, ta có:  $P - F_{dh} = 0$

$$\text{suy ra: } \Delta l = \frac{mg}{k} = \frac{0,01 \cdot 9,8}{2,465} \approx 0,04 \text{ (m)}$$

Vậy, trị số cực đại của lực kéo về tác dụng lên quả cầu:

$$|F_{dh}|_{\max} = k(\Delta l + |x|_{\max}) = k(\Delta l + A) = 2,465 \cdot (0,04 + 0,05) \approx 0,22 \text{ (N)}$$

**Bài tập 2:** Một con lắc đơn có độ dài 1m dao động tắt dần. Cứ sau mỗi phút, biên độ của nó lại giảm đi một nửa. Lấy gia tốc trọng trường  $g = 9,8\text{m/s}^2$ . Hãy xác định:

- Hệ số tắt dần và giảm lượng loga của dao động tắt dần.
- Số phần trăm năng lượng dao động bị giảm sau mỗi phút.

Hướng dẫn giải:

Ta có: 
$$\frac{A_{t+\Delta t}}{A_t} = \frac{A_0 e^{-\beta(t+\Delta t)}}{A_0 e^{-\beta t}} = e^{-\beta \Delta t} = \frac{1}{2}$$

Hệ số tắt dần: 
$$\beta = \frac{\ln 2}{\Delta t} = \frac{0,693}{60} = 0,01155$$

Tần số góc riêng: 
$$\omega_0 = \sqrt{\frac{g}{l}} = \sqrt{\frac{9,8}{1}} = 3,13 (\text{rad/s})$$

Chu kỳ dao động: 
$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}} = \frac{2\pi}{\sqrt{3,13^2 - (11,55 \cdot 10^{-3})^2}} \approx 2 (\text{s})$$

Giảm lượng loga: 
$$\delta = \beta T = 11,55 \cdot 10^{-3} \cdot 2 = 23,1 \cdot 10^{-3}$$

Năng lượng dao động tỉ lệ với bình phương biên độ:

$$\frac{W_{t+\Delta t}}{W_t} = \left( \frac{A_0 e^{-\beta(t+\Delta t)}}{A_0 e^{-\beta t}} \right)^2 = (e^{-\beta \Delta t})^2 = e^{-2\beta \Delta t}$$

Số % năng lượng giảm đi sau thời gian 1 phút:

$$n = 1 - \frac{W_{t+\Delta t}}{W_t} = 1 - e^{-2\beta \Delta t} = 1 - e^{-2 \cdot 11,55 \cdot 60} = 0,75$$

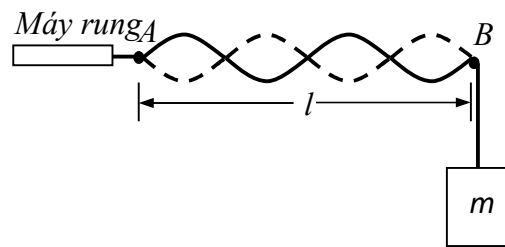
**Bài tập 3:** Một sợi dây buộc vào một máy rung tại A và vắt qua một giá đỡ B được căng bằng một vật nặng có khối lượng m (Hình 5-2). Khoảng cách l giữa A và B là 1,2m, mật độ dài của dây là 1,6g/m và tần số f của máy rung được giữ không đổi là 120Hz. Biên độ chuyển động tại A là đủ nhỏ để có thể coi điểm đó là một nút. Tại B cũng là một nút.

Biết tốc độ v của sóng trên dây được cho bởi biểu thức:  $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$  với F là lực căng sợi dây,  $\mu$  là mật độ dài của dây. Hỏi với khối lượng m nào thì trên dây có 4 bụng sóng?

Hướng dẫn giải:

Điều kiện để có sóng dừng trên sợi dây có hai đầu cố định là: 
$$l = k \frac{\lambda}{2} = k \frac{v}{2f}$$

với  $k = 1, 2, 3, \dots$  và 
$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{mg}{\mu}}$$



Hình 5-2

Vậy, để trên dây có 4 bụng sóng, ứng với  $k = 4$  thì khối lượng của dây phải là:

$$m = \frac{4l^2 f^2 \mu}{k^2 g} = \frac{4 \cdot (1,2)^2 \cdot (120)^2 \cdot (1,6 \cdot 10^{-3})}{4^2 \cdot 9,8} = 0,846 (\text{kg})$$





## CHƯƠNG 7

### NGUYÊN LÝ THỨ NHẤT NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

#### A - MỤC ĐÍCH, YÊU CẦU

1. Nắm được nội dung của thuyết động học phân tử và phương trình cơ bản của thuyết động học phân tử.
2. Nắm được khái niệm nội năng của khí lý tưởng và định luật phân bố đều năng lượng cho các bậc tự do
3. Hiểu được nguyên lý thứ nhất nhiệt động lực học và những hệ quả của nó.
4. Vận dụng được nguyên lý thứ nhất để khảo sát các quá trình cân bằng.

#### B – CÂU HỎI ÔN TẬP NỘI DUNG TRỌNG TÂM LÝ THUYẾT

1. Định nghĩa thông số trạng thái; phương trình trạng thái. Khái niệm áp suất và nhiệt độ.
2. Thế nào là khí lý tưởng. Phương trình trạng thái của khí lý tưởng.
3. Nội dung cơ bản của thuyết động học phân tử. Viết phương trình cơ bản của thuyết động học phân tử và nêu các hệ quả của nó.
4. Định nghĩa nội năng. Khái niệm bậc tự do. Định luật phân bố đều năng lượng theo bậc tự do. Biểu thức nội năng của khí lý tưởng.
5. Trình bày khái niệm công và nhiệt của hệ nhiệt động. Phân biệt chúng với nội năng của hệ.
6. Phát biểu nguyên lý thứ nhất nhiệt động học. Nêu các hệ quả và ý nghĩa của nguyên lý.
7. Thế nào là trạng thái cân bằng và quá trình cân bằng. Cho thí dụ.
8. Biểu thức tính công và nhiệt mà hệ nhận được trong quá trình cân bằng. Hãy biểu diễn công trên đồ thị cho một số quá trình.
9. Khảo sát các quá trình cân bằng của khí lý tưởng: đẳng tích, đẳng áp, đẳng nhiệt và đoạn nhiệt.

