CHƯƠNG I. DAO ĐỘNG CƠ

CHỦ ĐỀ 1. ĐẠI CƯƠNG VỀ DAO ĐỘNG ĐIỀU HOÀ

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

1. DAO ĐỘNG CƠ

1.1. Dao động: Dao động là chuyển động qua lại của vật quanh một vị trí cân bằng.

1.2. Dao động tuần hoàn

a) Định nghĩa: Dao động tuần hoàn là dao động mà trạng thái dao động của vật được lặp lại như cũ sau những khoảng thời gian bằng nhau.

b) Chu kì và tần số dao động:

- **Chu kì dao động:** là khoảng thời gian ngắn nhất sau đó trạng thái dao động được lặp lại như cũ (hay là khoảng thời gian ngắn nhất để vật thực hiện xong một dao động toàn phần).
- **Tần số dao động:** là số lần dao động mà vật thực hiện được trong một đơn vị thời gian.
- **Mối quan hệ chu kì và tần số dao động:** $\boxed{T=\frac{\Delta t}{N}=\frac{1}{f}}$

(N là số dao động toàn phần mà vật thực hiện được trong khoảng thời gian Δt)

1.3. Dao động điều hoà: Dao động điều hoà là dao động được mô tả bằng một định luật dạng cosin hay sin theo thời gian t, trong đó A, ω, φ là những hằng số: $x=A.\cos(\omega t+\varphi)$.

2. DAO ĐỘNG ĐIỀU HOÀ

2.1. Phương trình dao động điều hoà

Chọn gốc tọa độ tại vị trí cân bằng thì phương trình dao động là $\boxed{x=A.\cos(\omega t+\varphi)}$

Trong đó:

- x : li độ, là độ dời của vật xo với vị trí cân bằng (cm, m).
- A: biên độ, là độ dời cực đại của vật so với vị trí cân bằng (cm, m), phụ thuộc cách kích thích.
- ω: tần số góc, là đại lượng trung gian cho phép xác định chu kì và tần số dao động (rad/s).
- $(\omega t+\varphi)$: pha của dao động, là đại lượng trung gian cho phép xác định trạng thái dao động của vật ở thời điểm t bất kì (rad).
- φ : pha ban đầu, là đại lượng trung gian cho phép xác định trạng thái dao động của vật ở thời điểm ban đầu t = 0, (rad); phụ thuộc vào cách chọn gốc thời gian, trục tọa độ.

Chú ý: A, ω luôn dương. φ : có thể âm, dương hoặc bằng 0.

2.2. Chu kì và tần số dao động điều hoà

Dao động điều hoà là dao động tuần hoàn vì hàm cosin là một hàm tuần hoàn có chu kì T, tần số f

a) Chu kì: $\boxed{T=\frac{2\pi}{\omega}}$ **b) Tần số:** $\boxed{f=\frac{\omega}{2\pi}}$

2.3. Vận tốc và gia tốc trong dao động điều hoà

a) Vận tốc: Vận tốc tức thời trong dao động điều hoà được tính bằng đạo hàm bậc nhất của li độ x theo thời gian t: $v=x'=-\omega A\sin(\omega t+\varphi)$

$$\boxed{v=-\omega A\sin(\omega t+\varphi)} \qquad (cm/s;\ m/s)$$

b) Gia tốc: Gia tốc tức thời trong dao động điều hoà được tính bằng đạo hàm bậc nhất của vận tốc theo thời gian hoặc đạo hàm bậc hai của li độ x theo thời gian t: $a=v'=x''=-\omega^2 A\cos(\omega t+\varphi)$

$$\boxed{a=-\omega^2 A\cos(\omega t+\varphi)} \qquad (cm/s^2;\ m/s^2)$$

3. LỰC TÁC DỤNG (Lực phục hồi, lực kéo về)

Hợp lực $\vec{F}$ tác dụng vào vật khi dao động điều hoà và duy trì dao động, có xu hướng kéo vật trở về vị trí cân bằng gọi là lực kéo về hay là lực hồi phục (hay lực kéo về).

a) Định nghĩa: Lực hồi phục là lực tác dụng vào vật khi dao động điều hoà và có xu hướng đưa vật trở về vị trí cân bằng.

b) Biểu thức: $\boxed{F = ma = -kx = -m\omega^2 x}$

Hay: $F = -m\omega^2 A\cos(\omega t + \varphi)$

Từ biểu thức ta thấy: lực hồi phục luôn hướng về vị trí cân bằng của vật.

c) Độ lớn: $\boxed{|F| = k|x| = m\omega^2|x| = m|a|}$

Ta thấy: lực hồi phục có độ lớn tỉ lệ thuận với độ dời của vật.

+ Độ lớn lực hồi phục cực đại khi $x = \pm A$, lúc đó vật ở vị trí biên:

$$\boxed{F_{max} = kA = m\omega^2 A = m.a_{max}}$$

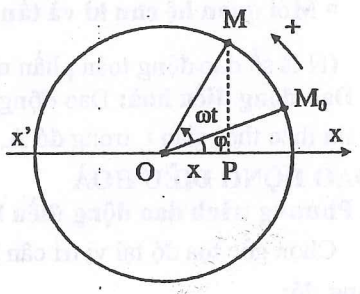
+ Độ lớn lực hồi phục cực tiểu khi $x = 0$, lúc đó vật đi qua vị trí cân bằng: $|F|_{min} = 0$

Nhận xét:

+ Lực hồi phục luôn thay đổi trong quá trình dao động.
+ Lực hồi phục đổi chiều khi qua vị trí cân bằng.
+ Lực hồi phục biến thiên điều hoà theo thời gian cùng pha với a, ngược pha với x.
+ Lực phục hồi có chiều luôn hướng về vị trí cân bằng.

4. MỐI LIÊN HỆ GIỮA CHUYỂN ĐỘNG TRÒN ĐỀU VÀ DAO ĐỘNG ĐIỀU HOÀ

Xét một chất điểm M chuyển động tròn đều trên một đường tròn tâm O, bán kính A như hình vẽ.



+ Tại thời điểm $t = 0$: vị trí của chất điểm là M_0, xác định bởi góc φ

+ Tại thời điểm t vị trí của chất điểm là M, xác định bởi góc $(\omega t + \varphi)$

+ Hình chiếu của M xuống trục xx' là P, có toạ độ x:

$$x = \overline{OP} = OM\cos(\omega t + \varphi)$$

Hay: $x = A.\cos(\omega t + \varphi)$

Ta thấy: hình chiếu P của chất điểm M dao động điều hoà quanh điểm O.

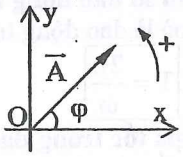
Kết luận:

▪ Khi một chất điểm chuyển động đều trên (O, A) với tốc độ góc ω, thì chuyển động của hình chiếu của chất điểm xuống một trục bất kì đi qua tâm O, nằm trong mặt phẳng quỹ đạo là một dao động điều hoà.

▪ Ngược lại, một dao động điều hoà bất kì, có thể coi như hình chiếu của một chuyển động tròn đều xuống một đường thẳng nằm trong mặt phẳng quỹ đạo, đường tròn bán kính bằng biên độ A, tốc độ góc ω bằng tần số góc của dao động điều hoà.

▪ Biểu diễn dao động điều hoà bằng véctơ quay: Có thể biểu diễn một dao động điều hoà có phương trình: $x = A.\cos(\omega t + \varphi)$ bằng một vectơ quay $\vec{A}$

$$\vec{A}\begin{cases} + \text{Gốc vectơ tại O} \\ + \text{Độ dài: } |\vec{A}| \sim A \\ + (\vec{A}, Ox) = \varphi \end{cases}$$



5. CÁC CÔNG THỨC ĐỘC LẬP VỚI THỜI GIAN

a) Mối quan hệ giữa li độ x và vận tốc v:

$$\boxed{\frac{x^2}{A^2} + \frac{v^2}{\omega^2 A^2} = 1}$$ (Dạng elip)

Hoặc: $A^2 = x^2 + \frac{v^2}{\omega^2}$ hay $v^2 = \omega^2(A^2 - x^2)$ hay $\frac{x^2}{A^2} + \frac{v^2}{v_{max}^2} = 1$

b) Mối quan hệ giữa li độ x và gia tốc a:

$$\boxed{a=-\omega^2 x}$$

⊠ **Chú ý:**

+ $a.x<0;\ x\in[-A;+A]$

+ Vì khi dao động x biến đổi → a biến đổi → chuyển động của vật là biến đổi không đều.

c) Mối quan hệ giữa vận tốc v và gia tốc a:

$$\boxed{\frac{a^2}{\omega^4A^2}+\frac{v^2}{\omega^2A^2}=1}$$ (Dạng elip)

Hay $\frac{v^2}{v_{max}^2}+\frac{a^2}{\omega^2v_{max}^2}=1$ hay $a^2=\omega^2(v_{max}^2-v^2)$ hay $\frac{v^2}{v_{max}^2}+\frac{a^2}{a_{max}^2}=1$ hay $A^2=\frac{v^2}{\omega^2}+\frac{a^2}{\omega^4}$

6. ĐỒ THỊ TRONG DAO ĐỘNG ĐIỀU HOÀ

- Đồ thị của x, v, a theo thời gian có dạng hình sin.
- Đồ thị của a theo v có dạng elip.
- Đồ thị của v theo x có dạng elip.
- Đồ thị của a theo x có dạng đoạn thẳng.
- Đồ thị của F theo a là đoạn thẳng, F theo x là đoạn thẳng, F theo t là hình sin, F theo v là elip.

7. ĐỘ LỆCH PHA TRONG DAO ĐỘNG ĐIỀU HOÀ

Trong dao động điều hòa x, v, a biến thiên điều hòa cùng tần số, khác pha.

- Vận tốc và li độ vuông pha nhau.
- Vận tốc và gia tốc vuông pha nhau.
- Gia tốc và li độ ngược pha nhau.

II. CÔNG THỨC GIẢI NHANH

1. Tính chu kì và tần số dao động

- Chu kì: $T=\frac{1}{f}=\frac{\Delta t}{N}=\frac{2\pi}{\omega}$ (N: số dao động vật thực hiện được trong thời gian Δt)
- Tần số góc: $\boxed{\omega=\sqrt{\frac{v_2^2-v_1^2}{x_1^2-x_2^2}}=\frac{|v|}{\sqrt{A^2-x^2}}=\frac{|a|}{\sqrt{v_{max}^2-v^2}}=\sqrt{-\frac{a}{x}}=\frac{a_{max}}{v_{max}}=\sqrt{\frac{a_2^2-a_1^2}{v_1^2-v_2^2}}}$

2. Tính biên độ dao động

$$\boxed{A=\frac{\ell}{2}=\frac{S_{(T)}}{4}=\frac{S_{(T/2)}}{2}=\sqrt{x^2+\frac{v^2}{\omega^2}}=\sqrt{\frac{v^2}{\omega^2}+\frac{a^2}{\omega^4}}=\frac{v_{max}}{\omega}=\frac{a_{max}}{\omega^2}=\frac{v_{max}^2}{a_{max}}=\sqrt{\frac{2E}{k}}=\frac{F_{max}}{k}=\frac{2E}{F_{max}}}$$

(ℓ : chiều dài quỹ đạo)

3. Xác định thời điểm

a) Xác định thời điểm vật qua vị trí M có li độ x_M lần thứ n theo chiều dương hoặc âm

Giải phương trình: $x_M=A.\cos(\omega t+\varphi)\Leftrightarrow\cos(\omega t+\varphi)=\frac{x_M}{A}=\cos\beta$ với $0\le\beta\le\pi$

$$\Rightarrow\left[\begin{array}{l}\omega t+\varphi=\ \beta+k2\pi\\ \omega t+\varphi=-\beta+k2\pi\end{array}\right.\Rightarrow\left[\begin{array}{l}t_{(-)}=\frac{\beta-\varphi}{\omega}+kT\\ t_{(+)}=\frac{-\beta-\varphi}{\omega}+kT\end{array}\right.$$

(k thường chạy từ 0,1,...hoặc từ 1,2,...) $\left[\begin{array}{l}\text{Nếu } k=1,2,3...\text{thì } k=n\\ \text{Nếu } k=0,1,2...\text{thì } k=n-1\end{array}\right.$

b) Xác định thời điểm vật qua vị trí có li độ x^* lần thứ n, không tính đến chiều chuyển động:

* TH1: Nếu n là <u>số lẻ</u>

$$\boxed{t_n = t_1 + \frac{n-1}{2}T}$$

t_1 là khoảng thời gian kể từ lúc ban đầu (t = 0) đến lúc vật đi qua vị trí có li độ x^* lần 1.

* TH2: Nếu n là <u>số chẵn</u>

$$\boxed{t_n = t_2 + \frac{n-2}{2}T}$$

t_2 là khoảng thời gian kể từ lúc ban đầu (t = 0) đến lúc vật đi qua vị trí có li độ x^* lần 2.

c) Nếu tính đến chiều chuyển động, vật qua tọa độ x^* theo một chiều nào đó lần thứ n thì:

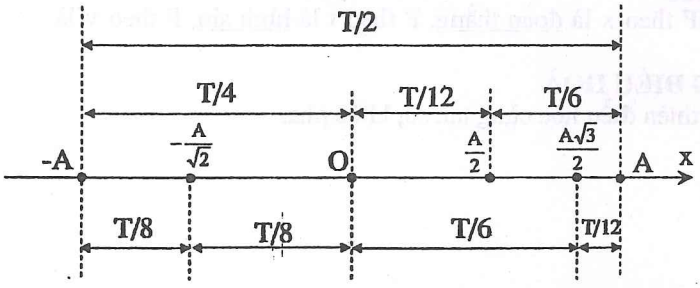
$$\boxed{t_n = t_1 + (n-1).T}$$

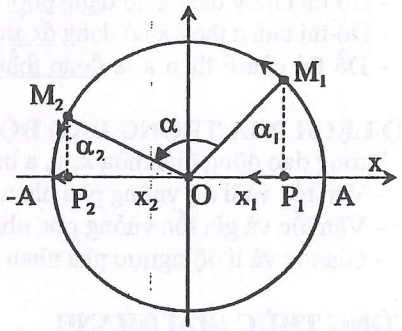
d) Các trường hợp đặc biệt không phụ thuộc n chẵn hay lẻ:

+ Nếu qua vị trí cân bằng lần thứ n thì: $\boxed{t_n = t_1 + \frac{n-1}{2}T}$

+ Nếu qua điểm biên nào đó lần thứ n thì: $\boxed{t_n = t_1 + (n-1)T}$

4. Tính khoảng thời gian ngắn nhất





Xác định khoảng thời gian ngắn nhất vật đi từ vị trí có li độ x_1 đến vị trí có li độ x_2

Tính góc α_1: $\sin\alpha_1 = \frac{|x_1|}{A}$; tính góc α_2: $\sin\alpha_2 = \frac{|x_2|}{A}$ $\rightarrow \alpha_{min} = \alpha_1 + \alpha_2 \Rightarrow \boxed{\Delta t_{min} = \frac{\alpha_{min}}{\omega} = \frac{\alpha_{min}}{2\pi}T}$

(Khoảng thời gian ngắn nhất giữa 2 lần $E_d = E_t = E/2$ là T/4, giữa hai lần $E_d = 3E_t$ hay $E_t = 3E_d$ là T/6)

5. Hai vật đồng thời xuất phát cùng một vị trí. Xác định khoảng thời gian ngắn nhất để hai vật có cùng li độ:

$$\boxed{\Delta t_{min} = \frac{1}{n(f_1 + f_2)}}$$

n phụ thuộc vào vị trí xuất phát ban đầu: ví dụ $\varphi = -\frac{\pi}{4} \Rightarrow n = 4$

6. Tính quãng đường vật đi được kể từ thời điểm t_1 đến thời điểm t_2

$$\boxed{\frac{\Delta t}{T} = \frac{t_2 - t_1}{T} = n,m} \Rightarrow \begin{cases} m = 0 : S = n.4A \\ m = 5 : S = n.4A + 2A \\ m \neq 0 : S = n.4A + S' \end{cases}$$

Cách tìm S': Thay t_1, t_2 lần lượt vào phương trình x, v để tính (x_1, v_1) và (x_2, v_2), chỉ quan tâm dấu của v_1, v_2 để xác định chiều chuyển động của vật. Biểu diễn trên trục Ox để tính S'.

7. Tính quãng đường cực đại, cực tiểu trong khoảng thời gian Δt

* <u>Trường hợp 1</u>: $0 < \Delta t < \frac{T}{2} \Rightarrow \alpha = \omega.\Delta t = \frac{2\pi}{T}.\Delta t$ $(\alpha < \pi)$:

$$\boxed{S_{max} = 2A.\sin\frac{\alpha}{2}} \; ; \; \boxed{S_{min} = 2A.(1 - \cos\frac{\alpha}{2})}$$

* Trường hợp 2: $\Delta t > \frac{T}{2}$. Phân tích: $\Delta t = n.\frac{T}{2} + \Delta t'$ (với $n \in N^*$, $\Delta t' < \frac{T}{2}$). Tính $\alpha = \omega.\Delta t' = \frac{2\pi}{T}.\Delta t'$

$$\boxed{S_{max} = n.2A + 2A.\sin\frac{\alpha}{2}} \quad ; \quad \boxed{S_{min} = n.2A + 2A.(1-\cos\frac{\alpha}{2})}$$

8. Tính tốc độ trung bình và vận tốc trung bình

- Tốc độ trung bình: $\boxed{\overline{v} = \frac{S}{\Delta t}}$ (S là quãng đường vật đi được trong khoảng thời gian Δt)
- Tộc độ trung bình trong 1 chu kì (hay nửa chu kì): $\boxed{\overline{v} = \frac{4A}{T} = \frac{2}{\pi}.v_{max}}$
- Tính tốc độ trung bình cực đại, cực tiểu: $\boxed{\overline{v}_{max} = \frac{S_{max}}{\Delta t}}$; $\boxed{\overline{v}_{min} = \frac{S_{min}}{\Delta t}}$
- Vận tốc trung bình: $\boxed{v_{tb} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}}$ (Δx : độ dời trong khoảng thời gian Δt)

(*Vận tốc trung bình trong một số nguyên lần chu kì bằng 0*)

9. Xác định số lần vật đi qua một vị trí có li độ x^* kể từ thời điểm t_1 đến thời điểm t_2

Nhận xét: Trong một chu kì vật đi qua vị trí có li độ x^* 2 lần (*trừ vị trí biên*)

Lập tỉ số: $\frac{\Delta t}{T} = \frac{t_2 - t_1}{T} = n,m$ (Ví dụ: $\frac{\Delta t}{T} = 3,6$ thì $n = 3$ và $m = 6$)

a) Trường hợp 1: Nếu $m = 0 \Rightarrow$ Số lần: $\boxed{N = 2.n}$

b) Trường hợp 2: Nếu $m \neq 0 \Rightarrow$ Số lần: $\boxed{N = 2.n + N_{du}}$

{ Tìm N_{du}: cách làm giống như tìm S' ở trên mục 5. Lưu ý: N_{du} có thể là 0, 1, 2.

Ngoài ra có thể giải bằng các cách sau: Tìm $t_{(+)}$, $t_{(-)}$ như mục 3 rồi sau đó $t_1 \le t_{(+)} \le t_2; t_1 \le t_{(-)} \le t_2$ $\Rightarrow k$; *hoặc dùng phương pháp đường tròn, phương pháp đồ thị.*

10. Xác định li độ x_2: Cho biết li độ x_1 ở thời điểm t_1. Tìm li độ của vật x_2 ở thời điểm $t_2 = t_1 + t_0$

a) Cách 1: Phương pháp đại số. Tính góc $\alpha = \omega.\Delta t = \omega.t_0$

+ Nếu $\alpha = k.2\pi$: $\boxed{x_2 = x_1}$
+ Nếu $\alpha = (2k+1)\pi$: $\boxed{x_2 = -x_1}$
+ Nếu $\alpha = (2k+1)\frac{\pi}{2}$: $\boxed{x_2 = \pm\sqrt{A^2 - x_1^2}}$
+ Nếu α bất kì: $\boxed{x_2 = x_1.\cos\alpha \pm \sqrt{A^2 - x_1^2}.\sin\alpha}$

b) Cách 2: Phương pháp dùng đường tròn.

Căn cứ x_1 và chiều chuyển động ta xác định được vị trí M_1 trên đường tròn, căn cứ vào góc quét $\alpha = \omega.\Delta t = \omega.t_0$ ta xác định được M_2 trên đường tròn, hạ M_2 vuông góc với Ox tại P_2. Tính $x_2 = \overline{OP_2}$.

11. Viết phương trình dao động : Nếu chọn gốc tọa độ O tại vị trí cân bằng thì phương trình dao động điều hòa có dạng: $x = A\cos(\omega t + \varphi)$ (cm). Tìm ω như mục 1, tìm biên độ A như mục 2.

Dựa vào điều kiện ban đầu ($t = 0$) để tìm φ. *Ví dụ:* lúc $t = 0$, ta có: $\begin{cases} x_0 = A.\cos\varphi = ? \\ v_0 = -\omega A.\sin\varphi = ? \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} A = ? \\ \varphi = ? \end{cases}$

Có thể tìm φ rất nhanh bằng đường tròn lượng giác. Cần nhớ lúc $t = 0$:

$v_0 < 0 \Rightarrow \varphi > 0; v_0 > 0 \Rightarrow \varphi < 0$.

Lưu ý:

$\sin\alpha = \cos(\alpha - \pi/2)$; $\cos\alpha = \sin(\alpha + \pi/2)$; $\sin(-\alpha) = -\sin\alpha = \cos(\alpha + \pi/2)$;

$\sin^2\alpha = \frac{1-\cos 2\alpha}{2}$; $\cos^2\alpha = \frac{1+\cos 2\alpha}{2}$; $\cos 3\alpha = 4.\cos^3\alpha - 3.\cos\alpha$;

$\sin(\pi + \alpha) = -\sin\alpha$; $\cos(\pi + \alpha) = -\cos\alpha$; $\cos(-\alpha) = \cos\alpha$

CHỦ ĐỀ 2. CON LẮC LÒ XO

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

1. Định nghĩa con lắc lò xo:

Con lắc lò xo là một hệ thống gồm một lò xo có độ cứng k, khối lượng không đáng kể (lí tưởng) một đầu cố định và một đầu gắn vật nặng có khối lượng m (kích thước không đáng kể).

2. Phương trình động lực học của vật dao động điều hoà trong con lắc lò xo:

$$\boxed{x'' + \omega^2 x = 0} \quad (*)$$

Trong toán học phương trình (*) được gọi là phương trình vi phân bậc 2 có nghiệm:

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

3. Tần số góc: $\boxed{\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}}$

4. Chu kì và tần số dao động: $\boxed{T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}}$ và $\boxed{f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}}$

Chú ý: Trong các công thức trên m (kg); k (N/m). Đổi: 1 N/cm = 100 N/m, $1g = 10^{-3}$ kg.

5. Năng lượng trong dao động điều hòa

a) Động năng: $\boxed{E_d = \frac{1}{2}mv^2}$; **b) Thế năng:** $\boxed{E_t = \frac{1}{2}kx^2}$

c) Cơ năng: Cơ năng bằng tổng động năng và thế năng.

$$E = E_d + E_t = \frac{1}{2}m\omega^2A^2 = \frac{1}{2}kA^2 = \text{const.}$$

$$E = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}m\omega^2A^2 = \frac{1}{2}mv_{max}^2$$

$$E = E_{đmax} = E_{tmax} = \text{const}$$

d) Các kết luận:

- Con lắc lò xo dao động điều hoà với tần số f, chu kì T, tần số góc ω thì động năng và thế năng biến thiên tuần hoàn với tần số $f' = 2f$, tần số góc $\omega' = 2\omega$, chu kì $T' = T/2$.
- Động năng và thế năng biến thiên tuần hoàn cùng biên độ, cùng tần số nhưng lệch pha nhau góc π (hay ngược pha nhau).
- Trong qúa trình dao động điều hoà có sự biến đổi qua lại giữa động năng và thế năng, mỗi khi động năng giảm thì thế năng tăng và ngược lại nhưng tổng của chúng tức là cơ năng được bảo toàn, không đổi theo thời gian và tỉ lệ thuận với bình phương biên độ dao động.
- Khoảng thời gian ngắn nhất giữa hai lần động năng bằng thế năng là $\boxed{\Delta t_{min} = \frac{T'}{2} = \frac{T}{4} = \frac{1}{4f}}$.
- Cơ năng của vật = động năng khi qua vị trí cân bằng = thế năng ở vị trí biên.
- Động năng cực đại = thế năng cực đại = cơ năng = $\frac{1}{2}kA^2$.
- Biên độ của động năng = biên độ thế năng = $\frac{1}{4}kA^2$.

e) Đồ thị dao động:

- Đồ thị của động năng, thế năng theo thời gian là hình sin.
- Đồ thị của cơ năng theo thời gian là đường thẳng song song với trục Ot.
- Đồ thị của động năng, thế năng theo li độ x là cung parabol.
- Đồ thị của cơ năng theo li độ x có dạng là đoạn thẳng.

