

CHƯƠNG 1. CƠ 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.
3. **Nắm được nội dung của 3 định luật Newton.**
4. **Hiểu và vận dụng được các định lý về động lượng và định luật bảo toàn động lượng.**

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).**
8. **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.**
9. **Phát biểu định luật Newton thứ hai và ý nghĩa.**
10. **Phát biểu định luật Newton thứ ba. Nêu các lực liên kết.**
11. **Trình bày các định lý về động lượng và xung lượng. Nêu ý nghĩa vật lý của các đại lượng này.**
12. **Thiết lập định luật bảo toàn động lượng. Điều kiện để áp dụng định luật bảo toàn động lượng.**

C - TÓM TẮT NỘI DUNG

1. NHỮNG KHÁI NIỆM MỞ ĐẦU

1.1. Hệ quy chiếu

1.2. Phương trình chuyển động và phương trình quỹ đạo

a. 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 véctơ 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.

b. Phương trình quỹ đạo

Định nghĩa: 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. CÁC ĐẠI LƯỢNG ĐẶC TRƯNG CỦA ĐỘNG HỌC CHẤT ĐIỂM

2.1. 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.

a. Vận tốc trung bình

Định nghĩa : 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.

$$\vec{v}_{TB} = \frac{\overrightarrow{M_1 M_2}}{\Delta t}$$

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

Đơn vị: mét/giây (m/s)

b. Véc tơ vận tốc

Định nghĩa: Véc tơ 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: *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:
$$v_x = \frac{dx}{dt}; \quad v_y = \frac{dy}{dt}; \quad v_z = \frac{dz}{dt}$$

Độ lớn:
$$v = |\vec{v}| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$$

2.2. Gia tốc

a. Véc tơ gia tốc

Định nghĩa: Véc tơ 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)² (m/s²)

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

b. Gia tốc tiếp tuyến và gia tốc pháp tuyến

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

+ **Véc tơ 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.

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

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

+ **Véc tơ 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.

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

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 :

$$\vec{a} = \vec{a}_t + \vec{a}_n \text{ và có độ lớn : } |\vec{a}| = \sqrt{a_t^2 + a_n^2}$$

3. HAI DẠNG CHUYỂN ĐỘNG CƠ ĐẶC BIỆT

3.1. Chuyển động thẳng biến đổi đều

- Gia tốc : $a = a_t = \text{const}$

- Vận tốc: $v = at + v_0$

- Đường đi: $s = v_0 t + \frac{at^2}{2}$

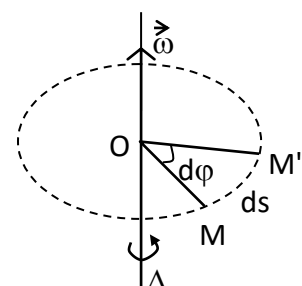
- Hệ thức liên hệ: $v^2 - v_0^2 = 2as$

- Phương trình chuyển động: $x = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}$

3.2. 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.



Hình 1-1

Biểu thức: $\vec{\omega} = \frac{d\vec{\varphi}}{dt}$

Đặc điểm:

- **Phương:** Nằm trên trục Δ
- **Chiều:** Thuận với chiều quay của chất điểm (quy tắc cái đinh vít).
- **Độ lớn:** $\omega = \frac{d\varphi}{dt}$

Đơn vị: 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.

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

Đặc điểm:

- **Phương:** Trùng với trục quay
- **Chiều:** Nếu ω tăng thì $\vec{\beta}$ cùng chiều $\vec{\omega}$ (hình 1-2a), nếu ω giảm thì $\vec{\beta}$ ngược chiều $\vec{\omega}$ (hình 1-2b)

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

Đơn vị: radian/giây² (rad/s²)

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.

c. Các công thức liên hệ

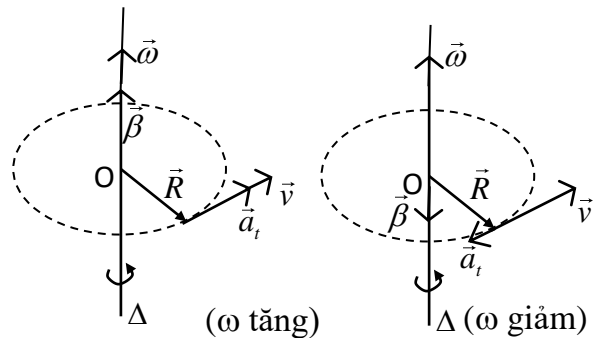
- **Liên hệ giữa vận tốc dài và vận tốc góc:**

Độ lớn: $v = \omega.R$

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

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

Độ lớn: $a_t = \beta.R$



Hình 1-2a

Hình 1-2b

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

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

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

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

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

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

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

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

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

4. CÁC ĐỊNH LUẬT NEWTON

4.1. 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.

4.2. 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

4.3. Định luật Newton thứ ba

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

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.*

5. MỘT SỐ LOẠI LỰC CƠ HỌC

5.1. Lực ma sát

a. Ma sát động và ma sát tĩnh

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

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

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

μ_s gọi là hệ số ma sát tĩnh

b. Lực ma sát lăn

Biểu thức: $F_r = \mu_r \cdot N$

μ_r là hệ số ma sát lăn, μ_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 μ_r là *sự cản trở kéo*.

5.2. 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.

5.3. Lực hướng tâm

Định nghĩa: 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: $\vec{F}_{ht} = m\vec{a}_n$

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.

6. CÁC ĐỊNH LÝ VỀ ĐỘNG LƯỢNG VÀ XUNG LƯỢNG

6.1. Các định lý về động lượng và xung lượng

* **Động lượng:**

Biểu thức: $\vec{K} = m \vec{v}$

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

a. Định lý thứ nhất về động lượng

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

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

b. Định lý thứ hai về động lượng

Phát biểu: "Độ biến thiên của véctor 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".

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

Đại lượng $\int_{t_1}^{t_2} \vec{F} . dt$ 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 $\vec{F} = const \rightarrow \Delta \vec{K} = \vec{F} . \Delta t$

6.2. 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

7. 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: $\vec{K} = \sum_{i=1}^n \vec{K}_i = \vec{K}_1 + \vec{K}_2 + \dots + \vec{K}_n = \overrightarrow{const}$

b. Hệ không cô lập

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

tiêu: $\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = \vec{F} = 0$ thì $\sum_{i=1}^n \vec{K}_i = \vec{K}_1 + \vec{K}_2 + \dots + \vec{K}_n = \overrightarrow{const}$

- 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 $\sum_{i=1}^n K_{ix} = K_{1x} + K_{2x} + \dots + K_{nx} = const$

D - BÀI TẬP CHƯƠNG 1

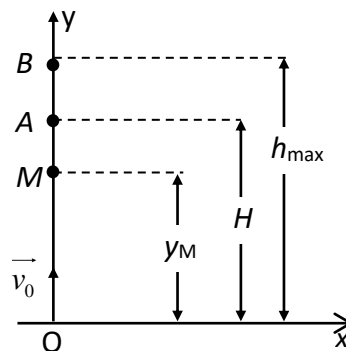
I. BÀI TẬP THÍ DỤ

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:

- Khoảng cách giữa viên đạn và hòn đá tại thời điểm $t = 0,5\text{s}$.
- Thời điểm và vị trí mà viên đạn và hòn đá gặp nhau.
- Độ bay cao nhất của viên đạn nếu không có hòn đá.

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

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



Hình 1-3

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

- 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 $t = 0,5\text{s}$ là:

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

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

- 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 $t = 0,75\text{s}$ 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 $v_0 = 800 \text{ m/s}$ hợp với mặt phẳng ngang một góc nghiêng $\alpha = 30^\circ$. Bỏ qua lực của không khí. Lấy $g = 9,8 \text{ m/s}^2$. 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: $v_0 = 800 \text{ m/s}$; $g = 9,8 \text{ m/s}^2$; $\alpha = 30^\circ$

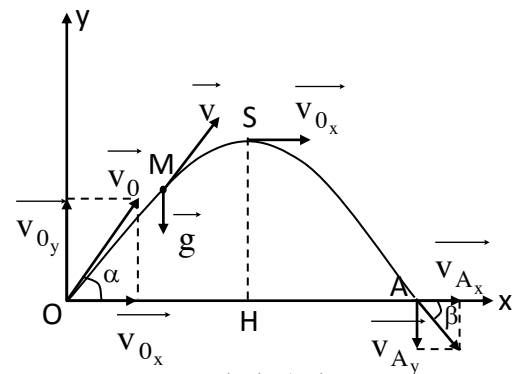
Hỏi: $x = x(t)$? $y = y(t)$? $f_{(x,y)}$?

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:

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

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

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

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

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

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

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

Vận tốc \vec{v}_A lập với phương ngang Ox một góc nghiêng β 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 $t = t_A$).

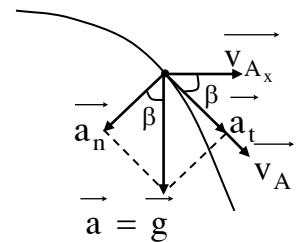
Từ (1) suy ra: $x_A = v_{ox} \cdot t_A = (v_o \cos \alpha) \cdot \frac{2v_o \sin \alpha}{g}$

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

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:

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



Hình 1-5

Thay trị số t vào (2) ta tìm được:

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

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:

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

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:

a. Vận tốc góc và vận tốc dài của một điểm trên vành bánh xe sau 1 phút.

b. Gia tốc tiếp tuyến, gia tốc pháp tuyến và gia tốc toàn phần của một điểm trên vành bánh xe sau 1 phút.

c. 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: ω ? v ? $t = 1$ phút

a_t ? a_n ? a ? N ?

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

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

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

b. Gia tốc tiếp tuyến a_t , gia tốc pháp tuyến a_n bằng:

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

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

Do đó gia tốc toàn phần a bằng:

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

c) Góc quay ϕ và số vòng quay N sau 1 phút là:

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

$$N = \frac{\phi}{2\pi} = \frac{2826}{2.3,14} = 450 \text{ vòng}$$

Bài tập 4: 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 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 α 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:

Chiều (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:

Chiều (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 5: 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 : $\vec{P}_1 + \vec{T}_1 = m_1 \vec{a}_1$

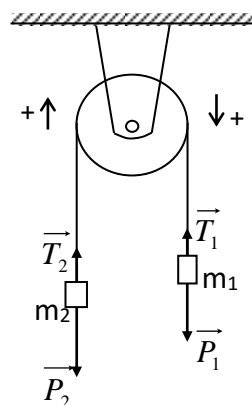
Phương trình chuyển động của vật m_2 : $\vec{P}_2 + \vec{T}_2 = m_2 \vec{a}_2$

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: $a_1 = a_2 = a$

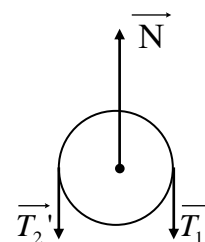
- Chiều các phương trình chuyển động lên trục OX ta được:

$$P_1 - T = m_1 a$$

$$-P_2 + T = m_2 a$$



Hình 1-6



Hình 1-7

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 $a < 0 \rightarrow$ hướng chuyển động ngược lại với giả thiết

- Nếu $m_1 = m_2$ thì $a = 0 \rightarrow$ 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 6: 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) ω ? 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 .