#### C – TÓM TẮT NỘI DUNG

##### 1- KHÍ LÝ TƯỞNG

##### 1.1. Những đặc trưng cơ bản của khí lý tưởng cổ điển

##### *a. Hệ nhiệt động*

Hệ nhiệt động là một hệ vật lý bao gồm một số lớn các hạt - các nguyên tử và các phân tử. Các hạt này luôn chuyển động nhiệt hỗn loạn và trao đổi năng lượng cho nhau khi tương tác

### ***b. Thông số trạng thái và phương trình trạng thái***

Các đại lượng vật lý đặc trưng cho các tính chất vật lý của hệ, qua đó xác định được trạng thái của hệ gọi là các thông số trạng thái.

Phương trình biểu diễn mối liên hệ giữa các thông số trạng thái với nhau gọi là phương trình trạng thái.

### ***c. Áp suất***

Định nghĩa: Áp suất là đại lượng vật lý có giá trị bằng độ lớn của lực do các phân tử tác dụng vuông góc lên một đơn vị diện tích thành bình.

$$p = \frac{F_n}{S}$$

$F_n$  là lực nén vuông góc lên diện tích  $S$ .

Đơn vị: Trong hệ SI: niuton/mét vuông ( $\text{N/m}^2$ )

hay còn gọi là: Pascal (Pa) ( $\text{N/m}^2 = \text{Pa}$ )

Ngoài ra còn dùng đơn vị:

- Átmôtphê (at)  $1 \text{ at} = 9,81 \cdot 10^4 \text{ Pa}$

- Milimét thủy ngân (mmHg hay torr):  $1 \text{ at} = 9,81 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2 = 736 \text{ mmHg}$

Ở điều kiện tiêu chuẩn:  $p_0 = 1,033 \text{ at} = 760 \text{ mmHg} = 1,01 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

### ***d. Nhiệt độ***

$$T \text{ K} = t^\circ \text{C} + 273,16$$

## **1.2. Phương trình trạng thái của khí lý tưởng**

***Phương trình trạng thái khí lý tưởng (phương trình Clapeyron- Mendeleev)***

$$pV = nRT = \frac{m}{\mu} RT$$

Trong hệ đơn vị SI, đơn vị của  $p$  là Pa ( $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$ ), đơn vị của  $V$  là  $\text{m}^3$ . Khi đó  $R = 8,314472 \frac{\text{J}}{\text{mol.K}}$

Chú rằng khi tính toán trong hóa học, thể tích thường dùng đơn vị lít ( $l$ ), áp suất thường dùng đơn vị atmotphê (atm), khi đó giá trị của  $R$  là:  $R = 0,08206 \frac{l \cdot \text{atm}}{\text{mol.K}}$ .

## **1.3. Thuyết động học phân tử**

### ***a. Nội dung của thuyết động học phân tử về chất khí***

- Các chất có cấu tạo gián đoạn gồm một số rất lớn phân tử.

- Các phân tử chuyển động hỗn loạn không ngừng.

- Kích thước của các phân tử rất nhỏ so với khoảng cách giữa chúng. Trong nhiều trường hợp tính toán, có coi mỗi phân tử như một chất điểm.

- Các phân tử không tương tác với nhau, trừ lúc va chạm. Sự va chạm giữa các phân tử với phân tử, giữa phân tử với thành bình tuân theo những quy luật va chạm đàn hồi của cơ học Niuton.

### ***b. Phương trình cơ bản của thuyết động học phân tử***

$$p = \frac{2}{3} n_0 \cdot \bar{W}_d$$

Đại lượng  $\frac{m \cdot \bar{v}^2}{2} = \bar{W}_d$  là động năng tịnh tiến trung bình của phân tử.

### ***c. Một vài hệ quả***

#### ***1. Động năng tịnh tiến trung bình của một phân tử khí***

$$\bar{W}_d = \frac{3}{2} kT$$

Trong đó :  $\frac{R}{N_A} = k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$   $k$  được gọi là hằng số Bônzoman.

#### ***2. Vận tốc căn quân phương***

$$v_{rms} = \sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{\frac{3kT}{m}} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}}$$

#### ***3. Mật độ phân tử:***

$$n_0 = \frac{p}{kT}$$

## **1.4. Nội năng của khí lý tưởng**

### ***a. Định nghĩa nội năng***

*Nội năng của khí lý tưởng bằng tổng động năng của các phân tử.*

### ***b. Bậc tự do và định luật phân bố đều năng lượng***

#### ***+ Khái niệm bậc tự do***

*Định nghĩa:* Số bậc tự do ( $i$ ) của phân tử là số tọa độ độc lập cần thiết để xác định vị trí của phân tử trong không gian.

- Với phân tử một nguyên tử: số bậc tự do của phân tử một nguyên tử là:  $i = 3$ .

- Với phân tử hai nguyên tử: số bậc tự do của phân tử hai nguyên tử là:  $i = 5$

- Với phân tử có 3 nguyên tử trở lên số bậc tự do  $i = 6$ .

Ý nghĩa: Bậc tự do đặc trưng cho mức độ phức tạp của chuyển động của các phân tử.

+ **Định luật phân bố đều năng lượng cho các bậc tự do**

"Động năng trung bình của phân tử được phân bố đều cho các bậc tự do của phân tử".

Vậy, nếu phân tử có  $i$  bậc tự do thì động năng trung bình của nó là  $\frac{i.kT}{2}$ .

**c. Biểu thức nội năng của khí lý tưởng**

- Biểu thức nội năng của khối khí lý tưởng có khối lượng  $m$ :

$$U = \frac{m}{\mu} \cdot \frac{iRT}{2}$$

Vậy, độ biến thiên nội năng:

$$\Delta U = \frac{m}{\mu} \cdot \frac{iR}{2} \cdot \Delta T$$

### 3 - NGUYÊN LÝ THỨ NHẤT NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

#### 3.1. Phát biểu nguyên lý thứ nhất nhiệt động lực học

Biểu thức:  $\Delta U = A + Q$

Nếu quá trình biến đổi là vô cùng nhỏ thì biểu thức của nguyên lý thứ nhất có thể viết thành:

$$dU = \delta A + \delta Q$$

Phát biểu: "Độ biến thiên nội năng của hệ nhiệt động trong quá trình biến đổi có giá trị bằng tổng công  $A$  và nhiệt lượng  $Q$  mà hệ nhận được trong quá trình đó".

- Nếu  $A > 0$ ;  $Q > 0$ : Hệ nhận công, nhận nhiệt, nên nội năng của hệ tăng:  $\Delta U > 0$

- Nếu  $A < 0$ ;  $Q < 0$ : Hệ sinh công, tỏa nhiệt, nên nội năng của hệ giảm:  $\Delta U < 0$

- Nếu  $A = Q = 0$ : Hệ không trao đổi công và nhiệt với bên ngoài thì:  $\Delta U = 0$ ,  $U_2 = U_1$ : Nội năng hệ được bảo toàn.