6. **Ghép lò xo:** Cho hai lò xo lí tưởng có độ cứng lần lượt là k_1 và k_2. Gọi k là độ cứng của hệ hai lò xo.

a) **Ghép nối tiếp:** $\boxed{\frac{1}{k_{nt}}=\frac{1}{k_1}+\frac{1}{k_2}} \rightarrow k_{nt}=\frac{k_1k_2}{k_1+k_2}$

b) **Ghép song song:** $\boxed{k_{ss}=k_1+k_2}$

c) **Ghép có vật xen giữa:** $\boxed{k=k_1+k_2}$

7. **Cắt lò xo:** Cho một lò xo lí tưởng có chiều dài tự nhiên ℓ_0, độ cứng là k_0. Cắt lò xo thành n phần, có chiều dài lần lượt là $\ell_1,\ell_2,...,\ell_n$. Độ cứng tương ứng là $k_1, k_2,..., k_n$. Ta có hệ thức sau:

$$\boxed{k_0\ell_0=k_1\ell_1=k_2\ell_2=...=k_n\ell_n}$$

II. CÔNG THỨC GIẢI NHANH

1. Độ biến dạng của lò xo khi vật ở VTCB:

$\boxed{\Delta\ell_0=\frac{mg}{k}\sin\alpha}$ (α: góc hợp bởi trục lò xo và phương ngang)

2. Tính chiều dài của lò xo

- Chiều dài của lò xo khi vật ở vị trí cân bằng: $\boxed{\ell_{cb}=\ell_0\pm\Delta\ell_0}$ (dấu (+): dãn; dấu (-) là nén)

- Chiều dài cực đại, cực tiểu của lò xo: $\boxed{\ell_{max}=\ell_{cb}+A}$; $\boxed{\ell_{min}=\ell_{cb}-A}$

3. Tính lực phục hồi; lực đàn hồi; tính khoảng thời gian lò xo bị dãn, bị nén; biên độ dao động

3.1. Lực đàn hồi

a) Tính độ lớn lực đàn hồi: $\boxed{F_{dh}=k|\Delta\ell_0+x|}$

b) Độ lớn lực đàn hồi cực đại:

$$\boxed{F_{dh}^{max}=k(\Delta\ell_0+A)}$$

c) Độ lớn lực đàn hồi cực tiểu: so sánh A và $\Delta\ell_0$

+ Nếu $A\geq\Delta\ell_0 \rightarrow$ $\boxed{F_{dh}^{min}=0}$

+ Nếu $A<\Delta\ell_0 \rightarrow$ $\boxed{F_{dh}^{min}=k(\Delta\ell_0-A)}$

d) Độ lớn lực đẩy đàn hồi cực đại

Khi $A>\Delta\ell_0$: lò xo bị nén thì lực đàn hồi của lò xo được gọi là lực đẩy

$$\boxed{F_{đẩy}^{max}=k(A-\Delta\ell_0)}$$

Chú ý: Tỉ số độ lớn lực đàn hồi cực đại và cực tiểu của lò xo

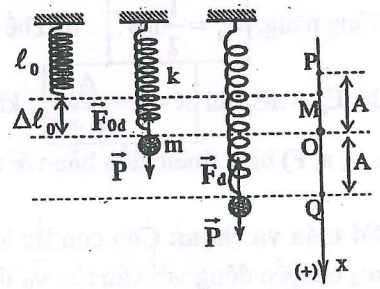
$$\boxed{\frac{F_{đh}^{max}}{F_{đh}^{min}}=\frac{k(\Delta\ell_0+A)}{k(\Delta\ell_0-A)}=\frac{\Delta\ell_0+A}{\Delta\ell_0-A}}$$

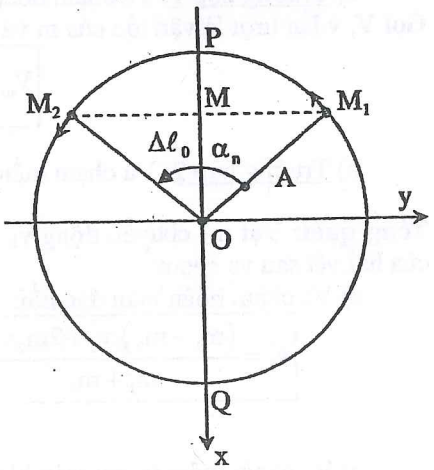
3.2. Khoảng thời gian lò xo dãn, nén trong 1 chu kì

+ Nếu $A\leq\Delta\ell_0$: trong quá trình dao động lò xo <u>không bị nén</u>

+ Nếu $A>\Delta\ell_0$: trong quá trình dao động lò xo có lúc bị dãn, có lúc bị nén $\cos\frac{\alpha_n}{2}=\frac{\Delta\ell_0}{A}\Rightarrow\alpha_n$:

$$\boxed{t_{nén}=\frac{\alpha_n}{\omega}=\frac{\alpha_n}{2\pi}T} \quad ; \quad \boxed{t_{dãn}=T-t_{nén}=\frac{2\pi-\alpha_n}{\omega}}$$





4. Chu kì và tần số dao động

4.1. Tính chu kì và tần số dao động:

a) Cho m và k: $\boxed{T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = \frac{1}{f}}$; chú ý: $T \sim \sqrt{m}$; $T \sim \frac{1}{\sqrt{k}}$.

b) Lò xo treo thẳng đứng: $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{g}{\Delta\ell_0}} \rightarrow \boxed{T = 2\pi\sqrt{\frac{\Delta\ell_0}{g}}}$; ($\Delta\ell_0$ đơn vị m)

c) Lò xo trên mặt phẳng nghiêng góc α: $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{g\sin\alpha}{\Delta\ell_0}} \rightarrow \boxed{T = 2\pi\sqrt{\frac{\Delta\ell_0}{g\sin\alpha}}}$

4.2. Thay đổi chu kì bằng cách thay đổi khối lượng của vật:

Con lắc lò xo $[(m_1 \pm m_2); k]$: $\boxed{T = \sqrt{T_1^2 \pm T_2^2}}$; con lắc lò xo $\left[\sqrt{m_1.m_2}, k\right]$: $\boxed{T = \sqrt{T_1.T_2}}$

4.3. Thay đổi chu kì bằng cách thay đổi độ cứng k:

Cho (m, k_1) dao động với T_1 ; (m, k_2) dao động với T_2

Con lắc lò xo $[m, (k_1 ntk_2)]$: $\boxed{T_{nt} = \sqrt{T_1^2 + T_2^2}}$; Con lắc lò xo $[m, (k_1 ssk_2)]$: $\boxed{T_{ss} = \frac{T_1.T_2}{\sqrt{T_1^2 + T_2^2}}}$

4.4. Thêm bớt khối lượng Δm (gia trọng): $\boxed{\left(\frac{\omega_1}{\omega_2}\right)^2 = \left(\frac{f_1}{f_2}\right)^2 = \frac{m_2}{m_1} = \frac{m_1 \pm \Delta m}{m_1}}$

4.5. Trong cùng một khoảng thời gian Δt con lắc (1) thực hiện được N_1 dao động, con lắc (2) được N_2 dao động

$$\boxed{\Delta t = N_1.T_1 = N_2.T_2}$$

5. Năng lượng trong dao động điều hòa của con lắc lò xo:

a) Động năng: $\boxed{E_d = \frac{1}{2}mv^2}$ b) Thế năng: $\boxed{E_t = \frac{1}{2}kx^2}$ c) Cơ năng: $\boxed{E = \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}m\omega^2A^2}$

* Khi $E_d = nE_t$ thì $\boxed{x = \pm\frac{A}{\sqrt{n+1}}}$; khi $E_t = nE_d$ thì $\boxed{v = \pm\frac{v_{max}}{\sqrt{n+1}}}$

* (x, v, a, F) biến thiên điều hòa với (ω, f, T) thì (E_d, E_t) biến thiên tuần hoàn với:

$$\omega' = 2\omega, f' = 2f, T' = T/2$$

6. Bài toán va chạm: Cho con lắc lò xo nằm ngang, bỏ qua ma sát. Khi vật m ở vị trí cân bằng thì vật m_0 chuyển động với vận tốc $\vec{v}_0$ đến va chạm xuyên tâm với vật m.

a) Trường hợp 1: Va chạm hoàn toàn đàn hồi

Gọi V, v lần lượt là vận tốc của m và m_0 ngay sau khi va chạm:

$$\boxed{V_m = \frac{2m_0}{m_0 + m}v_0} \; ; \; \boxed{v_{m_0} = \frac{m_0 - m}{m_0 + m}v_0}$$

b) Trường hợp 2: Va chạm mềm $\boxed{V_{(m+m_0)} = \frac{m_0}{m_0 + m}v_0}$

Tổng quát: Vật m_1 chuyển động v_1 đến va chạm xuyên tâm với m_2 có vân tốc là v_2. Tìm vận tốc của hai vật sau va chạm:

a) Va chạm hoàn toàn đàn hồi:

$$\boxed{v_1' = \frac{(m_1 - m_2).v_1 + 2m_2v_2}{m_1 + m_2}} \; ; \; \boxed{v_2' = \frac{(m_2 - m_1).v_2 + 2m_1v_1}{m_1 + m_2}}$$

b) Va chạm mềm (hoàn toàn không đàn hồi): $\boxed{v = \frac{m_1v_1 + m_2v_2}{m_1 + m_2}}$

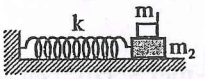
7. Điều kiện để vật không dời hoặc trượt trên nhau:

Vật m_1 được đặt trên vật m_2 dao động điều hòa theo phương thẳng đứng. Để m_1 luôn nằm yên trên m_2 khi dao động thì cần điều kiện

$$\boxed{A \le \frac{g}{\omega^2} = \frac{(m_1+m_2)g}{k}}$$

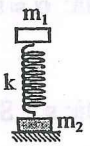
Vật m_1 đặt trên vật m_2 dao động điều hòa theo phương ngang. Hệ số ma sát giữa m_1 và m_2 là μ. Bỏ qua ma sát giữa m_2 và mặt sàn. Để m_1 không trượt trên m_2 thì

$$\boxed{A \le \mu\frac{g}{\omega^2} = \mu\frac{(m_1+m_2)g}{k}}$$



Vật m_1 đặt trên m_2 được gắn vào hai đầu lò xo đặt thẳng đứng, m_1 dao động điều hòa. Để m_2 luôn nằm trên mặt sàn trong quá trình m_1 dao động thì

$$\boxed{A \le \frac{(m_1+m_2)g}{k}}$$



CHỦ ĐỀ 3. CON LẮC ĐƠN

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

1. Định nghĩa con lắc đơn

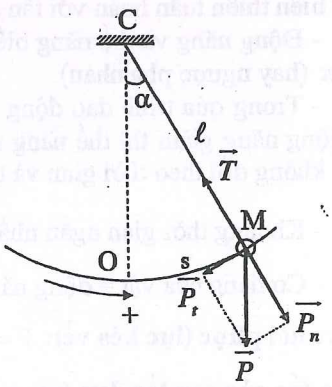
Con lắc đơn là một hệ thống gồm một sợi dây không giãn khối lượng không đáng kể có chiều dài ℓ một đầu gắn cố định, đầu còn lại treo vật nặng có khối lượng m kích thước không đáng kể coi như chất điểm.

2. Phương trình động lực học (phương trình vi phân): khi $\alpha \le 10^0$

$$s'' + \omega^2 s = 0$$

3. Phương trình dao động của con lắc đơn

- Phương trình theo cung: $s = S_0\cos(\omega t + \varphi)$
- Phương trình theo góc: $\alpha = \alpha_0\cos(\omega t + \varphi)$
- Mối quan hệ S_0 và α_0: $S_0 = \alpha_0\ell$



4. Tần số góc. Chu kì và tần số dao động của con lắc đơn

*** Tần số góc:** $\boxed{\omega = \sqrt{\frac{g}{\ell}}}$

*** Chu kì dao động:** $\boxed{T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}}$

*** Tần số dao động:** $\boxed{f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{\ell}}}$

5. Năng lượng dao động điều hoà của con lắc đơn

5.1. Trường hợp tổng quát: với góc α bất kì

a) **Động năng:** $E_d = \frac{mv^2}{2}$

b) **Thế năng:** $E_t = mgh = mg\ell(1 - \cos\alpha)$ vì $h = \ell(1 - \cos\alpha)$

c) **Cơ năng:** $E = E_d + E_t = \frac{mv^2}{2} + mg\ell(1 - \cos\alpha) = \frac{1}{2}mv_{max}^2 = mg\ell(1 - \cos\alpha_{max})$

5.2. Trường hợp dao động điều hoà:

a) Động năng:

$$E_đ = \frac{mv^2}{2} \text{ mà } v = s' = -\omega S_0 \sin(\omega t + \varphi)$$

$$E_đ = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 S_0^2 \sin^2(\omega t + \varphi)$$

b) Thế năng:

* Nếu góc nhỏ ($\alpha \le 10^0$), ta có: $1 - \cos\alpha = 2.\sin^2\frac{\alpha}{2} \approx \frac{\alpha^2}{2}$

$$E_t = \frac{1}{2}mg\ell\alpha^2 \qquad (\alpha: \text{rad})$$

* Mà: $\alpha \approx \sin\alpha = \frac{s}{\ell} \rightarrow E_t = \frac{1}{2}\frac{mg}{\ell}s^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 s^2$

* Mà: $s = S_0\cos(\omega t + \varphi) \rightarrow E_t = \frac{1}{2}m\omega^2 S_0 \cos^2(\omega t + \varphi)$

c) Cơ năng:

$$E = E_đ + E_t = \frac{mv^2}{2} + \frac{1}{2}\frac{mg}{\ell}s^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 S_0^2\left[\sin^2(\omega t + \varphi) + \cos^2(\omega t + \varphi)\right] = \frac{1}{2}m\omega^2 S_0^2$$

$$E = \frac{1}{2}\frac{mg}{\ell}S_0^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 S_0^2 = \frac{1}{2}mg\ell\alpha_0^2 = \text{const}$$

d) Các kết luận:

- Con lắc đơn dao động điều hoà với tần số f, chu kì T, tần số góc ω thì động năng và thế năng biến thiên tuần hoàn với tần số $f' = 2f$, tần số góc $\omega' = 2\omega$, chu kì $T' = T/2$.
- Động năng và thế năng biến thiên tuần hoàn cùng biên độ, cùng tần số nhưng lệch pha nhau góc π (hay ngược pha nhau).
- Trong qúa trình dao động điều hoà có sự biến đổi qua lại giữa động năng và thế năng, mỗi khi động năng giảm thì thế năng tăng và ngược lại nhưng tổng của chúng tức là cơ năng được bảo toàn, không đổi theo thời gian và tỉ lệ thuận với bình phương biên độ dao động.
- Khoảng thời gian ngắn nhất giữa hai lần động năng bằng thế năng là $\boxed{\Delta t_{min} = \frac{T'}{2} = \frac{T}{4}}$.
- Cơ năng của vật = động năng khi qua vị trí cân bằng = thế năng ở vị trí biên.

6. Lực hồi phục (lực kéo về): $F = -m\frac{g}{\ell}s = -m\omega^2 s$

7. Gia tốc của con lắc đơn trong dao động tổng quát:

a) Gia tốc tiếp tuyến: đặc trưng cho sự thay đổi độ lớn của vận tốc

Độ lớn: $\boxed{a_t = g\sin\alpha}$

b) Gia tốc pháp tuyến (gia tốc hướng tâm): đặc trưng cho sự thay đổi hướng của vận tốc

Độ lớn: $\boxed{a_n = a_{ht} = \frac{v^2}{\ell} = 2g(\cos\alpha - \cos\alpha_o)}$

c) Gia tốc toàn phần: $\vec{a} = \vec{a}_t + \vec{a}_n$ vì $\vec{a}_t \perp \vec{a}_n \Rightarrow \boxed{a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2}}$

II. CÔNG THỨC GIẢI NHANH

1. Phương trình dao động:

Theo cung: $\boxed{s = S_0\cos(\omega t + \varphi)}$; theo góc: $\boxed{\alpha = \alpha_0\cos(\omega t + \varphi)}$; $\boxed{S_0 = \alpha_0.\ell}$

2. Vận tốc và gia tốc trong dao động điều hòa:

- Vận tốc: $\boxed{v = s' = -\omega S_0 \sin(\omega t + \varphi)} \rightarrow v_{max} = \omega S_0 = \alpha_0 \sqrt{g\ell}$

- Gia tốc dài (tiếp tuyến): $\boxed{a = -\omega^2 S_0 \cos(\omega t + \varphi)} \rightarrow a_{max} = \omega^2 S_0$

3. Công thức độc lập với thời gian: $\boxed{S_0^2 = s^2 + \frac{v^2}{\omega^2}}$; $\boxed{S_0^2 = \frac{v^2}{\omega^2} + \frac{a^2}{\omega^4}}$; $\boxed{a = -\omega^2 s}$; $\boxed{\alpha_0^2 = \alpha^2 + \frac{v^2}{g\ell}}$

4. Lực phục hồi: $\boxed{F = ma = -m\omega^2 s = -m\frac{g}{\ell}s}$ (phụ thuộc khối lượng)

5. Năng lượng của con lắc đơn trong dao động điều hòa:

a) Động năng: $\boxed{E_d = \frac{1}{2}mv^2}$ b) Thế năng: $\boxed{E_t = mg\ell(1-\cos\alpha) = \frac{1}{2}mg\ell\alpha^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 s^2}$

c) Cơ năng: $\boxed{E = E_d + E_t = mg\ell(1-\cos\alpha_0) = \frac{1}{2}mg\ell\alpha_0^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 S_0^2}$

d) Nếu $\alpha, \alpha_0 \le 10^0$: Khi $E_d = nE_t \Rightarrow \boxed{\alpha = \pm\frac{\alpha_0}{\sqrt{n+1}}}$; $\boxed{s = \pm\frac{S_0}{\sqrt{n+1}}}$

6. Vận tốc và lực căng dây treo:

a) Vận tốc: $\boxed{v = \pm\sqrt{2g\ell(\cos\alpha - \cos\alpha_0)}}$ b) Lực căng của dây treo: $\boxed{\tau = mg(3\cos\alpha - 2\cos\alpha_0)}$

* Vật qua VTCB: $\tau_{max} = mg(3-2\cos\alpha_0) = 3mg - 2\tau_{min}$; $v_{max} = \sqrt{2g\ell(1-\cos\alpha_0)}$

* Vật ở vị trí biên: $\tau_{min} = mg\cos\alpha_0$; $|v|_{min} = 0$

⊠ **Chú ý:** Lực căng của dây lớn nhất tại vị trí cân bằng và lớn hơn trọng lượng của vật.

7. Chu kì và tần số dao động của con lắc đơn:

- Tính chu kì và tần số dao động: $\boxed{\omega = \sqrt{\frac{g}{\ell}}} \Rightarrow \boxed{T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}} = \frac{1}{f}}$ (Lưu ý: $T \sim \sqrt{\ell}; T \sim \frac{1}{\sqrt{g}}$)

- Thay đổi chiều dài: $\boxed{\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{f_1}{f_2} = \frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{\ell_2}{\ell_1}} = \sqrt{\frac{\ell_1 \pm \Delta\ell}{\ell_1}}}$.

- Con lắc đơn: $[\ell_1 \pm \ell_2, g] \Rightarrow \boxed{T = \sqrt{T_1^2 \pm T_2^2}}$; $[\sqrt{\ell_1.\ell_2}, g] \Rightarrow \boxed{T = \sqrt{T_1.T_2}}$

- Trong cùng trong một khoảng thời gian Δt : con lắc (1) thực hiện được N_1 dao động, con lắc (2) thực hiện được N_2 dao động, ta có: $\boxed{\Delta t = N_1T_1 = N_2T_2} \Leftrightarrow \boxed{\frac{\ell_1}{\ell_2}.\frac{g_2}{g_1} = \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2}$

8. Con lắc trùng phùng: Cho hai con lắc đơn dao động điều hòa trong hai mặt phẳng song song với nhau có chu kì T_1 và T_2.

a) Chu kì trùng phùng: là khoảng thời gian giữa 2 lần trùng phùng liên tiếp $\boxed{\theta = \frac{T_1.T_2}{|T_1 - T_2|}}$

b) Gọi N_1, N_2 lần lượt là số dao động của con lắc đơn T_1 và T_2 trong một chu kì trùng phùng.

Nếu $\boxed{T_1 > T_2: \theta = N_1T_1 = N_2T_2 = (N_1+1)T_2}$; Nếu $\boxed{T_1 < T_2: \theta = N_1T_1 = N_2T_2 = (N_1-1)T_2}$

⊠ **Chú ý:** Ngoài cách làm trên, ta có thể tìm khoảng thời gian giữa hai lần trùng phùng dựa theo cách tìm bội số chung nhỏ nhất của T_1 và T_2. Tức là lấy $T_1/T_2 = a/b$ = phân số tối giản

$\Rightarrow \boxed{\theta = b.T_1 = a.T_2}$

9. Bài toán đồng hồ chạy sai: Gọi T_1, T_2 lần lượt là chu kì của con lắc đồng hồ khi chạy đúng và khi chạy sai. Lượng thời gian đồng hồ chạy sai trong thời gian t là:

$$\boxed{\theta = \frac{\Delta T}{T_1}.t = \left[\frac{\alpha}{2}\Delta t^0 + \frac{h}{R} + \frac{d}{2R} + \frac{\Delta\ell}{2\ell_1} - \frac{\Delta g}{2g_1} + \frac{D_0}{2D}\right].t}$$

Nếu: $\theta = 0$: chạy **đúng**; $\theta > 0$: chạy **chậm**; $\theta < 0$: chạy **nhanh**.

⌦ **Chú ý:** Công thức trên áp dụng khi $h, d << R; \Delta\ell << \ell; \Delta g << g; D_0 << D$.

Công thức tổng quát (Đúng): $\boxed{\theta = \frac{\Delta T}{T_2}.t = \frac{T_2 - T_1}{T_2}.t = \frac{T_s - T_d}{T_s}.t}$

10. Chu kì của con lắc đơn thay đổi khi chịu thêm tác dụng của một ngoại lực không đổi

10.1. Lực điện trường

a) Lực điện trường: $\boxed{\vec{F}_d = q.\vec{E}}$. Nếu $q > 0$: $\vec{F}_d \uparrow\uparrow \vec{E}$; Nếu $q < 0$: $\vec{F}_d \uparrow\downarrow \vec{E}$. Độ lớn: $\boxed{F_d = |q|.E}$

b) Các trường hợp:

Trường hợp	$\vec{F}_d \downarrow\downarrow \vec{P}$	$\vec{F}_d \uparrow\downarrow \vec{P}$	$\vec{F}_d \perp \vec{P}$
$T' = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g'}}$	$g' = g + \frac{\lvert q\rvert E}{m}$	$g' = g - \frac{\lvert q\rvert E}{m}$	$\tan\beta = \frac{\lvert q\rvert E}{mg}$; $g' = \sqrt{g^2 + \left(\frac{qE}{m}\right)^2} = \frac{g}{\cos\beta}$

10.2. Lực quán tính

a) Lực quán tính: $\boxed{\vec{F}_{qt} = -m.\vec{a}}$; Độ lớn lực quán tính: $\boxed{F_{qt} = m.a}$

+ Nếu hệ quy chiếu chuyển động thẳng <u>nhanh dần đều</u>: $\vec{F}_{qt} \uparrow\downarrow \vec{v}$

+ Nếu hệ quy chiếu chuyển động thẳng <u>chậm dần đều</u>: $\vec{F}_{qt} \uparrow\uparrow \vec{v}$

b) Các trường hợp:

Trường hợp	$\vec{F}_{qt} \downarrow\downarrow \vec{P}$	$\vec{F}_{qt} \uparrow\downarrow \vec{P}$	$\vec{F}_{qt} \perp \vec{P}$
$T' = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g'}}$	$g' = g + a$	$g' = g - a$	$\tan\beta = \frac{a}{g}$; $g' = \sqrt{g^2 + a^2} = \frac{g}{\cos\beta}$

<u>**Nâng cao:**</u> Xe chuyển động trên mặt phẳng nghiêng góc α, xe chuyển động từ trên xuống, hệ số ma sát giữa bánh xe với mặt đường là μ.

$\boxed{\tan\beta = \frac{\sin\alpha - \mu\cos\alpha}{\cos\alpha + \mu\sin\alpha}}$; $\boxed{g' = g\cos\alpha\sqrt{1+\mu^2}}$

Nếu bỏ qua ma sát ($\mu = 0$): $\beta = \alpha$; $g' = g\cos\alpha \rightarrow \boxed{T' = \frac{T}{\sqrt{\cos\alpha}}}$

⌦ **Chú ý:** Trường hợp ngoại lực $\vec{F}_n$ theo phương ngang, khi vật ở vị trí cân bằng sợi dây hợp với phương thẳng đứng góc β. Ta có: $g' = \frac{g}{\cos\beta} \Rightarrow \boxed{T' = T\sqrt{\cos\beta}}$

10.3. Lực đẩy Acsimet

Lực đẩy Acsimet: $\boxed{\vec{F}_A = -V_0 D_0 \vec{g}} \Rightarrow$ Độ lớn: $\boxed{F_A = V_0 D_0 g}$

Gọi D_0 là khối lượng riêng của chất khí, D là khối lượng riêng của quả nặng.

T là chu kì dao động điều hòa trong chân không, T' là chu kì dao động trong chất khí

$\boxed{g' = g(1 - \frac{D_0}{D})}$; $\boxed{T' \approx T(1 + \frac{D_0}{2D})} \Rightarrow \boxed{\theta = \frac{D_0}{2D}.t}$

CHỦ ĐỀ 4. CÁC LOẠI DAO ĐỘNG

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

1. Hệ dao động: Hệ dao động gồm vật dao động và vật tác dụng lực kéo về lên vật dao động.

2. Các loại dao động

2.1. Dao động tự do

a) Định nghĩa: Dao động tự do là dao động mà chu kì (tần số) chỉ phụ thuộc vào các đặc tính của hệ mà không phụ thuộc vào các yếu tố bên ngoài.

b) Đặc điểm:

- Dao động tự do xảy ra chỉ dưới tác dụng của nội lực.

- Dao động tự do hay còn được gọi là dao động riêng, dao động với tần số góc riêng ω_0.

c) Điều kiện để con lắc dao động tự do là:

Các lực ma sát phải rất nhỏ, có thể bỏ qua. Khi ấy con lắc lò xo và con lắc đơn sẽ dao động mãi mãi với chu kì riêng.

