

## PHẦN 2: TỔNG HỢP LÝ THUYẾT PHẦN TỰ LUẬN TRONG BÀI THI CUỐI KỲ

**Câu 1.** Định nghĩa vectơ gia tốc. Nêu đặc điểm và ý nghĩa của các vectơ gia tốc tiếp tuyến, gia tốc pháp tuyến

*Định nghĩa vectơ gia tốc :*

Vectơ gia tốc là đại lượng vector biểu thị cho gia tốc. Gia tốc là đại lượng vật lý đặc trưng cho sự biến thiên nhanh hay chậm của vận tốc.

*Gia tốc tiếp tuyến:*

+Đặc điểm:

- Có phương trùng với tiếp tuyến của quỹ đạo tại M
- Có phương là chiều chuyển động khi  $v$  tăng và ngược lại khi  $v$  giảm

-Có độ lớn bằng đạo hàm vận tốc theo thời gian  $a_t = \frac{dv}{dt}$

+ ý nghĩa: Vectơ gia tốc tiếp tuyến đặc trưng cho sự biến thiên của vectơ vận tốc về giá trị

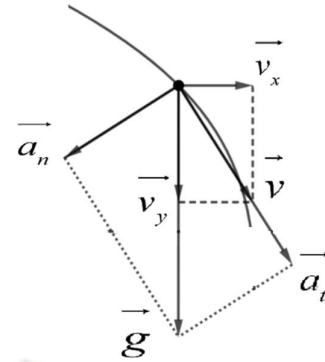
*Gia tốc pháp tuyến:*

+Đặc điểm:

- Có phương vuông góc với tiếp tuyến quỹ đạo tại M
- Có chiều hướng vào tâm

- Độ lớn bằng:  $a_n = \frac{v^2}{R}$

+ý nghĩa: Vectơ gia tốc pháp tuyến đặc trưng cho sự biến thiên về phương của vectơ vận tốc



**Bài toán:**

Từ đỉnh tháp có độ cao  $h$ , người ta ném một hòn đá xuống dưới đất với vận tốc ban đầu  $\vec{v}_0$  theo phương hợp với phương thẳng đứng một góc  $\alpha$  ( hình vẽ)

- Viết phương trình chuyển động của hòn đá trong hệ tọa độ vuông góc, với gốc tọa độ tại điểm bắt đầu ném ( hình vẽ)
- Cho  $h = 30m; v_0 = 20m / s; \alpha = 60^\circ; g = 9,8m / s^2$ . Tìm thời gian bay và tốc độ của hòn đá khi chạm đất.

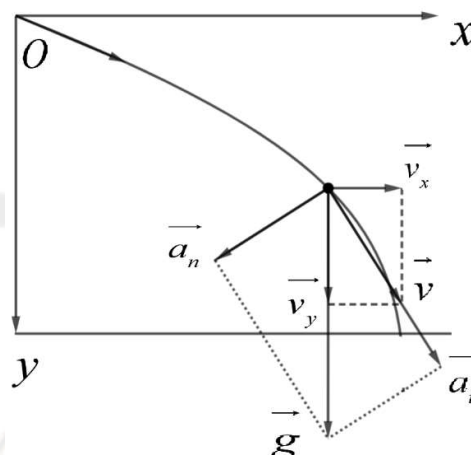
Tìm gia tốc pháp tuyến tại điểm chạm đất. Bỏ qua lực cản của không khí

**Giải:**

Chọn hệ tọa độ như hình vẽ :

$$\begin{cases} x = x_0 + v_{0x}t + \frac{1}{2}a_x t^2 \\ y = y_0 + v_{0y}t + \frac{1}{2}a_y t^2 \end{cases}$$

Với  $\begin{cases} x_0 = 0 \\ y_0 = 0 \\ v_{0x} = v_0 \sin \alpha \\ v_{0y} = v_0 \cos \alpha \\ a_x = 0 \\ a_y = g \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x = v_0 \sin \alpha \cdot t \\ y = v_0 \cos \alpha \cdot t + \frac{1}{2}gt^2 \end{cases}$



+Tính thời gian bay:  $y = h \Rightarrow 4,9t^2 + 10t - 30 = 0$  ; tính ra  $t = 1,66s$

Tốc độ khi chạm đất  $\begin{cases} v_x = v_0 \sin \alpha = 10\sqrt{3}m/s \\ v_y = v_0 \cos \alpha + gt = 26,27m/s \end{cases} \Rightarrow v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = 31,47m/s$

+Ta có :  $a_n = g \sin \beta = g \frac{v_x}{v} = 9,8 \frac{10\sqrt{3}}{31,47} = 5,39m/s^2$

**Câu 2:** Trình bày các vấn đề sau:

- Hệ quy chiếu quán tính và nguyên lý tương đối Galileo.
- Hệ quy chiếu không quán tính và lực quán tính ly tâm.

**Trả lời:**

a. +Định nghĩa: Là hệ quy chiếu mà trên hệ quy chiếu đó, các định luật quán tính của Newton được nghiệm đúng

+ Nguyên lý tương đối Galileo:

- Mọi hệ quy chiếu chuyển động thẳng đều đối với hệ quy chiếu quán tính cũng là hệ quy chiếu quán tính hay các định luật Niuton được nghiệm đúng trong hệ quy chiếu chuyển động thẳng đều đối với hệ quy chiếu quán tính.

Điều đó có nghĩa là: các phương trình động lực học trong các hệ quy chiếu quán tính có dạng như nhau, các phương trình cơ học bất biến đối với phép biến đổi Galileo.

b. Trong 1 hệ quy chiếu chuyển động có gia tốc so với 1 hệ quy chiếu quán tính, các định luật Newton không được nghiệm đúng nữa là hệ quy chiếu không quán tính.

Lực quán tính ly tâm và lực quán tính xuất hiện trên 1 vật nằm yên trong hệ quy chiếu quay so với 1 hệ quy chiếu quán tính.

$$\vec{F} = -m \cdot \vec{a}_{ht}$$

Lực quán tính ly tâm có cùng độ lớn nhưng ngược chiều với lực hướng tâm.

### Bài toán:

Người ta chèo một con thuyền qua sông theo hướng vuông góc với bờ sông với vận tốc 7,2 km/h. Nước chảy đã mang con thuyền về phía xuôi dòng một khoảng 150m. Tìm:

- Vận tốc của dòng nước đối với bờ sông;
- Thời gian cần để thuyền qua được sông. Cho biết chiều rộng của sông bằng 0,5 km.

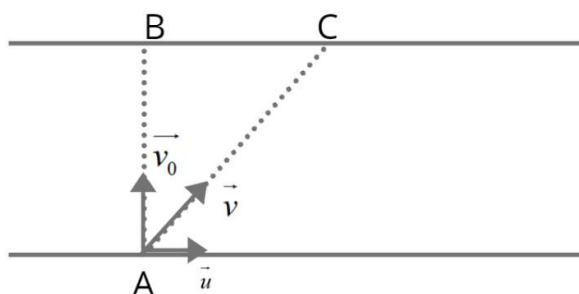
### Giải:

+)  $\vec{v}_0$  là vận tốc thuyền so với nước

+)  $\vec{u}$  là vận tốc dòng nước

+)  $\vec{v}$  là vận tốc thuyền so với bờ

a)  $v_0 = 7,2 \text{ km/h} = 2 \text{ m/s}$



$$\tan \alpha = \frac{BC}{AB} = \frac{ut}{v_0 t} = \frac{u}{v_0}$$

$$\text{Mà } \frac{BC}{AB} = \frac{150}{500} = 0,3 \Rightarrow \frac{u}{v_0} = 0,3 \Rightarrow u = 0,3 \cdot v_0 = 0,6 \left( \text{m/s} \right)$$

b) Thời gian cần để qua sông:  $t = \frac{AB}{v_0} = \frac{500}{2} = 250(s)$

**Câu 3:**

- Nêu định nghĩa động lượng, thiết lập các định lý về động lượng của chất điểm, ý nghĩa của động lượng và xung lượng của lực.
- Trình bày định luật bảo toàn động lượng của hệ chất điểm cô lập và định luật bảo toàn động lượng theo một phương của hệ chất điểm.

**Trả lời:**

a.- Định nghĩa: Động lượng của một chất điểm là đại lượng vật lý được xác định bằng tích số giữa khối lượng và vận tốc của chất điểm đó.

Vector động lượng:  $\vec{K} = m\vec{v}$

- Định lý 1: Theo định luật II Newton, ta có:  $\vec{F} = m\vec{a}$ .

$$\Leftrightarrow m \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{F} \Leftrightarrow \frac{d(m\vec{v})}{dt} = \vec{F} \Leftrightarrow \frac{d\vec{K}}{dt} = \vec{F}.$$

Vậy: Đạo hàm động lượng của 1 chất điểm đối với thời gian có giá trị bằng lực (hay tổng hợp lực) tác dụng lên chất điểm đó.