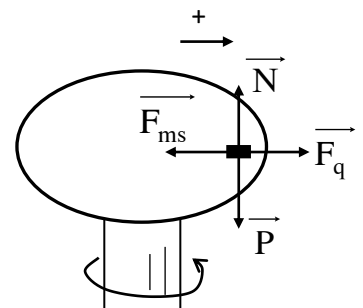
Vì vật nằm yên so với đĩa nên phương trình chuyển động của vật trong hệ O' là:

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

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: $F_{ms} - F_q = 0$



Hình 1-8

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: $\omega \geq \sqrt{\frac{\mu \cdot g}{r}}$. 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 7: 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 nhả 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:

a. Đạn bắn theo chiều xe chạy.

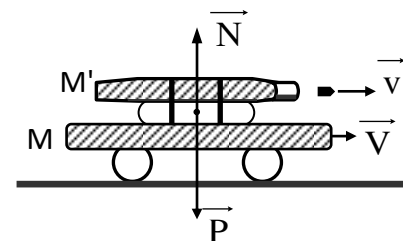
b. Đạn bắn ngược chiều xe chạy.

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 1-9

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 2. CƠ NĂNG

A- MỤC ĐÍCH, YÊU CẦU

1. Nắm được biểu thức tính công và công suất.
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.
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.
2. Nêu định nghĩa, biểu thức, ý nghĩa của động năng. Chứng minh định lý động năng.
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: $A = F.s.\cos\alpha = \vec{F} \cdot \vec{s}$

* 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

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

Đơn vị: oát (W)

2 - ĐỘNG NĂNG

a Động năng

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

Biểu thức: $W_d = \frac{mv^2}{2}$

Đơn vị: J

b. Định lý động năng

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*".

3 - TRƯỜNG LỰC THỂ VÀ THỂ NĂNG

3.1. Trường lực thể

Trường lực thể 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 thể là một hàm W_t phụ thuộc vào vị trí của chất điểm, sao cho độ giảm thế năng bằng công của lực thể.*

- *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: $V' = \frac{m_1.v_1 + m_2.v_2}{m_1 + m_2}$

D - BÀI TẬP CHƯƠNG II

I. BÀI TẬP THÍ DỤ

Bài tập 1: Một ô tô khối lượng $m = 1000\text{kg}$ chạy với vận tốc không đổi bằng 36km/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 α sao cho $\sin \alpha = 0,05$.

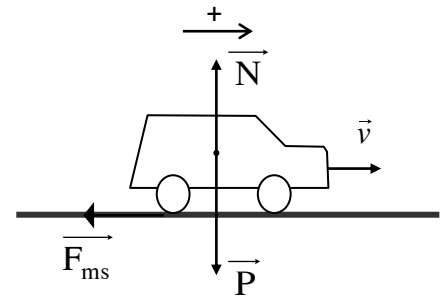
Hướng dẫn giải:

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.



Hình 2-1

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:

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

(1)

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

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

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

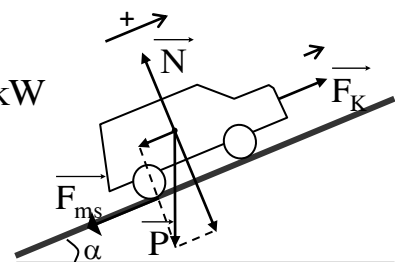
Suy ra công suất của ô tô là:

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

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 2-2

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

Vì: $N = P \cos \alpha$

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:

$$N = 1000 \cdot 9,8 \cdot (0,05 + 0,07 \cdot 0,9975) \cdot 10 \approx 11750 \text{ W} = 11,7 \text{ KW}$$

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:

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

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

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:

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

Áp dụng định lý 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:

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.

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

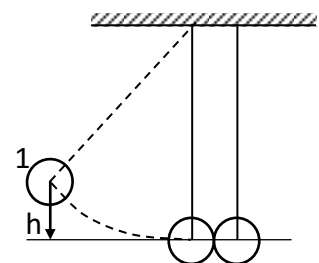
áp dụng định lý biến thiên động năng: $0 - \frac{MV^2}{2} = F_h \cdot s$

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



Hình 2-3

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: $m_1gh_1 = \frac{m_1v_1'^2}{2}$

suy ra: $h_1' = \frac{v_1'^2}{2g} = \frac{(0,31)^2}{2.9,8} \approx 5\text{mm}$

- Đối với quả cầu 2: $m_2gh_2' = \frac{m_2v_2'^2}{2}$

Suy ra: $h_2' = \frac{v_2'^2}{2g} = \frac{(1,25)^2}{2.9,8} = 80\text{mm}$

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:

$$m_1v_1 = (m_1 + m_2)v$$

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

$$v_1' = v_2' = v' = \frac{m_1v_1}{m_1 + m_2} = \frac{0,2.0,94}{0,2 + 0,1} \approx 0,63\text{m/s}$$

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:

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

Suy ra: $h' = \frac{v'^2}{2g} = \frac{(0,63)^2}{2.9,8} \approx 20\text{mm}$

CHƯƠNG 3. 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 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 , φ vào tần số Ω 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. 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.
7. Thiết lập phương trình sóng cơ. Viết biểu thức mật độ năng lượng trung bình của sóng cơ.
8. 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.
9. 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. $x = A_0 \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$

- 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. $A_0 = |x|_{\max} = \text{const}$

- 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 .

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

- Đại lượng ω_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: $W = W_d + W_t = \frac{1}{2} m \cdot \omega^2 \cdot A_0^2 = \frac{1}{2} k \cdot A_0^2 = \text{const}$

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

Chu kỳ dao động điều hòa của con lắc đơn là: $T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$

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: $A_0, \omega, \beta, \varphi$ 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: $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}$

Với β 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 δ 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 Ω là tần số góc của lực cưỡng bức.

b. Thiết lập phương trình dao động cơ cưỡng bức

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

Trong đó: A, φ phụ thuộc vào tần số góc Ω của lực cưỡng bức.

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

$$\tan \varphi = - \frac{2\beta \cdot \Omega}{\omega_0^2 - \Omega^2}$$

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 Ω 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

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 λ* : là quãng đường mà sóng truyền đi được sau mỗi chu kỳ T.

$$\lambda = v.T = \frac{v}{f}$$

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:

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

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: $\overrightarrow{P} = \overline{\omega_0} \cdot \vec{v}$

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):

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

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.

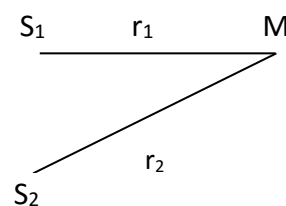
+ Điều kiện: Hai sóng kết hợp là hai sóng có cùng tần số và có hiệu pha không đổi theo thời gian

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 3-1

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.

- Viết phương trình dao động, phương trình vận tốc và gia tốc.
- Tính năng lượng của con lắc.
- 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.

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

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

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

$$\varphi = \frac{\pi}{3}$$

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

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

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

Phương trình vận tốc:

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

Phương trình gia tốc:

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

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

Năng lượng của con lắc: $W = \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}.2,465.(0,05)^2 = 3.10^{-3}(\text{J})$

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

Trị số lớn nhất của lực kéo về là:

$$|F|_{\max} = k|x|_{\max} = kA = 2,465.0,05 \approx 0,123(\text{N})$$

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

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

suy ra:
$$\Delta l = \frac{mg}{k} = \frac{0,01.9,8}{2,465} \approx 0,04(\text{m})$$

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

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

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:

a. Hệ số tắt dần và giảm lượng loga của dao động tắt dần.

b. 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:
$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}} = \frac{2\pi}{\sqrt{3,13^2 - (11,55.10^{-3})^2}} \approx 2(\text{s})$$

Giảm lượng loga:
$$\delta = \beta T = 11,55.10^{-3}.2 = 23,1.10^{-3}$$

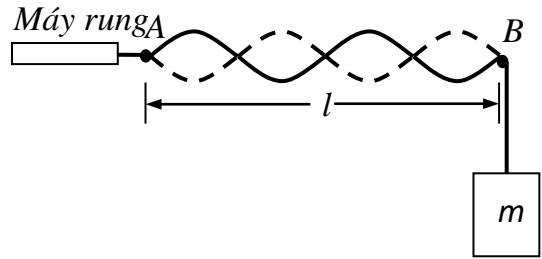
Năng lượng dao động tỉ lệ với bình phương biên độ:

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

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.



Hình 3-2

Tại B cũng là một nút. Biết tốc độ v của sóng trên dây được cho bởi biểu thức:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \text{ với } F \text{ là lực căng sợi dây, } \mu \text{ là mật độ dài của dây. Hỏi với khối lượng}$$

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:

$$l = k \frac{\lambda}{2} = k \frac{v}{2f}$$

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

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

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

CHƯƠNG 4. TRƯỜNG TĨNH ĐIỆN

A- MỤC ĐÍCH, YÊU CẦU

1. Hiểu và vận dụng được thuyết electron, định luật bảo toàn điện tích, định luật coulomb để giải thích các hiện tượng điện và tính được lực tương tác giữa các điện tích điểm.
2. Hiểu được ý nghĩa và bản chất của điện trường, điện thế, điện thông.
3. Vận dụng được định lý Ôxtrôgradxki-Gaux để tìm điện trường gây bởi các vật mang điện có hình dạng đối xứng như mặt cầu, mặt phẳng, mặt trụ...
4. Tính được công của lực tĩnh điện khi dịch chuyển một điện tích điểm trong điện trường. Nắm được mối liên hệ giữa điện trường \vec{E} và điện thế V và biểu thức năng lượng điện trường.
5. Nắm được điều kiện và tính chất của vật dẫn cân bằng tĩnh điện, ứng dụng của vật dẫn tĩnh điện trong thực tế.

B – CÂU HỎI ÔN TẬP NỘI DUNG TRONG TÂM LÝ THUYẾT

1. Khái niệm điện tích. Nội dung của thuyết electron và định luật bảo toàn điện tích.
2. Nội dung của định luật Coulomb trong chân không và biểu thức định luật Coulomb trong môi trường.
3. Khái niệm cường độ điện trường (định nghĩa, biểu thức, đơn vị). Biểu thức cường độ điện trường gây bởi một điện tích điểm.
4. Phát biểu nguyên lý chồng chất điện trường. Ứng dụng: Xác định cường độ điện trường \vec{E} gây bởi một lưỡng cực điện, một vật mang điện (xét trường hợp vật mang điện là mặt phẳng vô hạn, mặt trụ vô hạn mang điện đều).
5. Biểu thức mômen lực tác dụng lên lưỡng cực điện khi lưỡng cực điện đặt trong một điện trường đều \vec{E} .
6. Nêu tính chất của phổ đường sức tĩnh điện \vec{E} . Khái niệm véc tơ điện cảm \vec{D} . Nêu tính chất của phổ đường sức điện cảm \vec{D} . Sự tiện lợi khi dùng véc tơ điện cảm \vec{D} thay thế cho véc tơ cường độ điện trường \vec{E} .
7. Định nghĩa và viết biểu thức của điện thông gửi qua mặt S bất kỳ.
8. Phát biểu định lý Ôxtrôgradxki-Gaux. Ứng dụng: Tìm cường độ điện trường gây bởi một mặt cầu tích điện đều tại một điểm nằm ngoài mặt cầu và tại một điểm nằm trong mặt cầu; tìm cường độ điện trường gây bởi một mặt phẳng rộng vô hạn tích điện đều.