- Con lắc lò xo: dao động với chu kì riêng $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ (T chỉ phụ thuộc m và k)

- Con lắc đơn: dao động với chu kì riêng: $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$

Chú ý: Con lắc đơn chỉ có thể thể coi là dao động tự do nếu không đổi vị trí (để cho g = const, T chỉ phụ thuộc ℓ)

2.2. Dao động tắt dần

a) Định nghĩa: Dao động tắt dần là dao động có biên độ giảm dần theo thời gian.

b) Nguyên nhân: Do lực cản và ma sát của môi trường

- Dao động tắt dần càng nhanh nếu môi trường càng nhớt (lực cản càng lớn) và ngược lại.
- Tần số dao động càng nhỏ (chu kì dao động càng lớn) thì dao động tắt càng chậm.

c) Dao động tắt dần chậm:

- Dao động điều hoà với tần số góc riêng ω_0 nếu chịu thêm tác dụng của lực cản nhỏ thì được gọi là dao động tắt dần chậm.
- Dao động tắt dần chậm coi gần đúng là dạng sin với tần số góc riêng ω_0 nhưng biên độ giảm dần về 0.

+ Con lắc lò xo dao động động tắt dần chậm: chu kì $T \approx 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$

+ Con lắc đơn dao động tắt dần chậm: chu kì $T \approx 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$

Chú ý: Dao động tắt dần có thể coi là dao động tự do nếu coi môi trường tạo nên lực cản cũng thuộc về hệ dao động.

d) Dao động tắt dần có lợi và có hại:

+ Có lợi: chế tạo bộ giảm xóc ở ôtô, xe máy,...
+ Có hại: đồng hồ quả lắc, chiếc võng,...

2.3. Dao động cưỡng bức

a) Định nghĩa: Dao động cưỡng bức là dao động trong giai đoạn ổn định do tác dụng của ngoại lực biến thiên điều hoà theo thời gian có dạng $F = F_0\cos(\Omega t + \varphi)$; $\Omega = 2\pi f$

f là tần số của ngoại lực (hay tần số cưỡng bức), F_0 là biên độ của ngoại lực cưỡng bức.

b) Đặc điểm:

Khi tác dụng vào vật một ngoại lực F biến thiên điều hoà theo thời gian $F = F_0\cos(\Omega t + \varphi)$ thì vật chuyển động theo 2 giai đoạn:

*** Giai đoạn chuyển tiếp:**

- Dao động của hệ chưa ổn định
- Biên độ tăng dần, biên độ sau lớn hơn biên độ trước

*** Giai đoạn ổn định:**

- Dao động đã ổn định, biên độ không đổi
- Giai đoạn ổn định kéo dài đến khi ngoại lực ngừng tác dụng
- Dao động trong giai đoạn này được gọi là dao động cưỡng bức

c) Đặc điểm của dao động tắt dần:

- Dao động cưỡng bức là điều hoà (có dạng sin).
- Tần số góc của dao động cưỡng bức (ω) bằng tần số góc (Ω) của ngoại lực cưỡng bức:

$$\omega = \Omega$$

- Biên độ của dao động cưỡng bức tỉ lệ thuận với biên độ của ngoại lực (F_0) và phụ thuộc vào mối quan hệ giữa tần số của dao động riêng (f_0) và tần số dao động cưỡng bức (f), phục thuộc vào ma sát.

2.4. Dao động duy trì (Tự dao động)

a) Định nghĩa: Dao động duy trì là dao động có biên độ không thay đổi theo thời gian.

b) Nguyên tắc để duy trì dao động:

- Để duy trì dao động phải tác dụng vào hệ (con lắc) một lực tuần hoàn với tần số riêng. Lực này nhỏ không làm biến đổi tần số riêng của hệ.
- Cách cung cấp: sau mỗi chu kì lực này cung cấp một năng lượng đúng bằng phần năng lượng đã tiêu hao vì nhiệt.

c) Ứng dụng: để duy trì dao động trong con lắc đồng hồ (đồng hồ có dây cót)

⌧ **Chú ý:** *Dao động của đồng hồ quả lắc sự tự dao động*

3. Hiện tượng cộng hưởng cơ học

a) Định nghĩa: Cộng hưởng là hiện tượng biên độ dao động cưỡng bức tăng nhanh đột ngột đến một giá trị cực đại khi tần số của lực cưỡng bức bằng tần số riêng của hệ.

b) Điều kiện xảy ra: $\omega = \omega_0$ hay $\Omega = \omega_0$. Khi đó: $f = f_0$; $T = T_0$.

c) Đặc điểm:

- Với cùng một ngoại lực tác dụng: nếu ma sát giảm thì giá trị cực đại của biên độ tăng
- Lực cản càng nhỏ → (A_{max}) càng lớn → cộng hưởng rõ → cộng hưởng nhọn.
- Lực cản càng lớn → (A_{max}) càng nhỏ → cộng hưởng không rõ → cộng hưởng tù.

d) Ứng dụng:

- Chế tạo tần số kế, lên dây đàn,...

II. CÔNG THỨC GIẢI NHANH

1. Dao động tắt dần

1.1. Dao động tắt dần của con lắc lò xo

Gọi A là biên độ dao động ban đầu, A_1 là biên độ còn lại sau 1 chu kì,...A_n là biên độ còn lại sau n chu kì.

①. Tính độ giảm biên độ sau mỗi chu kì dao động (coi là bằng nhau sau từng chu kì)

Tổng quát	Dao động theo phương ngang	Dao động trên mặt phẳng nghiêng góc α	Dao động theo phương thẳng đứng có lực cản F_C
$\Delta A = \frac{4.F_{ms}}{k}$	$\Delta A = \frac{4\mu mg}{k}$	$\Delta A = \frac{4\mu mg\cos\alpha}{k}$	$\Delta A = \frac{4.F_C}{k}$

②. Tính thời gian và quãng đường vật đi được cho đến khi dừng lại:

- Tính độ giảm biên độ sau mỗi nửa chu kì: $\boxed{\sigma = \frac{2.F_{ms}}{k}}$ (Nằm ngang $F_{ms} = \mu mg$)
- Xác định số nửa chu kì dao động (n): $\boxed{\frac{A}{\sigma} - 0,5 \le n < \frac{A}{\sigma} + 0,5}$ (n là số nguyên), A: biên độ ban đầu.
- Thời gian của dao động: $\boxed{t = n.\frac{T}{2}}$
- Quãng đường dao động: $\boxed{S = n.(2A - n.\sigma) = n.2A - n^2.\sigma}$

⌧ **Chú ý:** Nếu vật dừng lại tại vị trí cân bằng ban đầu (lò xo không biến dạng):

$$\frac{1}{2}kA^2 = |A_{ms}| = F_{ms}.S \Rightarrow \boxed{S = \frac{kA^2}{2.F_{ms}}}$$

③. Tính số dao động đến khi vật dừng lại: $\boxed{N = \frac{A}{\Delta A}}$

④. Tính tốc độ trung bình trong suốt quá trình dao động: $\boxed{\overline{v}=\frac{S}{t}}$

⑤. Tính vận tốc cực đại: Vật đạt tốc độ cực đại khi vật đi qua vị trí cân bằng động lần đầu tiên.

- Vị trí cân bằng động: $F_{ms}=F_{đh}\Leftrightarrow \mu mg=k|x_o| \Rightarrow x_o=\pm\frac{\mu mg}{k}$;

- Áp dụng ĐLBT Năng lượng: $\frac{1}{2}mv_{max}^2+\frac{1}{2}kx_o^2+\mu mg(A-|x_o|)=\frac{1}{2}kA^2$

$\Rightarrow \boxed{v_{max}=\omega(A-|x_o|)}$

⑥. Tính chiều dài của lò xo khi vật đi qua vị trí cân bằng: $\ell_{cb}=\ell_0\pm|x_o|=\ell_0\pm\frac{\mu mg}{k}$

⑦. Tính khoảng cách xa nhất của vật so với vị trí cân bằng O khi vật dừng lại: $\Delta\ell_{max}=\frac{\mu mg}{k}$

1.2. Dao động tắt dần của con lắc đơn

Gọi α_0 là biên độ góc lúc ban đầu; F_C là lực cản của môi trường. Coi dao động là tắt dần chậm.

①. Tính độ giảm biên độ góc sau mỗi chu kì: $\boxed{\Delta\alpha=\frac{4F_C}{mg}=\frac{4F_C}{P}}$

Độ giảm biên độ dài trong một chu kì dao động: $\boxed{\Delta S=\Delta\alpha.\ell}$

②. Tính số dao động cho đến khi vật dừng lại: $\boxed{N=\frac{\alpha_0}{\Delta\alpha}}$; Số lần vật đi qua VTCB: $\boxed{N_{cb}=2.N}$

③. Tính thời gian dao động của vật: $\boxed{t=N.T\approx N.2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}}$

④. Tính quãng đường vật đi được cho đến khi dừng lại: $\frac{1}{2}mg\ell\alpha_0^2=|A_C|=F_C.S \Rightarrow \boxed{S=\frac{mg\ell\alpha_0^2}{2.F_C}}$

⑤. Giả sử sau n chu kì biên độ góc còn lại là α. Để dao động duy trì với biên độ góc α_0 thì phải dùng một động cơ nhỏ cung cấp công suất trung bình cho hệ bằng bao nhiêu?

$\boxed{P=\frac{\Delta E}{\Delta t}=\frac{mg\ell(\alpha_0^2-\alpha^2)}{2nT}}$ (Lưu ý: α,α_0 đơn vị rad, $\alpha=3^0=\frac{3^0}{180^0}.3{,}14\approx 0{,}0523$ rad)

1.3. Độ giảm năng lượng tương đối: $\boxed{\frac{\Delta E}{E}\approx 2\frac{\Delta A}{A}}$; ($\frac{\Delta A}{A}$ là độ giảm biên độ tương đối sau mỗi chu kì)

1.4. Con lắc đơn dao động tắt dần, mỗi chu kì năng lượng giảm x%, ban đầu có biên độ góc α_o, hỏi sau bao nhiêu dao động biên độ góc còn lại là α?

$$\boxed{n=\log_{(1-x)}\frac{1-\cos\alpha}{1-\cos\alpha_o}}$$

2. Cộng hưởng cơ: Tần số dao động riêng bằng tần số dao động cưỡng bức (tần số ngoại lực cưỡng bức)

$$\boxed{f_0=f\Leftrightarrow T_0=T\Leftrightarrow \omega_0=\omega=\Omega}\Rightarrow A_{max}$$

⌧ Chú ý: $|f-f_0|$ càng nhỏ thì A_{cb} càng lớn.

CHỦ ĐỀ 5. ĐỘ LỆCH PHA. TỔNG HỢP DAO ĐỘNG

1. Độ lệch pha của hai dao động

Xét hai dao động điều hoà cùng tần số, có phương trình:

$$x_1 = A_1\cos(\omega t+\varphi_1) \text{ và } x_2 = A_2\cos(\omega t+\varphi_2)$$

Độ lệch pha giữa hai dao động x_1 và x_2 ở cùng một thời điểm là:

$$\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$$

*** Các trường hợp:**

Trường hợp	Độ lệch pha	Kết luận
1	Nếu $\Delta\varphi > 0 : \varphi_2 > \varphi_1$	Dao động x_2 sớm pha hơn dao động x_1
2	Nếu $\Delta\varphi < 0 : \varphi_2 < \varphi_1$	Dao động x_2 trễ pha hơn dao động x_1
3	Nếu $\Delta\varphi = k2\pi$	Hai dao động cùng pha (đồng pha) $\frac{x_1}{x_2} = \frac{A_1}{A_2}$
4	Nếu $\Delta\varphi = (2k+1)\pi$	Hai dao động ngược pha $\frac{x_1}{x_2} = -\frac{A_1}{A_2}$
5	Nếu $\Delta\varphi = (2k+1)\frac{\pi}{2}$	Hai dao động vuông pha $\frac{x_1^2}{A_1^2} + \frac{x_2^2}{A_2^2} = 1$

2. Tổng hợp dao động

2.1.Bài toán 1: Một vật thực hiện đồng thời hai dao động điều hoà cùng phương, cùng tần số có phương trình: $x_1 = A_1\cos(\omega t+\varphi_1)$ và $x_2 = A_2\cos(\omega t+\varphi_2)$. Tìm phương trình dao động tổng hợp?

Giải:

- Dao động có phương trình: $x_1 = A_1\cos(\omega t+\varphi_1) \leftrightarrow \overrightarrow{A_1}$
- Dao động có phương trình: $x_2 = A_2\cos(\omega t+\varphi_2) \leftrightarrow \overrightarrow{A_2}$
- Dao động tổng hợp: $x = x_1 + x_2 = A\cos(\omega t+\varphi) \leftrightarrow \vec{A} : \vec{A} = \overrightarrow{A_1} + \overrightarrow{A_2}$

* Biên độ dao động tổng hợp: $A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\cos(\varphi_2 - \varphi_1)}$

Hay: $\boxed{A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\cos\Delta\varphi}}$

→ Biên độ dao động tổng hợp không phụ thuộc vào tần số (f) mà chỉ phụ thuộc vào A_1, A_2 và $\Delta\varphi$.

* Pha ban đầu của dao động tổng hợp: $\boxed{\tan\varphi = \frac{A_1\sin\varphi_1 + A_2\sin\varphi_2}{A_1\cos\varphi_1 + A_2\cos\varphi_2}} \rightarrow \varphi \ ; \ \varphi \in [\varphi_{min}, \varphi_{max}]$.

→ Để lấy được 1 giá trị của φ ta vẽ giản đồ vectơ.

***Một số trường hợp đặc biệt:**

- **Trường hợp 1:** Nếu $\Delta\varphi = k2\pi (k \in Z)$ → Hai dao động x_1, x_2 cùng pha $\left(\overrightarrow{A_1} \uparrow\uparrow \overrightarrow{A_2}\right)$

$$\rightarrow \begin{cases} A = A_1 + A_2 = A_{max} \\ \varphi = \varphi_1 (\varphi = \varphi_2) \end{cases}$$

- **Trường hợp 2:** Nếu $\Delta\varphi = (2k+1)\pi (k \in Z) \rightarrow$ Hai dao động x_1, x_2 ngược pha $\left(\overrightarrow{A_1} \uparrow\downarrow \overrightarrow{A_2}\right)$

$$\rightarrow \begin{cases} A = |A_1 - A_2| = A_{min} \\ \varphi = \varphi_1 (A_1 > A_2); \varphi = \varphi_2 (A_1 < A_2) \end{cases}$$

- **Trường hợp 3:** Nếu $\Delta\varphi = (2k+1)\dfrac{\pi}{2} (k \in Z) \rightarrow$ Hai dao động x_1, x_2 vuông pha $\left(\overrightarrow{A_1} \perp \overrightarrow{A_2}\right)$

$$\rightarrow A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2}$$

- **Trường hợp 4:** Nếu $A_1 = A_2 \rightarrow \begin{cases} A = 2A_1 \cos\dfrac{\Delta\varphi}{2} \\ \varphi = \dfrac{\varphi_1 + \varphi_2}{2} \end{cases}$

- Tổng hợp lượng giác: $x = x_1 + x_2 = A_1\left[\cos(\omega t + \varphi_1) + \cos(\omega t + \varphi_2)\right]$

$$= 2A_1 \cos\left(\frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2}\right)\cos\left(\omega t + \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}\right)$$

- Biên độ dao động tổng hợp: $A = 2A_1\left|\cos\left(\dfrac{\varphi_2 - \varphi_1}{2}\right)\right|$

Đặc biệt: Nếu $\Delta\varphi = \dfrac{2\pi}{3} = 120^0 \rightarrow A = A_1 = A_2$

⌦ **Chú ý:** $\boxed{|A_1 - A_2| \le A \le A_1 + A_2}$

2.2.Bài toán 2:

Một vật thực hiện đồng thời n dao động điều hoà cùng phương, cùng tần số x_1, x_2,...x_n. Tìm phương trình dao động tổng hợp.

Giải:

*** Cách 1:** Tổng hợp theo phương pháp giản đồ vectơ Fresnel

- Tổng hợp 2 dao động một
- Tổng hợp 2 dao động cùng phương trước, vuông góc,...

*** Cách 2:** Phương pháp hình chiếu

- Biểu diễn các dao động điều hoà bằng các vectơ trên hệ trục toạ độ Oxy

$$x = x_1 + x_2 + ... + x_n \leftrightarrow \vec{A} = \overrightarrow{A_1} + \overrightarrow{A_2} + ... + \overrightarrow{A_n}$$

$$\rightarrow \begin{cases} A_x = A_{1x} + A_{2x} + ... + A_{nx} \\ A_y = A_{1y} + A_{2y} + ... + A_{ny} \end{cases}$$

- Biên độ dao động tổng hợp: $\boxed{A = \sqrt{A_x^2 + A_y^2}}$

- Pha ban đầu của dao động tổng hợp được xác định: $\boxed{\tan\varphi = \dfrac{A_y}{A_x}}$

*** Cách 3:** Dùng máy tính (FX 570 MS; 570 ES)

- Giải bài toán: $x = x_1 + x_2$
- **Bước 1:** Vào hệ $\boxed{\text{MODE}} \Rightarrow \boxed{2} \Rightarrow$ trên màn hình hiển thị $\boxed{\text{CMPLX}}$
- **Bước 2:** Nhập số liệu

$\boxed{A_1} \Rightarrow \boxed{\text{SHIFT}(-)} \Rightarrow \boxed{\varphi_1(\text{rad})} \Rightarrow \boxed{+} \Rightarrow \boxed{A_2} \Rightarrow \boxed{\text{SHIFT}(-)} \Rightarrow \boxed{\varphi_2(\text{rad})}$

⌦ **Lưu ý:** Khi nhập góc, nếu dùng đơn vị độ thì trên màn hình máy tính hiển thị (D), nếu nhập góc đơn vị rad thì trên màn hình hiển thị (R). Có thể tổng hợp nhiều dao động.

- **Bước 3:** Bấm kết quả

+ Máy FX 570 ES: $\boxed{\text{SHIFT}}\ \boxed{2}\ \boxed{3}\ \boxed{=}$ cho ra kết quả: $A \angle \varphi$.

+ Máy FX 570 MS: $\boxed{\text{SHIFT}}\ \boxed{+}\ \boxed{=}$ cho ra A; $\boxed{\text{SHIFT}}\ \boxed{=}$ cho ra φ

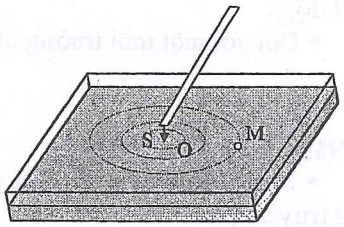
CHƯƠNG II. SÓNG CƠ

CHỦ ĐỀ 1. ĐẠI CƯƠNG VỀ SÓNG CƠ

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

1. Hiện tượng sóng trong cơ học

Thí nghiệm: Cho mũi S chạm vào mặt nước tại O, kích thích cho cần rung dao động, sau một thời gian ngắn, mẩu nút chai ở M cũng dao động. Vậy, dao động từ O đã truyền qua nước tới M. Ta nói, đã có sóng trên mặt nước và O là nguồn sóng.



⌦ **Chú ý:** Nút chai tại M chỉ dao động nhấp nhô tại chỗ, không truyền đi theo sóng.

2. Định nghĩa và đặc điểm sóng cơ

a) Định nghĩa: Sóng cơ học là quá trình lan truyền dao động cơ học theo thời gian trong môi trường vật chất đàn hồi.

b) Đặc điểm: Khi sóng truyền qua, các phần tử của môi trường chỉ dao động quanh vị trí cân bằng của chúng mà không chuyển dời theo sóng, chỉ có pha dao động của chúng được truyền đi.

3. Phân loại

Căn cứ vào mối quan hệ giữa phương dao động của phần tử môi trường và phương truyền sóng, sóng cơ học phân ra làm hai loại là ***sóng ngang và sóng dọc.***

①. Sóng ngang: là sóng mà phần tử môi trường dao động theo phương vuông góc với phương truyền sóng.

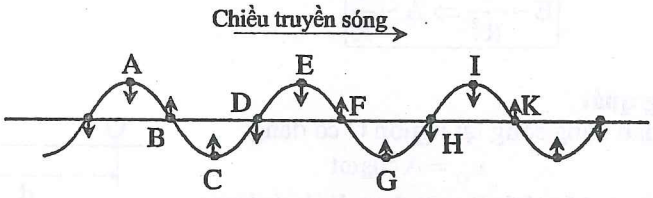
Môi trường truyền sóng ngang: Rắn và bề mặt chất lỏng.

②. Sóng dọc: là sóng mà các phần tử dao động dọc theo phương truyền sóng.

Môi trường truyền sóng dọc: Rắn, lỏng và khí.

⌦ **Chú ý:** *Sóng cơ không truyền được trong chân không.*

4. Các đại lượng đặc trưng cho sóng



❶. Chu kì, tần số sóng (T, f): Mọi phần tử trong môi trường có sóng truyền qua dao động cùng chu kì và tần số bằng chu kì và tần số của nguồn sóng, gọi là chu kì và tần số của sóng.

$$\boxed{T_{sóng} = T_{nguồn}};\ \boxed{f_{sóng} = f_{nguồn}};\ \boxed{T.f = 1}$$

❷. Biên độ sóng (A): Biên độ sóng tại một điểm trong không gian chính là biên độ dao động của một phần tử môi trường tại điểm đó khi có sóng truyền qua.

Thực tế: càng ra xa tâm dao động (nguồn sóng) thì biên độ sóng càng giảm.

❸. Bước sóng (λ):

*** Cách 1:** Bước sóng là khoảng cách giữa hai điểm gần nhau nhất trên cùng phương truyền sóng dao động cùng pha.

*** Cách 2:** Bước sóng là quãng đường mà sóng truyền được trong thời gian một chu kì dao động của sóng.

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

*** Cách 3:** Bước sóng là khoảng cách giữa hai đỉnh sóng liên tiếp.

❹. Tốc độ truyền sóng (v):

▪ Tốc độ truyền sóng là tốc độ truyền pha của dao động (không phải là vận tốc dao động của phần tử môi trường).

▪ Tốc độ truyền sóng là quãng đường mà sóng truyền đi được trong một đơn vị thời gian.

$$\boxed{v = \frac{\Delta s}{\Delta t}}$$

(Trong đó: Δs là quãng đường mà sóng truyền được trong thời gian Δt)

▪ Tốc độ truyền sóng phụ thuộc vào bản chất của môi trường như: độ đàn hồi, mật độ vật chất, nhiệt độ,...

▪ Đối với một môi trường nhất định thì tốc độ truyền sóng có giá trị không đổi: v = const.

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

❺. Năng lượng sóng (E):

▪ Năng lượng của sóng là năng lượng dao động của một đơn vị thể tích môi trường khi có sóng truyền qua.

▪ Năng lượng sóng tỉ lệ thuận với bình phương biên độ sóng: $E = \frac{1}{2}m\omega^2A^2$ (m là khối lượng của phần tử có biên độ A).

▪ Quá trình truyền sóng là quá trình truyền năng lượng.

a) Sóng thẳng: sóng truyền theo một phương (ví dụ: sóng truyền trên sợi dây đàn hồi lí tưởng)

$$\boxed{E = const \Rightarrow A = const}$$

b) Sóng phẳng (Sóng tròn): sóng truyền trên mặt phẳng (ví dụ: sóng truyền mặt mặt nước)

Gợn sóng là những vòng tròn đồng tâm → năng lượng sóng từ nguồn trải đều trên toàn bộ vòng tròn đó. Coi năng lượng sóng được bảo toàn khi truyền đi.

$$\boxed{E \sim \frac{1}{R} \Rightarrow A \sim \frac{1}{\sqrt{R}}}$$

c) Sóng cầu: Sóng truyền trong không gian (ví dụ: sóng âm phát ra từ một nguồn điểm)

Mặt sóng có dạng là mặt cầu → năng lượng sóng từ nguồn trải đều trên toàn bộ mặt cầu.

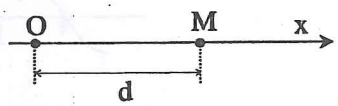
$$\boxed{E \sim \frac{1}{R^2} \Rightarrow A \sim \frac{1}{R}}$$

4. Phương trình sóng

a) Phương trình sóng tổng quát

Giả sử phương trình dao động sóng tại nguồn O có dạng:

$$u_O = A\cos\omega t$$



Phương trình dao động tại M, cách O một đoạn là d có dạng:

$$\boxed{u_M = A_M\cos\omega\left(t - \frac{d}{v}\right) = A_M\cos 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{d}{\lambda}\right) = A_M\cos\left(\omega t - 2\pi\frac{d}{\lambda}\right)} \text{ (ĐK: } t \geq \frac{d}{v}\text{)}$$

Nhận xét: Càng ra nguồn thì dao động càng trễ pha. Sóng truyền từ nơi sớm pha đến nơi trễ pha.

b) Cách viết phương trình sóng

Giả sử nguồn sóng tại O, sóng truyền qua các điểm M, N, P.

Cho phương trình sóng tại N: $u_N = A_N\cos(\omega t + \varphi_N)$. Viết phương trình dao động sóng tại M, P.

• Tại M: dao động sớm pha hơn N $\Rightarrow$ $\boxed{u_M = A_M\cos\left(\omega t + \varphi_N + 2\pi\frac{MN}{\lambda}\right)}$

• Tại P: dao động trễ pha hơn N $\Rightarrow$ $\boxed{u_P = A_P\cos\left(\omega t + \varphi_N - 2\pi\frac{NP}{\lambda}\right)}$

c) Ý nghĩa của phương trình sóng

▫ Tại một điểm xác định trong môi trường: d = const. Lúc đó u_M là một hàm biến thiên điều hòa theo thời gian t với chu kì T. Ta có đường sin thời gian.

▫ Tại một thời điểm xác định: t = const. Lúc đó u_M là một hàm biến thiên điều hòa trong không gian theo biến d với chu kì λ. Ta có đường sin không gian.