Chú ý: Có thể ký hiệu  $A'$  và  $Q'$  là công và nhiệt mà hệ sinh ra:  $A' = -A$ ;  $Q' = -Q$

#### 3.2. Hệ quả của nguyên lý thứ nhất nhiệt động lực học

##### a. Hệ cô lập

+ Nội năng của một hệ cô lập được bảo toàn.

+ Trong một hệ cô lập gồm 2 vật trao đổi nhiệt thì nhiệt lượng do vật này thu vào bằng nhiệt lượng do vật kia tỏa ra.

### ***b. Hệ biến đổi tuần hoàn theo chu trình (quá trình kín):***

+ Công mà hệ sinh ra bằng nhiệt mà hệ nhận được và ngược lại.

### **3.3. Ý nghĩa của nguyên lý thứ nhất**

- Nguyên lý I là sự tổng quát hóa định luật bảo toàn và chuyển hóa năng lượng.

- Nguyên lý thứ nhất khẳng định: Hay nói một cách khác, nguyên lý I khẳng định: "Không thể chế tạo được động cơ vĩnh cửu loại một". (Động cơ vĩnh cửu loại một là loại động cơ sinh công mà không cần tiêu thụ năng lượng)

## **4 - ỨNG DỤNG NGUYÊN LÝ THỨ NHẤT NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC**

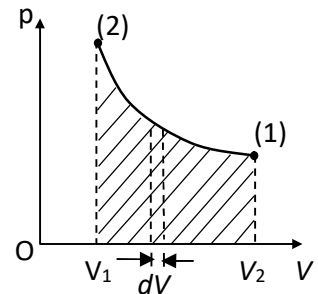
### **4.1. Trạng thái cân bằng và quá trình cân bằng:**

#### ***a. Công trong quá trình cân bằng:***

Công mà hệ nhận được trong quá trình biến đổi từ trạng thái (1) sang trạng thái (2) là:

$$A = \int_{(1)}^{(2)} \delta A = \int_{V_1}^{V_2} -p.dV$$

- Biểu diễn công trên đồ thị  $OpV$  là diện tích của hình gạch chéo, giới hạn bởi đường cong liền nét biểu diễn quá trình cân bằng đóng xuống trục  $OV$ . Công này có dấu dương nếu quá trình tiến hành ngược chiều với trục  $V$  (quá trình nén khí) và có dấu âm nếu quá trình tiến hành cùng chiều với trục  $V$  (quá trình giãn khí).



Hình 6-1

#### ***c. Nhiệt mà hệ nhận được trong quá trình cân bằng:***

Biểu thức:  $\delta Q = m.c.dT$  với  $c$ : nhiệt dung riêng (J/Kg.K)

Hay:  $\delta Q = \frac{m}{\mu} C.dT$  với  $C$ : nhiệt dung phân tử (J/mol.K)

*Chú ý:*

- Trong quá trình đẳng tích:  $\delta Q_V = \frac{m}{\mu} C_V.dT$

trong đó  $C_V$  là nhiệt dung phân tử đẳng tích.

- Trong quá trình đẳng áp:  $\delta Q_p = \frac{m}{\mu} C_p.dT$

trong đó  $C_p$  là nhiệt dung phân tử đẳng áp.

### **4.2. Các quá trình cân bằng của khí lý tưởng**

#### ***a. Quá trình đẳng tích***

- *Định nghĩa:* Là quá trình biến đổi trạng thái trong đó thể tích của hệ không thay đổi ( $V = \text{const}$ ).

- *Phương trình:*  $\frac{p}{T} = \text{const}$

- *Đồ thị:* Trên đồ thị  $OpV$  quá trình đẳng tích được biểu diễn bởi một đoạn thẳng song song với trục  $Op$  (Hình 6-2)

- *Công mà hệ nhận được trong quá trình đẳng tích:*

Vì quá trình đẳng tích có  $V = \text{const}$  nên:

$$A = - \int_{V_1}^{V_2} P.dV = 0$$

- *Độ biến thiên nội năng:*

$$\Delta U = \frac{m}{\mu} \cdot \frac{iR}{2} \cdot \Delta T$$

Trong đó:  $\Delta T = T_2 - T_1$

- *Nhiệt mà hệ nhận được trong quá trình đẳng tích:*

$$Q = \frac{m}{\mu} C_V \Delta T \quad \text{với } C_V = \frac{iR}{2}$$

### b. Quá trình đẳng áp

- *Định nghĩa:* Là quá trình biến đổi trạng thái trong đó áp suất của hệ là không thay đổi ( $p = \text{const}$ ).

- *Phương trình của quá trình:*

Từ phương trình trạng thái, cho  $p = \text{const}$ , ta suy ra:

$$\frac{V}{T} = \text{const}$$

- *Đồ thị:* Trên đồ thị  $OpV$  quá trình đẳng áp được biểu diễn bởi một đoạn thẳng song song với trục  $Op$  (Hình 6-3)

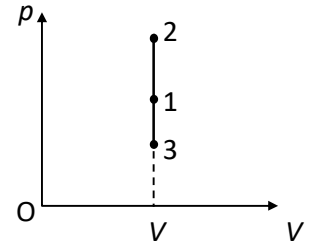
- *Công mà hệ nhận được trong quá trình đẳng áp:*

$$A = \int_{V_1}^{V_2} -p.dV = -p \int_{V_1}^{V_2} dV = -p(V_2 - V_1)$$

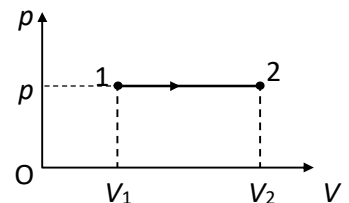
- *Độ biến thiên nội năng trong quá trình đẳng áp:*

$$\Delta U = \frac{m}{\mu} \cdot \frac{iR}{2} \cdot \Delta T$$

- *Nhiệt mà hệ nhận được trong quá trình đẳng áp:*



Hình 6-2



Hình 6-3

$$Q = \frac{m}{\mu} C_p \Delta T \quad \text{với } C_p = \frac{i+2}{2} R$$

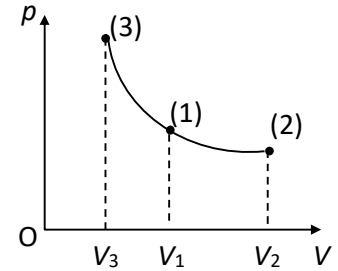
Tỷ số  $\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{i+2}{i}$  gọi là hệ số Poisson .