9. Biểu thức tính công của lực tĩnh điện khi dịch chuyển một điện tích điểm q_0 trong điện trường gây bởi một điện tích điểm q . Nêu nhận xét và viết biểu thức thể hiện tính chất thế của trường tĩnh điện.

10. Viết biểu thức thế năng của một điện tích điểm q_0 trong điện trường gây bởi một điện tích điểm q . Từ đó rút ra biểu thức điện thế gây bởi điện tích điểm q tại một điểm cách nó một đoạn r và biểu thức hiệu điện thế giữa hai điểm trong điện trường.

11. Định nghĩa mặt đẳng thế. Nêu các tính chất của mặt đẳng thế.

12. Viết hệ thức liên hệ giữa cường độ điện trường và điện thế. Tìm hiệu điện thế giữa hai mặt phẳng rộng vô hạn song song tích điện đều và trái dấu.

13. Thế nào là vật dẫn ở trạng thái cân bằng tĩnh điện. Nêu các tính chất của vật dẫn cân bằng tĩnh điện.

14. Giải thích hiệu ứng mũi nhọn. Nêu những ứng dụng thực tế của hiệu ứng đó.

15. Hiện tượng điện hưởng là gì? Phân biệt hiện tượng điện hưởng một phần và hiện tượng điện hưởng toàn phần. Màng điện là gì? Nêu ứng dụng của nó trong kỹ thuật và đời sống.

16. Định nghĩa vật dẫn cô lập về điện. Viết biểu thức điện dung C của vật dẫn cô lập về điện và biểu thức tính điện dung của tụ phẳng.

17. Biểu thức tính năng lượng của vật dẫn tích điện cô lập, biểu thức năng lượng của tụ điện phẳng tích điện và biểu thức năng lượng của một điện trường bất kỳ.

C – TÓM TẮT NỘI DUNG

1 - ĐỊNH LUẬT COULOMB

1.1. Điện tích điểm

Điện tích điểm là vật tích điện có kích thước nhỏ không đáng kể so với khoảng cách từ vật đó tới vật mang điện khác mà ta xét

1.2. Định luật Coulomb

a. Định luật Coulomb trong chân không

Phát biểu: *Lực tương tác giữa hai điện tích điểm q_1, q_2 trong chân không có phương nằm trên đường thẳng nối hai điện tích, có chiều tùy thuộc vào dấu của hai điện tích (cùng dấu thì đẩy nhau, trái dấu thì hút nhau), có độ lớn tỉ lệ*

thuận với tích độ lớn của hai điện tích và tỉ lệ nghịch với bình phương khoảng cách giữa hai điện tích đó.

Biểu thức:
$$F = k \cdot \frac{|q_1 \cdot q_2|}{r^2}$$

Trong đó $k = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 (N \cdot m^2 / C^2)$

ϵ_0 gọi là hằng số điện: $\epsilon_0 = 8,846 \cdot 10^{-12} (C^2 / N \cdot m^2)$

b. Trong môi trường đồng nhất

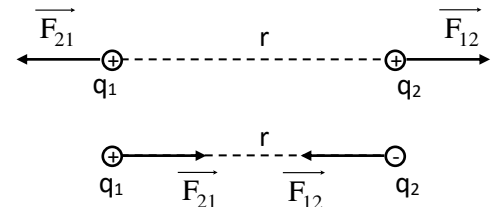
$$F = k \cdot \frac{|q_1 \cdot q_2|}{\epsilon \cdot r^2}$$

Trong đó ϵ hằng số điện phụ thuộc vào bản chất của môi trường, $\epsilon \geq 1$

c. Định luật Coulomb dưới dạng vectơ

$$\vec{F}_{12} = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{\epsilon \cdot r_{12}^3} \cdot \vec{r}_{12}$$

$$\vec{F}_{21} = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{\epsilon \cdot r_{21}^3} \cdot \vec{r}_{21}$$



Hình 4-1

Trong đó:

\vec{r}_{12} là vectơ có điểm đặt tại vị trí q_1 và có hướng từ q_1 đến q_2 .

\vec{r}_{21} là vectơ có điểm đặt tại vị trí q_2 và có hướng từ q_2 đến q_1 .

2 - ĐIỆN TRƯỜNG. VEC TƠ CƯỜNG ĐỘ ĐIỆN TRƯỜNG

2.1. Khái niệm điện trường

Điện trường là một dạng đặc biệt của vật chất bao quanh mỗi điện tích

2.2. Vectơ cường độ điện trường

a. Định nghĩa

Định nghĩa: *Véc tơ cường độ điện trường tại một điểm nào đó là đại lượng vật lý có độ lớn bằng lực điện tác dụng lên một đơn vị điện tích dương đặt tại điểm đó và có hướng là hướng của lực này*

Biểu thức:
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$$

Ý nghĩa: \vec{E} đặc trưng cho độ mạnh, yếu và phương, chiều của điện trường về mặt tác dụng lực.

Trong hệ SI, đơn vị của cường độ điện trường là *Vôn / mét* (V/m).

Chú ý: $\vec{F} = q_0 \cdot \vec{E}$

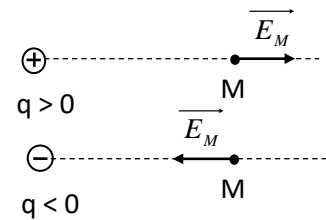
- Nếu $q_0 > 0$ thì \vec{F} cùng hướng với \vec{E} .

- Nếu $q_0 < 0$ thì \vec{F} ngược hướng với \vec{E} .

b. Véc tơ cường độ điện trường gây bởi một điện tích điểm.

Dạng véc tơ: $\vec{E} = k \cdot \frac{q}{\epsilon \cdot r^3} \cdot \vec{r}$

Độ lớn: $E = k \frac{|q|}{\epsilon \cdot r^2}$



Hình 4-2

2.3. Nguyên lý chồng chất điện trường.

- Xét hệ điện tích điểm q_1, q_2, \dots, q_n :

$$\vec{E} = \sum_{i=1}^n \vec{E}_i$$

- Trường hợp vật mang điện (hệ điện tích phân bố liên tục):

$$\vec{E} = \int_{\text{toàn bộ vật}} d\vec{E}$$

trong đó: $d\vec{E} = k \cdot \frac{dq}{\epsilon \cdot r^3} \cdot \vec{r}$ với \vec{r} là bán kính vectơ hướng từ dq tới M .

4 - ĐỊNH LÝ OXTRÓGRADSKI - GAUS (ĐỊNH LÝ O-G)

4.1. Đường sức điện trường

Đường sức điện là những đường mà tiếp tuyến với nó tại mỗi điểm đều có phương trùng với phương của véc tơ cường độ điện trường \vec{E} tại điểm đó. Chiều của đường sức thuận với chiều của các \vec{E} trên đó.

4.2. Véc tơ điện cảm

a. Véc tơ điện cảm \vec{D}

Biểu thức: $\vec{D} = \epsilon_0 \cdot \epsilon \cdot \vec{E}$

Đơn vị : Culông / mét vuông (C/m²)

Đặc điểm:

+ \vec{D} và \vec{E} luôn cùng phương, cùng chiều, độ lớn tỉ lệ thuận với nhau.

+ \vec{D} cũng tuân theo nguyên lý chồng chất điện trường.

+ Véc tơ điện cảm \vec{D} của điện trường trong môi trường không phụ thuộc vào tính chất điện của môi trường.

b. Đường sức điện cảm

Đường sức điện cảm là đường mà tiếp tuyến với nó tại mỗi điểm trùng với phương của véc tơ điện cảm \vec{D} tại điểm đó. Chiều của đường sức điện cảm thuận với chiều của các véc tơ điện cảm \vec{D} .

4.3. Điện thông (thông lượng cảm ứng điện)

Định nghĩa: *Điện thông gửi qua một mặt S nào đó có giá trị bằng tổng đại số các đường sức điện cảm đi qua mặt đó.*

Ký hiệu: Φ_e .

$$\text{Biểu thức: } \Phi_e = \int_S d\Phi_e = \int_S \vec{D} \cdot d\vec{S} = \int_S D \cdot dS \cdot \cos \alpha$$

Đơn vị: Culông (C).

4.4. Định lý Ostrogradski - Gaux (Định lý O-G)

Phát biểu : *Điện thông gửi qua một mặt kín bất kỳ bằng tổng đại số các điện tích nằm trong mặt kín đó.*

$$\text{Biểu thức: } \Phi_e = \oint \vec{D} \cdot d\vec{S} = \sum_{i=1}^n q_i$$

4.5. Ứng dụng định lý O-G

a. Điện trường do một mặt cầu mang điện gây ra

- Xét một mặt cầu bán kính R mang điện q phân bố đều trên toàn mặt cầu, véc tơ cường độ điện trường \vec{E} tại một điểm cách tâm mặt cầu một khoảng r .

$$+ \text{ Điểm nằm ngoài mặt cầu } (r > R) : E = k \frac{|q|}{\epsilon \cdot r^2}$$

$$+ \text{ Điểm nằm trong mặt cầu } R (r < R): E = 0$$

b. Điện trường do một mặt phẳng vô hạn mang điện đều gây ra:

$$E = \frac{|\sigma|}{2\epsilon\epsilon_0}$$

c. Điện trường do hai mặt phẳng song song vô hạn tích điện đều, bằng nhau và trái dấu, mật độ điện mặt lần lượt là $+\sigma$ và $-\sigma$ gây ra

- Điểm nằm ngoài khoảng không gian giữa hai mặt phẳng: $E_M = 0$

- Điểm nằm trong không gian giữa hai mặt phẳng: $E = \frac{D}{\epsilon\epsilon_0} = \frac{\sigma}{\epsilon\epsilon_0}$

d. Điện trường gây bởi một mặt trụ dài vô hạn tích điện đều mang điện

tích: $E = \frac{\lambda}{2\pi \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon \cdot r}$, trong đó λ là mật độ điện dài của dây.

5 - ĐIỆN THẾ. MẶT ĐẲNG THỂ

5.1. Công của lực tĩnh điện. Tính chất thế của trường tĩnh điện

a. Công của lực tĩnh điện

Giả sử dịch chuyển một điện tích điểm $q_0 > 0$ từ M tới N theo một đường cong bất kỳ (C) trong điện trường của một điện tích điểm $q > 0$ đứng yên.

Biểu thức:
$$A_{MN} = \frac{q \cdot q_0}{4\pi\epsilon\epsilon_0 \cdot r_M} - \frac{q \cdot q_0}{4\pi\epsilon\epsilon_0 \cdot r_N}$$

Nhận xét: Công của lực tĩnh điện không phụ thuộc vào dạng của đường đi mà chỉ phụ thuộc vào điểm đầu và điểm cuối của đường cong dịch chuyển.

b. Tính chất thế của trường tĩnh điện

Lưu số của véc tơ cường độ điện trường (tĩnh) dọc theo một đường cong kín bằng không.

5.2. Thế năng của điện tích trong điện trường

Định nghĩa: *thế năng của điện tích điểm q_0 tại một điểm trong điện trường là đại lượng vật lý đo bằng công của lực điện khi di chuyển điện tích q_0 từ điểm đó tới vô cực.*

Biểu thức:
$$W_M = A_{M\infty} = \int_M^{\infty} q_0 \vec{E} d\vec{l}$$

5.3. Điện thế

Định nghĩa: *Điện thế tại một điểm nào đó trong điện trường là đại lượng về trị số bằng công của lực điện khi di chuyển một đơn vị điện tích dương từ điểm đó đến vô cực.*

Biểu thức:
$$V_M = \frac{W_M}{q_0} = \frac{A_{M\infty}}{q_0}$$

Đơn vị là Vôn (V).