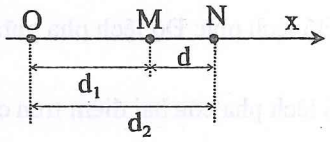
5. Độ lệch pha

a) Tổng quát: Giả sử phương trình dao động tại nguồn có dạng $u_O = A_O\cos(\omega t + \varphi_0)$

Xét 2 điểm M, N trên mặt chất lỏng cách nguồn O lần lượt là d_1, d_2. Phương trình dao động tại M, N lần lượt là $u_M = A_M\cos\left(\omega t + \varphi_0 - 2\pi\frac{d_1}{\lambda}\right)$; $u_N = A_N\cos\left(\omega t + \varphi_0 - 2\pi\frac{d_2}{\lambda}\right)$. Độ lệch pha giữa hai điểm M, N tại cùng một thời điểm: $\boxed{\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}(d_2 - d_1)}$

b) Đặc biệt: Nếu hai điểm M, N nằm trên cùng phương truyền sóng

$$\boxed{\Delta\varphi = 2\pi.\frac{d}{\lambda} = \frac{2\pi}{T}.\frac{d}{v} = 2\pi f.\frac{d}{v} = \omega\frac{d}{v}}$$



Với d = MN: là khoảng cách giữa hai điểm M, N.

Các trường hợp:

Trường hợp	Nếu hai điểm M, N dao động cùng pha	Nếu hai điểm M, N dao động ngược pha	Nếu hai điểm M, N dao động vuông pha
Độ lệch pha	$\Delta\varphi = 2k\pi$	$\Delta\varphi = (2k+1)\pi$	$\Delta\varphi = (2k+1)\frac{\pi}{2}$
Khoảng cách d = MN	$\boxed{d = k\lambda}$ (k = 1, 2, 3,....)	$\boxed{d = (2k+1)\frac{\lambda}{2}}$ (k = 0, 1, 2,...)	$\boxed{d = (2k+1)\frac{\lambda}{4}}$ (k = 0, 1, 2,...)
Khoảng cách gần nhất	$d_{min} = \lambda$	$d_{min} = \lambda/2$	$d_{min} = \lambda/4$

⌦ **Chú ý:** Sóng truyền từ nơi dao động sớm pha đến nơi dao động trễ pha hơn.

6. Tốc độ truyền sóng và vận tốc dao động của phần tử môi trường

▫ Tốc độ truyền sóng: là tốc độ truyền pha của dao động: $\boxed{v = \frac{\lambda}{T} = \lambda f}$

▫ Vận tốc dao động của phần tử môi trường: $v_{dd} = u' = -\omega A\sin(\omega t + \varphi)$

⇒ Vận tốc dao động cực đại của phần tử môi trường: $\boxed{v_{dd}^{max} = \omega A = 2\pi f A = \frac{2\pi}{T}A}$

II. CÔNG THỨC GIẢI NHANH

1. Bước sóng: $\boxed{\lambda = v.T = \frac{v}{f}}$

⌦ **Chú ý:**

▫ Cho biết khoảng cách giữa n đỉnh sóng liên tiếp là d: $\boxed{d = (n-1)\lambda}$

▫ Cho hệ sóng tròn đồng tâm trên mặt chất lỏng, khoảng cách liên tiếp giữa các gợn sóng tròn là d: $\lambda = d$.

▫ Nếu cho bán kính của các vòng tròn đồng tâm liên tiếp là R_1, R_2,...R_n.

$\boxed{\lambda = \frac{\lambda_1 + \lambda_2 + ... + \lambda_n}{n}}$, với $\lambda_1 = R_2 - R_1$, $\lambda_2 = R_3 - R_2$,...

2. Tốc độ truyền sóng: $\boxed{v=\frac{\Delta S}{\Delta t}=\frac{\lambda}{T}=\lambda f}$

3. Năng lượng sóng: $\boxed{E=\frac{1}{2}D\omega^2A^2}$

4. Biên độ sóng: Sóng truyền thẳng $\boxed{A=const}$;

Sóng phẳng (tròn): $\boxed{\frac{A_1}{A_2}=\sqrt{\frac{R_2}{R_1}}}$; Sóng cầu: $\boxed{\frac{A_1}{A_2}=\frac{R_2}{R_1}}$

5. Phương trình sóng: $\boxed{u_M=A_M\cos\omega(t-\frac{d}{v})=A_M\cos2\pi(\frac{t}{T}-\frac{d}{\lambda})=A_M\cos(\omega t-2\pi\frac{d}{\lambda})}$

6. Độ lệch pha: Độ lệch pha giữa 2 điểm bất kì trên mặt chất lỏng $\boxed{\Delta\varphi=\frac{2\pi}{\lambda}(d_2-d_1)}$

Độ lệch pha của hai điểm trên cùng phương truyền sóng: $\boxed{\Delta\varphi=2\pi.\frac{d}{\lambda}=\frac{2\pi}{T}.\frac{d}{v}=2\pi f.\frac{d}{v}=\omega\frac{d}{v}}$

⌦ **Chú ý:** càng ra xa nguồn dao động càng trễ pha; sóng truyền từ nơi sớm pha đến nơi trễ pha hơn.

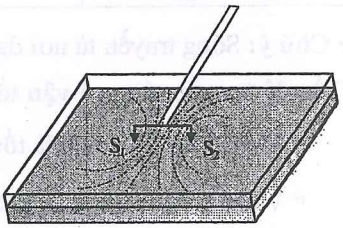
7. Chu kì sóng: $\boxed{T=\frac{\Delta t}{n-1}}$ (n là số lần nhô hay số đỉnh sóng quan sát được trong thời gian Δt)

CHỦ ĐỀ 2. NHIỄU XẠ VÀ GIAO THOA SÓNG CƠ

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

1. Hiện tượng giao thoa sóng cơ

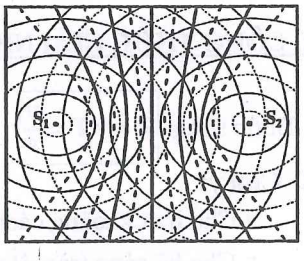
Dùng một thiết bị để tạo ra hai nguồn dao động cùng tần số và cùng pha trên mặt nước.



Kết quả: trên mặt nước tại vùng hai sóng chồng lên nhau xuất hiện hai nhóm đường cong xen kẽ: một nhóm gồm các đường dao động với biên độ cực đại và nhóm kia gồm các đường dao động với biên độ cực tiểu (hoặc không dao động), có 1 đường thẳng là đường trung trực của S_1S_2.

⌦ **Chú ý:**

- Hình ảnh quan sát: có 1 đường thẳng, còn lại là các đường hypebol nhận S_1, S_2 làm tiêu điểm.
- Nếu hai nguồn S_1, S_2 dao động cùng pha: đường trung trực của S_1, S_2 dao động cực đại.
- Nếu hai nguồn S_1, S_2 dao động ngược pha: đường trung trực của S_1, S_2 dao động cực tiểu.



2. Định nghĩa: *Hiện tượng hai sóng kết hợp gawpj nhau trong không gian có những vị trí biên độ sóng được tăng cường (dao động cực đại) hoặc bị giảm bớt (dao động cực tiểu), thậm chí triệt tiêu (không dao động).*

3. Điều kiện có giao thoa: Phải có nguồn sóng kết hợp

Điều kiện để hai nguồn S_1 và S_2 là nguồn kết hợp là:

① Cùng tần số f (cùng chu kì T).

② Độ lệch pha không đổi theo thời gian.

⌦ **Chú ý:** Không nhất thiết phải cùng biên độ.

4. Lí thuyết về giao thoa sóng trên mặt chất lỏng

▫ Xét hai nguồn sóng kết hợp S_1, S_2 trên mặt chất lỏng:

$$\begin{cases} u_1 = A_1.\cos(\omega t + \alpha_1) \\ u_2 = A_2.\cos(\omega t + \alpha_2) \end{cases}$$

▫ Độ lệch pha giữa hai nguồn S_1, S_2 là: $\boxed{\Delta\alpha = \alpha_2 - \alpha_1}$

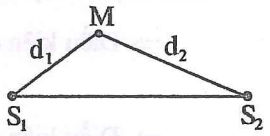
▫ Xét một điểm M trên mặt chất lỏng, cách hai nguồn S_1, S_2 lần lượt là d_1 và d_2. Coi biên độ sóng không bị suy giảm trong quá trình truyền sóng.

▫ Phương trình dao động tại M do sóng từ nguồn S_1, S_2 truyền tới là

$\boxed{u_{1M} = A_1.\cos(\omega t + \alpha_1 - 2\pi\frac{d_1}{\lambda})}$ và $\boxed{u_{2M} = A_2.\cos(\omega t + \alpha_2 - 2\pi\frac{d_2}{\lambda})}$

▫ Độ lệch pha của hai dao động u_{1M} và u_{2M} tại M ở cùng một thời điểm bằng:

$$\boxed{\Delta\varphi_M = 2\pi\frac{d_2 - d_1}{\lambda} - (\alpha_2 - \alpha_1) = 2\pi\frac{d_2 - d_1}{\lambda} - \Delta\alpha}$$



▫ Hiệu khoảng cách từ hai nguồn đến điểm M:

$$\boxed{d_2 - d_1 = \frac{\Delta\varphi_M}{2\pi}\lambda + \frac{\Delta\alpha}{2\pi}\lambda}$$

▫ Phương trình dao động tổng hợp tại M có dạng: $\boxed{u_M = u_{1M} + u_{2M}}$

▫ Biên độ dao động tổng hợp tại M:

$$\boxed{A_M = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\cos\varphi_M}}$$

①. Trường hợp 1: Tại M dao động với biên độ cực đại.

• Điều kiện: hai dao động tại M cùng pha $\Rightarrow \Delta\varphi_M = k.2\pi$

$$\boxed{d_2 - d_1 = \frac{\Delta\alpha}{2\pi}\lambda + k\lambda}\ ;(k \in \mathbb{Z})$$

• Biên độ dao động cực đại: $\boxed{A_M^{max} = A_1 + A_2}$

②. Trường hợp 2: Tại M dao động với biên độ cực tiểu.

• Điều kiện: hai dao động tại M ngược pha $\Rightarrow \Delta\varphi_M = (2k+1)\pi$

$$\boxed{d_2 - d_1 = \frac{\Delta\alpha}{2\pi}\lambda + (k+0,5)\lambda}\ ;(k \in \mathbb{Z})$$

• Biên độ dao động cực tiểu: $\boxed{A_M^{min} = |A_1 - A_2|}$

☺ **Trường hợp thường gặp:** $A_1 = A_2 = A$

• Biên độ dao động tổng hợp tại M: $\boxed{A_M = 2A\left|\cos(\frac{\varphi_M}{2})\right|}$

• Biên độ cực đại: $A_{max} = 2A$; Biên độ cực tiểu: $A_{min} = 0$.

5. Một số trường hợp đặc biệt

①. Trường hợp 1: Hai nguồn kết hợp dao động **cùng pha**.

▫ Độ lệch pha: $\Delta\alpha = 0$ hoặc $\Delta\alpha = k.2\pi$

▫ Biên độ dao động tổng hợp tại M: $A_M = 2A\left|\cos(\pi\frac{d_2 - d_1}{\lambda})\right|$

▫ Điều kiện có cực đại và cực tiểu giao thoa tại M:

⇒ Điều kiện có **cực đại** giao thoa: $\boxed{d_2 - d_1 = k\lambda}$

⇒ Điều kiện có **cực tiểu** giao thoa: $\boxed{d_2 - d_1 = (2k+1)\frac{\lambda}{2} = (k+0,5)\lambda}$

②. Trường hợp 2: Hai nguồn kết hợp dao động **ngược pha**.

▫ Độ lệch pha: $\Delta\alpha = \pi$ hoặc $\Delta\alpha = (2k+1)\pi$

- Biên độ dao động tổng hợp tại M: $A_M = 2A\left|\cos(\pi\frac{d_2-d_1}{\lambda}-\frac{\pi}{2})\right|$
- Điều kiện có cực đại và cực tiểu giao thoa tại M:

⇒ Điều kiện có **cực đại** giao thoa: $\boxed{d_2-d_1=(2k+1)\frac{\lambda}{2}=(k+0,5)\lambda}$

⇒ Điều kiện có **cực tiểu** giao thoa: $\boxed{d_2-d_1=k\lambda}$

❸. Trường hợp 3: Hai nguồn kết hợp dao động **vuông pha.**

- Độ lệch pha: $\Delta\alpha=\frac{\pi}{2}$ hoặc $\Delta\alpha=(2k+1)\frac{\pi}{2}$
- Biên độ dao động tổng hợp tại M: $A_M = 2A\left|\cos(\pi\frac{d_2-d_1}{\lambda}-\frac{\pi}{4})\right|$
- Điều kiện có cực đại và cực tiểu giao thoa tại M:

⇒ Điều kiện có **cực đại** giao thoa: $\boxed{d_2-d_1=(k+\frac{1}{4})\lambda}$

⇒ Điều kiện có **cực tiểu** giao thoa: $\boxed{d_2-d_1=(k+\frac{3}{4})\lambda}$

- Biên độ dao động của các điểm nằm trên đường trung trực của S_1S_2: $\boxed{A_M=A\sqrt{2}}$

6. Xét các điểm nằm trên đường nối tâm của S_1 và S_2

- Khoảng cách giữa hai điểm dao động cực đại (cực tiểu) gần nhau nhất bằng: $\frac{\lambda}{2}$.
- Khoảng cách giữa một điểm cực đại và một điểm cực tiểu gần nhau nhất bằng: $\frac{\lambda}{4}$.
- Hai điểm cực đại gần nhau nhất dao động ngược pha nhau.

7. Ứng dụng

- Nhận ra được hiện tượng giao thoa → khẳng định có tính chất sóng.
- Có thể xác định được các đại lượng v, f.

8. Sự nhiễu xạ của sóng

Hiện tượng sóng khi gặp vật cản thì đi lệch khỏi phương truyền thẳng của sóng và đi vòng qua vật cản gọi là sự nhiễu xạ của sóng.

II. CÔNG THỨC GIẢI NHANH

1. Xét hai nguồn kết hợp: $u_1=A_1.\cos(\omega t+\alpha_1)$ và $u_2=A_2.\cos(\omega t+\alpha_2)$ với $\Delta\alpha=\alpha_2-\alpha_1$
2. Độ lệch pha của hai dao động tại điểm M cách S_1, S_2 lần lượt d_1, d_2: $\boxed{\Delta\varphi_M=2\pi\frac{d_2-d_1}{\lambda}-\Delta\alpha}$
3. Hiệu đường đi từ M tới S_1, S_2: $\boxed{d_2-d_1=\frac{\Delta\alpha}{2\pi}\lambda+\frac{\Delta\varphi_M}{2\pi}\lambda}$
4. Phương trình dao động tổng hợp tại M: $\boxed{u_M=u_{1M}+u_{2M}}$ ⇒ Tổng hợp bằng máy tính
5. Biên độ dao động tổng hợp tại M: $\boxed{A_M=\sqrt{A_1^2+A_2^2+2A_1A_2\cos\Delta\varphi_M}}$
6. Tại M dao động với biên độ cực đại: hai dao động tại M cùng pha ⇒ $\Delta\varphi_M=k.2\pi$

$\boxed{\Delta d=d_2-d_1=\frac{\Delta\alpha}{2\pi}\lambda+k\lambda}$ ($k\in Z$); Biên độ dao động cực đại: $\boxed{A_M^{max}=A_1+A_2}$

7. Tại M dao động với biên độ cực tiểu: hai dao động tại M ngược pha $\Rightarrow \Delta\varphi_M = (2k+1)\pi$

$\boxed{\Delta d = d_2 - d_1 = \frac{\Delta\alpha}{2\pi}\lambda + (k+0,5)\lambda}$ ($k \in Z$); Biên độ dao động cực tiểu: $\boxed{A_M^{min} = |A_1 - A_2|}$

8. Nếu hai nguồn có cùng biên độ: $A_1 = A_2 = A$

Biên độ dao động tổng hợp tại M: $\boxed{A_M = 2A\left|\cos(\frac{\varphi_M}{2})\right|}$; $\boxed{A_{max} = 2A}$; $\boxed{A_{min} = 0}$

9. Một số trường hợp đặc biệt

a) Trường hợp 1: Hai nguồn kết hợp dao động cùng pha

Điều kiện cực đại: $\boxed{d_2 - d_1 = k\lambda}$; Điều kiện cực tiểu: $\boxed{d_2 - d_1 = (2k+1)\frac{\lambda}{2} = (k+0,5)\lambda}$

b) Trường hợp 2: Hai nguồn kết hợp dao động ngược pha

Điều kiện cực đại: $\boxed{d_2 - d_1 = (2k+1)\frac{\lambda}{2} = (k+0,5)\lambda}$; Điều kiện cực tiểu: $\boxed{d_2 - d_1 = k\lambda}$

c) Trường hợp 3: Hai nguồn kết hợp dao động vuông pha

Điều kiện cực đại: $\boxed{d_2 - d_1 = (k+\frac{1}{4})\lambda}$; Điều kiện cực tiểu: $\boxed{d_2 - d_1 = (k+\frac{3}{4})\lambda}$

10. Điều kiện dao động cùng pha, ngược pha, vuông pha với 2 nguồn: cho hai nguồn dao động cùng pha.

a) Tổng quát: Điểm M nằm cách S_1, S_2 lần lượt là d_1 và d_2.

- Điểm M dao động cùng pha với 2 nguồn: $\boxed{d_1 + d_2 = 2k\lambda}$
- Điểm M dao động ngược pha với 2 nguồn: $\boxed{d_1 + d_2 = (2k+1)\lambda}$
- Điểm M dao động vuông pha với 2 nguồn: $\boxed{d_1 + d_2 = (2k+1)\frac{\lambda}{2}}$

b) Đặc biệt: Điểm M nằm trên đường trung trực của S_1S_2 ($d_1 = d_2 = d$).

- Điểm M dao động cùng pha với 2 nguồn: $\boxed{d = k\lambda}$
- Điểm M ngược pha 2 nguồn: $\boxed{d = (2k+1)\frac{\lambda}{2} = (k+0,5)\lambda}$
- Điểm M vuông pha 2 nguồn: $\boxed{d = (2k+1)\frac{\lambda}{4}}$

11. Xác định số điểm cực đại, cực tiểu:

Cần nhớ: Xét các điểm nằm trên đường nối S_1, S_2. Khoảng cách giữa 2 điểm cực đại (hoặc cực tiểu) gần nhau nhất là $\lambda/2$, khoảng cách gần nhất giữa 1 điểm cực đại và 1 điểm cực tiểu là $\lambda/4$. Hai điểm cực đại gần nhất thì dao động ngược pha nhau. **Không bao giờ tính 2 nguồn nhé!**

a) **Loại 1:** Xác định số điểm dao động cực đại, cực tiểu trên đoạn S_1S_2.

* Nếu hai nguồn S_1, S_2 cùng pha (hoặc ngược pha):

$\boxed{\frac{S_1S_2}{\lambda} = n + x}$; với n là phần nguyên, x là phần thập phân (dư).

- Hai nguồn cùng pha: $\boxed{N_{Cđ} = 2n+1}$; $\boxed{N_{Ct} = 2n}$ nếu $x \le 0,5$; $\boxed{N_{Ct} = 2n+2}$ nếu $x > 0,5$.
- Hai nguồn ngược pha thì ngược lại với hai nguồn cùng pha (thay cực đại bằng cực tiểu)

* Nếu hai nguồn vuông pha: số điểm dao động cực đại bằng số điểm dao động cực tiểu.

$\boxed{-\frac{S_1S_2}{\lambda} - \frac{1}{4} \le k \le \frac{S_1S_2}{\lambda} - \frac{1}{4}} \Rightarrow k$

b) **Loại 2:** Xác định số điểm dao động cực đại, cực tiểu trên đoạn MN bất kì.

- Tính: $\Delta d_M = d_{2M} - d_{1M}$, $\Delta d_N = d_{2N} - d_{1N}$ (Giả sử: $\Delta d_N < \Delta d_M$)
- Giải: $\boxed{\Delta d_N \le (d_2 - d_1) \le \Delta d_M}$ ($k \in Z$) $\Rightarrow k$

12. Xác định số điểm cực đại cùng pha với nguồn, ngược pha với nguồn trên đoạn $S_1S_2 = \ell$ (S_1, S_2 cùng pha).

a) Trường hợp 1: Hai nguồn cách nhau chẵn λ.(ví dụ: $\ell = 6\lambda$), không tính S_1, S_2.

- Số điểm cực đại, cùng pha nguồn: $\boxed{-\frac{\ell}{2\lambda} < k < \frac{\ell}{2\lambda}}$;

- Số điểm cực đại, ngược pha nguồn: $\boxed{-\frac{\ell}{2\lambda} - \frac{1}{2} < k < \frac{\ell}{2\lambda} - \frac{1}{2}}$

b) Trường hợp 2: Hai nguồn cách nhau lẻ λ.(ví dụ: $\ell = 5\lambda$), không tính S_1, S_2.

- Số điểm cực đại, cùng pha nguồn: $\boxed{-\frac{\ell}{2\lambda} - \frac{1}{2} < k < \frac{\ell}{2\lambda} - \frac{1}{2}}$

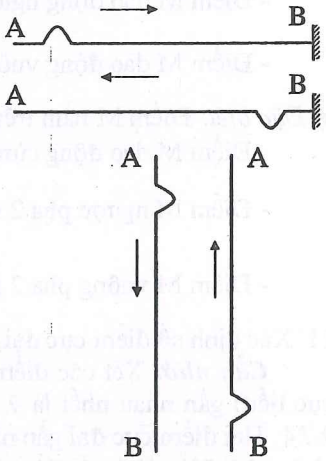
- Số điểm cực đại, ngược pha nguồn: $\boxed{-\frac{\ell}{2\lambda} < k < \frac{\ell}{2\lambda}}$

CHỦ ĐỀ 3. SỰ PHẢN XẠ SÓNG. SÓNG DỪNG

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

A. SỰ PHẢN XẠ SÓNG

1. Phản xạ của sóng trên vật cản cố định



▪ Khi gặp vật cản cố định: sóng phản xạ và sóng tới có cùng biên độ, cùng tần số, cùng bước sóng nhưng ngược pha nhau.

▪ Độ lệch pha giữa sóng tới và sóng phản xạ tại điểm vật cản cố định là: $\Delta\varphi = (2k+1)\pi$

▪ Li độ tại vị trí vật cản: $\boxed{u_{px} = -u_t}$

2. Phản xạ của sóng trên vật cản tự do

▪ Khi gặp vật cản tự do: sóng phản xạ và sóng tới có cùng biên độ, cùng tần số, cùng bước sóng và cùng pha nhau.

▪ Độ lệch pha giữa sóng tới và sóng phản xạ tại điểm vật cản tự do là: $\Delta\varphi = 2k\pi$

▪ Li độ tại vị trí vật cản: $\boxed{u_{px} = u_t}$

B. SÓNG DỪNG

1. Định nghĩa: *Sóng dừng là sóng có các nút và bụng cố định trong không gian.*

2. Giải thích

2.1. Giải thích định tính: Sóng dừng là do sự giao thoa của sóng tới và sóng phản xạ trên cùng một phương truyền sóng.

▪ **Sự tạo thành điểm bụng:** Tại một điểm M có sóng tới và sóng phản xạ dao động cùng pha, chúng tăng cường lẫn nhau tạo thành điểm bụng (biên độ 2A).

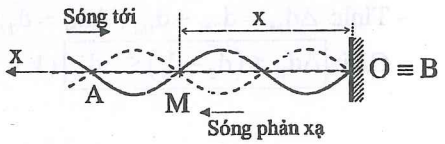
▪ **Sự tạo thành điểm bụng:** Tại một điểm M có sóng tới và sóng phản xạ dao động ngược pha, chúng triệt tiêu lẫn nhau tạo thành điểm nút (biên độ bằng 0): không dao động.

2.2. Giải thích định lượng

Chọn: gốc toạ độ tại B, chiều dương của trục toạ độ từ B đến A.

Giả sử phương trình dao động tại B do sóng tới từ A truyền đến có dạng:

$$u_B = A\cos\omega t$$



- Phương trình dao động tại M do sóng tới từ A truyền đến:

$$u_{1M} = A\cos(\omega t + 2\pi\frac{x}{\lambda})$$

- Phương trình sóng phản xạ tại B: vì đầu B cố định (B là nút) nên $u_B + u'_B = 0$

$$u'_B = -A\cos\omega t = A\cos(\omega t - \pi)$$

- Phương trình dao động tai M do sóng phản xạ từ B truyền đến:

$$u_{2M} = A\cos(\omega t - \pi - 2\pi\frac{x}{\lambda})$$

- Phương trình dao động tổng hợp tại M: $u_M = u_{1M} + u_{2M}$; $u_M = 2A\cos(\frac{2\pi x}{\lambda} + \frac{\pi}{2})\cos(\omega t - \frac{\pi}{2})$

- Biên độ dao động tổng hợp: $A_M = 2A\left|\cos\left(\frac{2\pi x}{\lambda} + \frac{\pi}{2}\right)\right|$

①. Điểm bụng:

- Tại M là bụng sóng khi sóng tới và sóng phản xạ tại đó dao động cùng pha.
- Biên độ: $(A_M)_{max} = 2A$.
- Vị trí của các điểm bụng so với gốc toạ độ O (đầu B): $\boxed{x_b = (2k+1)\frac{\lambda}{4}}$; (k = 0, 1, 2,...)

②. Điểm nút:

- Tại M là nút sóng khi sóng tới và sóng phản xạ tại đó dao động ngược pha.
- Biên độ: $(A_M)_{min} = 0$.
- Vị trí của các điểm nút so với gốc toạ độ O (đầu B): $\boxed{x_n = k\frac{\lambda}{2}}$; (k = 1, 2,...)

3. Điều kiện có sóng dừng trên dây: Gọi ℓ là chiều dài của dây.