### c. Quá trình đẳng nhiệt:

- Định nghĩa: Là quá trình biến đổi trạng thái mà nhiệt độ của hệ không thay đổi ( $T = \text{const}$ ).

- Phương trình:  $p.V = \text{const}$

- Đồ thị: Trên đồ thị  $OpV$  quá trình đẳng nhiệt được biểu diễn bởi một đoạn hypecbol (hình 6-4)



Hình 6-4

- Công mà hệ nhận được:

$$A = -\frac{m}{\mu} RT_1 \ln \frac{V_2}{V_1}$$

- Độ biến thiên nội năng:

$$\Delta U = \frac{m}{\mu} C_v \Delta T = 0$$

- Nhiệt mà hệ nhận được:

$$Q = \frac{m}{\mu} RT_1 \ln \frac{V_2}{V_1}$$

### d. Quá trình đoạn nhiệt:

- Định nghĩa: Là quá trình biến đổi trạng thái mà hệ không trao đổi nhiệt với bên ngoài ( $Q = 0$ ).

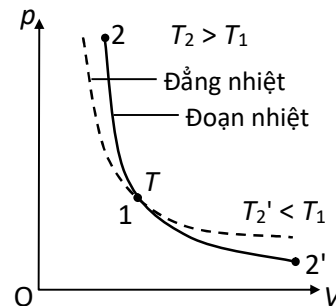
- Phương trình của quá trình:

$$T \cdot V^{\gamma-1} = \text{const}$$

$$T \cdot p^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = \text{const}$$

$$p \cdot V^{\gamma} = \text{const}$$

- Đồ thị:



Hình 6-5

- Độ biến thiên nội năng trong quá trình đoạn nhiệt:

$$\Delta U = \frac{m}{\mu} \cdot \frac{iR}{2} \Delta T$$

- Công mà hệ nhận được trong quá trình đoạn nhiệt:



$$A = \Delta U = \frac{m}{\mu} \cdot \frac{iR}{2} \cdot \Delta T = \frac{p_2 V_2 - p_1 V_1}{\gamma - 1}$$

## D - BÀI TẬP CHƯƠNG 6

### I. BÀI TẬP MẪU

**Bài tập 1:** Có 10 g khí ô xy ở áp suất 3 at và nhiệt độ  $10^\circ\text{C}$ . Hơ nóng đẳng áp khối khí tới thể tích 10l. Tìm

- Thể tích khối khí trước khi hơ nóng.
- Nhiệt độ khối khí sau khi hơ nóng.

*Hướng dẫn giải:*

Từ phương trình trạng thái:  $pV_1 = \frac{m}{\mu} RT_1$       rút ra:  $V_1 = \frac{mRT_1}{p\mu}$

Thay số được:  $V_1 = \frac{0,01 \cdot 8,31 \cdot 283}{3,981 \cdot 10^4 \cdot 32 \cdot 10^{-3}} = 0,00249 \text{ m}^3 = 2,49 \text{ l}$

Vì quá trình là đẳng áp, nên  $\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$

Từ đó:  $T_2 = \frac{V_2}{V_1} T_1 = \frac{10}{2,49} \cdot 283 = 1136 \text{ K}$

**Bài tập 2:** Có một lượng khí chứa trong một bình kín ở nhiệt độ  $27^\circ\text{C}$ . Tìm áp suất của khối khí nếu có một nửa lượng khí bị thoát ra khỏi bình và nhiệt độ của bình hạ xuống  $12^\circ\text{C}$ . Cho biết áp suất ban đầu của khối khí là 40 at.

*Hướng dẫn giải:*

Gọi  $p_1, V_1, T_1$  là các thông số trạng thái của khối khí ở trạng thái ban đầu. Ta có:

$$p_1 V_1 = \frac{m}{\mu} RT_1$$

Vì bình kín và coi như không dẫn nở khi nhiệt độ khối khí giảm khi lượng khí chỉ còn một nửa, nên ta có ở trạng thái sau:

$$p_2 V_2 = \frac{m}{2\mu} RT_2 \quad (\text{trong đó } V_2 = V_1 = V)$$

Từ hai biểu thức trên ta có:  $p_2 = \frac{p_1 T_2}{2T_1} = \frac{40 \cdot 285}{2 \cdot 300} = 19 \text{ at}$

**Bài tập 3:** Một khối khí có số bậc tự do  $i = 5$  chứa trong một bình có thể tích 10l, áp suất của khối khí trong bình là  $10^{-11} \text{ mmHg}$ . Nhiệt độ khối khí là  $10^\circ\text{C}$ .

- Tính động năng trung bình và mật độ các phân tử khí trong bình.

b. Nếu mật độ phân tử khí trong bình tăng gấp đôi, nhưng áp suất vẫn giữ như cũ, thì nhiệt độ trong bình bằng bao nhiêu? Thể tích khối khí khi đó bằng bao nhiêu?

c. Tính nội năng của khối khí trong bình trong hai trường hợp trên.

*Hướng dẫn giải:*

a. Động năng tịnh tiến trung bình của mỗi phân tử khí trong bình bằng:

$$\bar{W} = \frac{5}{2}kT = \frac{5}{2} \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 283 = 9,76 \cdot 10^{-21} \text{ J}$$

Mật độ phân tử khí bằng:

$$n_0 = \frac{p}{kT} = \frac{10^{-11}}{736} \cdot \frac{9,81 \cdot 10^4}{1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 283} = 3,41 \cdot 10^{11} \text{ phân tử/m}^3$$

b. Từ hai công thức:  $n_0 = \frac{p}{kT}$  và  $n'_0 = \frac{p}{kT'}$  Ta suy ra:  $\frac{n_0}{n'_0} = \frac{T'}{T} = \frac{1}{2}$

Vậy:  $T' = \frac{T}{2} = \frac{283}{2} = 141,5K$

Vì quá trình là đẳng áp, nên ta có:  $\frac{V'}{V} = \frac{T'}{T}$

Ta suy ra  $V' = \frac{V}{2} = \frac{10l}{2} = 5l = 0,005m^3$

c. Nội năng của khối khí trong trường hợp thứ nhất:  $U = n \cdot \frac{ikT}{2}$

Trong đó:  $n = n_0 V = 3,41 \cdot 10^{11} \cdot 0,01 = 3,41 \cdot 10^9$  phân tử

Nội năng  $U$  bằng:  $U = \frac{3,41 \cdot 10^9 \cdot 5 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 283}{2} = 33,3 \cdot 10^{-12} \text{ J}$

Nội năng của khối khí trong trường hợp thứ hai:  $U' = n' \cdot \frac{ikT'}{2}$

Trong đó:  $n' = n'_0 \cdot V' = 2n_0 \cdot \frac{V}{2} = n$ , còn nhiệt độ:  $T' = \frac{T}{2}$

Do đó:  $U' = \frac{U}{2} = 16,7 \cdot 10^{-12} \text{ J}$

**Bài tập 4:** Một bình chứa 14g khí nitơ ở áp suất 1at và nhiệt độ 27<sup>0</sup>C. Sau khi hơi nóng, áp suất trong bình tăng đến 5at. Tìm:

a. Nhiệt độ khối khí trong bình sau khi hơi nóng

b. Thể tích của bình.

c. Độ tăng nội năng của khí trong bình.