- Định lý 2: Theo định lý I:

$$\begin{aligned} \frac{d\vec{K}}{dt} = \vec{F} &\Leftrightarrow d\vec{K} = \vec{F}dt \Leftrightarrow \int_{K_1}^{K_2} d\vec{K} = \int_{t_1}^{t_2} \vec{F}dt \\ \Leftrightarrow \Delta\vec{K} = \vec{K}_2 - \vec{K}_1 &= \int_{t_1}^{t_2} \vec{F}dt \quad (= F \cdot \Delta t \text{ nếu } \vec{F} \text{ không đổi}). \end{aligned}$$

$\int_{t_1}^{t_2} \vec{F}dt$  gọi là xung lượng của lực  $\vec{F}$  trong khoảng thời gian  $t_1 \rightarrow t_2$ .

Vậy: Độ biến thiên động lượng của 1 chất điểm trong một khoảng thời gian nào đó có giá trị bằng xung lượng của lực (hay tổng hợp lực) tác dụng lên chất điểm trong khoảng thời gian đó.

- Ý nghĩa của động lượng:

+ Động lượng đặc trưng cho chuyển động về mặt động lực học và vận tốc cũng đặc trưng cho chuyển động về mặt động học.

+ Động lượng đặc trưng cho khả năng truyền chuyển động.

- Ý nghĩa của xung lượng:  $\vec{\Delta K} = \vec{F} \cdot \Delta t$ .

+ Xung lượng của một lực trong khoảng thời gian  $\Delta t$  đặc trưng cho tác dụng của lực trong khoảng thời gian đó.

b. Định luật bảo toàn của hệ chuyển động cô lập và theo phương.

+ Của hệ chất điểm (chuyển động)

Theo định lý 2 về động lượng ta có

$$\frac{d}{dt} (m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 + \dots + m_n \vec{v}_n) = \vec{F} \quad (1)$$

$\vec{F}$  - tổng hợp các ngoại lực tác dụng lên hệ.

• Xét hệ cô lập thì:  $\vec{F} = \vec{0}$ , tức là  $m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 + \dots + m_n \vec{v}_n = \text{const}$ .

→ tổng động lượng của 1 hệ cô lập là đại lượng không đổi – được bảo toàn

• Theo 1 phương của hệ chất điểm

$$m_1 v_{1x} + m_2 v_{2x} + \dots + m_n v_{nx} = \text{const}.$$

Khi đó: Hình chiếu của tổng động lượng của một hệ lên phương  $x$  đó là một đại lượng được bảo toàn.

### Bài toán:

Hai hòn bi có khối lượng  $m_1$ , và  $m_2 = \frac{m_1}{2}$  được treo bằng 2 sợi dây có cùng chiều dài  $l = 6(\text{m})$  vào một điểm. Kéo lệch hòn bi  $m_1$ , cho đến khi dây treo nam ngang rồi thả ra để nó va chạm vào bi  $m_2$ . Sau va chạm hai hòn bi dính vào nhau và lên tới độ cao cực đại là?  
(cho  $g = 9,8(\text{m/s}^2)$ )

### Giải:

Bảo toàn cơ năng( mốc thế năng tại vị trí cân bằng của hòn bi 1 trước va chạm)

$$0 + m_1 gl = \frac{m_1 v_1^2}{2} + 0 \Rightarrow v = \sqrt{2gl} \quad (1)$$

Ngay sau va chạm cả hai hòn bi có cùng vận tốc  $v'$ . bảo toàn động lượng ta có:

$$m_1 v = (m_1 + m_2) v' \Rightarrow v' = \frac{m_1 v}{m_1 + m_2} = \frac{m_1 v}{m_1 + \frac{m_1}{2}} = \frac{2}{3} v = \frac{2}{3} \sqrt{2gl} \quad (2)$$

Động năng của hệ hai hòn bi sau va chạm là

$$W'_d = \frac{m_1 v'^2}{2} + \frac{m_2 v'^2}{2} = \frac{3}{4} m_1 v'^2 = \frac{1}{3} m_1 v^2 = \frac{2}{3} mgl$$

Sau va chạm hai hòn bi dính vào nhau và tiếp nối chuyển động tròn ban đầu của hòn bi 1. Động năng  $W'_d$  của hệ hai hòn bi chuyển động thành thế năng

$W'_t = (m_1 + m_2)gh = \frac{3}{2} m_1 gh$  của hai hòn bi ở độ cao tối đa  $h$  (chọn mốc tính thế năng như trên)

$$W'_d = W'_t \Leftrightarrow \frac{2}{3} m_1 gl = \frac{3}{2} m_1 gh \Rightarrow h = \frac{4}{9} l = 2,667(m)$$

**Câu 4:** Nêu quan niệm về không gian và thời gian trong cơ học Newton. Phép biến đổi Galileo. Phát biểu nguyên lý tương đối Galileo.

**Trả lời:**

\* Chuyển động tương đối và nguyên lý Galileo

+) Xét hq  $O'$  chuyển động dọc theo  $Ox$  với vận tốc  $\vec{v}_0$ ;  $Oy \parallel O'y'$ ;  $Oz \parallel O'z'$ .

+) Thời gian là tuyệt đối:  $t' = t$

+) Không gian là tương đối:

$$\begin{cases} x = x' + v_0 t' \\ y = y' \\ z = z' \end{cases} \Rightarrow \text{chuyển động là tương đối.}$$

+) Khoảng không gian là tuyệt đối:  $\begin{cases} x_1 = x'_1 + v_0 t' \\ x_2 = x'_2 + v_0 t' \end{cases} \Rightarrow x_2 - x_1 = x'_2 - x'_1 \Leftrightarrow l = l'.$

+ Nguyên lý tương đối Galileo:

- Mọi hệ quy chiếu chuyển động thẳng đều đối với hệ quy chiếu quán tính cũng là hệ quy chiếu quán tính hay các định luật Newton được nghiệm đúng trong hệ quy chiếu chuyển động thẳng đều đối với hệ quy chiếu quán tính.

Điều đó có nghĩa là: các phương trình động lực học trong các hệ quy chiếu quán tính có dạng như nhau, các phương trình cơ học bất biến đối với phép biến đổi Galileo.

**Bài toán:** Một người đang chạy với tốc độ  $v = 2 \text{ m/s}$  thì ném tới trước một hòn đá với tốc độ so với người là  $v_0 = 5 \text{ m/s}$ . Bỏ qua mọi ma sát và chiều cao của người.

a) Tìm góc nghiêng  $\alpha$  của vận tốc hòn đá so với người để hòn đá có tầm bay xa cực đại.

b) Tính tốc độ  $v'$  của hòn đá so với mặt đất trong trường hợp câu a.

**Trả lời:**

a) Góc  $\alpha$

$$\vec{v}' = \vec{v}_0 + \vec{v} \quad (1)$$

Để hòn đá có tầm bay xa cực đại thì  $\vec{v}'$  phải hợp với phương ngang góc  $45^\circ$ .

Do đó:  $v'_x = v'_y$ .

Chiếu (1) lên 2 phương  $Ox$  và  $Oy$ :  $v_0 \cos \alpha + v = v_0 \sin \alpha$

$$\Rightarrow v_0 \cos \alpha + v = v_0 \sqrt{1 - \cos^2 \alpha}$$

$$\Rightarrow 2v_0^2 \cos^2 \alpha + 2vv_0 \cos \alpha + v^2 - v_0^2 = 0$$

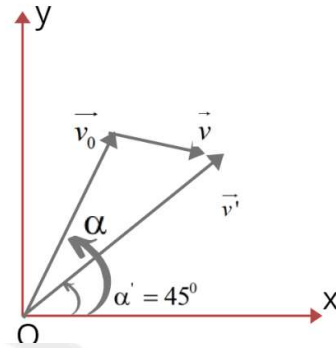
$$\Rightarrow \cos \alpha = \frac{1}{2} \left[ -\frac{v}{v_0} + \sqrt{2 - \left( \frac{v}{v_0} \right)^2} \right] \quad (2)$$

Thay số:  $\cos \alpha = 0,478 \Rightarrow \alpha = (61,45)^\circ$ .

b) Tính  $v'$ :  $v'^2 = v_0^2 + v^2 + 2vv_0 \cos \alpha$

Thay (2) vào biểu thức trên, ta tìm được:  $v'^2 = v_0^2 + v\sqrt{2v_0^2 - v^2}$

Thay số:  $v' = 6,2 \text{ m/s}$



**Câu 5:** Trình bày định lý về mômen động lượng của một chất điểm và của một hệ chất điểm đối với gốc tọa độ. Định luật bảo toàn mômen động lượng của chất điểm và hệ chất điểm.

**Trả lời:**

Mômen động lượng của một chất điểm là 1 đại lượng vector xác định bằng tích có hướng giữa vector bán kính quỹ đạo và vector động lượng của chất điểm đó.

+ Với chất điểm chuyển động tròn:  $\vec{L} = I\vec{\omega}$  ( $I$ : mômen quán tính).

+ Với hệ chất điểm:  $\vec{L} = \sum \vec{L}_i = \sum \vec{r}_i \wedge \vec{k}_i$ .