- Điện thế gây bởi một điện tích điểm q : $V_M = k \cdot \frac{q}{\epsilon \cdot r}$

Trong đó r là khoảng cách từ q đến điểm M ta xét.

Nhận xét:

+ Điện thế có giá trị đại số: Nếu $q > 0$ thì $V > 0$, nếu $q < 0$ thì $V < 0$.

+ Giá trị của điện thế tùy thuộc vào việc chọn gốc tính điện thế.

- *Điện thế gây bởi một hệ điện tích điểm:*

$$V_M = V_{1M} + V_{2M} + \dots + V_{nM} = \sum_{i=1}^n V_{iM}$$

- *Điện thế gây bởi một vật mang điện tích q phân bố liên tục:*

Ta chia vật đó thành các phần rất nhỏ dq có thể coi là điện tích điểm.
Điện thế do vật gây ra tại M là:

$$V_M = \int_{\text{toàn bộ vật}} dV = \int_{\text{toàn bộ vật}} k \frac{dq}{\epsilon r}$$

5.4. Hiệu điện thế

Định nghĩa: *Hiệu điện thế giữa hai điểm nào đó trong điện trường về trị số bằng công của lực điện khi di chuyển một đơn vị điện tích dương giữa hai điểm đó.*

Biểu thức:
$$U_{MN} = V_M - V_N = \frac{A_{MN}}{q_0}$$

Đơn vị: Vôn (V).

Chú ý: công của lực tĩnh điện khi dịch chuyển điện tích q_0 giữa hai điểm M và N :

$$A_{MN} = q_0(V_M - V_N)$$

5.5. Mặt đẳng thế

a. Định nghĩa

Mặt đẳng thế là mặt mà mọi điểm trên đó có cùng điện thế.

b. Tính chất của mặt đẳng thế

- Công của lực tĩnh điện khi di chuyển một điện tích trên mặt đẳng thế bằng 0.
- Véc tơ cường độ điện trường vuông góc với mặt đẳng thế tại mỗi điểm của mặt.
- Các mặt đẳng thế không cắt nhau.

6 - LIÊN HỆ GIỮA CƯỜNG ĐỘ ĐIỆN TRƯỜNG VÀ ĐIỆN THẾ

6.1. Hệ thức liên hệ giữa cường độ điện trường và điện thế

Biểu thức: $E_l = -\frac{dV}{dl}$

Chú ý: Véc tơ cường độ điện trường \vec{E} luôn hướng về phía điện thế giảm.

6.2. Ứng dụng

Tìm hiệu điện thế giữa hai mặt phẳng vô hạn song song mang điện trái dấu $+\sigma$ và $-\sigma$

$$E = \frac{V_1 - V_2}{d} = \frac{U}{d}$$

Nếu $d = 1m$; $V_1 - V_2 = 1(V)$ thì $E = 1 (V/m)$.

Vậy: Vôn trên mét là cường độ điện trường của một điện trường đều mà hiệu điện thế dọc theo mỗi mét đường sức bằng một vôn.

7 - VẬT DẪN TRONG ĐIỆN TRƯỜNG

7.1. Trạng thái cân bằng tĩnh điện

a. Định nghĩa

Một vật dẫn gọi là ở trạng thái cân bằng tĩnh điện khi các điện tích tự do của nó không có chuyển động định hướng (chuyển động để tạo thành dòng điện).

b. Điều kiện để vật dẫn ở trạng thái cân bằng tĩnh điện

+ Cường độ điện trường tại mọi điểm bên trong vật dẫn phải bằng 0: $\vec{E}_M = 0$.

+ Trên mặt vật dẫn, véc tơ cường độ điện trường (nếu có) phải có phương vuông góc với mặt vật dẫn.

c. Các tính chất của vật dẫn ở trạng thái cân bằng tĩnh điện

- Toàn bộ vật dẫn là một khối đẳng thế
- Nếu vật dẫn tích điện Q thì lượng điện này chỉ phân bố trên mặt vật dẫn
- Đối với vật dẫn rỗng, điện trường ở phần rỗng và ở thành lỗ rỗng bằng 0
- Sự phân bố điện tích trên mặt vật dẫn

Thực nghiệm và lý thuyết chứng tỏ sự phân bố điện tích trên mặt vật dẫn phụ thuộc vào hình dạng của vật. Với các mặt có dạng cầu hay mặt phẳng điện tích phân bố đều trên mặt. Còn với các vật có hình dạng khác thì điện tích

không phân bố đều trên mặt. Nơi nào vật dẫn lồi nhiều thì mật độ điện tích sẽ lớn. Đặc biệt ở những mũi nhọn của vật dẫn, điện tích tập trung nhiều.

7.2. Hiện tượng điện hưởng

a. Hiện tượng

Sự phân bố lại các điện tích tự do trong vật dẫn dưới tác dụng của điện trường ngoài gọi là *hiện tượng cảm ứng tĩnh điện* hay *hiện tượng điện hưởng*. Các điện tích xuất hiện tại các mặt giới hạn được gọi là các *điện tích cảm ứng*.

b. Định lý các phần tử tương ứng

Phát biểu: *Điện tích cảm ứng trên các phần tử tương ứng bằng nhau về độ lớn nhưng trái dấu.*

Biểu thức: $\Delta q = -\Delta q'$

c. Điện hưởng một phần và điện hưởng toàn phần

- Điện hưởng một phần: điện tích cảm ứng có độ lớn nhỏ hơn độ lớn điện tích trên vật mang điện.

- Điện hưởng toàn phần: điện tích cảm ứng về độ lớn bằng điện tích của vật mang điện.

7.3. Điện dung của vật dẫn và tụ điện

a. Điện dung vật dẫn

Định nghĩa: *Điện dung của một vật dẫn cô lập là một đại lượng vật lý có trị số bằng điện tích mà vật dẫn tích được khi điện thế của nó được đưa từ 0 đến 1 đơn vị điện thế.*

Biểu thức: $C = \frac{Q}{V}$

Đơn vị là Fara (F).

b. Điện dung của tụ điện

* *Tụ điện là một hệ thống gồm 2 vật dẫn cô lập ở điều kiện điện hưởng toàn phần.*

Định nghĩa: *Điện dung của tụ là một đại lượng đo bằng tỷ số điện tích Q với hiệu điện thế U giữa hai bản tụ.*

Biểu thức: $C = \frac{Q}{U}$

Ý nghĩa: *Điện dung C của tụ đặc trưng cho khả năng tích điện của tụ điện.*

c. Điện dung của một số tụ:

- Tụ điện phẳng: $C = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d}$

- Tụ điện cầu: $C = \frac{Q}{V_1 - V_2} = \frac{4\pi\epsilon\epsilon_0 R_1 R_2}{(R_2 - R_1)}$

- Tụ điện trụ: $C = \frac{Q}{V_1 - V_2} = \frac{2\pi\epsilon\epsilon_0 l}{\ln \frac{R_2}{R_1}}$

8 - NĂNG LƯỢNG CỦA TRƯỜNG TĨNH ĐIỆN

8.1. Năng lượng của một hệ điện tích điểm

Nếu hệ gồm n điện tích điểm q_1, q_2, \dots, q_n thì năng lượng tương tác của hệ là:

$$W = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n q_i V_i$$

Với V_i là điện thế do tất cả các điện tích (trừ q_i) gây ra tại điểm đặt q_i .

8.2. Năng lượng của một vật dẫn cô lập mang điện

Chia vật dẫn thành những điện tích điểm dq , ta có năng lượng điện của vật dẫn là:

$$W = \frac{1}{2} \int_{\text{toàn bộ vật}} V dq$$

8.3. Năng lượng của tụ điện phẳng tích điện

$$W = \frac{1}{2} QU = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} = \frac{1}{2} CU^2$$

8.4. Năng lượng của trường tĩnh điện

$$W_e = \int_V \omega_e \cdot dV = \frac{1}{2} \int_V DE \cdot dV$$

D - BÀI TẬP CHƯƠNG 4

I. BÀI TẬP MẪU

Bài tập 1: Có hai điện tích điểm $q_1 = 8 \cdot 10^{-8} \text{C}$, $q_2 = -3 \cdot 10^{-8} \text{C}$ đặt tại hai điểm MN cách nhau $MN = 10 \text{cm}$ trong không khí. Xác định:

a. Véc tơ cường độ điện trường gây ra bởi các điện tích đó tại điểm A . Cho biết $MA = 6 \text{cm}$; $NA = 8 \text{cm}$.

b. Lực tác dụng lên điện tích $q_0 = -5 \cdot 10^{-10} \text{C}$ đặt tại A.

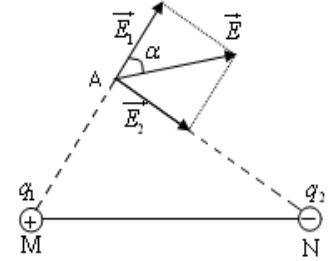
c. Điện thế tại điểm A.

Hướng dẫn giải:

$$a. E_1 = \frac{k \cdot |q_1|}{\varepsilon MA^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 8 \cdot 10^{-8}}{(6 \cdot 10^{-2})^2} = 200000 \text{ V/m}$$

$$E_2 = \frac{k \cdot |q_2|}{\varepsilon NA^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 3 \cdot 10^{-8}}{(8 \cdot 10^{-2})^2} = 42188 \text{ V/m}$$

$$\vec{E}_1 \perp \vec{E}_2 \Rightarrow E_A = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \sqrt{200000^2 + 42188^2} = 204401 \text{ V/m}$$



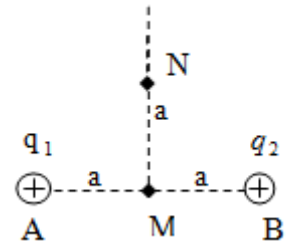
Hướng của \vec{E}_A hợp với \vec{E}_1 một góc α với: $\tan \alpha = E_2 / E_1 = 0,2109 \Rightarrow \alpha = 12^\circ$

b. Lực tác dụng lên q_0 : $F = |q_0| E_A = 5 \cdot 10^{-10} \cdot 204401 = 1,022 \cdot 10^{-4} \text{ N}$

$q_0 < 0 \Rightarrow$ hướng $\vec{F} \updownarrow \vec{E}_A$

$$c. V_A = \frac{kq_1}{\varepsilon MA} + \frac{kq_2}{\varepsilon NA} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 8 \cdot 10^{-8}}{6 \cdot 10^{-2}} + \frac{9 \cdot 10^9 \cdot (-3) \cdot 10^{-8}}{8 \cdot 10^{-2}} = 8625 \text{ V}$$

Bài tập 2: Tại hai điểm A và B cách nhau một khoảng $AB = 2a = 12 \text{cm}$ trong không khí đặt hai điện tích điểm $q_1 = 2 \cdot 10^{-9} \text{C}$, $q_2 = 8 \cdot 10^{-9} \text{C}$. Biết M là trung điểm của AB. N nằm trên trung trục của AB và cách M một đoạn a.



a. Tính công của lực điện trường khi dịch chuyển một điện tích $q_0 = 10^{-9} \text{C}$ từ điểm M đến điểm N.

b. Tìm điểm C tại đó cường độ điện trường bị triệt tiêu.