*Hướng dẫn giải:*

a. Khí đựng trong bình kín nên quá trình là đẳng tích.

Ta có: 
$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

Suy ra: 
$$T_2 = T_1 \frac{p_2}{p_1} = 300 \frac{5}{1} = 1500K$$

b. Ta có: 
$$p_1 V_1 = \frac{m}{\mu} R T_1$$

Rút ra: 
$$V = V_1 = \frac{m R T_1}{\mu p_1} = \frac{14,8,31,300}{28,9,81,10^4} = 12,71 \cdot 10^{-3} m^3$$

c. Độ tăng nội năng của khí trong bình:

$$\begin{aligned} \Delta U &= \frac{m}{\mu} \cdot \frac{i R}{2} \Delta T = \frac{m}{\mu} \frac{i R}{2} (T_2 - T_1) \\ &= \frac{14,8}{28,9} \cdot \frac{5}{2} \cdot 8,31 \cdot (1500 - 300) = 12465J = 12,465kJ \end{aligned}$$

**Bài tập 5:** Có 10gam khí ôxi ở áp suất 3at và nhiệt độ  $10^0C$ . Người ta đốt nóng đẳng áp và cho giãn nở đến thể tích 10 lít. Tính:

- Nhiệt lượng cung cấp cho khối khí
- Độ biến thiên nội năng của khí
- Công của khối khí sinh ra khi giãn nở.

*Hướng dẫn giải:*

a. Áp dụng công thức  $pV_2 = \frac{m}{\mu} R T_2$  rút ra:

$$T_2 = \frac{pV_2 \mu}{mR} = \frac{3,9,81,10^4 \cdot 10 \cdot 10^{-3} \cdot 32}{10,8,31} = 1133K$$

Nhiệt lượng cung cấp cho khối khí là:

$$Q = \frac{m}{\mu} \left( \frac{i+2}{2} \right) R \Delta T = \frac{10}{32} \cdot \frac{5+2}{2} \cdot 8,31 \cdot (1133 - 283) = 7726J$$

b. Độ biến thiên nội năng:

$$\Delta U = \frac{m}{\mu} \frac{i R}{2} \Delta T = \frac{10}{32} \cdot \frac{5}{2} \cdot 8,31 \cdot (1133 - 283) = 5518J$$

c. Áp dụng nguyên lý 1:  $\Delta U = A + Q$

Rút ra: 
$$A = \Delta U - Q$$

Công mà khối khí sinh ra:

$$A' = -A = Q - \Delta U = 7726 - 5518 = 2208J$$

**Bài tập 6:** Nén 10 gam khí ôxi từ điều kiện tiêu chuẩn đến thể tích 1,4 lít. Hỏi:

a. Áp suất và nhiệt độ của khối khí sau mỗi quá trình nén đẳng nhiệt và đoạn nhiệt.

b. Tính công mà hệ nhận trong hai quá trình trên. Quá trình nào lợi hơn.

*Hướng dẫn giải:*

Điều kiện tiêu chuẩn là:  $T_1 = 273^0\text{K}$ ;  $p_1 = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ .

Ta có:  $V_1 = \frac{m}{\mu} \cdot \frac{RT_1}{p_1} = \frac{10}{32} \cdot \frac{8,31 \cdot 273}{1,013 \cdot 10^5} \approx 7 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 = 7 \text{ lít}$ .

a. Trong quá trình đẳng nhiệt:

$$T_2 = T_1 = 273^0\text{K}$$

$$p_2 = p_1 \cdot \frac{V_1}{V_2} = 1,013 \cdot 10^5 \cdot \frac{7}{1,4} \approx 5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

Trong quá trình đoạn nhiệt, ta có:  $\gamma = \frac{i+2}{i} = \frac{5+2}{5} = 1,4$

Áp dụng:  $T_1 \cdot V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1}$

Rút ra:  $T_2 = T_1 \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} \approx 520\text{K}$

Ta lại có:  $p_1 \cdot V_1^\gamma = p_2 V_2^\gamma$

Rút ra:  $p_2 = p_1 \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^\gamma = 1,013 \cdot 10^5 \left( \frac{7}{1,4} \right)^{1,4} = 9,64 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

b. Công nén khí trong quá trình đẳng nhiệt:

$$A = \frac{m}{\mu} RT_1 \ln \frac{p_2}{p_1} \approx 1132\text{J}$$

Công nén khí trong quá trình đoạn nhiệt:

$$A = \frac{p_2 V_2 - p_1 V_1}{\gamma - 1} = 1552 \text{ J}$$

Vậy khi nén đẳng nhiệt, hệ nhận một công nhỏ hơn so với khi nén đoạn nhiệt. Do đó nén đẳng nhiệt thuận lợi hơn.

## CHƯƠNG 8

### NGUYÊN LÝ THỨ HAI CỦA NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

#### A- MỤC ĐÍCH, YÊU CẦU

1. Hiểu được nội dung và ý nghĩa của nguyên lý thứ hai nhiệt động lực học.
2. Vận dụng được nội dung của nguyên lý hai nhiệt động lực học để nghiên cứu động cơ nhiệt. Nắm được định lý Carnot về hiệu suất của động cơ nhiệt.
3. Hiểu được ý nghĩa của hàm entropi  $S$  và nguyên lý tăng entropi  $S$ .
4. Vận dụng được biểu thức hàm entropi để tính độ biến thiên entropi trong một số quá trình nhiệt động.