- Định lý về mômen động lượng:

+ Theo định lý về động lượng ta có:

$$\frac{d\vec{k}}{dt} = \vec{F} \Leftrightarrow \vec{r} \wedge \frac{d\vec{k}}{dt} = \vec{r} \wedge \vec{F}$$

$$\Leftrightarrow \frac{d}{dt}(\vec{r} \wedge \vec{k}) = \vec{r} \wedge \vec{F} \Leftrightarrow \frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{M}.$$

Vậy: Đạo hàm theo thời gian của mômen động lượng đối với gốc  $O$  của 1 chất điểm chuyển động bằng tổng mômen đối với  $O$  của các lực tác dụng lên chất điểm.

$$\text{Từ } \frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{M} \Rightarrow d\vec{L} = \vec{M}dt \Rightarrow \int_{L_1}^{L_2} d\vec{L} = \vec{L}_2 + \vec{L}_1 = \int_{t_1}^{t_2} \vec{M}dt$$

$$\Leftrightarrow \Delta\vec{L} = \int_{t_1}^{t_2} \vec{M}dt. \text{ Nếu } M \text{ không đổi} \Rightarrow \Delta\vec{L} = \vec{M}.\Delta t.$$

Vậy: Độ biến thiên mômen động lượng trong 1 khoảng thời gian bằng xung lượng của mômen lực tác dụng lên chất điểm trong khoảng thời gian đó.

- Định luật bảo toàn Mômen động lượng

$$\text{Từ: } \frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{M} \text{ nếu } \vec{M} = \vec{O} \text{ thì } \frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{O} \Rightarrow \vec{L} = \text{const}.$$

Vậy: Đối với 1 hệ chất điểm cô lập, hoặc chịu tác dụng của các ngoại lực nhưng tổng mômen của các ngoại lực ấy đối với gốc  $O$  bằng 0, thì tổng mômen động lượng của 1 hệ là 1 đại lượng bảo toàn.

Với hệ chất điểm quay xung quanh 1 trục cố định:

$$\text{Nếu: } \frac{d}{dt}(I_1 \vec{\omega}_1 + I_2 \vec{\omega}_2 + \dots + I_n \vec{\omega}_n) = \vec{M} = \vec{O} \Rightarrow I_1 \vec{\omega}_1 + I_2 \vec{\omega}_2 + \dots + I_n \vec{\omega}_n = \text{const}$$

$$\Rightarrow \text{Vật rắn quay quanh 1 trục cố định } \vec{M} = \vec{O} \Rightarrow I\vec{\omega} = \text{const}.$$



**Câu 6:** Tính công của lực hấp dẫn khi một vật có khối lượng  $m$  chuyển động trong trường hấp dẫn gây bởi một vật có khối lượng  $M$  từ vị trí  $\vec{r}_1$  đến vị trí  $\vec{r}_2$  (Xem các vật như chất điểm, có vẽ hình). Từ đó chứng minh trường hấp dẫn là trường thế?

**Trả lời:**

$$A = \int_{(1)}^{(2)} dA = \int_1^2 \vec{F} \cdot d\vec{r} = \int_{r_1}^{r_2} F dr = \int_{r_1}^{r_2} \left( -G \cdot \frac{Mm}{r^2} \right) dr$$

$$\Rightarrow A = \left( -G \frac{Mm}{r_1} \right) - \left( -G \frac{Mm}{r_2} \right) = -GMm \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) = W_{t_1} - W_{t_2}.$$

• Công của lực  $F$  không phụ thuộc vào dạng đường đi mà chỉ phụ thuộc vào điểm đầu, điểm cuối.

$\Rightarrow$  Trường hấp dẫn là trường thế.

**Bài toán:**

Tính thế năng hấp dẫn của một vật  $m$  cách Trái đất (có khối lượng  $M$ ) một khoảng  $r$  tính từ tâm trái đất. Từ đó tính thế năng của vật có khối lượng  $m$  khi vật  $m$  cách bề mặt trái đất một khoảng  $h \ll R$ , lấy mốc thế năng tại mặt đất bằng không.

**Trả lời:**

+ Thế năng của một vật  $m$  cách Trái đất ( $M$ ) một khoảng  $r$  tính từ tâm trái đất:

$$W(r) = -\frac{GMm}{r} + C$$

+ Lấy mốc tính thế năng là mặt đất, biểu thức tính thế năng của chất điểm trong trường hấp dẫn của trái đất là:  $W = \frac{GMm(r - R)}{rR}$

+ Khi  $r = R + h$  ( $h \ll R$ ), ta có:  $r - R = h$  và  $rR \approx R^2 \Rightarrow W = \frac{GMm}{R^2} h = mg_0 h$  với

$g_0 = \frac{GM}{R^2} \approx 9,8 \text{ m/s}^2$  là gia tốc trọng trường trên mặt đất.

**Câu 7:** Thiết lập các định lý về mômen động lượng (2 định lý) của vật rắn quay quanh trục cố định.

**Trả lời:**

$$\text{Vật rắn: } \vec{L} = \sum_i \vec{L}_i = \sum_i \vec{r}_i \wedge m\vec{v}_i = \sum_i m_i \vec{r}_i \wedge (\vec{\omega} \wedge \vec{r}_i)$$

$$\Rightarrow \vec{L} = \sum_i m_i \vec{\omega} \cdot (\vec{r}_i \cdot \vec{r}_i) = \sum_i \left( m_i r_i^2 \right) \vec{\omega} \Rightarrow \vec{L} = I \vec{\omega}.$$

$$\text{* Định lý I: } \frac{d\vec{L}}{dt} = \frac{d}{dt} (I \vec{\omega}) = I \frac{d\vec{\omega}}{dt} = \vec{\beta} I = \vec{\mu}.$$

Vậy: Đạo hàm mômen động lượng  $\vec{L}$  theo thời gian bằng tổng mômen lực tác dụng lên vật rắn theo trục đó.

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{\mu}.$$

$$\text{* Định lý II: Ta có: } d\vec{L} = \vec{\mu} dt$$

Xét  $\mu$  tác dụng trong khoảng thời gian  $\Delta t = t_2 - t_1$

$$\Rightarrow \Delta \vec{L} = \vec{L}_2 - \vec{L}_1 = \int_{t_1}^{t_2} \vec{\mu} dt \rightarrow \text{Xung lượng mômen.}$$

Vậy: Độ biến thiên mômen động lượng của vật rắn quay quanh 1 trục có giá trị bằng xung lượng của mômen lực tác dụng lên vật rắn trong thời gian  $\Delta t$ .

$$\text{Nếu } \mu = \text{const} \Rightarrow \Delta \vec{L} = \vec{\mu} \Delta t.$$

### Bài toán:

Một thanh chiều dài  $l = 0,9(m)$ , khối lượng  $M = 6(kg)$  có thể quay tự do xung quanh một trục nằm ngang đi qua một đầu của thanh. Một viên đạn khối lượng  $m = 0,01(kg)$  bay theo hướng nằm ngang với vận tốc  $= 300(m/s)$  tới xuyên vào đầu kia của thanh và mắc vào thanh. Vận tốc góc của thanh ngay sau khi viên đạn đập vào đầu thanh là bao nhiêu ?

Giải:

Xét hệ trước va chạm: Tổng động lượng cả hệ:  $\vec{p} = m\vec{v}$  ( vì mỗi viên đạn có vận tốc  $\vec{v}$

mô men động lượng trước khi va chạm là:  $L = r.p.\sin\alpha = l.p = mvl$

Vậy mômen quán tính của hệ vật sau va chạm:

$$L_{\text{sau}} = I_1\omega + I_2\omega$$

-  $I_1$  là moment quán tính (viên đạn) đối với trục quay  $I_1 = ml^2$

-  $I_2$  là moment quán tính của thanh mảnh  $I_2 = \frac{Ml^2}{12} = \frac{M(\frac{l}{2})^2}{12} = \frac{Ml^2}{3}$

$$\Rightarrow L_s = (I_1 + I_2)\omega = (ml^2 + \frac{Ml^2}{3})\omega$$

Áp dụng định luật bảo toàn momen động lượng

$$L_t = L_s \Leftrightarrow mvl = \left( ml^2 + \frac{Ml^2}{3} \right) \omega \Rightarrow \frac{mvl}{ml^2 + \frac{Ml^2}{3}} = \frac{v}{l(1 + \frac{M}{3m})} = 1,658(rad / s)$$

**Câu 8:** Định lý về động năng của chất điểm. Nêu ý nghĩa của động năng.

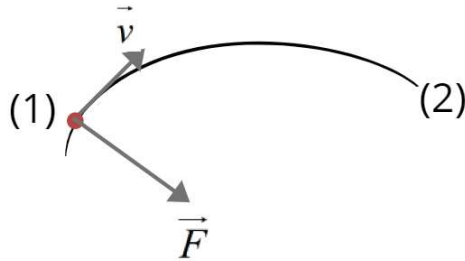
**Trả lời:**

- Định nghĩa: Động năng là phần cơ năng tương ứng với chuyển động của các vật. Là đại lượng thể hiện mỗi phụ thuộc vào vận tốc chuyển động của vật thể do công ngoại lực tác dụng.