①. Trường hợp 1: Nếu sợi dây có hai đầu cố định (2 đầu là 2 nút).

$$\boxed{\ell = k\frac{\lambda}{2}} ; (k \in N^*)$$

Trong đó: k là số bó sóng = số bụng sóng = số múi sóng.

②. Trường hợp 2: Nếu sợi dây có một đầu cố định (nút) và một đầu tự do (bụng).

$$\boxed{\ell = (2k+1)\frac{\lambda}{4}} ; (k \in N)$$

Trong đó: k là số bó sóng nguyên (một bó nguyên có 2 nút ở hai đầu)

⌦ **Chú ý:** Đầu dây gắn vào vật kích thích dao động luôn được coi gần đúng là một nút sóng (tức là đầu cố định). Nếu đầu dây còn lại gắn cố định thì sợi dây có hai đầu cố định; đầu còn lại buông tự do thì sợi dây có một đầu cố định và một đầu tự do.

4. Ứng dụng

- Để xác định tốc độ truyền sóng trên dây, tốc độ âm trong cột khí.
- Thí nghiệm đo được λ, biết tần số f $\rightarrow$ $v = \lambda f$

5. Các đặc điểm của sóng dừng

- Khoảng cách giữa hai nút sóng hay hai bụng sóng gần nhau nhất là $\lambda/2$.
- Khoảng cách giữa một bụng và một nút gần nhau nhất là $\lambda/4$.
- Cho phương trình sóng tới: $u = A\cos\omega t$
  - ⇨ Biên độ của điểm bụng: $A_{bụng} = 2A$; biên độ điểm nút: $A_{nút} = 0$.
  - ⇨ Bề rộng một bụng sóng là $L = 2.A_{bụng} = 4A$.
  - ⇨ Tốc độ dao động cực đại của điểm bụng: $v_{max} = \omega . A_{bụng} = 2\omega A$.
- Trong khi sóng tới và sóng phản xạ vẫn truyền đi theo hai chiều khác nhau, nhưng sóng tổng hợp dừng tại chỗ, nó không truyền đi trong không gian $\rightarrow$ Gọi là sóng dừng.
- Khoảng thời gian ngắn nhất giữa hai lần sợi dây duỗi thẳng là T/2.
- Mối quan hệ giữa tốc độ truyền sóng trên dây và lực căng dây: $\boxed{v = \sqrt{\frac{\tau}{\mu}}}$

(τ: là lực căng dây; $\mu = \frac{m_0}{\ell}$: mật độ khối lượng của dây dài ℓ, khối lượng dây là m_0)

- Kích thích dao động trên dây nhờ nam châm:

⇨ Nếu dây là kim loại (sắt) được kích bởi nam châm điện (Nam châm được nuôi bởi dòng điện xoay chiều có tần số f) thì tần số dao động của các phần tử trên dây là: $f' = 2f$.

⇨ Sợi dây có dòng điện xoay chiều tần số f chạy qua và đặt dây giữa hai cực của nam châm vĩnh cửu hình chữ U thì tần số dao động của các phần tử trên dây là: $f' = f$.

- Sóng dừng không truyền năng lượng và không truyền trạng thái dao động.
- Các phần tử nằm giữa hai nút sóng dao động cùng pha với nhau.
- Các phần tử nằm hai bên của một nút sóng dao động ngược pha nhau.

- Hai điểm bụng gần nhất dao động ngược pha nhau.
- Xác định biên độ của một điểm trên dây:

II. CÔNG THỨC GIẢI NHANH

1. Điều kiện có sóng dừng trên dây: Gọi ℓ là chiều dài của dây.

a) Trường hợp 1: Nếu sợi dây có hai đầu cố định (2 đầu là 2 nút).

$\boxed{\ell = k\frac{\lambda}{2}}$ với $k = 1, 2, 3, \ldots$ $\boxed{\Rightarrow \lambda_{max} = 2\ell}$ $\Rightarrow$ $\boxed{f_k = k\frac{v}{2\ell} \Rightarrow f_{min} = \frac{v}{2\ell} \Rightarrow f_k = k.f_{min}}$

(Trong đó: k là số bó sóng = số bụng sóng = số múi sóng)

- Số điểm bụng: $\boxed{N_b = k}$; số điểm nút: $\boxed{N_n = k \pm 1}$ (Lấy dấu + khi tính cả 2 đầu dây)
- Cho 2 tần số gây ra sóng dừng liên tiếp trên dây là f_k và $f_{(k+1)}$: $\boxed{f_{min} = f_{(k+1)} - f_k}$

b) Trường hợp 2: Nếu sợi dây có một đầu cố định (nút) và một đầu tự do (bụng).

$\boxed{\ell = (2k+1)\frac{\lambda}{4}}$

với $k = 0, 1, 2, \ldots$ $\boxed{\Rightarrow \lambda_{max} = 4\ell}$ $\Rightarrow$ $\boxed{f_k = (2k+1)\frac{v}{4\ell} \Rightarrow f_{min} = \frac{v}{4\ell} \Rightarrow f_k = (2k+1)f_{min}}$

(Trong đó: k là số bó sóng nguyên)

- Số bụng sóng và số nút sóng bằng nhau: $\boxed{N_b = N_n = k+1}$
- Cho hai tần số gây ra sóng dừng liên tiếp trên dây là f_1 và f_2 ($f_2 > f_1$): $\boxed{f_{min} = \frac{f_2 - f_1}{2}}$

2. Các đặc điểm của sóng dừng:

- Khoảng cách giữa hai điểm nút sóng hay hai điểm bụng sóng gần nhau nhất là $\lambda/2$:

$\boxed{(d_{nn})_{min} = (d_{bb})_{min} = \lambda/2}$

- Khoảng cách giữa một bụng và một nút gần nhau nhất là $\lambda/4$: $\boxed{(d_{nb})_{min} = \lambda/4}$
- Cho phương trình sóng tới có dạng: $u = A\cos\omega t$

+ Biên độ của điểm bụng: $\boxed{A_{bung} = 2A}$; biên độ điểm nút: $\boxed{A_{nút} = 0}$ (Điểm nút đứng yên)

+ Bề rộng một bụng sóng là: $\boxed{L = 2A_{bung} = 4A}$

+ Tốc độ dao động cực đại của điểm bụng: $\boxed{(v_{bung})_{max} = \omega.A_{bung} = 2\omega A}$

- Khoảng thời gian ngắn nhất giữa hai lần sợi dây duỗi thẳng là T/2.
- Mối quan hệ giữa tốc độ truyền sóng trên dây và lực căng dây: $\boxed{v = \sqrt{\frac{\tau}{\mu}}}$

(τ: là lực căng dây; $\boxed{\mu = \frac{m_0}{\ell}}$: mật độ khối lượng của dây dài ℓ, khối lượng dây là m_0)

- Kích thích dao động trên dây nhờ nam châm:

+ Nếu dây là kim loại (sắt) được kích bởi nam châm điện (Nam châm được nuôi bởi dòng điện xoay chiều có tần số f) thì tần số dao động của các phần tử trên dây là: $\boxed{f' = 2f}$.

+ Sợi dây có dòng điện xoay chiều tần số f chạy qua và đặt dây giữa hai cực của nam châm vĩnh cửu hình chữ U thì tần số dao động của các phần tử trên dây là: $\boxed{f' = f}$.

- Các phần tử nằm giữa hai nút sóng dao động cùng pha với nhau.
- Các phần tử nằm hai bên của một nút sóng dao động ngược pha nhau.
- Hai điểm bụng gần nhất dao động ngược pha nhau.
- Xác định biên độ của một điểm trên dây:

+ Nếu x là khoảng cách từ điểm đang xét đến <u>một điểm nút</u> bất kì: $\boxed{A_M = 2A\left|\sin\frac{2\pi x}{\lambda}\right|}$

+ Nếu x là khoảng cách từ điểm đang xét đến <u>một điểm bụng</u> bất kì: $\boxed{A_M = 2A\left|\cos\frac{2\pi x}{\lambda}\right|}$

Chú ý:

+ Biên độ bằng nhau là $A\sqrt{2}$ cách bụng $\lambda/8$ và cách nút $\lambda/8$.
+ Biên độ bằng nhau là A cách bụng $\lambda/6$ và cách nút $\lambda/12$.
+ Biên độ bằng nhau là $A\sqrt{3}$ cách bụng $\lambda/12$ và cách nút $\lambda/6$.

CHỦ ĐỀ 4. SÓNG ÂM

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

1. Nguồn âm và cảm giác âm

a) Nguồn âm: Nguồn âm là những vật dao động phát ra âm.

b) Cảm giác về âm:

▪ Sóng âm truyền qua không khí, lọt vào tai, gặp màng nhĩ, tác dụng lên màng nhĩ một áp suất biến thiên, làm cho màng nhĩ dao động. Dao động của màng nhĩ lại được truyền đến các đầu dây thần kinh thính giác, làm cho ta có cảm giác về âm.

▪ Cảm giác về âm phụ thuộc vào nguồn âm và tai người nghe.

2. Định nghĩa và phân loại sóng âm

a) Định nghĩa: *Sóng âm là những dao động cơ truyền trong các môi trường khí, lỏng, rắn.*

- Trong chất khí, lỏng: sóng âm là sóng dọc.
- Trong chất rắn: sóng âm gồm cả sóng ngang và sóng dọc.

b) Phân loại: 3 loại

① **Âm thanh:** là những âm mà tai người có thể cảm nhận được, tần số 16 Hz ≤ f ≤20 000 Hz.

② **Hạ âm:** là những âm tai người không nghe được: f < 16 Hz.

③ **Siêu âm:** là những âm mà tai người không nghe được: f > 20 000 Hz.

2. Môi trường truyền âm. Tốc độ âm

a) Môi trường truyền âm:

- Sóng âm truyền được trong các môi trường vật chất đàn hồi như: rắn, lỏng, khí.
- Sóng âm không truyền được trong chân không.

b) Tốc độ truyền âm:

- Tốc độ truyền âm phụ thuộc vào độ đàn hồi, mật độ của môi trường.
- Tốc độ truyền âm còn phụ thuộc vào nhiệt độ: $v \sim \sqrt{T(K)}$.
- Nói chung tốc độ truyền âm trong chất rắn lớn hơn trong chất lỏng, và trong chất lỏng lớn hơn trong chất khí.

$$\boxed{v_r > v_\ell > v_{kk}}$$

3. Năng lượng âm

Sóng âm mang năng lượng, năng lượng sóng âm tỉ lệ thuận với bình phương biên độ sóng.

a) Cường độ âm: I (đơn vị: W/m^2).

Cường độ âm tại một điểm là lượng năng lượng được sóng âm truyền đi trong một đơn vị thời gian qua một đơn vị diện tích đặt vuông góc với phương truyền âm tại điểm đó.

$$I = \frac{E}{S.t} = \frac{P}{S}$$

b) Mức cường độ âm: L (Đơn vị là ben: B)

- Mức cường độ âm là đại lượng gây ra cảm giác là âm này to gấp mấy lần âm kia.
- Mức cường độ âm L là lôga thập phân của tỉ số cường độ I của âm, và cường độ I_0 của âm chuẩn:

$$L(B) = \ell g\frac{I}{I_0}$$

- Đơn vị mức cường độ âm là Ben (kí hiệu: B)
- Trong thực tế người ta thường dùng đơn vị đêxiben (dB): 1B = 10 dB.

$$L(dB) = 10\ell g\frac{I}{I_0}$$

4. Các đặc trưng sinh lý của âm: Độ cao, độ to, âm sắc.

Các đặc trưng vật lí của âm: Tần số, mức cường độ âm, đồ thị dao động.

❶. Độ cao của âm

- Độ cao phụ thuộc vào tần số của âm (f).
- Âm có ***tần số lớn***: âm nghe ***cao*** (***thanh, bổng***), âm có ***tần số nhỏ***: âm nghe ***thấp*** (***trầm***).
- Hai âm có cùng tần số thì có cùng độ cao và ngược lại.
- Dây đàn:
  + Để âm phát ra nghe cao (thanh): phải tăng tần số → làm căng dây đàn.
  + Để âm phát ra nghe thấp (trầm): phải giảm tần số → làm trùng dây đàn.
- Thường: nữ phát ra âm cao, nam phát ra âm trầm (chọn nữ làm phát thanh viên).
- Trong âm nhạc: các nốt nhạc xếp theo thứ tự f tăng dần (âm cao dần): đô, rê, mi, pha, son, la, si.
- Tiếng nói con người có tần số trong khoảng từ 200 Hz đến 1000 Hz.

❷. Độ to

- Cường độ âm càng lớn, cho ta cảm giác nghe thấy âm càng to. Tuy nhiên độ to của âm không tỉ lệ thuận với cường độ âm.
- Cảm giác nghe âm "to" hay "nhỏ" không những phụ thuộc vào cường độ âm mà còn phụ thuộc vào tần số của âm (mức cường độ âm). Với cùng một cường độ âm, tai nghe được âm có tần số cao "to" hơn âm có tần số thấp.
- Tai con người có thể nghe được âm có cường độ nhỏ nhất bằng 10^{-12} W/m^2 ứng với âm chuẩn có tần số 1000 Hz (gọi là cường độ âm chuẩn $I_0 = 10^{-12}$ W/m^2)
- Tai con người có thể nghe được âm có cường độ lớn nhất bằng 10 W/m^2

Vậy: Độ to của âm phụ thuộc vào cường độ âm và tần số âm (Hay phụ thuộc mức cường độ âm)

❸. Âm sắc

- Âm sắc là sắc thái của âm giúp ta phân biệt được giọng nói của người này đối với người khác, phân biệt được "nốt nhạc âm" do nhạc cụ nào phát ra.
- Âm sắc phụ thuộc vào đồ thị dao động âm.

5. Nhạc âm. Tạp âm

❶. Nhạc âm:

- Nhạc âm là âm có tần số hoàn toàn xác định.
- Gây ra cho tai cảm giác êm ái, dễ chịu như bài hát, bản nhạc,...
- Đồ thị dao động âm là đường cong tuần hoàn.

❷. Tạp âm:

- Tạp âm là âm không có tần số xác định, và là hỗn hợp của nhiều âm có tần số và biên độ khác nhau.
- Gây ra cho tai cảm giác ức chế, khó chịu cho tai người,...
- Đồ thị dao động âm là đường cong không tuần hoàn.

6. Giới hạn nghe của tai người

a) Ngưỡng nghe: Để âm thanh gây được cảm giác âm đối với tai thì mức cường độ âm phải lớn hơn một giá trị cực tiểu nào đó gọi là ***ngưỡng nghe***.

- Ngưỡng nghe thay đổi theo tần số âm:

Ví dụ: ở tần số từ 1000 Hz đến 1500 Hz thì ngưỡng nghe vào khoảng 0 dB, tần số 50 Hz thì 50 dB.

b) Ngưỡng đau: Giá trị cực đại của cường độ âm mà tai ta có thể chịu đựng được gọi là ***ngưỡng đau.***

- Khi cường độ âm lên tới 10 W/m^2 thì ở mọi giá trị tần số đều gây cho tai cảm giác đau, nhức.
- Ngưỡng đau ứng với mức cường độ âm là $L_{max} = 130$ dB.
- Ngưỡng đau không phụ thộc vào tần số âm.

c) Miền nghe được: là miền nằm giữa ngưỡng nghe và ngưỡng đau.

- Mức cường độ âm: $0 \le L \le 130 dB$
- Miền nghe được phụ thuộc vào tần số.

7. Nguồn nhạc âm

①. Dây đàn

- Trên dây đàn có sóng dừng khi: $\ell = k\frac{\lambda}{2} = k\frac{v}{2f} \Rightarrow \boxed{f = k\frac{v}{2\ell}}$

+ Khi $k = 1$: $f_{min} = f_0 = \frac{v}{2\ell} \Rightarrow$ Âm cơ bản.

+ Khi $k = 2$: $f_2 = 2f_0 \Rightarrow$ Họa âm bậc 2.

+ Khi $k = 3$: $f_3 = 3f_0 \Rightarrow$ Họa âm bậc 3.

+ Khi $k = n$: $f_n = nf_0 \Rightarrow$ Họa âm bậc n.

- Như vậy: mỗi dây đàn được kéo căng bằng một lực cố định đồng thời phát ra âm cơ bản và một số hoạ âm bậc cao hơn, có tần số là một số nguyên lần tần số của âm cơ bản.

②. Cột khí có một đầu kín và một đầu hở (Ví dụ: Ống sáo)

- Cột khí phát ra âm to nhất (có cộng hưởng âm) thì trong cột khí có sóng dừng nếu chiều dài của cột khí thoả mãn điều kiện:

$$\boxed{\ell = (2k+1)\frac{\lambda}{4} = (2k+1)\frac{v}{4f}} \Rightarrow \boxed{f = (2k+1)\frac{v}{4\ell}}$$

+ Khi $k = 0$: $\boxed{f_{min} = f_{cb} = \frac{v}{4\ell}} \Rightarrow$ Âm cơ bản.

+ Khi $k = 1$: $f_3 = 3f_0 \Rightarrow$ Họa âm bậc 3.

+ Khi $k = 2$: $f_5 = 5f_0 \Rightarrow$ Họa âm bậc 5.

+ Khi $k = n$: $f_{2n+1} = (2n+1).f_0 \Rightarrow$ Họa âm bậc $(2n + 1)$.

- Như vậy: Cột khí có một đầu kín, một đầu hở chỉ có thể phát ra các hoạ âm bậc lẻ.
- Chiều dài của cột khí càng lớn → âm phát ra tần số càng nhỏ → âm nghe càng trầm.

③. Cột khí có hai đầu hở (Ví dụ: Ống sáo)

- Cột khí phát ra âm to nhất (có cộng hưởng âm) thì trong cột khí có sóng dừng nếu chiều dài của cột khí thoả mãn điều kiện:

$$\boxed{\ell = (k+1)\frac{\lambda}{2} = (k+1)\frac{v}{2f}} \Rightarrow \boxed{f = (k+1)\frac{v}{2\ell}}$$

8. Hộp cộng hưởng

- Âm thanh do các nguồn âm trực tiếp phát ra thường có cường độ âm rất nhỏ. Muốn âm to hơn, phải dùng nguồn âm đó kích thích cho một khối không khí chứa trong một vật rỗng dao động cộng hưởng để nó phát ra âm có cường độ lớn. Vật rỗng này gọi là ***hộp cộng hưởng***. Ví dụ: Bầu đàn ghi ta.
- Hộp cộng hưởng có tác dụng làm tăng cường độ âm, vẫn giữ nguyên độ cao và tạo ra âm sắc riêng đặc trưng cho mỗi loại đàn.

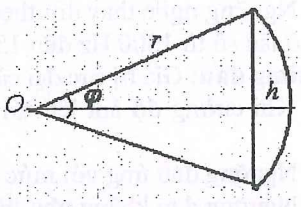
II. CÔNG THỨC GIẢI NHANH

1. Cường độ âm:

▪ Nếu nguồn âm điểm đẳng hướng, mặt sóng là mặt cầu có diện tích $S = 4\pi R^2$

$$\boxed{I = \frac{E}{S.t} = \frac{P}{S} = \frac{P}{4\pi R^2}}$$

(P: công suất của nguồn âm, R là khoảng cách từ nguồn đến điểm xét)



▪ Nếu âm truyền đi theo hình nón có góc ở đỉnh là φ thì:

$$\boxed{S = 2\pi r.h = 2\pi r^2\left(1 - \cos\frac{\varphi}{2}\right)}$$

h là độ cao của chỏm cầu; S diện tích của chỏm cầu có góc ở đỉnh là φ bằng.

2. Mức cường độ âm: $\boxed{L(B) = \ell g\frac{I}{I_0}}$; $\boxed{L(dB) = 10\ell g\frac{I}{I_0}}$

Với: I là cường độ âm tại điểm xét, I_0 là cường độ âm chuẩn, $I_0 = 10^{-12}$ W/m^2 với f = 1000 Hz; 1 dB = 0,1B.

3. Xét nguồn âm điểm đẳng hướng tại O phát ra trong không gian (P = cosnt). Xét 2 điểm M, N nằm trên cùng phương truyền sóng và nằm cùng một phía so với O, cách O lần lượt R_M, R_N ($R_N > R_M$).

$\boxed{\frac{I_M}{I_N} = \left(\frac{R_N}{R_M}\right)^2}$; $\boxed{\Delta L = L_M - L_N = 10\ell g\frac{I_M}{I_N} = 20\ell g\frac{R_N}{R_M}}$; C là trung điểm MN: $\boxed{R_C = \frac{R_M + R_N}{2}}$

- Mối liên hệ giữa cường độ âm và biên độ của sóng âm: $\boxed{\frac{I_1}{I_2} = \frac{A_1^2}{A_2^2}}$

- Khi cường độ âm tăng (giảm) 10^k lần thì mức cường độ âm tăng (giảm) k(B) hay 10k(dB):

$$\boxed{I_2 = 10^k.I_1 \Rightarrow L_2 = L_1 + k(B)}$$

- Khi mức cường độ âm tăng hay giảm n (B) thì cường độ âm tăng hay giảm 10^n lần.

- Tại một điểm cách nguồn âm 1 khoảng x, mức cường độ âm là L(B). Ngưỡng nghe của tai người là L_0(B), thì khoảng cách tối đa mà người này còn cảm giác được âm thanh là:

$$\boxed{x_{max} = x\sqrt{10^{(L-L_0)}}}$$

4. Nguồn nhạc âm là dây đàn: Dây đàn luôn có 2 đầu dây cố định.

- Trên dây đàn có sóng dừng khi: $\ell = k\frac{\lambda}{2} = k\frac{v}{2f} \Rightarrow \boxed{f = k\frac{v}{2\ell}}$

- Âm cơ bản (k = 1): $\boxed{f_0 = f_{min} = \frac{v}{2\ell}}$ ⇒ Họa âm bậc k: $\boxed{f_k = k.f_0}$

5. Nguồn nhạc âm là cột khí:

a) Trường hợp 1: Cột khí một đầu kín và một đầu hở.

- Trong ống sáo phát ra âm to nhất, có sóng dừng nếu chiều dài của ống sáo thoả mãn:

$$\boxed{\ell = (2k+1)\frac{\lambda}{4} = (2k+1)\frac{v}{4f}} \Rightarrow \boxed{f = (2k+1)\frac{v}{4\ell}}$$

- Âm cơ bản (k = 0): $\boxed{f_0 = f_{min} = \frac{v}{4\ell}}$ ⇒ Họa âm bậc (2k+1): $\boxed{f_{(2k+1)} = (2k+1).f_0}$

b) Trường hợp 2: Cột khí có hai đầu hở.

- Trong ống sáo phát ra âm to nhất, có sóng dừng nếu chiều dài của ống sáo thoả mãn:

$$\boxed{\ell = (k+1)\frac{\lambda}{2} = (k+1)\frac{v}{2f}} \Rightarrow \boxed{f = (k+1)\frac{v}{2\ell}}$$

- Âm cơ bản (k = 0): $\boxed{f_0 = f_{min} = \frac{v}{2\ell}}$ ⇒ Họa âm bậc k: $\boxed{f_k = (k+1).f_0}$

⌧ **Chú ý:** Cột khí có một đầu kín và một đầu hở. Đầu kín luôn là nút. Nếu cột khí phát ra âm to nhất thì đầu hở là điểm bụng, nếu cột khí phát ra âm nhỏ nhất thì đầu hở là nút.

CHƯƠNG III. DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU

CHỦ ĐỀ 1. ĐẠI CƯƠNG VỀ DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

1. Nguyên tắc tạo ra dòng điện xoay chiều: hiện tượng cảm ứng điện từ.

2. Từ thông:

$$\boxed{\phi = \Phi_0 \cos\left(\omega t + \varphi_\phi\right)}$$

Từ thông cực đại: $\Phi_0 = NBS$ (N: số vòng dây, B: cảm ứng từ (T), S: diện tích (m^2))

φ_ϕ là pha ban đầu của từ thông, $\varphi_\phi = (\vec{n}, \vec{B})$ lúc $t = 0$.

Đơn vị của từ thông: Vêbe (Wb)

3. Suất điện động cảm ứng: $e = -\Phi' = \omega\Phi_0 \sin(\omega t + \varphi_\phi)$; đặt $\boxed{E_0 = \omega\Phi_0 = \omega NBS}$

$$\boxed{e = E_0 \cos(\omega t + \varphi_e)}$$

Với:

e là suất điện động tức thời (V);

φ_e: pha ban đầu của suất điện động cảm ứng;

E_0: biên độ của suất điện động (V);

E: suất điện động hiệu dụng (V).

$$\boxed{E = \frac{E_0}{\sqrt{2}}}$$

4. Dòng điện xoay chiều:

a) Định nghĩa: Dòng điện xoay chiều là dòng điện có cường độ tức thời biến thiên theo một hàm sin (hoặc cosin) của thời gian.

$$\boxed{i = I_0 \cos(\omega t + \varphi_i)} \quad ; \quad \boxed{I = \frac{I_0}{\sqrt{2}}}$$

Với:

i là cường độ dòng điện tức thời (A);

φ_i: pha ban đầu của cường độ dòng điện (i).

I_0 là cường độ dòng điện cực đại (biên độ của cường độ dòng điện) (A);

I: cường độ dòng điện hiệu dụng (A).

b) Tác dụng của dòng điện: Tác dụng nhiệt, hoá học, từ (nổi bật nhất), sinh lí,...

⊠ Chú ý:

- Dòng điện xoay chiều có giá trị, chiều thay đổi theo thời gian;
- Dòng điện xoay chiều có chiều thay đổi theo thời gian;
- Trong 1 chu kì dòng điện đổi chiều 2 lần;
- Trong một giây dòng điện đổi chiều 2f lần (f là tần số của dòng điện xoay chiều).