#### B – CÂU HỎI ÔN TẬP NỘI DUNG TRỌNG TÂM LÝ THUYẾT

1. Nêu các hạn chế của nguyên lý thứ nhất nhiệt động học.
2. Thế nào là quá trình thuận nghịch và quá trình không thuận nghịch. Cho một vài ví dụ. Nêu tính chất của quá trình thuận nghịch.
3. Định nghĩa động cơ nhiệt và hiệu suất của động cơ nhiệt.
4. Nêu các cách phát biểu của nguyên lý thứ hai nhiệt động lực học (theo Clausius và theo Thompson). Phân tích sự tương đương của hai cách phát biểu trên.
5. Định nghĩa chu trình Carnot. Tính hiệu suất của động cơ chạy theo chu trình Carnot thuận nghịch với tác nhân là khí lý tưởng. Nhận xét kết quả.
6. Phát biểu định lý Carnot. Nêu hiệu suất cực đại của động cơ nhiệt.
7. Thiết lập bất đẳng thức Clausius. Viết hệ thức định lượng của nguyên lý thứ hai nhiệt động lực học.
8. Thiết lập biểu thức hàm entropi. Chứng tỏ hàm  $S$  là một hàm trạng thái. Nêu các tính chất của entropi  $S$ .
9. Phát biểu nguyên lý tăng entropi. Nêu ý nghĩa của entropi và nguyên lý thứ hai nhiệt động lực học.
10. Tính độ biến thiên entropi của khí lý tưởng.

#### C – TÓM TẮT NỘI DUNG

#### 1- NHỮNG HẠN CHẾ CỦA NGUYÊN LÝ THỨ NHẤT NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

Nguyên lý thứ nhất nhiệt động lực học chưa chỉ rõ chiều hướng diễn biến của một quá trình tự nhiên.

Theo nguyên lý I nhiệt có thể chuyển hoàn toàn thành công nhưng thực tế thì không.

## 2- NGUYÊN LÝ THỨ HAI NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

### 2.1. Động cơ nhiệt

a. **Định nghĩa:** Động cơ nhiệt là một máy biến nhiệt thành công.

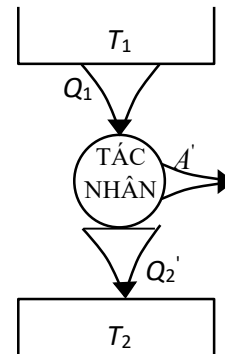
b. **Hiệu suất của động cơ nhiệt**

$$\text{Biểu thức: } \eta = \frac{A'}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2'}{Q_1}$$

Trong đó: +  $A'$  công tác nhân sinh ra

+  $Q_1$  nhiệt lượng tác nhân nhận của nguồn nóng

+  $Q_2'$  nhiệt lượng tác nhân nhả cho nguồn lạnh



Hình 7-1

### 2.2 Nguyên lý thứ hai nhiệt động học:

Phát biểu của Clausius : "*Nhiệt không thể tự động truyền từ vật lạnh sang vật nóng hơn*".

Phát biểu của Thompson: "*Một động cơ không thể sinh công nếu nó chỉ trao đổi nhiệt với một nguồn nhiệt duy nhất*".

Hoặc: "*Không thể chế tạo được động cơ vĩnh cửu loại 2*".

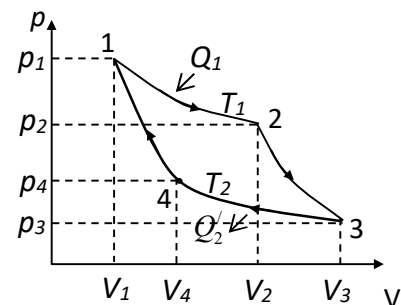
Động cơ vĩnh cửu loại 2 là loại động cơ chỉ hoạt động với một nguồn nhiệt.

## 3- CHU TRÌNH CARNOT VÀ ĐỊNH LÝ CARNOT

### 3.1. Chu trình Carnot thuận nghịch

Chu trình Carnot bao gồm hai quá trình đẳng nhiệt thuận nghịch và hai quá trình đoạn nhiệt thuận nghịch. Hình 7-2 cho thấy một chu trình Carnot sử dụng chất công tác là chất khí lý tưởng trong một xy lanh với một pittông. Nó bao gồm các bước sau:

- Quá trình 1-2: giãn đẳng nhiệt tại nhiệt độ  $T_1$
- Quá trình 2-3: giãn đoạn nhiệt.
- Quá trình 3-4: Nén đẳng nhiệt tại nhiệt độ  $T_2$
- Quá trình 4-1: Nén đoạn nhiệt



Hình 7-2

### 3.2. Hiệu suất của chu trình Carnot:

$$\text{Biểu thức: } \eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

Vậy: *Hiệu suất của chu trình Carnot thuận nghịch với tác nhân là khí lý tưởng chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ nguồn nóng và nguồn lạnh.*

### 3.3. Định lý Carnot, hiệu suất cực đại của động cơ nhiệt

### a. Định lý Carnot

Phát biểu: *Hiệu suất của mọi động cơ nhiệt chạy theo chu trình Carnot với cùng nguồn nóng và nguồn lạnh đều bằng nhau và không phụ thuộc vào tác nhân cũng như cách chế tạo máy.*

Hiệu suất  $\eta$  của mọi động cơ nhiệt đều thỏa mãn bất đẳng thức :

$$\eta = \frac{A'}{Q} = 1 - \frac{Q_2'}{Q_1'} \leq 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

Dấu = ứng với chu trình Carnot thuận nghịch.

Dấu < ứng với chu trình Carnot không thuận nghịch.

### b. Hiệu suất cực đại của động cơ nhiệt

Hiệu suất của động cơ chạy theo chu trình Carnot thuận nghịch là hiệu suất cực đại.

### c. Kết luận:

- Hiệu suất cực đại luôn luôn nhỏ hơn 1.  $\eta_{\max} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$

- Nhiệt không thể hoàn toàn biến thành công.

- Phương hướng nâng cao hiệu suất của động cơ nhiệt:

+ Hạ nhiệt độ nguồn lạnh  $T_2$  (dùng quạt gió, nước...).

+ Nâng cao nhiệt độ nguồn nóng  $T_1$

+ Chế tạo động cơ càng gần thuận nghịch càng tốt, nhằm hạn chế tới mức tối đa sự mất mát năng lượng do ma sát và do truyền nhiệt ra xung quanh.

## 4- BIỂU THỨC ĐỊNH LƯỢNG CỦA NGUYÊN LÝ THỨ HAI NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

### 4.1. Đối với chu trình Carnot

$$\frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} \leq 0$$

Dấu = ứng với chu trình Carnot thuận nghịch.

Dấu < ứng chu trình Carnot không thuận nghịch.