- Định lý động năng:

+ Xét 1 chất điểm khối lượng  $m$ , chịu tác dụng của một lực  $\vec{F}$ , chuyển rời từ vị trí (1) tới vị trí (2). Công của lực  $\vec{F}$  thực hiện là:

$$A = \int_{(1)}^{(2)} \vec{F} d\vec{s} \quad (1)$$



Lại có:  $\vec{F} = m\vec{a} = m \frac{d\vec{v}}{dt}$  thay vào (1) ta có:

$$A = \int_{(1)}^{(2)} m \frac{d\vec{v}}{dt} d\vec{s} = \int_{(1)}^{(2)} m \frac{d\vec{s}}{dt} d\vec{v} = \int_{(1)}^{(2)} m \vec{v} d\vec{v} = \int_1^2 m d\left(\frac{v^2}{2}\right)$$

$$\Leftrightarrow A = \int_{(1)}^{(2)} d\left(\frac{mv^2}{2}\right) = \int_{(v_1)}^{(v_2)} d\left(\frac{mv^2}{2}\right) = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} \quad (2).$$

$\frac{mv_2^2}{2}$ : động năng của chất điểm ở vị trí (2).

$\frac{mv_1^2}{2}$ : động năng của chất điểm ở vị trí (1).

Từ (2) ta có: Độ biến thiên động năng của 1 chất điểm trong 1 quãng đường nào đó có giá trị bằng công của ngoại lực tác dụng lên chất điểm sinh ra từ quãng đường đó.

**Bài toán:** Một quả cầu khối lượng 2kg, chuyển động với vận tốc 3 m/s, va chạm xuyên tâm với một quả cầu thứ hai khối lượng 3kg đang chuyển động cùng chiều với quả cầu thứ nhất với vận tốc 1 m/s. Tìm vận tốc của các quả cầu sau va chạm nếu:

- a) Va chạm là hoàn toàn đàn hồi.  
b) Va chạm là không đàn hồi (mềm).

**Trả lời:**

a) Va chạm hoàn toàn đàn hồi

+) BTĐL:  $m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}_1' + m_2 \vec{v}_2'$

$$\xrightarrow{(t)} m_1(v_1 - v_1') = m_2(v_2' - v_2) \quad (1)$$

$$+ \text{BTCN: } \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = \frac{m_1 v_1'^2}{2} + \frac{m_2 v_2'^2}{2}$$

$$\Leftrightarrow m_1(v_1^2 - v_1'^2) = m_2(v_2'^2 - v_2^2) \quad (2)$$

$$\frac{(2)}{(1)} \Rightarrow v_1 + v_1' = v_2' + v_2$$

$$\Rightarrow v_2' - v_1' = 2 \quad (3)$$

$$\Rightarrow m_1(v_1 - v_1') = m_2(2 + v_1' - v_2)$$

$$\Leftrightarrow 6 - 2v_1' = 6 + 3v_1' - 3$$

$$\Rightarrow v_1' = \frac{3}{5}(\text{m/s})$$

$$\Rightarrow v_2' = \frac{13}{5}(\text{m/s}).$$

b) Va chạm mềm

$$+) m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) V \Rightarrow V = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2} = \frac{9}{5}(\text{m/s}).$$

**Câu 9:** Nêu các đặc điểm động học của chuyển động tịnh tiến và chuyển động quay quanh một trục cố định của vật rắn.

**Trả lời:** a. Đặc điểm động học của chuyển động tịnh tiến:

- Khi vật rắn chuyển động tịnh tiến, mọi điểm của vật rắn vạch ra quỹ đạo giống nhau.
- Tại mỗi thời điểm, mọi điểm của vật rắn đều có cùng vận tốc và gia tốc.

Gọi  $\vec{a}$  là gia tốc chung cho các điểm của vật rắn  $m_1, m_2, \dots, m_n$  chịu sự tác dụng của  $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n$ . Khi đó ta có:

$$m_1 \vec{a} = \vec{F}_1$$

$$m_2 \vec{a} = \vec{F}_2$$

$$\dots \quad m_n \vec{a} = \vec{F}_n$$

⇒ Để nghiên cứu chuyển động tịnh tiến của 1 vật rắn, ta chỉ cần nghiên cứu chất điểm bất kì là đủ, người ta thường chọn khối tâm.

\* Chuyển động của vật rắn quay quanh 1 trục cố định:

- Mọi điểm của vật rắn vạch ra quỹ đạo là 1 đường tròn, nằm trong mặt phẳng vuông góc với trục quay có tâm nằm trên trục quay.

- Trong cùng 1 khoảng thời gian, mọi điểm trên vật rắn cùng quay được 1 góc.

- Tại thời điểm, 1 điểm của vật rắn có cùng  $\omega, \beta$ :

$$\omega = \frac{d\theta}{dt}; \beta = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\theta}{dt^2}$$

- Tại thời điểm  $t$ , vectơ vận tốc dài  $\vec{v}$  và  $\vec{a}_t$  của chất điểm cách trục quay 1 khoảng  $r$ , được xác định bởi công thức:

$$\vec{v} = \vec{\omega} \wedge \vec{r}$$

$$\vec{a}_t = \vec{\beta} \wedge \vec{r}$$

### Bài toán:

Một quả cầu đặc có khối lượng  $m = 1,4(\text{Kg})$ , lăn không trượt với vận tốc  $V_1 = 10(\text{m/s})$  thành tường rồi bật ra với vận tốc  $V_2 = 8(\text{m/s})$ . Nhiệt lượng tỏa ra trong va chạm đó là

**Giải:**

Sau va chạm động năng của vật giảm. Độ giảm động năng này tỏa ra dưới dạng nhiệt

Khi chuyển động, quả cầu vừa có động năng tịnh tiến, vừa có động năng quay

Động năng của quả cầu đặc, đồng chất, lăn không trượt:

$$W_{dp} = \frac{1}{2} I \omega^2 = \frac{1}{2} \left( \frac{2}{5} m R^2 \right) \cdot \omega^2 = \frac{1}{5} m R^2 \omega^2 = \frac{1}{2} m v^2$$

Moment quán tính của quả cầu đặc đồng chất:  $I = \frac{2}{5} m R^2$

Động năng tịnh tiến của quả cầu đặc:  $W_{d(t)} = \frac{m v^2}{2}$

$$\Rightarrow W_d = W_{d(q)} + W_{d(t)} = \frac{1}{5} m v^2 + \frac{1}{2} m v^2 = \frac{7}{10} m v^2$$

Nhiệt lượng tỏa ra do va chạm:

$$Q = -W_d = -\frac{7}{10} m (v_2^2 - v_1^2) = -\frac{7}{10} \cdot 1,4 \cdot (10^2 - 8^2) = -35,25 (J)$$

**Câu 10:** Viết phương trình cơ bản trong chuyển động quay của vật rắn với một trục cố định?

giải thích đại lượng ? Nếu đặc điểm của momen quán tính?

**Trả lời:**

-Phương trình cơ bản trong chuyển động quay của vật rắn với một trục cố định:

$\vec{M} = I \cdot \vec{\beta}$  với  $\vec{M}$  là momen ngoại lực(N/m);  $I$  là momen quán tính của vật ( $kg.m^2$ );

$\vec{\beta}$  là gia tốc góc của chuyển động ( $rad / s^2$ )

Đặc điểm của momen quán tính:

+ ) là đại lượng vật lý đặc trưng cho tính bảo toàn trạng thái của hệ trong chuyển động quay.

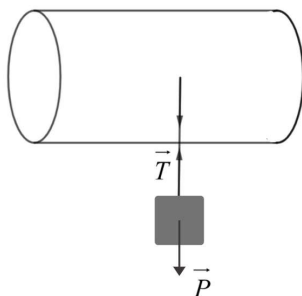
+ ) Momen quán tính phụ thuộc vào khối lượng của các thành phần trong hệ và khoảng cách giữa các thành phần trong hệ đến trục quay.

**Bài toán**

Một vật  $m = 1kg$  được nối với một đầu dây cuốn vào một trụ đặc và được thả rơi xuống như hình vẽ. Trụ có bán kính  $R = 10cm$  và có khối lượng  $M = 6kg$ . Bỏ qua lực ma sát và khối lượng của dây.

a) Tìm độ lớn gia tốc dài của vật  $m$  và lực căng của dây. Cho  $g = 10 m/s^2$ .

b) Tìm công thực hiện bởi lực căng của dây khi trụ quay được một góc  $\frac{\pi}{4}$  (kể từ lúc bắt đầu thả vật).



**Giải:**

a) Tính  $a$  và  $T$ . Có hệ phương trình:

$$\begin{cases} P - T = ma \\ T.R = I.\beta = I \frac{a}{r} \end{cases}$$

$$\text{Trong đó: } I = \frac{1}{2}MR^2 \Rightarrow T = \frac{1}{2}Ma \Rightarrow a = \frac{mg}{m + \frac{1}{2}M} = 2,5 \text{ m/s}^2$$

$$\text{Sức căng } T = \frac{1}{2}Ma = 7,5 \text{ N}.$$

$$\text{b) Công } A = \mu\theta = T.R.\theta = \frac{0,75\pi}{4} (J) \approx 0,59 (J).$$

**Câu 11:** Thiết lập biểu thức tính công của ngoại lực trong chuyển động quay của vật rắn xung quanh một trục cố định. Suy ra định lý về động năng của vật rắn trong chuyển động quay.