5. Điện áp xoay chiều:

a) Định nghĩa: Điện áp xoay chiều là điện áp biến thiên điều hoà theo thời gian

$$\boxed{u = U_0 \cos(\omega t + \varphi_u)} \quad ; \quad \boxed{U = \frac{U_0}{\sqrt{2}}}$$

Với:

u là điện áp tức thời (V);

U_0 là điện áp cực đại (biên độ điện áp) (V);

φ_u là pha ban đầu của điện áp tức thời (u);

U: điện áp hiệu dụng (V).

b) Độ lệch pha giữa u và i:

Độ lệch pha giữa u và i là φ phụ thuộc vào tính chất của mạch điện, được xác định:

$$\boxed{\varphi = \varphi_u - \varphi_i}$$

Nếu $\varphi > 0 \rightarrow$ điện áp u sớm pha hơn cường độ dòng điện i;

Nếu $\varphi < 0 \rightarrow$ điện áp u trễ pha hơn cường độ dòng điện i;

Nếu $\varphi = 0 \rightarrow$ u và i cùng pha (đồng pha).

6. Các loại đoạn mạch:

6.1. Đoạn mạch chỉ có điện trở thuần R

a) Điện trở thuần R của một vật dẫn có dạng hình trụ:

$$\boxed{R = \rho\frac{\ell}{S}}$$

Với: ρ là điện trở suất của vật dẫn (Ωm); ℓ là chiều dài vật dẫn (m); S: diện tích tiết diện ngang (m^2).

*** Biến trở:** Điện trở có giá trị thay đổi được gọi là biến trở.

b) Tác dụng của điện trở: Điện trở cho cả dòng điện một chiều và xoay chiều đi qua và có tác dụng cản trở dòng điện.

c) Mối quan hệ về pha giữa u_R và i:

Điện áp xoay chiều giữa hai đầu điện trở biến thiên điều hòa cùng tần số và cùng pha với dòng điện

$$\boxed{\varphi = \varphi_{u_R} - \varphi_i = 0}$$

d) Định luật ôm: $\boxed{I = \frac{U_R}{R}; I_0 = \frac{U_{0R}}{R}}$

e) Mối quan hệ giữa các đại lượng tức thời i và u_R:

Vì i và u_R cùng pha nên: $\boxed{i = \frac{u_R}{R}} \Rightarrow$ Đồ thị của i theo u_R có dạng là đoạn thẳng.

Chú ý: $\frac{i}{I_0} = \frac{u}{U_0}$

f) Ghép điện trở thành bộ: $\boxed{R_{nt} = R_1 + R_2}$, $\boxed{\frac{1}{R_{ss}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}$

6.2. Đoạn mạch chỉ có cuộn cảm thuần:

a) Hệ số tự cảm (độ tự cảm): $\boxed{L = 4\pi.10^{-7}\mu\left(\frac{N}{\ell}\right)^2.V}$ (Ống dây xôlilôit)

Với: N là số vòng dây, V là thể tích không gian ống dây, ℓ là chiều dài ống dây, μ là độ từ thẩm của môi trường bên trong ống dây (chân không hay không khí $\mu = 1$).

Đơn vị của L là Henri (H): $1mH = 10^{-3}H$; $1\mu H = 10^{-6}H$; $1nH = 10^{-9}H$; $1pH = 10^{-12}H$

b) Tác dụng của cuộn cảm thuần:

+ Đối với dòng điện không đổi (chiều và cường độ không đổi): cuộn thuần cảm coi như dây dẫn, không cản trở dòng điện không đổi.

+ Đối với dòng điện xoay chiều: cuộn thuần cảm cho dòng điện xoay chiều đi qua và có tác dụng cản trở dòng điện xoay chiều, đại lượng đặc trưng cho sự cản trở đó gọi là **cảm kháng** (Z_L):

$$\boxed{Z_L = \omega L}$$

Hay: $Z_L = 2\pi fL$ (Đơn vị: Ω)

c) Mối quan hệ về pha giữa u_L và i:

Điện áp tức thời hai đầu cuộn cảm thuần biến thiên điều hòa cùng tần số, sớm pha hơn dòng điện trong mạch một góc $\pi/2$ (vuông pha).

$$\boxed{\varphi = \varphi_{u_L} - \varphi_i = \frac{\pi}{2}}$$

d) **Định luật Ôm:** $\boxed{I=\frac{U_L}{Z_L};\ I_0=\frac{U_{0L}}{Z_L}}$

Nhận xét: Dòng điện xoay chiều có tần số càng lớn thì qua cuộn cảm càng khó và ngược lại.

e) **Mối quan hệ giữa các đại lượng tức thời:** Vì i và u_L vuông pha nhau nên ta có

$\boxed{\frac{i^2}{I_0^2}+\frac{u^2}{U_0^2}=1}\Rightarrow$ Đồ thị có dạng là đường elip.

⌦ **Chú ý:** $\frac{i^2}{I^2}+\frac{u^2}{U^2}=2\ ;\ \frac{I}{I_0}+\frac{U}{U_0}=\sqrt{2}$

f) **Ghép cuộn thuần cảm thành bộ:**

+ Hai cuộn cảm thuần ghép <u>nối tiếp</u> (L_1ntL_2): $\boxed{L_{nt}=L_1+L_2}$; $\boxed{Z_{Lnt}=Z_{L_1}+Z_{L_2}}$

+ Hai cuộn cảm thuần ghép <u>song song</u> (L_1ssL_2): $\boxed{\frac{1}{L_{ss}}=\frac{1}{L_1}+\frac{1}{L_2}}$; $\boxed{\frac{1}{Z_{Lss}}=\frac{1}{Z_{L_1}}+\frac{1}{Z_{L_2}}}$

6.3. Tụ điện

a) Điện dung của tụ điện:

- Điện dung là đại lượng đặc trưng cho khả năng tích điện của tụ điện.
- Điện dung của tụ điện phẳng: $\boxed{C=\frac{\varepsilon S}{4\pi kd}}$

Trong đó: ε là hằng số điện môi (không khí hay chân không $\varepsilon=1$), S: diện tích phần đối diện giữa hai bản tụ điện, d: khoảng cách giữa hai bản tụ, $k=9.10^9$ (Nm^2/C^2).

- Đơn vị của điện dung là Fara (F): $1mF=10^{-3}F;\ 1\mu F=10^{-6}F, 1nF=10^{-9}F, 1pF=10^{-12}F$

b) Tác dụng của tụ điện:

- Đối với dòng điện không đổi: tụ ngăn không cho dòn điện đi qua.
- Đối với dòng điện xoay chiều: cho dòng điện xoay chiều đi qua nhưng cản trở dòng điện xoay chiều, đại lượng đặc trưng cho sự cản trở đó gọi là **dung kháng** (Z_C):

$\boxed{Z_C=\frac{1}{\omega C}}$ hay: $\boxed{Z_C=\frac{1}{2\pi fC}}$

c) Mối quan hệ về pha giữa u_C và i:

Điện áp xoay chiều giữa hai đầu tụ điện biến thiên điều hòa cùng tần số nhưng trễ pha so với dòng điện trong mạch một góc $\pi/2$ (vuông pha).

$\boxed{\varphi=\varphi_{u_C}-\varphi_i=-\frac{\pi}{2}}$

d) Định luật Ôm: $\boxed{I=\frac{U_C}{Z_C};I_0=\frac{U_{0C}}{Z_C}}$

Nhận xét: Dòng điện có tần số càng lớn thì qua tụ điện càng dễ và ngược lại

e) Mối quan hệ giữa các đại lượng tức thời:

Vì i và u_C vuông pha nhau nên ta có: $\boxed{\frac{i^2}{I_0^2}+\frac{u^2}{U_0^2}=1}\Rightarrow$ Đồ thị có dạng là đường elip.

⌦ **Chú ý:** $\frac{i^2}{I^2}+\frac{u^2}{U^2}=2\ ;\ \frac{I}{I_0}+\frac{U}{U_0}=\sqrt{2}$

f) Ghép tụ điện thành bộ:

- Hai tụ C_1 và C_2 ghép <u>song song</u>: $\boxed{C_{ss}=C_1+C_2}$; $\boxed{\frac{1}{Z_{Css}}=\frac{1}{Z_{C_1}}+\frac{1}{Z_{C_2}}}$

- Hai tụ C_1 và C_2 ghép nối tiếp: $\boxed{\frac{1}{C_{nt}}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}}$; $\boxed{Z_{Cnt}=Z_{C_1}+Z_{C_2}}$

⌦ **Chú ý:** Trong mạch điện có bóng đèn dây tóc (sợi đốt), trên đèn có ghi (aV – bW).

- Đó là các giá trị định mức: công suất định mức là $P_{đm}$ = b (W), điện áp hiệu dụng định mức là $U_{đm}$ = a (V).

- Ta coi bóng đèn như là một điện trở: $R_{đm}=\frac{U_{đm}^2}{P_{đm}}$

- Cường độ dòng điện định mức: $I_{đm}=\frac{P_{đm}}{U_{đm}}$

- Đề bóng đèn sáng bình thường thì dòng điện trong mạch $I = I_{đm}$.

7. Mạch RLC mắc nối tiếp (khôn phân nhánh)

7.1. Mạch điện xoay chiều RLC mắc nối tiếp: cuộn dây thuần cảm

a) Tổng trở của mạch:

$\boxed{Z=\sqrt{R^2+(Z_L-Z_C)^2}}$ hay $Z=\sqrt{R^2+\left(\omega L-\frac{1}{\omega C}\right)^2}$

b) Định luật ôm: $\boxed{I=\frac{U}{Z};I_0=\frac{U_0}{Z}}$ hay $I=\frac{U}{\sqrt{R^2+(Z_L-Z_C)^2}}$

⌦ **Chú ý:** Biểu thức sau đây chưa chắc đúng $\boxed{i=\frac{u_{AB}}{Z}=\frac{u_R+u_L+u_C}{Z}}$

c) Độ lệch pha giữa u và i: $\boxed{\tan\varphi=\frac{Z_L-Z_C}{R}=\frac{U_L-U_C}{U_R}}$ $(-\frac{\pi}{2}\le\varphi\le\frac{\pi}{2})$

d) Điện áp:

- Điện áp tức thời: $u=u_R+u_L+u_C=U_0\cos(\omega t+\varphi)$
- Điện áp dạng vectơ: $\vec{U}=\vec{U}_R+\vec{U}_L+\vec{U}_C$
- Biên độ điện áp: $U_0=\sqrt{U_{0R}^2+(U_{0L}-U_{0C})^2}$
- Điện áp hiệu dụng: $\boxed{U=\sqrt{U_R^2+(U_L-U_C)^2}}$

e) Nhiệt lượng tỏa ra trên điện trở R trong thời gian t:

$\boxed{Q=I^2Rt}$

Q: Là nhiệt lượng (J), I: cường độ dòng điện hiệu dụng (A), R: điện trở của mạch (Ω), t: là thời gian dòng điện chạy qua mạch điện (s).

2. Mạch điện xoay chiều RLC nối tiếp: Cuộn dây không thuần cảm

a) Tổng trở của mạch:

$\boxed{Z=\sqrt{(R+r)^2+(Z_L-Z_C)^2}}$

⌦ **Chú ý:** Không dùng công thức: $Z=\sqrt{R^2+(Z_d-Z_C)^2}$

b) Điện áp:

- Điện áp tức thời: $u_{AB}=u_R+u_r+u_L+u_C=u_R+u_d+u_C$
- Điện áp dạng vec tơ: $\vec{U}=\vec{U}_R+(\vec{U}_r+\vec{U}_L)+\vec{U}_C$
- Điện áp hiệu dụng: $U=\sqrt{(U_R+U_r)^2+(U_L-U_C)^2}$
- Điện áp cực đại (Biên độ điện áp): $U_0=\sqrt{(U_{0R}+U_{0r})^2+(U_{0L}-U_{0C})^2}$

c) Định luật Ôm: $I=\frac{U}{Z};I_0=\frac{U_0}{Z}$ hay $I=\frac{U}{\sqrt{(R+r)^2+(Z_L-Z_C)^2}}$

d) Độ lệch pha giữa u và i:

$$\tan\varphi=\frac{Z_L-Z_C}{R+r}=\frac{U_L-U_C}{U_R+U_r}=\frac{U_{0L}-U_{0C}}{U_{0R}+U_{0r}}$$

e) Nhiệt lượng tỏa ra trên các điện trở: $Q=I^2(R+r)t$

f) Cường độ dòng điện hiệu dụng qua mạch:

Nhận xét: Cường độ dòng điện qua các phần tử là bằng nhau

$$I=\frac{U_R}{R}=\frac{U_C}{Z_C}=\frac{U_L}{Z_L}=\frac{U_{AB}}{Z_{AB}}=\frac{U_d}{Z_d}=\frac{U_{MN}}{Z_{MN}}$$

g) Xét cuộn dây không thuần cảm:

- Tổng trở: $Z_d=\sqrt{r^2+Z_L^2}$
- Điện áp hiệu dụng 2 đầu cuộn dây: $U_d=\sqrt{U_r^2+U_L^2}$
- Độ lệch pha u_d và i: $\cos\varphi_d=\frac{r}{Z_d}=\frac{U_r}{U_d}$; $\tan\varphi_d=\frac{Z_L}{r}=\frac{U_L}{U_r}$

⌦ **Chú ý:** Đây là mạch điện xoay chiều tổng quát nhất, nếu trong mạch thiếu phần tử nào thì ta cho giá trị của phần tử đó bằng 0.

Ví dụ:

- Mạch gồm RL nối tiếp: $Z=\sqrt{R^2+Z_L^2}$; $U=\sqrt{U_R^2+U_L^2}$
- Mạch gồm RC nối tiếp: $Z=\sqrt{R^2+Z_C^2}$; $U=\sqrt{U_R^2+U_C^2}$
- Mạch gồm LC nối tiếp: $Z=|Z_L-Z_C|$; $U=|U_L-U_C|$

3. Hiện tượng cộng hưởng điện

a) Điều kiện để xảy ra hiện tượng cộng hưởng:

$$\boxed{Z_L=Z_C} \text{ hay } \boxed{LC\omega_0^2=1\Leftrightarrow\omega_0=\frac{1}{\sqrt{LC}}\Leftrightarrow f_0=\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}}$$

f_0: là tần số cộng hưởng, $\omega_0=2\pi f_0$ là tần số góc cộng hưởng.

b) Khi xảy ra hiện tượng cộng hưởng thì:

- Tổng trở: $Z_{min}=R$
- Cường độ dòng điện hiệu dụng: $I_{max}=\frac{U}{R}$
- Điện áp hiệu dụng trên điện trở: $U_{R\,max}=U$ (Nhớ: $U_R\le U$)
- Độ lệch pha giữa u và i: $\tan\varphi=0\Rightarrow\varphi=0$ $\Rightarrow$ u và i cùng pha nhau (đồng pha).
- Công suất tiêu thụ cực đại: $P_{max}=\frac{U^2}{R}$
- Hệ số công suất: $(\cos\varphi)_{max}=1$
- Điện áp hiệu dụng giữa hai đầu tụ điện, cuộn cảm thuần:

$$U_C=\frac{Z_C}{R}U;U_L=\frac{Z_L}{R}U\Rightarrow\boxed{U_L=U_C\Rightarrow U_{LC}^{min}=|U_L-U_C|=0}$$ (L và C sát nhau)

- u_{AB} cùng pha với u_R; u_{AB} vuông pha với u_C, u_L.

⌦ **Chú ý:**

- Trên đây chính là các dấu hiệu để nhận biết mạch đang xảy ra cộng hưởng.
- Để xảy ra hiện tượng cộng hưởng điện thì ta phải điều chỉnh một trong các đại lượng: L, C, f để I_{max}, P_{max}, U_{Rmax}, $(\cos\varphi)_{max}$, Z_{min}, u và i cùng pha,...
- Điều chỉnh R không bao giờ xảy ra cộng hưởng, nhưng điện có ảnh hưởng đến cộng hưởng.

- Khi đang xảy ra hiện tượng cộng hưởng nếu thay đổi L, C hoặc f thì: $Z\uparrow$, $I\downarrow$, $P\downarrow$, $\cos\varphi\downarrow$, $U_R\downarrow$, $U_L \neq U_C$.

II. CÔNG THỨC GIẢI NHANH

❶. Xác định số lần dòng điện đổi chiều sau một khoảng thời gian t nào đó: Cho dòng điện $i = I_0\cos(\omega t + \varphi_i)$.

- Trong 1 chu kì dòng điện đổi chiều 2 lần.
- Trung bình, trong 1 giây dòng điện đổi chiều $n = 2f$ lần.
- Trong thời gian t (giây) dòng điện đổi chiều $N = 2f.t$ lần.

⊠ **Chú ý:** Nhưng với trường hợp đặc biệt khi pha ban đầu của dòng điện là $\varphi_i = 0$ hoặc π thì trong chu kỳ đầu tiên dòng điện chỉ đổi chiều 1 lần: $\Rightarrow n = 2f - 1$.

❷. Mạch chỉ có điện trở thuần R: $\boxed{i = \frac{u_R}{R}}$; $\boxed{\frac{u}{i} = \frac{U}{I} = \frac{U_0}{I_0}}$

❸. Mạch chỉ có tụ điện:

$\boxed{\frac{i^2}{I_0^2} + \frac{u^2}{U_0^2} = 1} \Rightarrow \frac{i^2}{I^2} + \frac{u^2}{U^2} = 2$; $\boxed{I_0 = \sqrt{i^2 + \frac{u^2}{Z_C^2}}}$; $\boxed{Z_C = \sqrt{\frac{u_2^2 - u_1^2}{i_1^2 - i_2^2}}}$; $U_0 = I_0.\sqrt{\frac{u_2^2 - u_1^2}{i_1^2 - i_2^2}}$

❹. Mạch chỉ có cuộn cảm thuần:

$\boxed{\frac{i^2}{I_0^2} + \frac{u^2}{U_0^2} = 1} \Rightarrow \frac{i^2}{I^2} + \frac{u^2}{U^2} = 2$; $\boxed{I_0 = \sqrt{i^2 + \frac{u^2}{Z_L^2}}}$; $\boxed{Z_L = \sqrt{\frac{u_2^2 - u_1^2}{i_1^2 - i_2^2}}}$; $U_0 = I_0.\sqrt{\frac{u_2^2 - u_1^2}{i_1^2 - i_2^2}}$

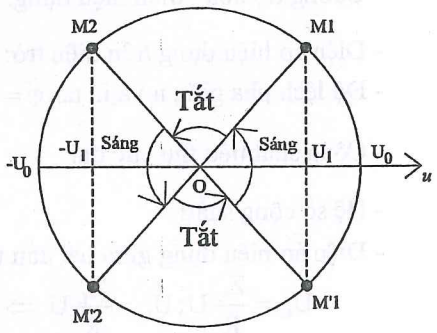
❺. Cách biết biểu thức u, i: Nếu $u = U_0\cos(\omega t + \varphi_u)$ thì $i = I_0\cos(\omega t + \varphi_i)$

- Tính tổng trở của đoạn mạch đang xét: $\boxed{Z = \sqrt{R^2 + (Z_L - Z_C)^2}}$
- Áp dụng định luật ôm: $U_0 = I_0.Z$
- Tính độ lệch pha giữa u và i: $\tan\varphi = \frac{Z_L - Z_C}{R} = \frac{U_L - U_C}{U_R} \Rightarrow \varphi = \varphi_u - \varphi_i$; $-\frac{\pi}{2} \le \varphi \le \frac{\pi}{2}$.

⊠ **Lưu ý:** $\boxed{\varphi_i = \varphi_{u_R} = \varphi_{u_L} - \frac{\pi}{2} = \varphi_{u_C} + \frac{\pi}{2}}$

❻. Tính thời gian đèn sáng, đèn tắt:

Khi đặt điện áp $u = U_0\cos(\omega t + \varphi_u)$ vào hai đầu bóng đèn huỳnh quang, đèn nê-ôn. Biết rằng đèn chỉ sáng lên khi điện áp tức thời đặt vào bóng đèn $|u| \ge U_1$. Tính thời gian đèn sáng (không sáng) trong một chu kì.



- Tính $\boxed{\cos\alpha = \frac{U_1}{U_0} \Rightarrow \alpha}$
- Thời gian đèn sáng trong một chu kì: $\boxed{t_s = \frac{4\alpha}{\omega}}$
- Thời gian đèn không sáng (tắt): $\boxed{t_\tau = T - t_s = \frac{2\pi - 4\alpha}{\omega}}$

❼. Tính nhiệt lượng tỏa ra trên điện trở R: $\boxed{Q = I^2Rt}$

❽. Tính điện lượng chuyển qua tiết diện thẳng của mạch từ thời điểm t_1 đến t_2:

$$\boxed{\Delta q = \int_{t_1}^{t_2} i.dt = I_0\int_{t_1}^{t_2} \cos(\omega t + \varphi_i).dt}$$

⌦ **Chú ý:** Khi cho biểu thức cường độ dòng điện $i = I_0\cos(\omega t + \varphi_i)$ qua mạch, ta hoàn toàn biết được điện tích cực đại trên tụ $q_0 = C.U_0 = \frac{I_0}{\omega}$. Trong mọi bài toán, điện lượng Δq chuyển qua tiết diện thẳng được tính qua tích phân xác định. Tuy nhiên, trong một số trường hợp đặc biệt, ta có thể tính thông qua biểu thức $\boxed{\Delta q = q_2 - q_1}$ nếu biết được các giá trị q_1, q_2 ứng với từng thời điểm t_1, t_2. Dưới đây là một số trường hợp cần nhớ:

- Sau 1T hoặc số nguyên lần chu kì thì $\Delta q = q_2 - q_1 = q_1 - q_1 = 0$
- Thời điểm t_1 ứng với $i_1 = 0$ (hoặc $q_1 = -q$)

  ⇨ Sau T/4 hoặc 3T/4 thì $\boxed{\Delta q = q_0 = \frac{I_0}{\omega}}$; Sau T/2 thì $\boxed{\Delta q = 2q_0 = \frac{2.I_0}{\omega}}$
- Thời điểm t_1 ứng với $i_1 = I_0$ (hoặc $q_1 = 0$)

  ⇨ Sau T/4 hoặc 3T/4 thì $\boxed{\Delta q = q_0 = \frac{I_0}{\omega}}$; Sau T/2 thì $\boxed{\Delta q = 0}$

⑨. Tính cường độ dòng điện hiệu dụng:

Đặt vào hai đầu đoạn mạch gồm 2 nguồn điện: xoay chiều và một chiều, dòng điện chạy qua mạch có biểu thức $i = I_1 + I_o\cos(\omega t + \varphi_i)$. Tính cường độ dòng điện hiệu dụng qua mạch.

$$\boxed{I_{hd} = \sqrt{I_{1c}^2 + I_{xc}^2} = \sqrt{I_1^2 + \frac{I_o^2}{2}}}$$

⌦ **Chú ý:** Khi tính giá trị trung bình của u hoặc i theo thời gian, ta cần nhớ:

- Giá trị trung bình của hàm sin hay cos theo thời gian trong 1 chu kì hay số nguyên lần chu kì có giá trị bằng 0.
- Giá trị trung bình của hằng số bằng chính nó.

CHỦ ĐỀ 2. CÔNG SUẤT CỦA DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

1. Công suất tức thời của dòng điện xoay chiều

- **Tổng quát:** $\boxed{p = u.i = U_oI_o\cos(\omega t + \varphi_u).\cos(\omega t + \varphi_i)}$
- **Đặc biệt:** $u = U_0\cos(\omega t + \varphi)$ (V) $i = I_0\cos\omega t$

Công suất tức thời là công suất tại một thời điểm: $p = ui = U_0I_0\cos(\omega t + \varphi).\cos\omega t$

$$\boxed{p = UI\cos\varphi + UI\cos(2\omega t + \varphi)}$$

- **Nhận xét:** u và i biến thiên điều hòa với tần số góc ω, tần số f và chu kì T thì công suất tức thời biến thiên theo thời gian với tần số góc $\omega' = 2\omega$, tần số $f' = 2f$ và chu kì $T' = T/2$.

2. Công suất của dòng điện xoay chiều

- Công suất của dòng điện xoay chiều là công suất trung bình của dòng điện trong một chu kì

$$\boxed{P = \overline{p} = UI\cos\varphi} \quad (*)$$

⌦ **Chú ý:** giá trị trung bình trong một chu kì của $\overline{UI\cos(2\omega t + \varphi)} = 0$

Nếu xét trong thời gian dài ($t >> T$) thì công suất của dòng điện xoay chiều vẫn dùng công thức (*)

3. Hệ số công suất

3.1. Tổng quát

- Đặt $k = \cos\varphi$ là hệ số công suất của mạch điện: $0 \le k = \cos\varphi \le 1$
- Biểu thức tổng quát: $\cos\varphi = \frac{P}{UI} = \frac{2P}{U_0I_0}$

3.2. Xét từng loại đoạn mạch

a) Đoạn mạch chỉ có điện trở thuần R:

$$\varphi = 0 \Rightarrow \cos = 1$$

$$P = UI = \frac{U^2}{R} = I^2R$$

b) Đoạn mạch chỉ có L, C, LC:

$$\varphi = \pm\frac{\pi}{2} \Rightarrow \cos\varphi = 0 \Rightarrow P = 0$$

Kết luận: Tụ điện C và cuộn cảm thuần không tiêu thụ công suất

c) Mạch RLC nối tiếp (cuộn dây thuần cảm):

- Công suất chỉ tiêu thụ trên điện trở R (công suất tỏa nhiệt): $P = I^2R$
- Hệ số công suất: $\cos\varphi = \frac{R}{Z} = \frac{U_R}{U_{AB}}$
- Tính P theo R, U và $\cos\varphi$: $P = \frac{U^2}{R}\cos^2\varphi$
- Mối quan hệ $\cos\varphi$ và $\tan\varphi$: $\cos\varphi = \frac{1}{\sqrt{1+\tan^2\varphi}}$

d) Đoạn mạch RLC nối tiếp (cuộn dây không thuần cảm):

- Công suất: $P = I^2(R+r) = I(U_R + U_r)$
- Hệ số công suất: $\cos\varphi = \frac{R+r}{Z_{AB}} = \frac{U_R + U_r}{U_{AB}}$

e) Nâng cao hệ số công suất:

- Trong mạch điện xoay chiều bất kì, ta có:

$$\boxed{P = UI\cos\varphi = RI^2 + P'}$$

Trong đó: P là công suất tiêu thụ, P' là công suất điện năng chuyển thành dạng năng lượng khác như cơ năng, hoá năng, ..., RI^2 là công suất điện năng chuyển thành nhiệt.