Hướng dẫn giải:

$$a. V_M = V_{M1} + V_{M2} = k \cdot \frac{q_1}{\varepsilon AM} + \frac{k \cdot q_2}{\varepsilon BM} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 2 \cdot 10^{-9}}{6 \cdot 10^{-2}} + \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 8 \cdot 10^{-9}}{6 \cdot 10^{-2}} = 1500 \text{ (V)}$$

$$V_N = V_{N1} + V_{N2} = k \cdot \frac{q_1}{\varepsilon AN} + \frac{k \cdot q_2}{\varepsilon BN} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 2 \cdot 10^{-9}}{6\sqrt{2} \cdot 10^{-2}} + \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 8 \cdot 10^{-9}}{6\sqrt{2} \cdot 10^{-2}} = 1064 \text{ (V)}$$

$$\rightarrow U_{MN} = V_M - V_N = 1500 - 1064 = 436 \text{ (V)}$$

Công của lực tĩnh điện làm q_0 dịch chuyển từ $M \rightarrow N$:

$$A_{MN} = q_0 \cdot U_{MN} = 10^{-9} \cdot 436 = 4,36 \cdot 10^{-7} \text{ (J)}$$

$$b. \vec{E}_C = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = 0 \rightarrow \vec{E}_1 = -\vec{E}_2$$

+ Để $\vec{E}_1 \updownarrow \vec{E}_2 \rightarrow C \in$ đoạn nối q_1, q_2

$$+ \text{Đề } E_1 = E_2 \rightarrow \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 = \frac{|q_1|}{|q_2|} = \frac{3}{12} = \frac{1}{4} \rightarrow \begin{cases} 2r_1 = r_2 \\ r_1 + r_2 = 0,12 \end{cases} \begin{cases} r_1 = 0,04m \\ r_2 = 0,08m \end{cases}$$

Bài tập 3: Một vòng dây tròn bán kính 10cm tích điện đều với điện tích $q=5.10^{-9}C$. a. Xác định véc tơ cường độ điện trường tại điểm M trên trục vòng dây, cách tâm của vòng dây một đoạn $h = 10$ cm. Cho $\varepsilon \approx 1$.

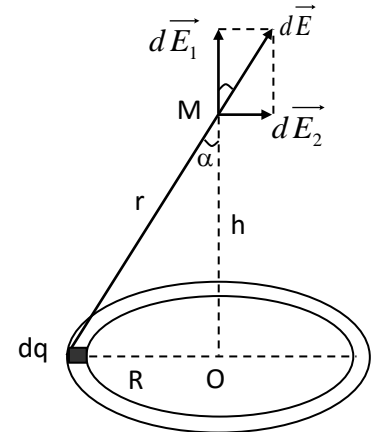
b. Tính điện thế tại điểm M .

Hướng dẫn giải:

a. Ta chia vòng dây thành các đoạn nhỏ, mỗi đoạn coi là một điện tích điểm có điện tích dq . Cường độ điện trường do dq gây ra tại M được phân tích thành:

$$\vec{dE} = \vec{dE}_1 + \vec{dE}_2$$

Do tính chất đối xứng nên các véc tơ \vec{dE}_2 triệt tiêu nhau, vì vậy: $\int_{\text{vòng dây}} \vec{dE}_2 = 0 \Rightarrow \vec{E} = \int_{\text{vòng dây}} \vec{dE}_1$



Vì các \vec{dE}_1 cùng hướng nên:

$$E = \int_{\text{c\text{v\text{ng\text{ dây}}} } dE_1 = \int_{\text{c\text{v\text{ng\text{ dây}}} } dE \cos \alpha = \int_{\text{c\text{v\text{ng\text{ dây}}} } k \frac{dqh}{\varepsilon.(R^2 + h^2)^{\frac{3}{2}}} = k \frac{qh}{\varepsilon.(R^2 + h^2)^{\frac{3}{2}}}$$

Thay số tính được $E = 1591(V/m)$

\vec{E} có phương nằm trên OM , chiều từ $O \rightarrow M$

b. Điện thế do dq gây ra tại M :

$$dV = k \cdot \frac{dq}{\varepsilon.r} = \frac{k.dq}{\sqrt{R^2 + h^2}} \Rightarrow V = \int_{\text{cả vòng dây}} dV = \frac{k.q}{\sqrt{R^2 + h^2}} = \frac{9.10^9.5.10^{-9}}{0,1\sqrt{2}} = 318,2(V)$$

Bài tập 4: Bán kính của lõi dây cáp đồng trục là $r = 1,5$ cm, bán kính của lớp vỏ là $R = 3,5$ cm. Giữa lõi và lớp vỏ có một hiệu điện thế bằng 2300 V. Tìm cường độ điện trường tại khoảng cách 2 cm đối với trục dây cáp.

Hướng dẫn giải:

Ta có: $E = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0\varepsilon x}$ trong đó λ là mật độ điện dài của dây cáp, còn x là

khoảng cách đến trục dây cáp. Coi phần lõi và vỏ của dây tạo thành một tụ điện trụ. U_0 là hiệu điện thế giữa lớp lõi và lớp vỏ của dây cáp. Mật độ λ được tính từ công thức:

$$C = \frac{2\pi\epsilon\epsilon_0 l}{\ln \frac{R}{r}} = \frac{q}{U_0} = \frac{\lambda l}{U_0}$$

Do đó: $\lambda = 2\pi\epsilon\epsilon_0 U_0 / \ln \frac{R}{r}$. Từ đó rút ra: $E = \frac{U_0}{x \ln(R/r)} = 136.10^3 \text{ V/m}$

Bài tập 5: Một mặt phẳng mang điện đều, mật độ điện mặt là $\sigma = 10^{-5} \text{ C/m}^2$. Tìm lực tác dụng lên một điện tích $q=0,1\text{nC}$ đặt trong trường đó ở trong môi trường có $\epsilon=4$.

Hướng dẫn giải:

Điện trường gây ra bởi mặt phẳng mang điện: $E = \frac{\sigma}{2\epsilon\epsilon_0}$

Thay số: $E = \frac{10^{-5}}{2.4.8.846.10^{-12}} = 141306,8 (\text{V/m})$

Lực tác dụng lên hạt mang điện: $F = |q|E = 0,1.10^{-9}.141306,8 \approx 1,41.10^{-5} (\text{N})$

Bài tập 6: Hai quả cầu đặt trong chân không có cùng bán kính và cùng khối lượng $m = 10 \text{ g}$ được treo ở hai đầu sợi dây. Hai quả cầu mang một điện tích bằng nhau. Do lực đẩy giữa hai quả cầu, góc giữa hai sợi dây bằng 60° . Tính độ lớn điện tích của mỗi quả cầu. Biết khoảng cách từ điểm treo đến tâm của mỗi quả cầu là $l = 20 \text{ cm}$. Lấy $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

Hướng dẫn giải:

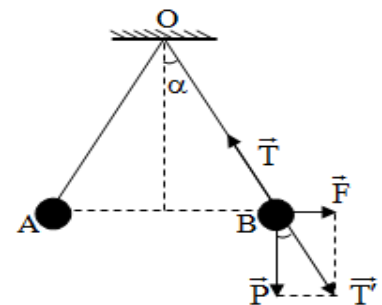
Quả cầu nằm cân bằng nên:

$$\vec{P} + \vec{T} + \vec{F} = 0 \Rightarrow \vec{P} + \vec{F} = -\vec{T} = -\vec{T}'$$

Theo hình vẽ ta có: $\tan \alpha = \frac{F}{P} \Rightarrow F = P \cdot \tan \alpha$

$$\Leftrightarrow \frac{k \cdot q^2}{r^2} = m \cdot g \cdot \tan \alpha \Rightarrow q = \pm \sqrt{\frac{m \cdot g \cdot \tan \alpha \cdot r^2}{k}}$$

$$\Rightarrow q = \pm \sqrt{\frac{0,01.9,8.\tan 30^\circ.0,2^2}{9.10^9}} = \pm 5,01.10^{-7} (\text{C})$$



Bài tập 7: Cho một tụ điện phẳng, giữa hai bản là không khí, diện tích mỗi bản là 1m^2 khoảng cách d giữa hai bản bằng $1,5 \text{ mm}$.

a. Tìm điện dung của tụ điện.

b. Tìm mật độ điện mặt σ trên mỗi bản khi tụ điện được giữ ở hiệu điện thế 300V bởi một nguồn điện.

c. Cũng các câu hỏi trên khi ta lấp đầy khoảng không gian giữa hai bản tụ điện bằng một lớp thủy tinh có $\varepsilon = 6$.

Hướng dẫn giải:

a. Điện dung của tụ: $C_1 = \frac{\varepsilon_1 \varepsilon_0 S}{d} = \frac{1,8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 1}{1,5 \cdot 10^{-3}} = 5,9 \cdot 10^{-9} (F)$

b. Từ $E = \frac{\sigma_1}{\varepsilon_1 \varepsilon_0} \Rightarrow \sigma_1 = \varepsilon_1 \varepsilon_0 E = \frac{\varepsilon_1 \varepsilon_0 U}{d} = \frac{8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 300}{1,5 \cdot 10^{-3}} = 1,77 \cdot 10^{-6} (C/m^2)$

c. Khi $\varepsilon_2 = 6$: $C_2 = \frac{\varepsilon_2 \varepsilon_0 S}{d} = 6C_1 = 6 \cdot 5,9 \cdot 10^{-9} = 35,4 \cdot 10^{-9} (F)$

$\sigma_2 = \varepsilon_2 \varepsilon_0 E = \frac{\varepsilon_2 \varepsilon_0 U}{d} = 6\sigma_1 = 6 \cdot 1,77 \cdot 10^{-6} = 10,62 \cdot 10^{-6} (C/m^2)$

Bài tập 8. Có hai mặt phẳng song song rộng vô hạn mang điện đều bằng nhau nhưng trái dấu cách nhau 5 mm. Mật độ điện mặt $\sigma = 9 \cdot 10^{-8} C/m^2$. Khoảng không gian giữa hai bản chứa đầy dầu có $\varepsilon = 5$. Tính:

a. Cường độ điện trường giữa hai mặt phẳng đó.

b. Hiệu điện thế giữa hai mặt phẳng đó.

c. Một hạt điện có kích thước không đáng kể, khối lượng $m = 0,1$ g nằm cân bằng trong điện trường giữa hai bản. Tính điện tích của hạt điện.

Hướng dẫn giải:

a. Cường độ điện trường giữa hai bản:

b. $E = \frac{\sigma}{\varepsilon \varepsilon_0} = \frac{9 \cdot 10^{-8}}{5 \cdot 8,846 \cdot 10^{-12}} = 2034,8 (V/m)$

b. Hiệu điện thế giữa hai bản: $U = E \cdot d = 2034,8 \cdot 0,005 = 10,174 (V)$

c. Để quả cầu nằm cân bằng:

$F_d = P \Rightarrow |q| E = mg \Rightarrow |q| = \frac{mg}{E} = \frac{0,1 \cdot 10^{-3} \cdot 10}{2034,8} = 4,9 \cdot 10^{-7} (C)$

CHƯƠNG 5. TRƯỜNG TĨNH TỪ

A - MỤC ĐÍCH, YÊU CẦU

1. Nắm được các đại lượng đặc trưng cho dòng điện: cường độ dòng điện và mật độ dòng điện.
2. Nắm được bản chất của từ trường và các đại lượng đặc trưng cho từ trường.
3. Nắm được nội dung của: định luật Ampère, định luật Biot-Savart, định lí Ôxtrôgradxki-Gaux, định lí Ampère về dòng toàn phần.
4. Vận dụng các định lí, định luật trên để tính được từ trường gây bởi dòng điện thẳng, dòng điện tròn, ống dây hình xuyên và tính được lực tương tác giữa các dòng điện.
5. Xác định được lực Lorentz tác dụng lên hạt mang điện chuyển động trong từ trường.