**Trả lời:** + Có  $dA = F_t.ds$  mà  $ds = r d\theta \Rightarrow dA = r.F_t d\theta = M d\theta$

+ Công toàn phần của vật rắn quay từ vị trí 1 đến 2

$$A = \int_1^2 dA = \int_1^2 M d\theta = \int_1^2 I \cdot \frac{d\omega}{dt} d\theta = \int_1^2 I \cdot \omega d\omega = \int_1^2 I d \frac{\omega^2}{2}$$

$$\Rightarrow A = \frac{1}{2} I \omega_2^2 - \frac{1}{2} I \omega_1^2 = W_{dq2} - W_{dq1}$$

+ Định lý động năng của vật rắn quay:

Độ biến thiên động năng của vật rắn quay trong 1 khoảng thời gian có giá trị bằng công của ngoại lực tác dụng lên chất điểm trong thời gian đó.



**Bài toán:** Một cột đồng chất có chiều cao  $h = 5m$ , đang ở vị trí thẳng đứng thì bị đổ xuống. Xác định:

- Vận tốc dài của đỉnh cột khi nó chạm đất;
- Vị trí của điểm M trên cột sao cho khi M chạm đất thì vận tốc của nó đúng bằng vận tốc chạm đất của một vật thả rơi tự do từ vị trí M.

**Giải:**a) Ở vị trí thẳng đứng, cột thế năng  $w_1 = \frac{mgh}{3}$ . Khi đổ tới mặt đất thì thế năng này

biến thành động năng quay của cột ở vị trí chạm đất  $\omega_d = \frac{1}{2} I \omega^2$ , trong đó  $I$  là momen quán

tính của cột đối với trục qua gốc của cột:  $I = \frac{mh^2}{3}$ ,  $\omega$  là vận tốc góc của cột lúc chạm đất.

Áp dụng định luật bảo toàn cơ năng sẽ tính được  $\omega$ , từ đó suy ra vận tốc của đỉnh cột lúc chạm đất  $v = h\omega = \sqrt{3gh}$ .

b) Gọi  $x$  là độ cao của điểm M khi cột ở vị trí thẳng đứng. Áp dụng công thức tính vận tốc của vật rơi tự do, ta có:

$(v_M)$  lúc chạm đất  $= \sqrt{2gx}$ . Theo điều kiện của đầu bài:  $x\omega = \sqrt{2gx}$ . Từ đó suy ra:  $x = \frac{2}{3}h$

**Câu 12:** Thiết lập phương trình dao động tắt dần của con lắc lò xo dưới tác dụng của lực cản có độ lớn tỷ lệ với tốc độ. Tìm công thức tính giảm lượng loga của dao động tắt dần.

**Trả lời:**

\* Thiết lập phương trình dao động tắt dần của con lắc lò xo.

Các lực tác dụng lên vật: 
$$\begin{cases} \overrightarrow{F_{kv}} = -k\vec{x} \\ \overrightarrow{F_c} = -r\vec{v} \end{cases}$$

Viết phương trình Newton với quả cầu:  $\overrightarrow{F_{kv}} + \overrightarrow{F_c} = m\vec{a} \xrightarrow{(+)} -kx - rv = ma$

hay  $m \frac{d^2x}{dt^2} = -kx - r \frac{dx}{dt}$ .

$\Leftrightarrow \frac{d^2x}{dt^2} + \frac{r}{m} \cdot \frac{dx}{dt} + \frac{k}{m} x = 0$ .

Đặt  $\frac{k}{m} = \omega_0^2$  hay  $\frac{r}{m} = 2\beta$ .

$$\Rightarrow \frac{d^2x}{dt^2} + 2\beta \frac{dx}{dt} + \omega_0^2 x = 0.$$

Nghiệm của phương trình trên có dạng:  $x = A_0 e^{-\beta t} \cos(\omega t + \varphi)$  đó là phương trình dao động tắt dần với  $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}$ .

Giảm lượng loga: loga tự nhiên của số 2 biên độ dao động liên tiếp cách nhau 1 chu kỳ  $T$ .  
Đặt  $A = A_0 \cdot e^{-\beta t}$

$$\Rightarrow \text{Giảm lượng loga: } \delta = \ln \frac{A(t)}{A(t+T)} = \ln \frac{A_0 \cdot e^{-\beta t}}{A_0 \cdot e^{-\beta(t+T)}} = \ln e^{\beta T} \Rightarrow \delta = \beta T.$$

**Câu 13:** Trình bày định luật phân bố phân tử theo vận tốc Maxwell. Từ đó suy ra công thức tính vận tốc có xác suất lớn nhất và vận tốc trung bình của phân tử khí (không phải tích phân). Cho biết ý nghĩa của các loại vận tốc này.

**Trả lời:**

\* Định luật phân bố phân tử theo vận tốc của Maxwell

+) Thực nghiệm chứng tỏ rằng các phân tử khí có vận tốc rất lớn  $0 < v < \infty$ . Giả sử khí có  $n$  phân tử,  $dn$  là số phân tử có vận tốc trong khoảng  $v + dv$

$\Rightarrow \frac{dn}{n}(\%)$  là số phần trăm phân tử có vận tốc nằm trong khoảng này hay  $\frac{dn}{n}$  là xác suất tìm thấy phân tử có vận tốc nằm trong khoảng  $v + dv$ .

+)  $F(v)$  là một hàm phụ thuộc vào  $v$ , gọi là hàm phân bố.

+)  $F(v)dv$  là xác suất phân tử có vận tốc trong khoảng  $(v, v + dv) \Rightarrow F(v)dv = \frac{dn}{n}$

$$\Rightarrow \int_0^\infty \frac{dn}{n} = \int_0^\infty F(v)dv \Rightarrow n = n \int_0^\infty F(v)dv$$

$\Rightarrow \int_0^\infty F(v)dv = 1$  là điều kiện chuẩn hóa của hàm phân bố.

Từ đó Maxwell tìm được: 
$$F(v) = \frac{4}{\sqrt{\pi}} \left( \frac{m_0}{2kT} \right)^{\frac{3}{2}} v^2 \cdot e^{-\frac{m_0 v^2}{2kT}}$$

+) Xét  $\frac{dF(v)}{dv} = 0 \Rightarrow F(v)$  đạt max tại  $v = \sqrt{\frac{2kT}{m_0}} = \sqrt{\frac{2RT}{\mu}} = v_{xs}$  (xác suất phân tử có  $v_{xs}$  là cao nhất).

→ Vận tốc trung bình:  $\bar{v} = \int_0^{\infty} F(v) v dv = \sqrt{\frac{8kT}{m_0\pi}} = \sqrt{\frac{8kT}{\pi\mu}}$

Vận tốc căn quân phương:  $v_c^2 = \bar{v^2} = \int_0^{\infty} F(v) v^2 dv = \frac{3kT}{m_0} \Rightarrow v_c = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}}$

+)  $v_{xs} < \bar{v} < v_c$ .

**Bài toán:** Khối lượng riêng của một chất khí  $\rho = 5.10^{-2}$  (kg / m<sup>3</sup>); vận tốc căn quân phương của các phân tử khí này là  $v = 450$ (m /s). Áp suất của khối khí tác dụng lên thành bình là:

**Giải**

Áp dụng PT trạng thái khí lí tưởng:  $n = \frac{PV}{RT} \Rightarrow \frac{n}{\mu} = \frac{PV}{RT} \Rightarrow \frac{RT}{\mu} = \frac{PV}{m} = \frac{P}{\frac{m}{V}} = \frac{P}{\rho}$

Vận tốc căn quân phương của các phân tử khí:  $v_c = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}} \Rightarrow \frac{RT}{\mu} = \frac{v_c^2}{3}$

$\Rightarrow \frac{P}{\rho} = \frac{v_c^2}{3} \Rightarrow P = \rho \cdot \frac{v_c^2}{3} = 3375(N / m^2)$

**Câu 14:** Trình bày nội dung cơ bản của thuyết động học phân tử khí lí tưởng. Viết phương trình giữa áp suất và nhiệt độ của khối khí đó. Từ đó tính nội năng khí lí tưởng.

**Trả lời:**

\* Nội dung:

- +) Các chất cấu tạo gián đoạn và gồm 1 số lớn các phân tử.
- +) Các phân tử chuyển động liên hoàn không ngừng. Cường độ chuyển động biểu hiện nhiệt độ của hệ.
- +) Kích thước phân tử rất nhỏ so với khoảng cách giữa chúng, có thể coi là chất điểm.
- +) Các phân tử không tương tác, chỉ va chạm theo cơ học Newton.

\* Phương trình cơ bản của thuyết động học phân tử chất khí.