- Để tăng P' → giảm (RI^2) → giảm I → tăng $\cos\varphi$
- Trong các mạch điện dân dụng, công nghiệp (*Ví dụ*: quạt, tủ lạnh,...) người ta làm tăng $\cos\varphi$ bằng cách dùng các thiết bị có thêm tụ điện nhằm tăng dung kháng, sao cho $\cos\varphi > 0{,}85$.

II. CÔNG THỨC GIẢI NHANH

①. Mạch RLC nối tiếp, cuộn dây thuần cảm. Tìm L, C hoặc ω để P_{max}

$$\boxed{LC\omega^2 = 1};\ \boxed{P_{max} = \frac{U^2}{R}} \Rightarrow Z = R; I_{max} = \frac{U}{R}; U_R = U;\ \cos\varphi = 1; \varphi = 0$$

②. Mạch RLC nối tiếp, cuộn dây thuần cảm, R là biến trở

▪ Tìm R để P_{max}: $\boxed{R_0 = |Z_L - Z_C|}$; $\boxed{P_{max} = \frac{U^2}{2R_0}} \Rightarrow$

$$Z = R_0\sqrt{2}; I = \frac{U}{R_0\sqrt{2}}; U_R = \frac{U}{\sqrt{2}}; \cos\varphi = \frac{\sqrt{2}}{2}; \varphi = \pm\frac{\pi}{4}$$

▪ Tìm R để mạch tiêu thụ công suất P: $\boxed{P.R^2 - U^2.R + P.(Z_L - Z_C)^2 = 0}$

⇒ Khi $P < P_{max}$ thì có 2 nghiệm R_1, R_2 thỏa mãn hệ thức Vi-ét:

$$\boxed{R_1.R_2 = (Z_L - Z_C)^2};\ \boxed{P(R_1 + R_2) = U^2};\ \boxed{\varphi_1 + \varphi_2 = \frac{\pi}{2}} \Rightarrow \boxed{\tan\varphi_1.\tan\varphi_2 = 1}$$

▪ Khi $R = R_1$ hoặc $R = R_2$ thì $P_1 = P_2$ (công suất không đổi), khi $R = R_0$ thì P_{max}. Ta có: $\boxed{R_1.R_2 = R_0^2}$

$$\Rightarrow \boxed{P_{max} = \frac{U^2}{2R_0} = \frac{U^2}{2\sqrt{R_1R_2}}}$$

③. Mạch RLC nối tiếp, cuộn dây không thuần cảm, R là biến trở (giá trị từ 0 đến ∞)

- Tìm R để công suất tiêu thụ trên cuộn dây cực đại: $\boxed{R = 0}$; $\boxed{P_{cd}^{max} = \dfrac{U^2.r}{\sqrt{r^2 + (Z_L - Z_C)^2}}}$
- Tìm R để công suất tiêu thụ trên biến trở cực đại: $\boxed{R = \sqrt{r^2 + (Z_L - Z_C)^2}}$; $\boxed{P_R^{max} = \dfrac{U^2}{2(R+r)}}$
- Tìm R để công suất tiêu thụ trên cả đoạn mạch cực đại:

$$\boxed{R = |Z_L - Z_C| - r};\ \boxed{P_{max} = \frac{U^2}{2(R+r)} = \frac{U^2}{2|Z_L - Z_C|}}\ (\text{với } |Z_L - Z_C| > r)$$

- Khi $R = R_1$ hoặc $R = R_2$ thì $P_1 = P_2$. Tìm R để P_{max}: $\boxed{R = \sqrt{(R_1 + r).(R_2 + r)} - r}$

④. Cho mạch RLC nối tiếp, cuộn dây thuần cảm: Khi $R = R_1$ hoặc $R = R_2$ thì mạch tiêu thụ cùng công suất P ($P_1 = P_2$). Tính hệ số công suất ứng với R_1, R_2:

$$\boxed{\cos\varphi_1 = \sqrt{\frac{R_1}{R_1 + R_2}}};\ \boxed{\cos\varphi_2 = \sqrt{\frac{R_2}{R_1 + R_2}}}$$

CHỦ ĐỀ 3. MẠCH RLC NỐI TIẾP CÓ R, L, C, TẦN SỐ THAY ĐỔI

1. Mạch RLC nối tiếp chỉ có L thay đổi

⑪. Tìm $L = L_0$ để I_{max}, P_{max}, U_{Rmax}, U_{Cmax}, U_{LCmin}, $[\cos\varphi]_{max}$

- Mạch xảy ra cộng hưởng: $\boxed{L_0 = \dfrac{1}{\omega^2 C}}$
- Khi đó: $I_{max} = \dfrac{U}{R};\ P_{max} = \dfrac{U^2}{R};\ U_R^{max} = U;\ U_C^{max} = \dfrac{Z_C}{R}U;\ U_{LC}^{min} = 0;\ (\cos\varphi)_{max} = 1$

⑫. Tìm L để U_{RC}^{max}: $\boxed{L = \dfrac{1}{\omega^2 C}}$; $\boxed{U_{RC}^{max} = \dfrac{U}{R}\sqrt{R^2 + Z_C^2}}$

⑬. Cho $L = L_1$ hoặc $L = L_2$ thì $I_1 = I_2$; $P_1 = P_2$; $U_{R1} = U_{R2}$; $U_{C1} = U_{C2}$; $\cos\varphi_1 = \cos\varphi_2$

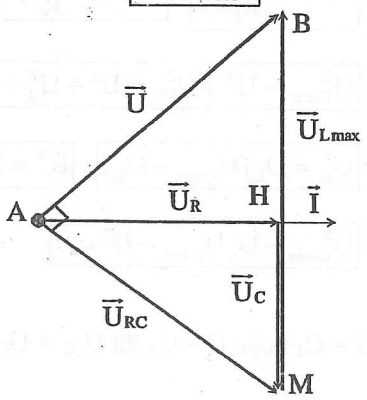
- Tìm C: $\boxed{Z_C = \dfrac{Z_{L1} + Z_{L2}}{2}} \Rightarrow$ C.
- Tìm $L = L_0$ để I_{max}, P_{max}, U_{Rmax}, U_{Cmax}, $(\cos\varphi)_{max}$: $\boxed{L_0 = \dfrac{L_1 + L_2}{2}}$

⑭. Tìm L để U_{RC} không đổi với mọi giá trị của biến trở R: $\boxed{Z_L = 2Z_C} \Rightarrow \boxed{L = \dfrac{2}{C.\omega^2}}$; $\boxed{U_{RC} = U}$

⑮. Tìm L để U_{RL} không đổi với mọi giá trị của biến trở R: $\boxed{Z_C = 2Z_L} \Rightarrow \boxed{L = \dfrac{1}{2C.\omega^2}}$; $\boxed{U_{RL} = U}$

⑯. Điều chỉnh L thay đổi để U_{Lmax}

- $\vec{U} \perp \vec{U}_{RC} \Rightarrow u_{AB}$ sớm pha hơn u_{RC} góc $\dfrac{\pi}{2}$.
- $\boxed{\dfrac{u^2}{U_o^2} + \dfrac{u_{RC}^2}{U_{0RC}^2} = 1}$
- $\boxed{Z_L = \dfrac{R^2 + Z_C^2}{Z_C}}$; $\boxed{U_{Lmax} = \dfrac{U}{R}\sqrt{R^2 + Z_C^2}}$
- $\boxed{U_{Lmax}^2 = U^2 + U_{RC}^2 = U^2 + U_R^2 + U_C^2}$



- $\boxed{U_R^2 = U_C(U_{Lmax} - U_C)}$; $\boxed{R^2 = Z_C(Z_L - Z_C)}$
- $\boxed{U_{Lmax}^2 - U_C U_{Lmax} - U^2 = 0}$

❼. Khi $L = L_1$ hoặc $L = L_2$ thì $U_{L1} = U_{L2}$. Tìm L để U_{Lmax}? $\dfrac{1}{Z_L} = \dfrac{1}{2}\left(\dfrac{1}{Z_{L1}} + \dfrac{1}{Z_{L2}}\right) \Rightarrow \boxed{L = \dfrac{2L_1L_2}{L_1 + L_2}}$

❽. Tìm L để U_{RL} đạt cực đại:

$\boxed{Z_L^2 - Z_C.Z_L - R^2 = 0} \Rightarrow \boxed{Z_L = \dfrac{Z_C + \sqrt{4R^2 + Z_C^2}}{2}}$; $\boxed{U_{RL}^{max} = \dfrac{2R.U}{\sqrt{4R^2 + Z_C^2} - Z_C}}$

2. Mạch RLC nối tiếp chỉ có C thay đổi

❶. Tìm $C = C_0$ để I_{max}, P_{max}, U_{Rmax}, U_{Lmax}, U_{LCmin}, $[\cos\varphi]_{max}$

- Mạch xảy ra cộng hưởng: $\boxed{C_0 = \dfrac{1}{L.\omega^2}}$
- Khi đó: $I_{max} = \dfrac{U}{R}; P_{max} = \dfrac{U^2}{R}; U_R^{max} = U; U_L^{max} = \dfrac{Z_L}{R}U; U_{LC}^{min} = 0; (\cos\varphi)_{max} = 1$

❷. Tìm C để U_{RL}^{max}: $\boxed{C = \dfrac{1}{L.\omega^2}}$; $\boxed{U_{RL}^{max} = \dfrac{U}{R}\sqrt{R^2 + Z_L^2}}$

❸. Cho $C = C_1$ hoặc $C = C_2$ thì $I_1 = I_2$; $P_1 = P_2$; $U_{R1} = U_{R2}$; $U_{L1} = U_{L2}$; $\cos\varphi_1 = \cos\varphi_2$

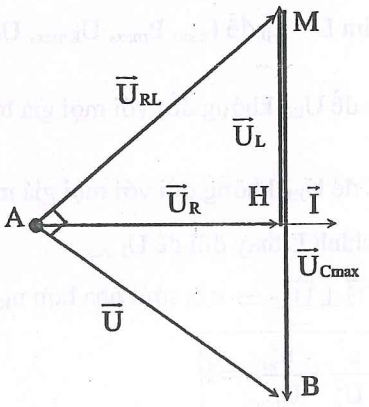
- Tìm L: $\boxed{Z_L = \dfrac{Z_{C1} + Z_{C2}}{2}} \Rightarrow$ L.
- Tìm $C = C_0$ để I_{max}, P_{max}, U_{Rmax}, U_{Cmax}, $(\cos\varphi)_{max}$: $\boxed{C_0 = \dfrac{2C_1C_2}{C_1 + C_2}}$

❹. Tìm C để U_{RC} không đổi với mọi giá trị của biến trở R: $\boxed{Z_L = 2Z_C} \Rightarrow \boxed{C = \dfrac{2}{L.\omega^2}}$; $\boxed{U_{RC} = U}$

❺. Tìm C để U_{RL} không đổi với mọi giá trị của biến trở R: $\boxed{Z_C = 2Z_L} \Rightarrow \boxed{C = \dfrac{1}{2L.\omega^2}}$; $\boxed{U_{RL} = U}$

❻. Điều chỉnh C thay đổi để U_{Cmax}

- $\boxed{\vec{U} \perp \vec{U}_{RL}} \Rightarrow u_{RL}$ sớm pha hơn u_{AB} góc $\dfrac{\pi}{2}$.
- $\boxed{\dfrac{u^2}{U_o^2} + \dfrac{u_{RL}^2}{U_{0RL}^2} = 1}$
- $\boxed{Z_C = \dfrac{R^2 + Z_L^2}{Z_L}}$; $\boxed{U_{Cmax} = \dfrac{U}{R}\sqrt{R^2 + Z_L^2}}$
- $\boxed{U_{Cmax}^2 = U^2 + U_{RL}^2 = U^2 + U_R^2 + U_L^2}$
- $\boxed{U_R^2 = U_L(U_{Cmax} - U_L)}$; $\boxed{R^2 = Z_L(Z_C - Z_L)}$
- $\boxed{U_{Cmax}^2 - U_L U_{Cmax} - U^2 = 0}$



❼. Khi $C = C_1$ hoặc $C = C_2$ thì $U_{C1} = U_{C2}$. Tìm C để U_{Cmax}: $\dfrac{1}{Z_C} = \dfrac{1}{2}\left(\dfrac{1}{Z_{C1}} + \dfrac{1}{Z_{C2}}\right) \Rightarrow \boxed{C = \dfrac{C_1 + C_2}{2}}$

⑧. Tìm C để U_{RC} đạt cực đại:

$$\boxed{Z_C^2 - Z_L.Z_C - R^2 = 0} \Rightarrow Z_C = \frac{Z_L + \sqrt{4R^2 + Z_L^2}}{2}\ ;\ \boxed{U_{RC}^{max} = \frac{2R.U}{\sqrt{4R^2 + Z_L^2} - Z_L}}$$

⑨. Mạch AB gồm AM (là R) nối tiếp MB (là cuộn dây không thuần cảm và tụ C biến đổi):
Tìm C để U_{MBmin}

Cộng hưởng: $\boxed{Z_C = Z_L}$; $\boxed{U_{MB}^{min} = \frac{U.r}{R + r}}$

3. Mạch RLC nối tiếp chỉ có tần số thay đổi

⑩. Khi $\omega = \omega_1$ hoặc $\omega = \omega_2$ thì $I_1 = I_2$, $P_1 = P_2$, $U_{R1} = U_{R2}$, $\cos\varphi_1 = \cos\varphi_2$. Khi $\omega = \omega_0$ thì I_{max}, P_{max}, U_{Rmax}, $[\cos\varphi]_{max}$

$$\boxed{\omega_1.\omega_2 = \omega_0^2 = \frac{1}{LC}}\ ;\ \boxed{f_1.f_2 = f_0^2}$$

⑫. Tìm ω để U_{RL} không đổi với mọi giá trị của biến trở R:

$$Z_C = 2Z_L \Rightarrow \boxed{\omega = \frac{1}{\sqrt{2LC}} = \frac{\omega_{CH}}{\sqrt{2}}};\ \boxed{U_{RL} = U}$$

⑬. Tìm ω để U_{RC} không đổi với mọi giá trị của biến trở R:

$$Z_L = 2Z_C \Rightarrow \boxed{\omega = \sqrt{\frac{2}{LC}} = \sqrt{2}.\omega_{CH}};\ \boxed{U_{RC} = U}$$

⑭. Cho mạch ($R_1L_1C_1$ nối tiếp) có tần số góc cộng hưởng là ω_1, cho mạch ($R_2L_2C_2$ nối tiếp) có tần số góc cộng hưởng là ω_2. Mắc nối tiếp hai đoạn mạch ($R_1L_1C_1$) với ($R_2L_2C_2$), hỏi tần số góc cộng hưởng là bao nhiêu ?

$$\boxed{\omega = \sqrt{\frac{L_1\omega_1^2 + L_2\omega_2^2}{L_1 + L_2}}}$$; **Đặc biệt:** Nếu $\omega_1 = \omega_2 \Rightarrow \boxed{\omega = \omega_1 = \omega_2}$ hay $\boxed{f = f_1 = f_2}$

⑮. Tìm $\omega = \omega_R$ để U_{Rmax}: $\boxed{\omega_R = \frac{1}{\sqrt{LC}}}$; $\boxed{U_{Rmax} = U}$

⑯. Tìm $\omega = \omega_C$ để U_{Cmax}: $\boxed{\omega_C = \frac{1}{L}\sqrt{\frac{2L}{C} - R^2} = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{2L^2}}}$ $(2L > CR^2)$; $\boxed{U_{Cmax} = \frac{2L.U}{R\sqrt{4LC - R^2C^2}}}$

⑰. Tìm $\omega = \omega_L$ để U_{Lmax}: $\boxed{\omega_L = \frac{1}{C}\sqrt{\frac{2}{\frac{2L}{C} - R^2}} = \sqrt{\frac{2}{2LC - R^2C^2}}}$ $(\frac{2L}{C} > R^2)$;

$$\boxed{U_{Lmax} = \frac{2L.U}{R\sqrt{4LC - R^2C^2}}}$$

⑱. Khi $\omega = \omega_R$ để U_{Rmax}; khi $\omega = \omega_C$ để U_{Cmax}; khi $\omega = \omega_L$ để U_{Lmax}. Ta có: $\boxed{\omega_L.\omega_C = \omega_R^2}$

⑲. Khi $\omega = \omega_1$ hoặc $\omega = \omega_2$ thì $U_{C1} = U_{C2}$. Tìm ω để U_{Cmax}?

$$\boxed{\omega = \sqrt{\frac{\omega_1^2 + \omega_2^2}{2}}};\ \boxed{f = \sqrt{\frac{f_1^2 + f_2^2}{2}}}$$

⑩. Khi $\omega=\omega_1$ hoặc $\omega=\omega_2$ thì $U_{L1}=U_{L2}$. Tìm ω để U_{Lmax}?

$$\boxed{\frac{1}{\omega^2}=\frac{1}{2}\left(\frac{1}{\omega_1^2}+\frac{1}{\omega_2^2}\right)};\ \boxed{\omega=\sqrt{\frac{2\omega_1^2.\omega_2^2}{\omega_1^2+\omega_2^2}}}$$

CHỦ ĐỀ 4. ĐỘ LỆCH PHA. BÀI TOÁN HỘP ĐEN

❶. Độ lệch pha

①. Mạch điện chỉ có một phần tử:

- Mạch chỉ có R: $\varphi=\varphi_{u_R}-\varphi_i=0$
- Mạch chỉ có L: $\varphi=\varphi_{u_L}-\varphi_i=\frac{\pi}{2}$
- Mạch chỉ có C: $\varphi=\varphi_{u_C}-\varphi_i=-\frac{\pi}{2}$

②. Mạch có hai phần tử mắc nối tiếp:

- Mạch gồm R nối tiếp L: $\tan\varphi=\frac{Z_L}{R}=\frac{U_L}{U_R}\ (\varphi>0)\Rightarrow$ Mạch có tính cảm kháng.
- Mạch gồm R nối tiếp C: $\tan\varphi=-\frac{Z_C}{R}=-\frac{U_C}{U_R}\ (\varphi<0)\Rightarrow$ Mạch có tính dung kháng.
- Mạch gồm L nối tiếp C: $\tan\varphi=\frac{Z_L-Z_C}{0}=\pm\infty\Rightarrow\varphi=\pm\frac{\pi}{2}$

③. Mạch RLC nối tiếp, cuộn dây thuần cảm:

$$\varphi=\varphi_{u/i}=\varphi_u-\varphi_i\ ;\ \tan\varphi=\frac{Z_L-Z_C}{R}=\frac{U_L-U_C}{U_R};\ -\frac{\pi}{2}\le\varphi\le\frac{\pi}{2}$$

④. Mạch RLC nối tiếp, cuộn dây không thuần cảm:

$$\tan\varphi=\frac{Z_L-Z_C}{R+r}=\frac{U_L-U_C}{U_R+U_r}\ ;\ \cos\varphi=\frac{1}{\sqrt{1+\tan^2\varphi}}$$

❷. Cho đoạn mạch AB gồm hai đoạn mạch AM (gồm $R_1L_1C_1$) và MB (gồm $R_2L_2C_2$) nối tiếp.

Cho $u_{AM}=u_1=U_{0AM}\cos(\omega t+\varphi_1)$; $u_{MB}=u_2=U_{0MB}\cos(\omega t+\varphi_2)$; với φ_1,φ_2 lần lượt là độ lệch pha của u_{AM}, u_{MB} so với dòng điện trong mạch i.

①. Trường hợp 1: u_{AM} và u_{MB} cùng pha nhau.

- $\boxed{\varphi_1=\varphi_2\Rightarrow\tan\varphi_1=\tan\varphi_2}$
- $\boxed{U_{AB}=U_{AM}+U_{MB}}$; $\boxed{Z_{AB}=Z_{AM}+Z_{MB}}$
- Mạch điện gồm AM (R_1,L_1 nt) nối tiếp MB (R_2,L_2 nt): $\boxed{\frac{L_1}{R_1}=\frac{L_2}{R_2}}$
- Mạch điện gồm AM (R_1,C_1 nt) nối tiếp MB (R_2,C_2 nt): $\boxed{C_1R_1=C_2R_2}$

②. Trường hợp 2: u_{AM} và u_{MB} vuông pha nhau.

- $\varphi_2-\varphi_1=\pm\frac{\pi}{2}\Rightarrow\boxed{\tan\varphi_1.\tan\varphi_2=-1}$
- $\boxed{U_{AB}^2=U_{AM}^2+U_{MB}^2}$; $\boxed{Z_{AB}^2=Z_{AM}^2+Z_{MB}^2}$

③. Trường hợp 3: φ_1, φ_2 phụ nhau $(\varphi_1.\varphi_2>0)\Rightarrow\varphi_1+\varphi_2=\pm\frac{\pi}{2}$

$\Rightarrow\boxed{\tan\varphi_1.\tan\varphi_2=1}$; $\boxed{\sin\varphi_1=\cos\varphi_2}$

④. **Trường hợp 4:** Tổng quát.

$$\Delta\varphi_{u_1/u_2} = \Delta\varphi_{12} = \varphi_1 - \varphi_2 \Rightarrow \boxed{\tan\Delta\varphi = \tan(\varphi_1 - \varphi_2) = \frac{\tan\varphi_1 - \tan\varphi_2}{1 + \tan\varphi_1.\tan\varphi_2}}$$

⑤. Khi $C = C_1$ và $C = C_2$ (giả sử $C_1 > C_2$) thì i_1 và i_2 lệch pha nhau $\Delta\varphi$.

Gọi φ_1 và φ_2 là độ lệch pha của u_{AB} so với i_1 và i_2 thì có $\varphi_1 > \varphi_2 \Rightarrow \varphi_1 - \varphi_2 = \Delta\varphi$

Nếu $I_1 = I_2$ thì $\boxed{\varphi_1 = -\varphi_2 = \frac{\Delta\varphi}{2}}$

Nếu $I_1 \neq I_2$ thì tính $\boxed{\tan\Delta\varphi = \frac{\tan\varphi_1 - \tan\varphi_2}{1 + \tan\varphi_1.\tan\varphi_2}}$

⌦ **Chú ý:** Mạch có L thay đổi, ta làm tương tự trên.

CHỦ ĐỀ 5. CÁC LOẠI MÁY ĐIỆN

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

1. Máy phát điện xoay chiều một pha (Máy dao điện một pha)

a) Nguyên tắc hoạt động: dựa trên hiện tượng cảm ứng điện từ.

b) Cấu tạo: gồm hai phần chính là phần cảm và phần ứng

- Phần cảm: tạo ra từ trường (Nam châm điện hoặc nam châm vĩnh cửu)
- Phần ứng: là phần tạo ra suất điện động và tạo ra dòng điện.
- Phần cảm, phần ứng có thể đứng yên hoặc chuyển động:
  + bộ phận đứng yên gọi là Stato
  + bộ phận chuyển động gọi là rôto
- Ngoài ra còn sử dụng bộ góp điện (vành khuyên và chổi quét) để lấy điện ra

c) Tần số dòng điện xoay chiều do máy dao điện phát ra là:

$$\boxed{f = \frac{np}{60}}$$

Trong đó: n là tốc độ quay của rôto (vòng/phút); p là số cặp cực (Bắc – Nam)

⌦ **Chú ý:** Nếu cho n là số vòng/giây thì dùng công thức:

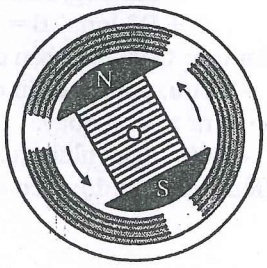
$$\boxed{f = np}$$

2. Máy phát điện xoay chiều ba pha (Máy dao điện ba pha)

Máy phát điện xoay chiều ba pha tạo ra dòng điện xoay chiều ba pha

a) Dòng điện xoay chiều 3 pha:

* *Định nghĩa:* Dòng điện xoay chiều ba pha là hệ thống ba dòng điện xoay chiều, gây ra bởi ba suất điện động xoay chiều có cùng tần số, cùng biên độ nhưng lệch pha nhau từng đôi một là $\frac{2\pi}{3}$.



- Biểu thức của các suất điện động cảm ứng:

$$\boxed{\begin{aligned} e_1 &= E_0\cos\omega t \\ e_2 &= E_0\cos\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right) \\ e_3 &= E_0\cos\left(\omega t + \frac{2\pi}{3}\right) \end{aligned}}$$

- Hệ thống dòng điện xoay chiều ba pha tương ứng: Nếu tải mắc đối xứng

$$i_1 = I_0\cos\omega t; i_2 = I_0\cos\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right); i_3 = I_0\cos\left(\omega t + \frac{2\pi}{3}\right)$$

b) Cấu tạo: tương tự máy phát điện xoay chiều một pha

- Phần cảm (Rôto): là nam châm điện

- Phần ứng (Stato): gồm ba cuộn dây giống nhau nhưng đặt lệch nhau 120^0 trên một vòng tròn.

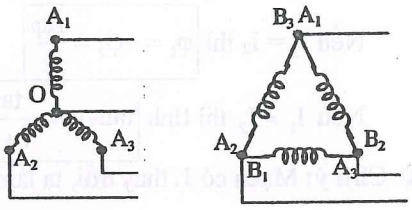
c) Nguyên tắc hoạt động: dựa trên hiện tượng cảm ứng điện từ.

d) Cách mắc dây với dòng điện xoay chiều ba pha:

Gọi: - U_p là điện áp pha: là điện áp giữa 1 dây pha và 1 dây trung hoà

- U_d là điện áp dây: là điện áp giữa hai dây pha với nhau.