B - CÂU HỎI ÔN TẬP NỘI DUNG TRỌNG TÂM LÝ THUYẾT

1. Trình bày các đại lượng cơ bản đặc trưng cho dòng điện: Cường độ dòng điện, mật độ dòng điện.
2. Thiết lập nội dung định luật Ohm dạng vi phân và nêu ý nghĩa của định luật.
3. Trình bày khái niệm tương tác từ, khái niệm phân tử dòng. Trình bày định luật Ampère.
4. Khái niệm từ trường. Trình bày các đại lượng cơ bản đặc trưng cho từ trường: Cảm ứng từ và cường độ từ trường.
5. Nguyên lý chồng chất từ trường. Xác định \vec{B}, \vec{H} do một dòng điện thẳng (dài hữu hạn, dài vô hạn), vòng dây tròn, ống dây thẳng dài, ống dây hình xuyên gây ra.
6. Định nghĩa đường cảm ứng từ, đặc điểm của đường cảm ứng từ, quy ước vẽ.
7. Khái niệm từ thông. Phát biểu và chứng minh định lý O-G cho từ trường.
8. Tìm lực từ tác dụng lên một phân tử dòng, một đoạn dòng điện thẳng. Tìm lực tác dụng tương hỗ giữa hai dòng điện thẳng song song dài vô hạn.
9. Tìm mô men lực từ \vec{M} của từ trường đều \vec{B} tác dụng lên khung dây điện.

10. Tính công của lực từ khi dịch chuyển một mạch điện i trong từ trường \vec{B} .

11. Biểu thức của lực từ tác dụng lên hạt điện chuyển động. Nêu đặc điểm của lực Lorenxơ.

12. Khảo sát chuyển động của hạt điện chuyển động với vận tốc \vec{v} trong từ trường đều \vec{B} trong hai trường hợp:

a. $\vec{v} \perp \vec{B}$

b. \vec{v} hợp với \vec{B} một góc α .

C- TÓM TẮT NỘI DUNG

1 - DÒNG ĐIỆN

1.1. Cường độ dòng điện

a. Bản chất dòng điện

Dòng điện là dòng chuyển dời có hướng của các điện tích tự do.

Quy ước: Chiều dòng điện là chiều chuyển động của các điện tích dương.

b. Cường độ dòng điện

Định nghĩa: *Cường độ dòng điện qua một diện tích S nào đó là đại lượng vật lý được đo bằng điện lượng chuyển qua diện tích S trong một đơn vị thời gian.*

Biểu thức: $i = \frac{dq}{dt}$

với dq là điện lượng chuyển qua diện tích S trong thời gian dt .

Đơn vị: Ampe (A)

Ý nghĩa: Đặc trưng cho độ mạnh yếu của dòng điện chạy qua một diện tích S nào đó.

1.2. Véc tơ mật độ dòng điện

Định nghĩa: *Mật độ dòng \vec{j} tại một điểm M nào đó là một véc tơ có gốc tại M , có phương chiều là phương chiều chuyển động tạo dòng của hạt điện tích dương qua đó, có độ lớn bằng cường độ dòng điện qua một đơn vị diện tích đặt vuông góc với phương đó.*

Biểu thức: $\vec{j} = \frac{di}{dS_n} \cdot \vec{n}_0$

Về độ lớn: $j = \frac{di}{dS_n},$

trong đó di là vi phân dòng qua vi phân diện tích dS_n tại điểm xét. \vec{n}_0 là pháp tuyến của mặt dS_n theo chiều chuyển động của các điện tích dương.

Ý nghĩa: đặc trưng cho cả phương chiều, độ mạnh của dòng điện tại từng điểm của môi trường có dòng điện chạy qua.

Đơn vị: Ampe/mét vuông (A/m²).

1.3. Suất điện động của nguồn điện

Định nghĩa: “*Suất điện động của nguồn điện là một đại lượng có giá trị bằng công của nguồn điện làm dịch chuyển một đơn vị điện tích dương một vòng quanh mạch kín của nguồn đó*”.

Biểu thức: $\xi = \frac{A}{q} = \oint_C \vec{E}^* \cdot d\vec{l}$

Ý nghĩa : đặc trưng cho khả năng sinh công của nguồn điện.

Đơn vị: Trong hệ SI, suất điện động được đo bằng vôn (V).

1.4. Định luật Ohm dạng vi phân

Dạng véc tơ: $\vec{j} = \sigma \cdot \vec{E}$

Độ lớn: $j = \sigma \cdot E$

trong đó: σ là suất điện dẫn của môi trường

2 - TƯƠNG TÁC TỪ CỦA DÒNG ĐIỆN. ĐỊNH LUẬT AMPÈRE

2.1. Tương tác từ

Tương tác giữa các nam châm, giữa nam châm với dòng điện và giữa các dòng điện có cùng bản chất là tương tác từ.

10.2.2. Định luật Ampère

a. Khái niệm phần tử dòng điện

Phần tử dòng điện là một đoạn rất ngắn của dòng điện. Về mặt toán học, người ta biểu diễn nó bằng một vectơ $I d\vec{l}$ nằm ngay trên phần tử dây dẫn, có phương chiều là phương chiều của dòng điện, và có độ lớn Idl .

b. Nội dung định luật Ampère

Phát biểu định luật Ampère:

Lực từ do phần tử dòng điện $I d\vec{l}$ tác dụng lên phần tử $I_0 d\vec{l}_0$ cùng đặt trong một môi trường là một vectơ $d\vec{F}_0$ có:

Biểu thức:

$$d\vec{F}_0 = \frac{\mu_0 \cdot \mu \cdot I_0 d\vec{l}_0 \wedge (I d\vec{l} \wedge \vec{r})}{4\pi \cdot r^3}$$

- Phương vuông góc với mặt phẳng chứa phần tử $I_0 d\vec{l}_0$ và \vec{n} .

- Chiều sao cho 3 vectơ $I_0 d\vec{l}_0$, \vec{n} , $d\vec{F}_0$ tạo thành một tam diện thuận theo thứ tự tương ứng.

- Độ lớn: $dF_0 = k \cdot \frac{\mu \cdot I \cdot dl \cdot \sin \theta \cdot I_0 dl_0 \cdot \sin \theta_0}{r^2}$

Trong đó: $k = \frac{\mu_0}{4\pi}$ với $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ H/m (Henri/ mét)

μ_0 được gọi là hằng số từ; μ độ từ thẩm.

3 - VEC TƠ CẢM ỨNG TỪ VÀ VEC TƠ CƯỜNG ĐỘ TỪ TRƯỜNG

3.1. Khái niệm từ trường

Từ trường là một dạng vật chất đặc biệt bao quanh dòng điện hay nam châm

3.2. Định luật Biot-Savart. Véc tơ cảm ứng từ.

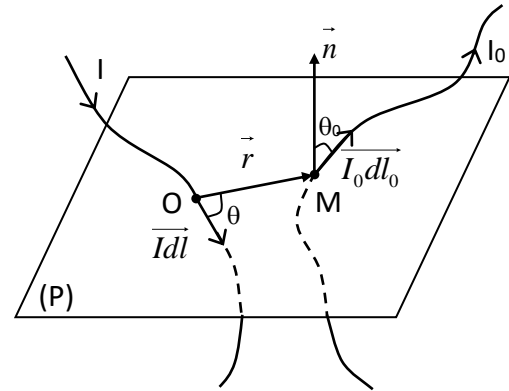
Định luật Biot-Savart: Vectơ cảm ứng từ $d\vec{B}$ do một phần tử dòng điện $I d\vec{l}$ gây ra tại điểm M cách nó một khoảng r là một vectơ có:

- Biểu thức: $d\vec{B} = \frac{\mu_0 \cdot \mu}{4\pi} \cdot \frac{I d\vec{l} \wedge \vec{r}}{r^3}$

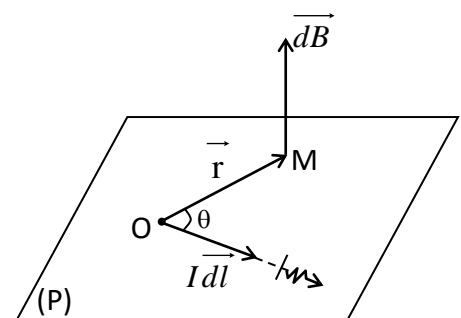
- Gốc tại M.

- Phương vuông góc với mặt phẳng chứa $I d\vec{l}$ và điểm M (mặt phẳng P).

- Có chiều sao cho 3 vectơ $I d\vec{l}$, \vec{r} , $d\vec{B}$ theo thứ tự tạo thành một tam diện thuận (hoặc có chiều được xác định bằng qui tắc vắn nút chai).



Hình 5-1



Hình 5-2

- Độ lớn: $dB = \frac{\mu_0 \cdot \mu \cdot Idl \cdot \sin \theta}{4\pi \cdot r^2}$

Ý nghĩa: Đặc trưng cho khả năng tác dụng lực của từ trường tại một điểm.

Đơn vị: Tesla (T).

3.3. Nguyên lý chồng chất từ trường

Trường hợp có một dòng điện : $\vec{B} = \int_{\text{cả dòng điện}} d\vec{B}$

Trường hợp có nhiều dòng điện $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \dots + \vec{B}_n = \sum_{i=1}^n \vec{B}_i$

3.4. Véc tơ cường độ từ trường

Biểu thức: $\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0 \cdot \mu}$

Đặc điểm: \vec{H} cùng phương, cùng chiều với \vec{B} , \vec{H} không phụ thuộc vào bản chất của môi trường đặt dòng điện (không phụ thuộc vào μ) mà đặc trưng cho từ trường do riêng dòng điện sinh ra.

Đơn vị: Ampe/mét (A/m)

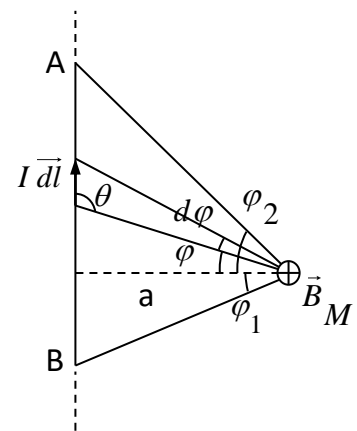
3.5. Ứng dụng

Công thức tính \vec{B} gây bởi một số dòng điện thẳng

$$B = \frac{\mu_0 \mu I}{4\pi \cdot a} (\sin \varphi_1 + \sin \varphi_2)$$

Với φ_1 và φ_2 là góc hợp bởi MA và MB với a.

Trường hợp dây AB thẳng dài vô hạn: $B = \frac{\mu_0 \mu I}{2\pi \cdot a}$



Hình 5-3

4 - TỪ THÔNG. ĐỊNH LÝ OXTROGRADSKI-GAUX VỀ TỪ THÔNG

4.1. Đường cảm ứng từ

Đường cảm ứng từ là những đường cong vạch ra trong từ trường sao cho tiếp tuyến với nó tại mỗi điểm có phương trùng với phương của véc tơ cảm ứng từ \vec{B} tại điểm đó, chiều của đường cảm ứng từ thuận với chiều của véc tơ \vec{B} trên đó.