+)  $n = n_0 \cdot v \Delta t \cdot \Delta s \rightarrow$  Số phân tử va với đáy trục  $\Delta n = \frac{n}{6} = \frac{1}{6} n_0 v \Delta t \cdot \Delta s$

+) Xung lg do 1 phân tử:  $\gamma \Delta t = \left| m_0 \overline{v_2} - m_0 \overline{v_1} \right| = 2m_0 v$

$$\Rightarrow \gamma = \frac{2m_0 v}{\Delta t} \Rightarrow F = \frac{2m_0 v}{\Delta t} \Delta n = \frac{2m_0 v}{\Delta t} \cdot \frac{1}{6} n_0 v \Delta t \cdot \Delta s = \frac{1}{3} n_0 m_0 v^2 \Delta s$$

$$\Rightarrow P = \frac{F}{\Delta s} = \frac{1}{3} n_0 m_0 v^2.$$

\* Hệ quả:  $P = \frac{2}{3} n_0 \overline{w} = \frac{nRT}{v} \Leftrightarrow \overline{w} = \frac{3}{2} \frac{nRT}{n_0 v} = \frac{3}{2} \frac{nRT}{N}$

$$\text{Mà } N = n \cdot N_A \Rightarrow \overline{w} = \frac{3}{2} \frac{RT}{N_A} = \frac{3}{2} kT$$

Với  $N_A = 6.023.10^{23}$  : số phân tử trong 1 mol.

$$k = \frac{R}{N_A} = 1,38.10^{-23} : \text{Hằng số Boltzman.}$$

Thay vào:  $P = \frac{2}{3} n_0 \overline{w} = n_0 kT.$

+)  $\overline{w} = \frac{3}{2} kT$  (động năng trung bình tịnh tiến).

Nếu phân tử có  $i$  bậc tự do thì  $\overline{w_d} = \frac{i}{2}kT$  (bao gồm chuyển động tịnh tiến và chuyển động quay)

$$\Rightarrow U = N\overline{w_d} = N\frac{i}{2}kT = \frac{m}{M} - \frac{i}{2}RT.$$

**Bài toán:**

Tổng động năng tt trung bình của các phân tử khí  $N_2$  chứa trong 1 khí cầu  $V = 0,02m^3$  là  $5.10^3 J$  và vận tốc căn quân phương của 1 phân tử là  $2.10^3 m/s$ .

- a) Tìm khối lượng  $N_2$  chứa trong khí cầu.
- b) Áp suất khí tác dụng lên thành khí cầu.

**Giải:**

$$a) \quad V^2 = \frac{3RT}{\mu}$$

$$\overline{W} = \frac{3}{i}U = \frac{3}{i} \cdot \frac{i}{2} \cdot \frac{m}{\mu} RT = \frac{m}{2}V^2$$

$$\Rightarrow m = \frac{2\overline{W}}{V^2} = \frac{1}{400}(kg) = 2,5(g).$$

$$b) \quad \overline{W} = \frac{3}{2}nRT = \frac{3}{2}pV$$

$$\Rightarrow p = \frac{2}{3} \frac{\overline{W}}{V} = 1666,67(Pa)$$

**Câu 15:** Định nghĩa trạng thái cân bằng, quá trình cân bằng. Một quá trình tiến hành như thế nào có thể xem như là cân bằng? Vì sao?

**Trả lời:**

\* Trạng thái cân bằng: Trạng thái trong đó thông số của hệ được hoàn toàn xác định và sẽ tồn tại mãi mãi nếu không có tác động từ bên ngoài.

\* Quá trình cân bằng: Là quá trình biến đổi gồm một chuỗi liên tiếp các trạng thái cân bằng.

\* Một quá trình được thực hiện rất chậm, hoặc nói một cách chặt chẽ vô cùng chậm, để có đủ thời gian thiết lập lại sự cân bằng mới của hệ thì quá trình đó được coi là quá trình cân bằng.

Vì: Trong một quá trình biến đổi, hệ chuyển từ trạng thái cân bằng này sang trạng thái cân bằng tiếp theo thì trạng thái cân bằng trước đã bị phá hủy, nó thay đổi theo thời gian.

**Bài toán:**

Có hai bình cầu được nối với nhau bằng một ống có khóa, đựng cùng một chất khí. Áp suất ở bình thứ nhất là  $2 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ , ở bình thứ hai là  $10^6 \text{ N/m}^2$ . Mở khóa nhẹ nhàng để hai bình thông với nhau sao cho nhiệt độ khí vẫn không đổi. Khi đã cân bằng, áp suất ở hai bình là  $4 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ . Tìm thể tích của bình cầu thứ hai, nếu biết thể tích của bình cầu thứ nhất là  $15 \text{ dm}^3$ .

**Giải:**

Khi mở khóa cho hai bình thông nhau ta có phương trình trạng thái:

$$p(V_1 + V_2) = \frac{M_1 + M_2}{\mu} RT \quad (1)$$

Muốn tìm  $V_2$ , ta phải tìm  $M_1$  và  $M_2$ .

Từ phương trình trạng thái của khí ở bình 1:

$$p_1 V_1 = \frac{M_1}{\mu} RT, \text{ ta có: } M_1 = \frac{\mu p_1 V_1}{RT},$$

$$\text{Và ở bình 2: } p_2 V_2 = \frac{M_2}{\mu} RT, \text{ ta có: } M_2 = \frac{\mu p_2 V_2}{RT}.$$

$$\text{Thay } M_1 \text{ và } M_2 \text{ vào (1) ta có: } V_2 = \frac{(p_1 - p)V_1}{p - p_2} = 5 \cdot 10^{-3} (\text{m}^3).$$

**Câu 16:** Hãy thiết lập công thức tính áp suất của khí quyển phụ thuộc vào độ cao. Từ đó suy ra định luật phân bố Boltzman.

**Trả lời:**

Xét cột không khí cao  $dh$ , diện tích đáy  $1m^2$ , ở độ cao  $h$ . Áp suất đáy dưới  $p$ .

$\Rightarrow$  Áp suất đáy trên:  $p + dp$  ( $dp < 0$ , do lên cao áp suất giảm) và  $dp = -dP$  (do  $S = 1m^2$ ) (trọng lượng cột không khí).

$\Rightarrow$  Số phân tử nằm trong cột  $dh$ :  $d_n = n_0 S dh = n_0 dh$ .

$\Rightarrow$  Trọng lượng cột  $dh$ :

$$dP = dn \cdot mg = mgn_0 dh \text{ hay } dp = -mgn_0 dh$$

$$\Rightarrow dp = -\frac{mg}{kT} p dh \Leftrightarrow \frac{dp}{p} = -\frac{mg}{kT} dh.$$

$$\Rightarrow \int_{\text{mat dat}}^h \frac{dp}{p} = \int_0^h -\frac{mg}{kT} dd \Rightarrow \ln\left(\frac{p}{p_0}\right) = -\frac{mg}{kT} h.$$

$$\Rightarrow p = p_0 \cdot e^{\frac{-mg}{kT} h} \Rightarrow \text{Áp suất giảm khi độ cao tăng.}$$

$$* \text{ Định luật phân bố của Boltzman: } n_{0h} = n_{0,\text{mat dat}} \cdot e^{\frac{-mg}{kT} h} = n_{0,\text{mat dat}} \cdot e^{\frac{-wt}{kT}}.$$

**Bài toán:**

Ở điều kiện áp suất bằng  $1at$  và nhiệt độ  $20^\circ C$ , một người trong trạng thái tĩnh, hít vào phổi một lượng khí có thể tích bằng  $0,5l$ . Biết rằng trong không khí số phân tử oxy chiếm tỷ lệ 21% (coi không khí là khí lý tưởng), tính số phân tử  $O_2$  trong mỗi lần hít vào, khi người đó ở:

a) Trên mặt đất;

b) Trên một ngọn núi có độ cao  $h = 2000m$  và nhiệt độ cũng vẫn là  $20^\circ C$ . Biết không khí có  $\mu = 29 \text{ g/mol}$ ,  $R = 8,31 \text{ J/mol.K}$ .

**Giải:**

a) + Từ phương trình trạng thái khí lý tưởng suy ra số mol không khí mỗi lần hít vào:

$$n = \frac{pV}{RT} \approx 0,02 \text{ (mol)}.$$

+ Số phân tử không khí tương ứng:  $N = n.N_A$  và số phân tử khí  $O_2$  hít vào:

$$N_0 = 21\%.n.N_A = 2,5.10^{21} \text{ (phân tử)}.$$

+ Từ công thức khí áp xác định được áp suất không khí ở độ cao:  $p_h = p_0 e^{-\frac{\rho gh}{RT}} \approx 0,8 \text{ (at)}$

+ Vì số phân tử tỷ lệ với mật độ phân tử cũng là tỷ lệ với áp suất  $\Rightarrow$  số phân tử khí  $O_2$  trong mỗi lần hít vào ở độ  $h$ :  $N_h = 2,0.10^{21}$  (phân tử).

### Câu 17:

1. Trình bày:

a/Khái niệm công và nhiệt trong một quá trình cân bằng.

b/Phát biểu và viết biểu thức nguyên lý 1 nhiệt động lực học. Nêu ý nghĩa và các hệ quả của nguyên lý 1.

a)

+) Công: Đại lượng đặc trưng cho mức độ trao đổi năng lượng thông qua chuyển động có hướng của hệ.

+) Nhiệt: Đại lượng đặc trưng cho mức độ trao đổi năng lượng thông qua mức độ chuyển động hỗn loạn của các phân tử trong hệ.

b)Phát biểu:

- Độ biến thiên năng lượng của hệ trong quá trình biến đổi bằng tổng công và nhiệt hệ nhận được trong quá trình đó.

$$\Delta W = A + Q$$

Đặt  $A = -A'$ ,  $Q = -Q'$ .

- Hệ đứng yên  $W = U$

$$\Rightarrow \Delta U = A + Q$$

Đối với quá trình biến đổi vô cùng nhỏ  $dU = dA + dQ$ .