### 4.2. Đối với chu trình nhiều nguồn

Nếu trong chu trình, nhiệt độ của hệ biến thiên liên tục, ta có thể coi hệ tiếp xúc với vô số nguồn nhiệt có nhiệt độ  $T$  vô cùng gần nhau. Mỗi lần tiếp xúc, hệ nhận được một nhiệt lượng  $\delta Q$  thì là hệ thức định lượng tổng quát của nguyên lý thứ hai nhiệt động lực học

$$\oint \frac{\delta Q}{T} \leq 0$$

Dấu = ứng với chu trình thuận nghịch

Dấu < ứng với chu trình không thuận nghịch.

Tích phân  $\oint \frac{\delta Q}{T}$  được gọi là tích phân Clausius, hay còn gọi là *hiệu thu gọn của chu trình*.

## 5- HÀM ENTRÔPI VÀ NGUYÊN LÝ TĂNG ENTRÔPI

### 5.1. Tính chất của tích phân Clausius theo quá trình thuận nghịch. Hàm entropi

#### a. Tính chất của tích phân Clausius theo quá trình thuận nghịch

Tích phân Clausius  $\int \frac{\delta Q}{T}$  theo các quá trình thuận nghịch từ trạng thái (1) đến trạng thái (2) không phụ thuộc vào quá trình diễn biến mà chỉ phụ thuộc vào trạng thái đầu và trạng thái cuối của quá trình”.

#### b. Hàm entropi

Định nghĩa: “Hiệu entropi giữa hai trạng thái vĩ mô có giá trị bằng tích phân Clausius từ trạng thái đầu đến trạng thái cuối của một quá trình thuận nghịch giữa hai trạng thái đó”

Biểu thức: 
$$\Delta S = S_2 - S_1 = \int_{1 \rightarrow 2} \frac{\delta Q}{T}$$

Tính chất:

- + Giá trị Entropi của một trạng thái phụ thuộc vào việc chọn mốc tính Entropi.
- + Entropi của hệ ở một trạng thái là hoàn toàn xác định, không phụ thuộc quá trình đưa hệ về trạng thái đó.
- + Entropi là đại lượng có tính chất cộng được

Đơn vị:  $J/K$

Ý nghĩa: Theo quan điểm nhiệt động lực học, thì entropi đặc trưng cho mức độ hỗn loạn của các phân tử trong hệ.

### 5.2. Tính chất của tích phân Clausius theo quá trình không thuận nghịch. Nguyên lý tăng Entropi

#### a. Tính chất của tích phân Clausius theo quá trình không thuận nghịch

Tích phân Clausius theo một quá trình không thuận nghịch từ trạng thái (1) đến trạng thái (2) thì nhỏ hơn độ biến thiên entropi của hệ trong quá trình đó”

#### b. Nguyên lý tăng entropi

$$\Delta S = S_2 - S_1 \geq 0$$

phát biểu nguyên lý tăng entropi như sau:



“ Trong một hệ cô lập, các quá trình nhiệt động thực luôn luôn xảy ra theo chiều tăng của entropi ”

## D - BÀI TẬP CHƯƠNG 7

### I. BÀI TẬP MẪU

**Bài tập 1:** Một động cơ xăng trong một xe tải lớn nhận 10000 J nhiệt và thực hiện 2000J công cơ học trong một chu trình. Nhiệt thu được từ việc đốt cháy một gam xăng (năng suất toả nhiệt) là  $L = 5.10^4 \text{ J/g}$ .

- Hiệu suất nhiệt của động cơ là bao nhiêu?
- Có bao nhiêu nhiệt thải ra trong mỗi chu trình?
- Lượng xăng được đốt cháy trong mỗi chu trình là bao nhiêu?
- Nếu động cơ thực hiện 25 chu trình trong một giây, công suất của nó là bao nhiêu oát?
- Tính lượng xăng được đốt trong một giây? trong một giờ?

*Hướng dẫn giải:*

- áp dụng công thức tính hiệu suất của động cơ nhiệt:

$$\eta = \frac{A'}{Q_1} = \frac{2000}{10000} = 0,2 = 20\%$$

Kết quả này là phổ biến cho các loại xe ô tô và xe tải nếu  $A'$  chỉ là công để làm quay các bánh xe.

- Từ biểu thức  $A' = Q_1 - Q_2'$  suy ra nhiệt lượng mà động cơ thải ra trong một chu trình là:

$$Q_2' = Q_1 - A' = 10000 - 2000 = 8000 \text{ J}$$

- Gọi  $m$  là khối lượng xăng bị đốt trong mỗi chu trình. Ta có:

$$Q = mL \quad \text{nên:} \quad m = \frac{Q_1}{L} = \frac{10000 \text{ J}}{5.10^4 \text{ J/g}} = 0,2 \text{ g}$$

- Công suất  $P$  (tốc độ thực hiện công) là công thực hiện trong một chu trình nhân với số chu trình trong một giây:

$$P = A' \cdot N = (2000 \text{ J/chu trình}) \cdot (25 \text{ chu trình}) = 50000 \text{ W} = 50 \text{ kW} = 67 \text{ hp}$$

- Khối lượng xăng bị đốt cháy trong một giây là:

$$m_1 = m \cdot N = (0,2 \text{ g/chu trình}) \cdot (25 \text{ chu trình /s}) = 5 \text{ g/s}$$

Khối lượng xăng bị đốt trong một giờ là:

$$m_2 = m_1 \cdot t = (5 \text{ g/s}) \cdot (3600 \text{ s/h}) = 18000 \text{ g/h} = 18 \text{ kg/h}$$

Như vậy, bạn có thể tính được có bao nhiêu nhiệt được thải vào môi trường trong thời gian 24 h bởi 1000 chiếc xe tải giống như những chiếc xe trong ví dụ trên chạy trong thành phố ?

**Bài tập 2:** Tính độ biến thiên entropi  $\Delta S$  khi biến đổi 10 g nước đá ở  $-20^{\circ}\text{C}$  thành hơi nước ở  $100^{\circ}\text{C}$ . Cho biết nhiệt dung riêng của nước đá là  $c_1 = 0,5 \text{ kcal/kg.K}$ , nhiệt hóa hơi của

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

*Hướng dẫn giải:*

Độ biến thiên entropi  $\Delta S$  được xác định bằng công thức:  $\Delta S = \int_1^2 \frac{\delta Q}{T}$

Trong bài toán này: trạng thái 1 ứng với nước đá ở  $-20^{\circ}\text{C}$ , trạng thái 2 ứng với hơi nước ở  $100^{\circ}\text{C}$ . Sự chuyển hóa của nước đá thành hơi nước xảy ra theo 4 quá trình sau:

1. Đá từ  $-20^{\circ}\text{C}$  ( $T_1=253\text{K}$ ) chuyển thành đá ở  $0^{\circ}\text{C}$  ( $T_0=273\text{K}$ )
2. Đá ở  $T_0=273\text{K}$  chuyển thành nước đá ở cùng nhiệt độ  $T_0$
3. Nước đá nhiệt độ  $T_0$  chuyển thành nước ở  $100^{\circ}\text{C}$ .
4. Nước ở  $100^{\circ}\text{C}$  ( $T_2= 373\text{K}$ ) chuyển thành hơi nước ở  $100^{\circ}\text{C}$  ( $T_2= 373\text{K}$ )

Độ biến thiên entropi  $\Delta S_1$  trong quá trình 1 là:

$$\Delta S_1 = \int_{T_1}^{T_0} \frac{\delta Q_1}{T} = \int_{T_1}^{T_0} mc_1 \frac{dT}{T} = m.c_1 \cdot \ln \frac{T_0}{T_1}$$

Độ biến thiên entropi  $\Delta S_2$  trong quá trình 2 ( nhiệt độ  $T_0$  không đổi ) là:

$$\Delta S_2 = \int_{T_0}^{T_0} \frac{\delta Q_2}{T_0} = \frac{1}{T_0} \int \delta Q_2 = \frac{Q_2}{T_0} = \frac{m\lambda}{T_0}$$

Độ biến thiên entropi  $\Delta S_3$  trong quá trình 3 là:

$$\Delta S_3 = \int_{T_0}^{T_2} \frac{\delta Q_3}{T} = \int_{T_0}^{T_2} mc_2 \frac{dT}{T} = m.c_2 \cdot \ln \frac{T_2}{T_0}$$

Độ biến thiên entropi  $\Delta S_4$  trong quá trình 4 ( nhiệt độ  $T_2$  không đổi ) là:

$$\Delta S_4 = \int_{T_2}^{T_2} \frac{\delta Q_4}{T_2} = \frac{1}{T_2} \int \delta Q_4 = \frac{Q_4}{T_2} = \frac{mL}{T_2}$$

Độ biến thiên entropi  $\Delta S$  của nước đá trong 4 quá trình trên bằng:

$$\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3 + \Delta S_4 = m \left( c_1 \cdot \ln \frac{T_0}{T_1} + \frac{\lambda}{T_0} + c_2 \ln \frac{T_2}{T_0} + \frac{L}{T_2} \right)$$

Thay số ta được:

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

$$\text{Vậy: } \Delta S = 10^{-2} \cdot 2,088 \text{ kcal/K} = 20,88 \text{ cal/K}$$

Chú ý: - Khi thay số ta cần chú ý đơn vị của các đại lượng.

- Sự biến thiên của entropi là dương, như nó phải thỏa mãn trong trường hợp hệ nhận nhiệt. Trong tính toán này chúng ta giả sử nhiệt dung riêng  $c_2$  của nước không phụ thuộc vào nhiệt độ. Thực tế nhiệt dung riêng của nước có thay đổi nhưng chỉ khoảng 1% trong khoảng nhiệt độ từ  $0^\circ\text{C}$  đến  $100^\circ\text{C}$ .

**Bài tập 3:** Một động cơ Carnot lý tưởng nhận 2000J nhiệt từ nguồn tại nhiệt độ 500K, thực hiện công  $A'$  và nhả một nhiệt lượng nào đó tại nhiệt độ 350K. Tính công mà động cơ thực hiện và tổng độ biến thiên entropi của động cơ cho một chu trình.

*Hướng dẫn giải:*

$$\text{Ta đã biết với một động cơ Carnot thì } \frac{Q_2}{Q_1} = -\frac{T_2}{T_1}$$

Như vậy, nhiệt lượng mà động cơ thải ra là:

$$Q_2 = -Q_1 \frac{T_2}{T_1} = -2000 \cdot \frac{350}{500} = -1400 \text{ J}$$

Từ nguyên lý thứ nhất của nhiệt động lực học, công mà động cơ thực hiện là:

$$A' = Q_1 + Q_2 = 2000 - 1400 = 600 \text{ J}$$

Một chu trình Carnot được tạo ra từ 4 quá trình thuận nghịch. Tuy nhiên, hai quá trình giãn đẳng nhiệt và nén đẳng nhiệt không có sự biến thiên entropi. Vậy, khi giãn đẳng nhiệt ở nhiệt độ  $T_1 = 500\text{K}$ , hệ nhận nhiệt lượng 2000J, độ biến thiên entropi trong quá trình này là:

$$\Delta S_1 = \int_{T_1}^{T_1} \frac{\delta Q_1}{T} = \frac{Q_1}{T_1} = \frac{2000}{500} = 4 \text{ (J / K)}$$

Trong quá trình nén đẳng nhiệt ở nhiệt độ  $T_2 = 350\text{K}$ , động cơ thải nhiệt lượng 1400J, entropi của nó biến thiên một lượng là:

$$\Delta S_2 = \int_{T_2}^{T_2} \frac{\delta Q_2}{T} = \frac{Q_2}{T_2} = \frac{-1400}{350} = -4 \text{ (J / K)}$$

Sự biến thiên tổng cộng của entropi trong một chu trình là:

$$\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 = 4 + (-4) = 0$$

Nhận xét: Kết quả khi động cơ thực hiện một chu trình, nó có entropi giống như lúc bắt đầu chu trình. Vậy sự biến thiên tổng cộng của môi trường xung quanh động cơ trong quá trình này là như thế nào? Từ kết quả trên rút ra: Nguồn nóng truyền nhiệt lượng 2000J trong sự giãn đẳng nhiệt thuận nghịch vì vậy entropi của nó biến thiên là:  $(-2000\text{J}) / (500\text{K}) = -4 \text{ J/K}$ ; nguồn lạnh nhận nhiệt lượng 1400J trong sự nén đẳng nhiệt thuận nghịch nên entropi của nó biến thiên là  $(1400\text{J}) / (350\text{K}) = 4 \text{ J/K}$ . Như vậy,

entrôpi của mỗi nguồn riêng rẽ đều thay đổi, tuy nhiên tổng sự thay đổi của hai nguồn tức là tổng sự thay đổi entrôpi của môi trường xung quanh hệ là bằng không.

Chú ý: Kết quả này áp dụng trong trường hợp đặc biệt của chu trình Carnot mà tất cả các quá trình đều là thuận nghịch. Trong trường hợp này ta thấy rằng tổng sự biến thiên entrôpi của hệ và môi trường xung quanh bằng không. Nếu chu trình bao gồm các quá trình không thuận nghịch (như của động cơ xăng và động cơ Diesel) thì tổng sự biến thiên entrôpi của hệ và môi trường là khác không.