4.2. Từ thông

Định nghĩa: Từ thông gửi qua diện tích dS là đại lượng có trị số tỷ lệ với số đường cảm ứng từ gửi qua diện tích ấy.

$$\text{Biểu thức: } \Phi_m = \int_S d\Phi_m = \int_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = \int_S B \cdot dS \cdot \cos \alpha$$

Với α là góc hợp bởi hai vectơ \vec{B} và \vec{n} .

Đơn vị: Vêbe (Wb).

4.3. Định lý Ostrogradski-Gaux về từ thông

Phát biểu: Từ thông toàn phần gửi qua mặt kín bất kỳ luôn luôn bằng không.

$$\text{Biểu thức: } \int_{S_{\text{Kín}}} \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0$$

Dưới dạng vi phân: $\text{div} \vec{B} = 0$

Ý nghĩa: từ trường không có nguồn, không có các tâm thu hay phát đường sức như các điện tích của điện trường, các đường sức từ là những đường cong khép kín.

5 - LƯU SỐ CỦA CƯỜNG ĐỘ TỪ TRƯỜNG

5.1. Lưu số của vector cường độ từ trường

Định nghĩa: Lưu số của vector cường độ từ trường dọc theo một đường cong kín (C) là đại lượng bằng tích phân của vector \vec{H} dọc theo toàn bộ đường cong kín đó:

$$\oint_{(C)} \vec{H} \cdot d\vec{l} = \oint_{(C)} H \cdot dl \cdot \cos \alpha$$

Với α là góc giữa \vec{H} và $d\vec{l}$.

5.2. Định lý Ampère về dòng điện toàn phần

Phát biểu: Lưu số của vector cường độ từ trường dọc theo một vòng của đường cong kín (C) bất kỳ bằng tổng đại số cường độ của các dòng điện xuyên qua diện tích giới hạn bởi đường cong đó:

$$\text{Biểu thức: } \oint_{(C)} \vec{H} \cdot d\vec{l} = \sum_{k=1}^n I_k$$

Trong đó I_k sẽ có dấu dương nếu nó có chiều sao cho đường sức từ trường do nó gây ra cùng chiều với chiều dương của đường cong (C), nếu ngược lại thì I_k sẽ có dấu âm.

Ý nghĩa :từ trường không phải là trường thế, mà là một *trường xoáy*.

5.3. Ứng dụng định lý Ampère

Công thức tính B, H của một số dòng điện đơn giản

a. Cuộn dây hình xoắn

Cường độ từ trường: $H = \frac{NI}{2\pi R}$

Cảm ứng từ: $B = \mu_0 \mu \frac{NI}{2\pi R}$

b. ống dây thẳng dài vô hạn

Cường độ từ trường: $H = nI$

Cảm ứng từ: $B = \mu_0 \mu nI$

với n là số vòng dây trên một đơn vị chiều dài của ống.

6 - TÁC DỤNG CỦA TỪ TRƯỜNG LÊN DÒNG ĐIỆN - CÔNG CỦA LỰC TỪ

6.1. Lực từ tác dụng lên một đoạn dòng thẳng đặt trong từ trường đều

Đặc điểm:

+ Phương: Vuông góc với dây dẫn và vuông góc với đường cảm ứng từ

+ Chiều: quy tắc bàn tay trái: “*Đặt bàn tay trái duỗi thẳng, hướng các đường cảm ứng từ vào lòng bàn tay, chiều từ cổ tay tới các ngón tay là chiều dòng điện thì chiều ngón cái choãi ra 90° là chiều của lực từ*”.

+ Độ lớn: $F = B.I.l.\sin\theta$, với θ là góc giữa dòng điện I (dây l) với đường cảm ứng từ

6.2. Lực từ tác dụng lên hai dòng điện thẳng song song dài vô hạn

Biểu thức: $F = \frac{\mu_0 \mu I_1 I_2 l}{2\pi.d}$

Chiều: Hai dòng điện cùng chiều thì hút nhau.

Hai dòng điện ngược chiều thì đẩy nhau.

6.3. Lực từ tác dụng lên mạch điện kín

Biểu thức: $\vec{M} = \vec{P_m} \times \vec{B}$

Trong đó: $\vec{P}_m = I \cdot \vec{S}$ gọi là mômen từ của dòng điện kín

6.4. Công của lực từ

Định nghĩa: Công của lực từ khi di chuyển một dòng điện trong từ trường bằng tích số của cường độ dòng điện với từ thông qua diện tích mà nó quét trong dịch chuyển đó.

$$\text{Biểu thức: } A = \int_{(1)}^{(2)} dA = \int_{(1)}^{(2)} I \cdot d\Phi_m = I \cdot \Delta\Phi_m = I(\Phi_{m_2} - \Phi_{m_1}) = I \cdot \Delta\Phi$$

Trong đó $\Delta\Phi$ là từ thông qua diện tích mà đoạn dòng điện quét khi dịch chuyển từ 1 đến 2.

7 - TÁC DỤNG CỦA TỪ TRƯỜNG LÊN HẠT ĐIỆN CHUYỂN ĐỘNG

7.1. Lực Lorentz

Định nghĩa: là lực mà từ trường tác dụng lực lên các điện tích trong nó

$$\text{Biểu thức: } \vec{F}_L = q \cdot \vec{v} \times \vec{B}$$

$$\text{Độ lớn: } F_L = |q| v B \sin \alpha$$

với α là góc véc tơ vận tốc \vec{v} với đường cảm ứng từ.

7.2. Chuyển động của hạt điện trong từ trường đều

Lực Lorentz luôn vuông góc với \vec{v} nên chỉ làm thay đổi hướng của chuyển động và lực Lorentz giữ vai trò là lực hướng tâm, nghĩa là:

$$F_L = qvB \sin \alpha = \frac{mv^2}{R}$$

Ta xét hai trường hợp:

a. Vận tốc \vec{v} của hạt vuông góc với cảm ứng từ \vec{B}

$$\text{Bán kính cong quỹ đạo tròn của hạt điện: } R = \frac{mv}{qB}$$

$$\text{Chu kỳ quay: } T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi \cdot m}{qB}$$

b. \vec{v} lập với \vec{B} một góc α

Ta phân tích \vec{v} làm hai thành phần, thành phần song song và thành phần vuông góc với \vec{B} . Thành phần vuông góc \vec{v}_\perp buộc hạt chuyển động theo quỹ đạo tròn với: $R = \frac{mv_\perp}{qB}$

Thành phần \vec{v}_\parallel có tác dụng làm hạt chuyển động theo phương của \vec{B} với vận tốc v_\parallel .

Vậy hạt tham gia đồng thời hai chuyển động, quỹ đạo của hạt là đường xoắn ốc. Bước của quỹ đạo xoắn ốc bằng: $h = v_\parallel T$

D - BÀI TẬP CHƯƠNG 5

I. BÀI TẬP MẪU

Bài tập 1: Hai dây dẫn thẳng dài vô hạn vuông góc với nhau và nằm trong hai mặt phẳng vuông góc. Trên các dây có các dòng điện $I_1 = 2A$ và $I_2 = 3A$ chạy qua. Xác định véc tơ cường độ từ trường tại điểm M. Biết khoảng cách giữa hai dây dẫn là $AB = 2cm$ và $AM = 1cm$.

Hướng dẫn giải

Cường độ từ trường do I_1 và I_2 gây ra tại M là:

$$H_1 = \frac{I_1}{2\pi MA} = \frac{2}{2\pi \cdot 10^{-2}} = \frac{100}{\pi} \text{ (A/m)}$$

$$H_2 = \frac{I_2}{2\pi MB} = \frac{3}{2\pi \cdot 3 \cdot 10^{-2}} = \frac{50}{\pi} \text{ (A/m)}$$

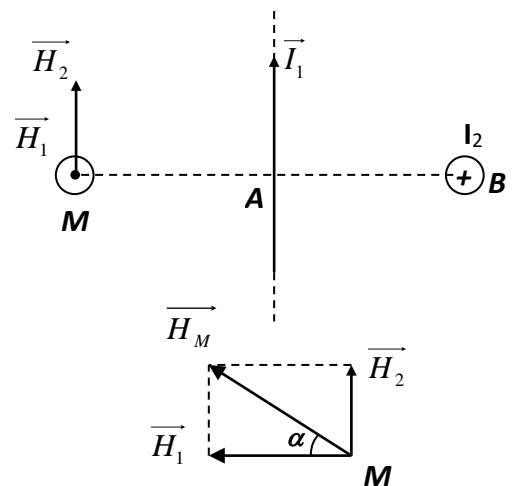
Áp dụng quy tắc cái đinh ốc thấy:

- Véc tơ \vec{H}_1 có phương vuông góc với mặt phẳng hình vẽ có chiều hướng từ phía sau ra phía trước mặt phẳng.

- Véc tơ \vec{H}_2 có phương song song với dây dẫn I_1 , có chiều hướng từ dưới lên trên.

Ta thấy \vec{H}_1 vuông góc với \vec{H}_2 , do đó:

$$H_M = \sqrt{H_1^2 + H_2^2} = \sqrt{\left(\frac{100}{\pi}\right)^2 + \left(\frac{50}{\pi}\right)^2} \approx \frac{111,8}{\pi} \text{ (A/m)}$$



Hình 5-4

Véc tơ $\overrightarrow{H_M}$ có phương nằm trong mặt phẳng vuông góc với mặt phẳng hình vẽ, lập với phương của véc tơ $\overrightarrow{H_1}$ một góc α với: $\operatorname{tg} \alpha = \frac{H_2}{H_1} = \frac{1}{2}$.

Suy ra: $\alpha \approx 27^\circ$

Bài tập 2: Hai dòng điện thẳng dài vô hạn đặt song song nhau, cách nhau một khoảng $MN = 10\text{cm}$ có các dòng điện, cùng chiều, cùng cường độ $I_1 = I_2 = I = 2\text{A}$.

a. Xác định vị trí của điểm A mà tại đó cảm ứng từ bằng không?

b. Xác định vị trí của điểm C trên đường trung trực của đoạn MN mà tại đó có cảm ứng từ cực đại. Tính cảm ứng từ cực đại tại điểm đó.

Hướng dẫn giải

a. Tại A có chồng chất từ trường: $\overrightarrow{B_A} = \overrightarrow{B_{1A}} + \overrightarrow{B_{2A}} = 0$

Do đó: $\overrightarrow{B_{1A}} = -\overrightarrow{B_{2A}}$

Nghĩa là $\overrightarrow{B_{1A}}$ cùng phương, ngược chiều, bằng độ lớn với $\overrightarrow{B_{2A}}$

- Vì hai dòng điện là cùng chiều nên để $\overrightarrow{B_{1A}}$ cùng phương ngược chiều với $\overrightarrow{B_{2A}}$ thì điểm A phải thuộc đoạn thẳng MN.

- Ta có: $B_{1A} = B_{2A}$

$$\frac{\mu_0 \mu I_1}{2\pi r_1} = \frac{\mu_0 \mu I_2}{2\pi r_2}$$

Hay: $\frac{r_1}{r_2} = \frac{I_1}{I_2} = 1$

Do đó: $r_1 = r_2$

Mà: $r_1 + r_2 = MN = 10\text{cm}$ suy ra $r_1 = r_2 = 5\text{cm}$.