2. Ý nghĩa:

- Nếu  $A > 0$ ,  $Q > 0 \Rightarrow \Delta U = U_2 - U_1 > 0$

$\rightarrow$  Nội năng tăng, hệ nhận công và nhiệt.

- Nếu  $A < 0$ ,  $Q < 0 \rightarrow \Delta U < 0 \rightarrow$  Nội năng giảm.

$\rightarrow$  Hệ sinh công  $A'$ , tỏa ra nhiệt  $Q'$ .

\* Định luật bảo toàn và chuyển hóa năng lượng.



Năng lượng không tự sinh ra cũng không tự mất đi, nó chỉ chuyển hóa từ dạng này sang dạng khác, truyền từ hệ này sang hệ khác.

### 3. Hệ quả

- Không tồn tại động cơ vĩnh cửu của loại I.

- Trong 1 hệ cô lập gồm 2 vật trao đổi nhiệt, nhiệt lượng do vật này tỏa ra bằng nhiệt lượng vật kia thu vào.

$$\Delta U = 0 \Rightarrow Q_1 = -Q_2.$$

### Bài toán:

6,5 gam hydro ở nhiệt độ  $27^\circ\text{C}$ , nhận được nhiệt nên thể tích giãn nở gấp đôi, trong điều kiện áp suất không đổi. Tính:

- Công mà khí sinh ra;
- Độ biến thiên nội năng của khối khí;
- Nhiệt lượng đã cung cấp cho khối khí.

### Giải:

Quá trình giãn nở là đẳng áp nên:

$$A' = p \cdot \Delta V = \frac{M}{\mu} RT_1 = 8,1 \cdot 10^3 \text{ J};$$

$$\Delta U = \frac{M}{\mu} \cdot \frac{i}{2} R (T_2 - T_1).$$

Tìm  $T_2$  từ phương trình của quá trình đẳng áp:

$$T_2 = T_1 \frac{V_2}{V_1} = 2T_1.$$

$$\text{Do đó: } \Delta U = \frac{M}{\mu} \cdot \frac{i}{2} RT = 20,2 \cdot 10^3 \text{ J}.$$

Theo nguyên lý thứ nhất của nhiệt động học.

$$Q = \Delta U - A = \Delta U + A' = 28,3 \cdot 10^3 \text{ J}.$$

**Câu 18:** Xét một khối khí lý tưởng biến đổi theo quá trình cân bằng đoạn nhiệt:

a) Định nghĩa và thiết lập phương trình liên hệ giữa áp suất và thể tích của khối khí trong quá trình biến đổi đó.

b) Vẽ dạng đồ thị của quá trình trên trục tọa độ  $OpV$ . Vì sao trên đồ thị  $OpV$  đường đoạn nhiệt dốc hơn đường đẳng nhiệt?

Trả lời:

a) Quá trình đoạn nhiệt là quá trình trong đó hệ không trao đổi nhiệt với môi trường

Ta có:  $U = \frac{m}{\mu} \cdot \frac{iR}{2} T = \frac{m}{\mu} C_V T$  và  $\delta A = -pdV$

$$\Rightarrow \frac{m}{\mu} C_V dT = -pdV = -\frac{m}{\mu} \frac{RT}{V} dV$$

Hay  $C_V dT = -RT \frac{dV}{V} \Leftrightarrow \frac{dT}{T} + \frac{R}{C_V} \cdot \frac{dV}{V} = 0$

$$\Rightarrow \ln T + \frac{R}{C_V} \ln V = \text{const}.$$

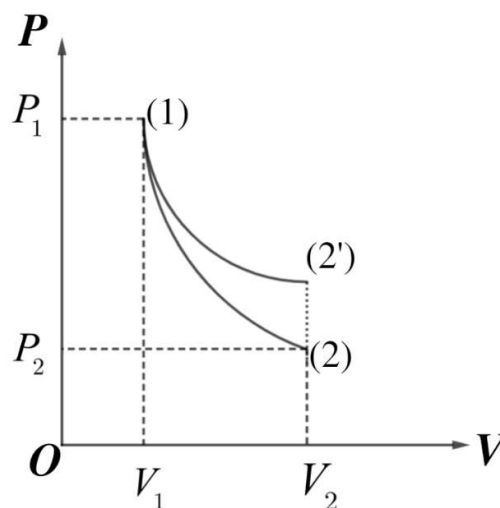
Do  $\frac{R}{C_V} = \frac{C_P - C_V}{C_V} = \gamma - 1 \Rightarrow \ln T + (\gamma - 1) \ln V = \ln(T \cdot V^{\gamma-1}) = \text{const}$

$$\Rightarrow T \cdot V^{\gamma-1} = \text{const} \rightarrow \begin{cases} PV^\gamma = \text{const} \\ TP^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = \text{const} \end{cases}.$$

b)

Giải thích:

Quá trình đoạn nhiệt, độ biến thiên nội năng đúng bằng công mà khối khí nhận vào. Khi nén đoạn nhiệt, nhiệt độ khối khí tăng, đường đoạn nhiệt đi lên nhanh hơn. Và tương tự với giãn đoạn nhiệt.



**Bài toán:**

Nén 10g khí oxy từ điều kiện tiêu chuẩn đến thể tích 4 lít. Tìm:

- a) Áp suất và nhiệt độ của khối khí sau mỗi quá trình nén đẳng nhiệt và đoạn nhiệt.
- b) Công cần thiết để nén khí trong mỗi trường hợp. Từ đó, suy ra nên nén theo cách nào thì lợi hơn.

**Giải:**

a) Nén đẳng nhiệt:

$$T_2 = T_1 = 273K ;$$

$$p_2 = p_1 \frac{V_1}{V_2} = 5 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2.$$

Nén đoạn nhiệt:

$$T_2 = T_1 \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} = 520K ;$$

$$p_2 = p_1 \cdot \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma} = 9,5 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2 ;$$

b) Công nén khí trong quá trình đẳng nhiệt:

$$A = \frac{M}{\mu} RT \cdot \ln \left( \frac{p_2}{p_1} \right) = 1115J ;$$

Công trong quá trình đoạn nhiệt:

$$A = \frac{p_2 V_2 - p_1 V_1}{\gamma - 1} = 1500J$$

Vậy nén đẳng nhiệt lợi hơn.

**Câu 19:** Nêu các hạn chế của nguyên lý I. Phát biểu nguyên lý 1 nhiệt động lực học dưới dạng cổ điển của Clausius và Thompson.

**Trả lời:**

1. Những hạn chế của nguyên lý I:

- Không xác định chiều truyền tự nhiên của nhiệt: Nhiệt truyền tự nhiên từ vật nóng hơn sang vật lạnh hơn, không có quá trình tự nhiên ngược lại.
- Không xác định chiều chuyển hóa tự nhiên của năng lượng: Thế năng tự nhiên biến thành động năng rồi thành nhiệt tỏa ra, không có quá trình tự nhiên ngược lại: nhiệt  $\rightarrow$  động năng  $\rightarrow$  thế năng.

Tuy nhiên các quá trình ngược lại đều thỏa mãn nguyên lý I nhiệt động lực học.

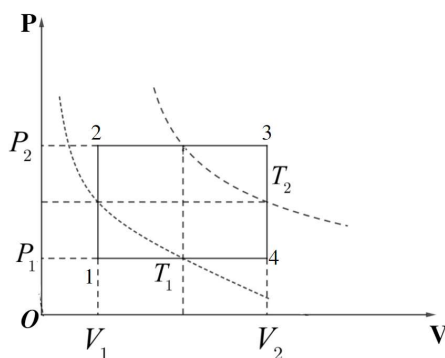
- Không đánh giá được chất lượng nhiệt.
- Không phân biệt được sự khác nhau qua quá trình chuyển hóa giữa công và nhiệt.

2)- Phát biểu của Clausius: Nhiệt không thể tự động truyền từ vật lạnh hơn sang vật nóng hơn.

- Phát biểu của Thompson: Một động cơ không thể sinh công, nếu nó chỉ trao đổi nhiệt với 1 nguồn duy nhất.

**Bài toán:**

Tác nhân của một động cơ nhiệt là một mol khí lí tưởng đơn nguyên tử, thực hiện một chu trình gồm hai quá trình đẳng tích và hai quá trình đẳng áp như hình vẽ. Các điểm chính giữa của quá trình đẳng áp phía dưới và đường đẳng tích bên trái có cùng nhiệt độ  $T_1$ , trong khi các điểm chính giữa của quá trình đẳng áp phía trên và đường đẳng tích bên phải có cùng nhiệt độ  $T_2$ . Tìm hiệu suất của chu trình đó.



**Giải:**

Áp dụng phương trình trạng thái chứng minh được:  $\frac{P_2}{P_1} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1}$  (1)

Khi chỉ nhận nhiệt lượng trong quá trình đẳng tích 1-2 và quá trình đẳng áp 2-3:

$$Q = C_v \Delta T_{12} + C_p \Delta T_{23}.$$

$$Q = \frac{3}{2}(p_2 V_1 - p_1 V_1) + \frac{5}{2}(p_2 V_2 - p_2 V_1)$$

Thay (1) vào, biến đổi được:  $Q = \frac{1}{2} p_1 V_1 \left( \frac{T_2}{T_1} - 1 \right) \left( \frac{5T_2}{T_1} + 3 \right)$

Công khí thực hiện được trong quá trình:

$$A = (p_2 - p_1)(V_2 - V_1)$$

Thay (1) vào, biến đổi được:  $A = p_1 V_1 \left( \frac{T_2}{T_1} - 1 \right)^2$

Hiệu suất của chu trình:  $H = \frac{A}{Q} = \frac{2(T_2 - T_1)}{5T_2 + 3T_1}$ .

### Câu 20:

#### 1. Xét chu trình Carnot thuận nghịch

a) Nêu định nghĩa chu trình Carnot. Vẽ đồ thị chu trình trên trục tọa độ  $OpV$  và gọi tên các quá trình trong chu trình, chỉ rõ quá trình nào hệ nhiệt động nhận nhiệt từ nguồn nóng và quá trình nào hệ nhả nhiệt cho nguồn lạnh.

b) Tính hiệu suất chu trình Carnot thuận nghịch. Phát biểu định lý Carnot. Nêu phương hướng thực tế để tăng hiệu suất động cơ nhiệt.

a) Định nghĩa: là chu trình gồm 2 quá trình đẳng nhiệt thuận nghịch và 2 quá trình đoạn nhiệt thuận nghịch.

1-2: dẫn đẳng nhiệt ở  $T_1$  thu nhiệt ở  $Q_1$

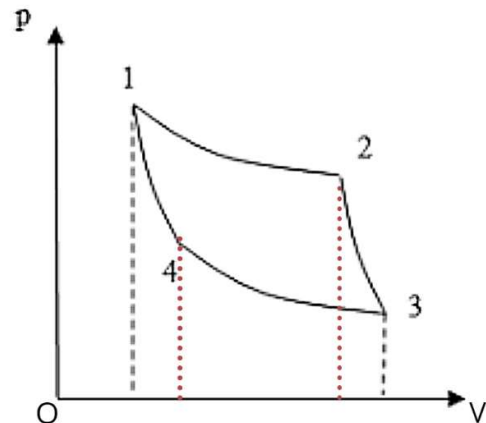
2-3: dẫn đoạn nhiệt,  $t^\circ$  giảm

$$T_1 \rightarrow T_2 : T_1 \cdot V_2^{\gamma-1} = T_2 \cdot V_3^{\gamma-1}$$

3-4: nén đẳng nhiệt ở  $T_2$ , tỏa nhiệt ở  $Q_2$ .

4-1: nén đoạn nhiệt,  $t^\circ$  tăng từ  $T_2$  lên  $T_1$ .

Chu trình Carnot thuận:  $T_4 \cdot V_1^{\gamma-1} = T_1 \cdot V_4^{\gamma-1}$



b)• Tính hiệu suất:

Trường hợp tác nhân là khí lí tưởng:

$$\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} \quad + \quad Q_1: \text{nhiệt lượng tác nhân được nhận được từ nguồn nóng.}$$

$$+ Q_1 = \frac{m}{\mu} RT_1 \ln \frac{v_2}{v_1}$$

+  $Q'_2$ : nhiệt lượng tác nhân nhả ra cho nguồn lạnh.

$$+ Q'_2 = -Q_2 = \frac{m}{\mu} RT_2 \ln \frac{v_1}{v_4}$$

$$\Rightarrow \eta = 1 - \frac{T_2 \ln \frac{v_1}{v_4}}{T_1 \ln \frac{v_2}{v_1}}$$

Với các quá trình đoạn nhiệt 2-3; 4-1 ta có: 
$$\begin{cases} T_1 V_2^{\gamma-1} = T_2 V_3^{\gamma-1} \\ T_4 V_1^{\gamma-1} = T_1 V_4^{\gamma-1} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \frac{v_3}{v_4} \Rightarrow \eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}.$$

Nhận xét: hiệu suất của chu trình Carnot thuận nghịch đối với khí lí tưởng chỉ phụ thuộc vào  $t^\circ$  của nguồn nóng và nguồn lạnh, không phụ thuộc vào tác nhân.

- Phát biểu định luật Carnot: Hiệu suất của tất cả các động cơ thuận nghịch chạy theo chu trình Carnot với cùng nguồn nóng và nguồn lạnh đều bằng nhau, không phụ thuộc vào tác nhân cũng như cách chế tạo máy. Hiệu suất của động cơ không thuận nghịch thì nhỏ hơn hiệu suất của động cơ thuận nghịch.
- Phương hướng thực tế để tăng hiệu suất của động cơ nhiệt: tăng  $T_1$ , giảm  $T_2$  và chế tạo gần đúng động cơ thuận nghịch.

**Bài toán:** Một động cơ nhiệt làm việc theo chu trình Carnot, sau mỗi chu trình sinh một công  $A = 7,35 \cdot 10^4 J$ . Nhiệt độ của nguồn nóng là  $100^\circ C$ , nhiệt độ của nguồn lạnh là  $0^\circ C$ . Tìm:

- Hiệu suất của động cơ;
- Nhiệt lượng nhận được của nguồn nóng sau một chu trình;
- Nhiệt lượng nhả cho nguồn lạnh sau một chu trình.

**Đáp án:**

$$a) H = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{273}{373} = 26,81(\%)$$

$$b) H = \frac{A}{Q_1} \Rightarrow Q_1 = \frac{A}{H} = \frac{7,35.10^4}{0,2681}$$

$$\Rightarrow Q_1 = 274151,436 (J).$$

$$c) A = Q_1 - Q'_2 \Rightarrow Q'_2 = Q_1 - A = 200651,436 (J).$$

**Câu 21:** Định nghĩa, tính chất hàm Entropi của hệ nhiệt động. Dẫn ra biểu thức định lượng của nguyên lý II viết dưới dạng hàm Entropi. Phát biểu nguyên lý tăng Entropi và ý nghĩa của nó.

**Trả lời:**

1. Hàm entropi.

- Là đại lượng vật lý (kí hiệu S) mà độ biến thiên của nó có giá trị bằng tích phân Clausius từ TT (1) đến TT (2) theo một quá trình tự nhiên.

$$\Delta S = S_2 - S_1 = \oint_{(1)}^{(2)} \frac{\delta Q}{T} \quad (*)$$

+  $S_1, S_2$  : giá trị tích phân Clausius tại các TT (1), (2).

+  $S$  : Hàm entropi. (J/k)

\* Dạng vi phân của tại 0 (k).

+)  $S$  là hàm trạng thái.

$$+) S_{he} = \sum S_{\text{các thành phần hệ}}$$

2. Ý nghĩa:

- Đặc trưng cho mức độ hỗn loạn của 1 hệ nhiệt động.

CM: Xét quá trình giãn đẳng nhiệt vô cùng nhỏ của  $k_1 T$

$$\rightarrow dU = 0$$

$$dQ = dA = PdV = \frac{nRT}{V} . dV \Leftrightarrow \frac{dV}{V} = nR \frac{dQ}{T} \quad (*)$$

$\rightarrow$  khi bị giãn  $\Leftrightarrow V$  tăng  $\Leftrightarrow$  tăng tính ngẫu nhiên vị trí  $\rightarrow$  hỗn loạn hơn.

Câu 21: Tính  $\Delta S$  khi biến đổi 1g nước ở  $0^\circ C$  thành hơi  $100^\circ C$ .

$$+) \Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2$$

$$+) \Delta S_1 = \int \frac{\delta Q_1}{T} = \int \frac{mc dT}{T} = mc \int_{T_1}^{T_2} \frac{dT}{T} = mc \ln \frac{T_2}{T_1} = 10^{-3} \cdot 4200 \cdot \ln \frac{373}{273} = 1,31 \text{ (J/K)}/$$

$$+) \Delta S_2 = \int \frac{\delta Q_2}{T} = \frac{1}{T_2} \int \delta Q_2 = \frac{1}{T_2} Q_2 = \frac{1}{T_2 Lm} = \frac{2,26 \cdot 10^6 \cdot 10^{-3}}{373} = 6,06 \text{ (J/K)}$$

$$\Rightarrow \Delta S = 7,37 \text{ (J/K)}.$$

**Bài toán:**

Tính độ biến thiên entropy khi biến đổi 1g nước ở  $0^\circ\text{C}$  thành hơi  $100^\circ\text{C}$ .

**Giải:**

$$+) \Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2$$

$$+) \Delta S_1 = \int \frac{\delta Q_1}{T} = \int \frac{mc dT}{T} = mc \int_{T_1}^{T_2} \frac{dT}{T} = mc \ln \frac{T_2}{T_1} = 10^{-3} \cdot 4200 \cdot \ln \frac{373}{273} = 1,31 \text{ (J/K)}/$$

$$+) \Delta S_2 = \int \frac{\delta Q_2}{T} = \frac{1}{T_2} \int \delta Q_2 = \frac{1}{T_2} Q_2 = \frac{1}{T_2 Lm} = \frac{2,26 \cdot 10^6 \cdot 10^{-3}}{373} = 6,06 \text{ (J/K)}$$

$$\Rightarrow \Delta S = 7,37 \text{ (J/K)}.$$