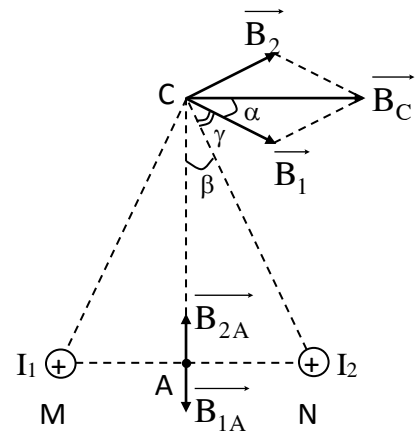
b. Giả sử tại C có B_{\max} và C cách A một đoạn là x .

Vì C nằm trên đường trung trực của MN nên $r_1 = r_2 = r$.

Cảm ứng từ do I_1 và I_2 gây ra tại C là:

$$B_1 = B_2 = \frac{\mu_0 \mu I}{2\pi r} = \frac{\mu_0 \mu I}{2\pi \sqrt{a^2 + x^2}}$$

Véc tơ $\overrightarrow{B_1}$ có phương vuông góc với MC.



Hình 5-5

Véc tơ \vec{B}_2 có phương vuông góc với NC.

Cảm ứng từ tổng hợp tại C là: $\vec{B}_C = \vec{B}_1 + \vec{B}_2$

Vì $B_1 = B_2$ nên ta có: $B_C = 2B_1 \cos\alpha$

Theo hình vẽ ta có: $2\alpha + \gamma = 90^\circ$ (do $\vec{B}_2 \perp NC$)

$2\beta + \gamma = 90^\circ$ (do $\vec{B}_1 \perp MC$)

Suy ra: $\alpha = \beta$ Do đó: $\cos\alpha = \cos\beta = \frac{x}{r} = \frac{x}{\sqrt{a^2 + x^2}}$

Vậy ta được: $B_C = 2 \frac{\mu_0 \mu I x}{2\pi r^2} = \frac{\mu_0 \cdot \mu I}{\pi \left(\frac{a^2}{x} + x \right)}$

Ta thấy: $B_{C_{\max}}$ khi $\left(\frac{a^2}{x} + x \right)$ min

Áp dụng bất đẳng thức Côsi thấy: $\left(\frac{a^2}{x} + x \right)$ min khi $x = \pm a = \pm 5\text{cm}$.

Vậy có hai điểm nằm trên đường trung trực của MN, đối xứng nhau qua điểm A, và cách A một đoạn 5cm tại đó có cảm ứng từ cực đại.

$$B_{C_{\max}} = \frac{\mu_0 \mu I}{2\pi a} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 2}{2\pi \cdot 5 \cdot 10^{-2}} = 8 \cdot 10^{-6} (T)$$

Véc tơ $\vec{B}_{C_{\max}}$ có phương song song với MN, có chiều hướng từ M sang N.

Bài tập 3: Một dây dẫn dài vô hạn được uốn thành một góc 60° cường độ dòng điện chạy qua dây dẫn $I=10\text{A}$. Tìm cường độ từ trường tại điểm A nằm trên phân giác của góc và cách đỉnh góc một đoạn $a = 10\text{cm}$.

Hướng dẫn giải

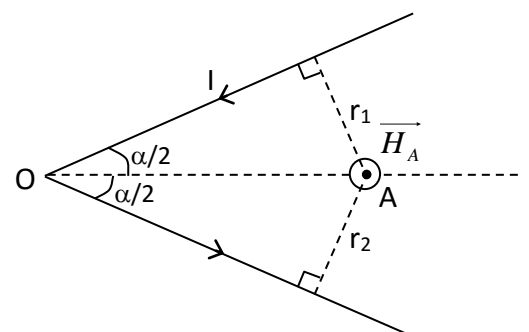
Xét đoạn dây thứ nhất, có một đầu hữu hạn và một đầu dài vô hạn.

Áp dụng công thức:

$$H_{A1} = \frac{1}{4\pi \cdot r_1} (\sin\varphi_1 + \sin\varphi_2)$$

Ta có: $\varphi_1 = 90^\circ$; $\varphi_2 = 90^\circ - \alpha/2 = 60^\circ$

$$r_1 = OA \cdot \sin \frac{\alpha}{2} = 10 \sin 30^\circ = 5\text{cm}$$



Hình 5-6

Vậy: $H_{A1} = \frac{10}{4\pi \cdot 5 \cdot 10^{-2}} (\sin 90^\circ + \sin 60^\circ) \approx 29,7 \text{ (A/m)}$

Tương tự ta có: $H_{A2} = \frac{1}{4\pi \cdot r_2} (\sin \varphi_1' + \sin \varphi_2')$

Với: $\varphi_1' = 60^\circ; \varphi_2' = 90^\circ$

$$r_2 = r_1 = OA \cdot \sin \frac{\alpha}{2} = 5 \text{ cm}$$

Do đó: $H_{A1} = H_{A2} = 29,7 \text{ (A/m)}$

Véc tơ \vec{H}_{A1} và \vec{H}_{A2} đều có phương vuông góc với mặt phẳng hình vẽ, có chiều hướng từ phía sau ra phía trước mặt phẳng.

Vậy cường độ từ trường tại A là: $\vec{H}_A = \vec{H}_{A1} + \vec{H}_{A2}$

$$H_A = 2H_{A1} = 2 \cdot 29,7 = 59,4 \text{ (A/m)}$$

\vec{H}_A cùng phương, cùng chiều với \vec{H}_{A1} và \vec{H}_{A2} (Phương \perp mặt phẳng hình vẽ, chiều hướng từ phía sau ra phía trước mặt phẳng).

Bài tập 4: Một khung dây hình vuông abcd mỗi cạnh dài $l = 2 \text{ cm}$, được đặt gần dòng điện thẳng dài vô hạn AB cường độ $I = 30 \text{ A}$. Khung abcd và dây AB cùng nằm trong một mặt phẳng, cạnh ad song song với dây AB và cách dây AB một đoạn $r = 1 \text{ cm}$.

a. Tính từ thông gửi qua khung dây.

b. Cho dòng điện $I' = 10 \text{ A}$ chạy qua khung dây theo chiều từ a đến b. Xác định lực tổng hợp tác dụng lên khung dây.

Hướng dẫn giải

a. Chia mặt phẳng khung dây thành những dải nhỏ.

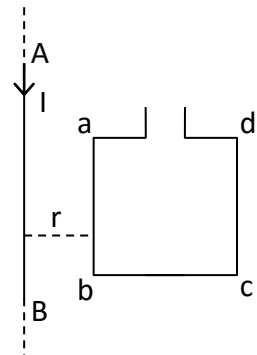
Xét dải cách dòng điện I một đoạn là x có chiều rộng là dx , chiều dài là l . Do đó có diện tích là $dS = l \cdot dx$

Từ thông do dòng điện I gửi qua khung dây là:

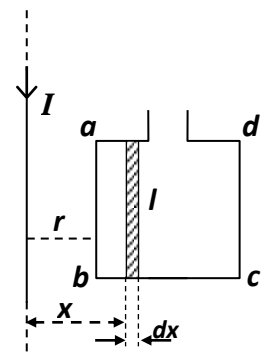
$$\Phi = \int_{abcd} \vec{B} \cdot d\vec{S} = \int_{abcd} B \cdot dS$$

Ta có cảm ứng từ do dòng điện I gây ra tại dải dx là:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi x} \text{ và } \vec{B} \text{ có phương vuông góc với mặt phẳng khung dây.}$$



Hình 5-7



Hình 5-8

$$\text{Do đó: } \Phi = \int_r^{r+l} \frac{\mu_0 \cdot I \cdot l}{2\pi} \cdot \frac{dx}{x} = \frac{\mu_0 \cdot I \cdot l}{2\pi} \ln \frac{r+l}{r}$$

Thay số được: $\Phi = 13,2 \cdot 10^{-8} \text{ Wb}$

b. Khi có I' chạy qua khung dây, véc tơ cảm ứng từ \vec{B} do dòng I gây ra ở nơi đặt khung dây có phương chiều như hình vẽ.

Gọi $\vec{F}_1; \vec{F}_2; \vec{F}_3; \vec{F}_4$ là lực từ do dòng I tác dụng lên các đoạn dòng ab, bc, cd, da. Dùng quy tắc bàn tay trái ta xác định được phương chiều của các lực như hình vẽ.

Lực từ tổng hợp tác dụng lên khung dây là:

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4$$

Ta thấy vị trí tương đối của các cạnh bc và ad đối với dòng I là như nhau nên \vec{F}_2 và \vec{F}_4 có điểm đặt cách dòng I những đoạn bằng nhau và có độ lớn bằng nhau.

Do vậy \vec{F}_2 và \vec{F}_4 có điểm đặt nằm giữa cạnh khung, cùng phương, ngược chiều và có độ lớn là: $F_2 = F_4$. Vậy \vec{F}_2 và \vec{F}_4 trực đối, song song với trục Δ , chỉ có tác dụng làm méo khung, nếu khung ABCD cứng thì \vec{F}_2 và \vec{F}_4 sẽ triệt tiêu nhau mà không ảnh hưởng tới vị trí khung.

$$\text{Lực từ tác dụng lên đoạn ab là: } F_1 = \frac{\mu_0 \mu I_1 I_2}{2\pi r} l; \quad F_3 = \frac{\mu_0 \mu I_1 I_2}{2\pi(r+l)} l$$

Lực từ tổng hợp tác dụng lên khung làm khung dịch chuyển có phương chiều như của \vec{F}_1 có độ lớn là:

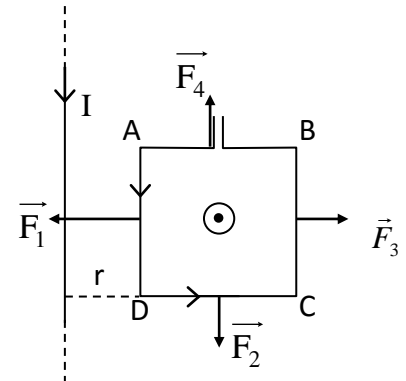
$$F = F_1 - F_3 = \frac{\mu_0 \mu I_1 I_2}{2\pi r} l - \frac{\mu_0 \mu I_1 I_2}{2\pi(r+l)} l$$

Thay số ta được: $F = 8 \cdot 10^{-5} \text{ (N)}$

Bài tập 5: Một ống dây điện thẳng được quấn bằng một sợi dây dẫn có đường kính $d = 1 \text{ mm}$, dòng điện chạy trong dây dẫn là 4 A . Số lớp quấn trên ống dây là 3 lớp. Tính:

- Số vòng dây quấn trên một đơn vị độ dài của ống.
- Cường độ từ trường H ở bên trong ống.

Hướng dẫn giải



Hình 5-9

a. Mỗi vòng dây chiếm một đoạn ống dây có chiều dài bằng đường kính d của dây nên số vòng quấn trên 1 mét dài của ống là $1/d$. Do quấn 3 lớp nên ta có:

$$n = 3 \cdot \frac{1}{d} = 3 \cdot \frac{1}{1 \cdot 10^{-3}} = 3000 \text{ vòng.}$$

b. Áp dụng công thức: $H = \frac{N}{l} I = nI = 3000 \cdot 4 = 12000 \text{ A/m}.$