- Xét trường hợp tải mắc đối xứng (tức là các tải giống nhau)



*** Cách mắc hình sao:**

- Máy phát mắc hình sao: $\boxed{U_d = \sqrt{3}U_p}$

- Tải mắc hình sao: $I_d = I_p$

- Cách mắc hình sao: tải không nhất thiết phải mắc đối xứng.

- Nếu tải đối xứng thì cường độ dòng điện dây trung hoà bằng 0:

$$i_{TH} = i_1 + i_2 + i_3 = 0$$

*** Cách mắc hình tam giác:**

- Máy phát mắc hình tam giác: $\boxed{U_d = U_p}$

- Tải mắc hình tam giác: $I_d = \sqrt{3}I_p$

- Cách mắc hình tam giác: tải phải mắc đối xứng.

e) Ưu điểm của dòng điện xoay chiều 3 pha so với dòng điện xoay chiều 1 pha:

- Tuỳ vào cách đấu dây: tiết kiệm được dây dẫn

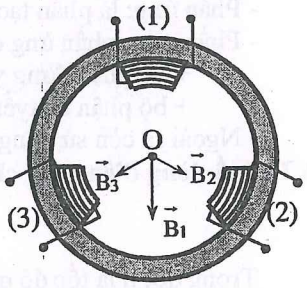
- Tạo ra được từ trường quay dễ dàng.

3. Động cơ không đồng bộ ba pha

a) Nguyên tắc hoạt động: Biến điện năng thành cơ năng dựa trên hiện tượng cảm ứng điện từ và có sử dụng từ trường quay.

b) Cách tạo ra từ trường quay bằng dòng điện xoay chiều ba pha:

- Cho dòng điện xoay chiều 3 pha vào ba cuộn dây giống nhau, đặt lệch nhau 120^0 trên một vòng tròn.



- Cảm ứng từ do dòng điện xoay chiều ba pha tao ra là

$$\boxed{B_1 = B_0 \cos\omega t; B_2 = B_0 \cos\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right); B_3 = B_0 \cos\left(\omega t + \frac{2\pi}{3}\right)}$$

- Bên trong 3 cuộn dây (tại O) sẽ có một từ trường quay có độ lớn không đổi.

- Vectơ cảm ứng từ tổng hợp $\vec{B}$: $\vec{B} = \vec{B_1} + \vec{B_2} + \vec{B_3}$

+ Gốc: tại tâm O

+ Phương, chiều: thay đổi liên tục

+ Độ lớn: $B = 1{,}5B_0$

c) Cấu tạo: Gồm hai phần chính

- **Stato:** gồm 3 cuộn dây giống nhau quấn trên lõi sắt, đặt lệch nhau 120^0 trên một vòng tròn để tạo ra từ trường quay.

- **Rôto:** dạng hình trụ, có tác dụng giống như cuộn dây quấn trên lõi thép (rôto lồng sóc)

d) Hiệu suất của động cơ điện:

$$\boxed{H = \frac{P_i}{P}}$$

Trong đó: $P_i = P_{cơ}$ là công suất cơ (có ích), P là công suất toàn phần.

Công suất tiêu thụ của động cơ: $P = P_{hp} + P_{cơ}$; $P_{hp} = I^2R$

Công cơ học: $A_{cơ} = P_{cơ}.t$

1 KWh = $1000.3600 = 3{,}6.10^6$ (J).

e) Ưu điểm của động cơ không đồng bộ ba pha:

- Cấu tạo đơn giản, dễ chế tạo,...

- Sử dụng tiện lợi vì không cần dùng: bộ góp điện
- Có thể đổi chiều quay động cơ dễ dàng: thay đổi 2 trong 3 dây pha đưa vào động cơ.
- Có công hiệu suất lớn hơn động cơ một chiều, xoay chiều một pha.

Chú ý:

- Tần số quay của từ trường ($\vec{B}$) bằng tần số của dòng điện xoay chiều > tần số quay của rôto.
- Gọi ω_0 là tốc độ góc của từ trường quay, ω là tốc độ góc của rôto: $\omega < \omega_0$

4. Máy biến áp. Sự truyền tải điện năng đi xa

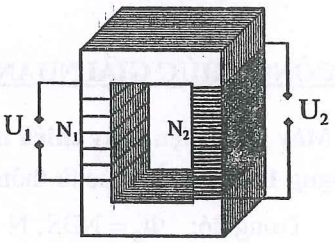
4.1. Máy biến thế (Máy biến áp)

a) Định nghĩa: Máy biến áp là thiết bị dùng để biến đổi điện áp của dòng điện xoay chiều mà không làm thay đổi tần số của nó.

Chú ý: Không sử dụng MBA cho dòng điện không đổi.

b) Cấu tạo: Gồm hai bộ phận chính

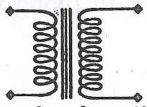
- Lõi thép (sắt): Làm từ nhiều lá thép mỏng (kĩ thuật điện: tôn silíc,..) ghép sát cách điện với nhau để giảm hao phí dòng điện Phucô gây ra.
- Cuộn dây: gồm hai cuộn sơ cấp và thứ cấp được làm bằng đồng quấn trên lõi thép.



+ *Cuộn dây sơ cấp*: là cuộn được nối với nguồn điện xoay chiều, gồm N_1 vòng dây.

+ *Cuộn dây thứ cấp*: là cuộn được nối với tải tiêu thụ, gồm N_2 vòng dây.

- Kí hiệu máy biến áp (MBA):

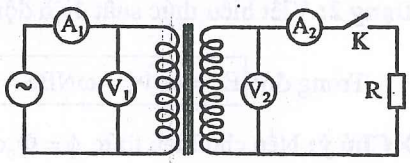


c) Nguyên tắc hoạt động: dựa trên hiện tượng cảm ứng điện từ.

d) Sự biến đổi điện áp và cường độ dòng điện qua máy biến áp:

***Chế độ không tải (khoá K mở):** Nếu bỏ qua điện trở các dây quấn thì $U_1 = E_1$; $U_2 = E_2$

$$\boxed{\frac{E_1}{E_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}}$$



- Nếu : $N_2 > N_1 \rightarrow U_2 > U_1$: **Máy tăng áp**
- Nếu : $N_2 < N_1 \rightarrow U_2 < U_1$: **Máy hạ áp**

***Chế độ có tải (khoá K đóng):**

- Hiệu suất của máy biến áp: $\boxed{H = \frac{P_2}{P_1}}$

Trong đó: $P_1 = U_1 I_1 \cos\varphi_1$ là công suất đầu vào; $P_2 = U_2 I_2 \cos\varphi_2$ là công suất đầu ra.

- Mối quan hệ giữa cường độ dòng điện và điện áp:

* Nếu bỏ qua mọi hao phí trong máy biến áp, coi máy biến áp là lí tưởng, ta có: $H = 1$

Người ta chứng minh được rằng: $\cos\varphi_1 = \cos\varphi_2$. Ta có:

$$\boxed{\frac{I_1}{I_2} = \frac{U_2}{U_1}}$$

Nhận xét: Qua máy biến áp lí tưởng, điện áp tăng bao nhiêu lần thì cường độ dòng điện giảm đi bấy nhiêu lần và ngược lại.

e) Ứng dụng: Truyền tải điện năng, nấu chảy kim loại, hàn điện,....

4.2. Truyền tải điện năng đi xa

Gọi: P là công suất tại nhà máy cần truyền đi; U là điện áp hiệu dụng ở nơi phát.

a) Công suất hao phí trên đường dây tải điện (Do hiệu ứng Jun – Lenxơ)

- Công suất hao phí: $\boxed{\Delta P = I^2 R = \frac{P^2 R}{U^2 \cos^2\varphi}}$

- R là điện trên đường dây: $R = \rho\frac{\ell}{S}$ (dẫn điện bằng 2 dây, ℓ : tổng chiều dài của 2 dây)

*Nhận xét: Trong thực tế cần giảm công suất hao phí, người ta thường dùng biện pháp tăng điện áp U bằng cách sử dụng máy tăng áp.

- Biện pháp giảm điện trở R không khả thi nên không dùng.
- Để giảm công suất hao phí n lần thì phải tăng U lên $\sqrt{n}$ lần (với P = const)

b) Độ giảm điện áp trên đường dây: $\boxed{\Delta U = U - U' = I.R}$

Với U' là điện áp hiệu dụng ở nơi tiêu thụ

c) Hiệu suất truyền tải điện năng:

*Theo công suất: $\boxed{H = \frac{P'}{P} = \frac{P - \Delta P}{P} = 1 - \frac{\Delta P}{P} = 1 - \frac{P.R}{U^2.\cos^2\varphi}}$

*Theo điện áp: $\boxed{H = \frac{U'}{U} = \frac{U - \Delta U}{U} = 1 - \frac{\Delta U}{U} = 1 - \frac{I.R}{U}}$

II. CÔNG THỨC GIẢI NHANH

❶. Máy phát điện xoay chiều một pha

▪ **Dạng 1:** Viết biểu thức từ thông $\boxed{\phi = \Phi_0\cos(\omega t + \varphi_\phi)}$

Trong đó: $\Phi_0 = NBS$, N là số vòng dây, B là cảm ứng từ (T), S là diện tích (m^2).

$\boxed{\Phi_0 = \sqrt{\phi^2 + \frac{e^2}{\omega^2}}}$ (ϕ và e là từ thông và suất điện động tức thời ở cùng một thời điểm)

$\varphi_\phi = (\vec{n}, \vec{B})$ lúc $t = 0$.

⌦ **Lưu ý:** Cho biết tốc độ góc của roto là n (vòng/min = vòng/phút): $\boxed{\omega = \frac{n}{60}.2\pi(rad/s)}$

▪ **Dạng 2:** Viết biểu thức suất điện động $\boxed{e = E_0\cos(\omega t + \varphi_e)}$

Trong đó: $\boxed{E_0 = \omega.\Phi_0 = \omega NBS = E\sqrt{2}}$; $\boxed{\varphi_e = \varphi_\phi - \frac{\pi}{2}}$

⌦ **Chú ý:** Nếu cho biểu thức $\phi = \Phi_0\cos(\omega t + \varphi_\phi) \Rightarrow \boxed{e = -\phi'}$

▪ **Dạng 3:** Tính tốc độ quay của roto hoặc tần số của suất điện động

- Nếu tốc độ quay của roto n (vòng/min): $\boxed{f = \frac{n.p}{60}}$
- Nếu tốc độ quay của roto n (vòng/s): $\boxed{f = n.p}$; (với p là số cặp cực)

▪ **Dạng 4:** Tính số vòng dây của một cuộn dây

Cho phần ứng của máy phát gồm x cuộn dây giống nhau, mắc nối tiếp. Tính số vòng dây của một cuộn.

$$N = \frac{E_0}{BS.\omega} = \frac{E\sqrt{2}}{BS.\omega} \Rightarrow N_1 = \frac{N}{x} \Rightarrow \boxed{N_{1cuon} = \frac{E\sqrt{2}}{BS.\omega.x}}$$

⌦ **Chú ý:** Từ thông cực đại qua một vòng dây là (BS).

▪ **Dạng 5:** Mối quan hệ giữa cường độ dòng điện hiệu dụng và tốc độ quay của roto

Xét máy phát điện xoay chiều một pha, bỏ qua điện trở trong của các cuộn dây của máy phát. Khi roto quay đều với tốc độ n_1 (vòng/s) thì cường độ dòng điện hiệu dụng là I_1, khi roto quay đều với tốc độ n_2 (vòng/s) thì cường độ dòng điện hiệu dụng là I_2. Mạch ngoài là một hộp X nối với hai cực của máy phát.

Nhận xét: $\boxed{U = E \sim n}$; $\boxed{\omega \sim n} \Rightarrow \boxed{Z_L \sim n}$; $\boxed{Z_C \sim \frac{1}{n}}$

- Hộp X chỉ là điện trở thuần R: $\boxed{\frac{I_2}{I_1}=\frac{n_2}{n_1}}$

- Hộp X chỉ là cuộn cảm thuần L: $\boxed{I_2=I_1}$

- Hộp X chỉ là tụ điện C: $\boxed{\frac{I_2}{I_1}=\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2}$

- Hộp X gồm R và L mắc nối tiếp: $I_1=\frac{U_1}{\sqrt{R^2+Z_{L_1}^2}}$; $I_2=\frac{U_2}{\sqrt{R^2+Z_{L_2}^2}}$

- Hộp X gồm R và C mắc nối tiếp: $I_1=\frac{U_1}{\sqrt{R^2+Z_{C_1}^2}}$; $I_2=\frac{U_2}{\sqrt{R^2+Z_{C_2}^2}}$

②. Máy phát điện xoay chiều ba pha

Dạng 1: Tính công suất tiêu thụ của tải ba pha

Cho tải ba pha giống nhau (tải mắc đối xứng), công suất tiêu thụ trên mỗi pha là bằng nhau là P_1.

$$\boxed{P=3.P_1=3.U_{p(t)}.I.\cos\varphi=3.I^2R}$$

Cách xác định $U_{p(t)}$:

- Mạng (Δ) - Tải (Δ): $U_{p(t)}=U_{d(t)}=U_{p(m)}=U_{d(m)}$
- Mạng (Y) - Tải (Y): $U_{p(t)}=\frac{U_{d(t)}}{\sqrt{3}}=U_{p(m)}=\frac{U_{d(m)}}{\sqrt{3}}$
- Mạng (Δ) - Tải (Y): $U_{p(t)}=\frac{U_{d(t)}}{\sqrt{3}}=\frac{U_{p(m)}}{\sqrt{3}}=\frac{U_{d(m)}}{\sqrt{3}}$
- Mạng (Y) - Tải (Δ): $U_{p(t)}=U_{d(t)}=U_{d(m)}=\sqrt{3}.U_{P(m)}$

⌦ Nói chung chỉ cần nhớ $\boxed{U_{d(mang)}=U_{d(tai)}}$ là xong!

Dạng 2: Suất điện động xoay chiều tạo ta dòng điện xoay chiều:

$e_1=E_0\cos\omega t$; $e_2=E_0\cos\left(\omega t-\frac{2\pi}{3}\right)$ $e_3=E_0\cos\left(\omega t+\frac{2\pi}{3}\right)$. Cho e_1, tính e_2, e_3.

Dạng 3: Tính cường độ dòng điện chạy trong dây trung hòa

$$i_{th}=i_1+i_2+i_3 \Rightarrow \vec{I}_{TH}=\vec{I}_1+\vec{I}_2+\vec{I}_3$$

- Đặc biệt: nếu tải mắc đối xứng thì $i_{th}=0$

③. Động cơ không đồng bộ ba pha

- **Dạng 1:** Xác định tốc độ quay của roto động cơ: $\boxed{n=\frac{60.f}{p}}$

n: là tốc độ quay của từ trường, f là tần số dòng điện xoay chiều ba pha, p là số cặp cực (có 3 cuộn dây thì p = 1, có 6 cuộn dây thì p = 2, có 9 cuộn dây thì p = 3).

n_0 là tóc độ quay của roto động cơ không đồng bộ: $\boxed{n_0<n}$

- **Dạng 2:** Tính hiệu suất của động cơ: $\boxed{H=\frac{P_i}{P}}$

P_i là công suất cơ (công suất có ích), P là công suất tiêu thụ của động cơ.

⌦ **Chú ý:**

- Nếu động cơ 3 pha: $P_{hp}=3I^2R$
- Nếu động cơ điện 1 pha: $P=UI\cos\varphi=I^2R+P_i$ với $A_{cơ}=P_i.t$

④. Máy biến áp

- Tổng quát: $\boxed{\frac{e_1}{e_2}=\frac{E_1}{E_2}=\frac{N_1}{N_2}=k}$

▪ Hiệu suất: $\boxed{H=\frac{P_2}{P_1}=\frac{U_2I_2\cos\varphi_2}{U_1I_1\cos\varphi_1}}$

▪ Máy biến áp lí tưởng: $H=1 \Rightarrow U_1I_1=U_2I_2 \Rightarrow \boxed{\frac{U_2}{U_1}=\frac{I_1}{I_2}=\frac{N_2}{N_1}}$

Chú ý:

①. Cuộn sơ cấp:

▪ Nếu bỏ qua điện trở trong ($r_1=0$): $\boxed{U_1=E_1}$

▪ Nếu có điện trở trong khác không ($r_1\neq 0$): $\boxed{E_1=U_{L_1}} \Rightarrow \boxed{U_1^2=U_{r_1}^2+U_{L_1}^2} \Rightarrow \frac{r_1}{Z_{L_1}}=\frac{U_{r_1}}{U_{L_1}}$

②. Cuộn thứ cấp:

▪ Nếu bỏ qua điện trở trong ($r_2=0$): $\boxed{E_2=U_2}$

▪ Nếu có điện trở trong ($r_2\neq 0$): Mạch có tải thì $\boxed{E_2=U_{L_2}}$;

Mạch thứ cấp để hở (không tải): $\boxed{E_2=U_2}$

③. Nếu cuộn dây sơ cấp có điện trở r_1, cuộn thứ cấp có điện trở r_2, mắc điện trở thuần R vào hai đầu cuộn thứ cấp. Ta có: $u_1=e_1+i_1.r_1$; $e_2=u_2+i_2.r_2$; $u_2=i_2.R$.

$$\boxed{\frac{U_2}{U_1}=\frac{kR}{k^2(R+r_2)+r_1}} \text{ với } k=\frac{N_1}{N_2}$$

⑤. Truyền tải điện năng đi xa

Dạng 1: Tính công suất hao phí trên đường dây tải điện

▪ Cho P, R, U và φ: $\boxed{\Delta P=I^2.R=\frac{P^2.R}{(U.\cos\varphi)^2}}$

▪ Cho độ chênh lệch về số chỉ của hai đồng hồ công tơ điện ở trạm phát và nơi tiêu thụ sau khoảng thời gian Δt là ΔA: $\boxed{\Delta P=\frac{\Delta A}{\Delta t}}$

Dạng 2: Tính độ giảm điện áp trên đường dây $\boxed{\Delta U=U-U'=I.R}$

Dạng 3: Tính hiệu suất truyền tải điện năng đi xa

▪ Tính theo công suất: $H=\frac{P'}{P}=\frac{P-\Delta P}{P}=1-\frac{\Delta P}{P}=\frac{P'}{P'+\Delta P} \Rightarrow \boxed{H=1-\frac{P.R}{(U.\cos\varphi)^2}}$

▪ Tính theo điện áp: $H=\frac{U'}{U}=\frac{U-\Delta U}{U}=1-\frac{\Delta U}{U} \Rightarrow \boxed{H=1-\frac{I.R}{U}}$

Chú ý: $P=I^2.R+P' \Leftrightarrow UI\cos\varphi=I^2R+P'$

Dạng 4: Biết công suất hao phí không vượt quá x(%) công suất cần truyền đi

$\Rightarrow \Delta P\leq x(\%).P \Rightarrow \boxed{R\leq\frac{x(\%).U^2.(\cos\varphi)^2}{P}}$

Các yêu cầu thường gặp:

▪ Tính điện trở tối đa của đường dây: $\boxed{R_{max}=\frac{x(\%).U^2.(\cos\varphi)^2}{P}}$

▫ Tính tiết diện nhỏ nhất của dây: $\boxed{R = \rho.\frac{2\ell}{S} \Rightarrow S_{min} = \frac{2\rho\ell}{R_{max}}}$

▫ Tính đường kính nhỏ nhất của dây: $\boxed{S = \pi r^2 = \pi\frac{d^2}{4} \Rightarrow d_{min} = 2\sqrt{\frac{S_{min}}{\pi}}}$

Dạng 5: Để công suất hao phí giảm đi m lần thì cần tăng điện áp U ở trạm phát tăng bao nhiêu lần ?

▫ Cho biết công suất ở trạm phát không đổi P = const:

$$\boxed{\frac{U_2}{U_1} = \sqrt{\frac{\Delta P_1}{\Delta P_2}} = \sqrt{m}}$$

▫ Cho biết công suất ở nơi tiêu thụ không đổi P' = const:

$$\boxed{\frac{U_2}{U_1} = \frac{m+n}{(n+1)\sqrt{m}}}$$

Với: $m = \frac{\Delta P_1}{\Delta P_2}$, $n = \frac{\Delta U_1}{U_1}$ (Độ giảm điện áp lúc đầu bằng n lần điện áp nơi tiêu thụ)

Dạng 6: Mối quan hệ giữa U và H hoặc I và H.

Trường hợp 1: Nếu công suất truyền đi ở trạm phát không đổi (P = const)

• Mối quan hệ giữa U và H: $\boxed{\frac{U_2}{U_1} = \sqrt{\frac{1-H_1}{1-H_2}}}$

• Mối quan hệ giữa I và H: $\boxed{\frac{I_2}{I_1} = \sqrt{\frac{1-H_2}{1-H_1}}}$

Trường hợp 2: Nếu công suất ở nơi tiêu thụ không đổi (P' = const)

• Mối quan hệ giữa U và H: $\boxed{\frac{U_2}{U_1} = \sqrt{\frac{H_1(1-H_1)}{H_2(1-H_2)}}}$

• Mối quan hệ giữa I và H: $\boxed{\frac{I_2}{I_1} = \sqrt{\frac{H_1(1-H_2)}{H_2(1-H_1)}}}$

CHƯƠNG IV. DAO ĐỘNG VÀ SÓNG ĐIỆN TỪ

CHỦ ĐỀ 1. MẠCH DAO ĐỘNG LC. DAO ĐỘNG ĐIỆN TỪ

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

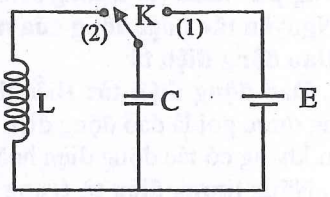
1. Định nghĩa: Mạch dao động là một mạch điện kín gồm một tụ điện có điện dung C mắc nối tiếp với một cuộn cảm có độ tự cảm L (còn gọi là khung dao động).

Chú ý:

- Nếu điện trở của mạch rất nhỏ, coi như bằng không, bỏ qua hao phí năng lượng → mạch dao động lí tưởng.
- Ban đầu tích điện cho tụ đến giá trị cực đại là q_0, điện áp cực đại là U_0, sau đó tụ phóng điện trong mạch và tạo ra dòng điện xoay chiều trong mạch.

2. Cách cung cấp năng lượng cho mạch dao động:

a) Cách 1: Cung cấp cho tụ điện

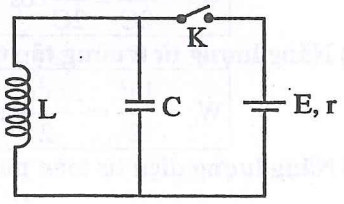


Ban đầu nối tụ điện với nguồn điện một chiều (Pin, Ác quy) đến khi điện tích trên tụ đạt cực đại là q_0, hiệu điện thế cực đại là U_0 thì chuyển khoá K sang (2) để tạo thành mạch dao động LC.

Năng lượng ban đầu tập trung trong tụ điện là

$$W_C = \frac{q_o^2}{2C} = \frac{1}{2}CU_o^2$$

b) Cách 2: Cung cấp cho cuộn cảm

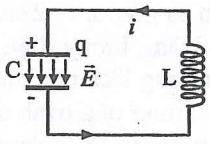


Ban đầu khoá K đóng, dòng điện trong mạch qua L và nguồn (không qua tụ) ổn định có cường độ là $I_1 = \frac{E}{r}$ thì ngắt khoá K. Như vậy khi đóng khoá K năng lượng đang tập trung trong cuộn cảm là $W_{IL} = \frac{1}{2}LI_1^2 = \frac{1}{2}L\left(\frac{E}{r}\right)^2$, đó chính là năng lượng của mạch dao động lúc sau.

3. Phương trình vi phân bậc hai của điện tích: $\boxed{q'' + \omega^2 q = 0}$ với $\boxed{\omega^2 = \frac{1}{LC}}$

4. Tần số góc riêng, chu kì và tần số dao động riêng của mạch LC

- Tần số góc riêng: $\boxed{\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}}$
- Chu kì dao động riêng: $\boxed{T_0 = 2\pi\sqrt{LC}}$ (Công thức Tôm-xơn)
- Tần số dao động riêng: $\boxed{f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}}$



5. Các biểu thức tức thời

①. Điện tích tức thời trên tụ điện: $\boxed{q = q_0\cos(\omega t + \varphi_q)}$

②. Điện áp tức thời giữa hai bản tụ điện: $u_C = \frac{q}{C} = \frac{q_0}{C}\cos(\omega t + \varphi_q) = U_0\cos(\omega t + \varphi_{u_C})$

$\Rightarrow \boxed{u_C = U_0\cos(\omega t + \varphi_{u_C})}$ với $\boxed{U_0 = \frac{q_0}{C}}$

③. Điện áp tức thời giữa hai đầu cuộn cảm:

$$u_L + u_C = 0 \Rightarrow u_L = -u_C = -U_0\cos(\omega t + \varphi_{u_C}) = U_0\cos(\omega t + \varphi_{u_C} + \pi)$$

$$\Rightarrow \boxed{u_L = U_0\cos(\omega t + \varphi_{u_L})} \text{ với } \boxed{\varphi_{u_L} = \varphi_{u_C} + \pi}$$

④. Cường độ dòng điện tức thời trong mạch: $i = q' = -\omega q_0\sin(\omega t + \varphi_q) = I_0\cos(\omega t + \varphi_q + \frac{\pi}{2})$

$$\Rightarrow \boxed{i = I_0\cos(\omega t + \varphi_i)} \text{ với } \boxed{I_0 = \omega.q_0}; \boxed{\varphi_i = \varphi_q + \frac{\pi}{2}}$$

⑤. Kết luận:

- Trong mạch dao động LC lí tưởng: i, q, u_L, u_C biến thiên điều hòa cùng tần số, khác pha.

$$\boxed{\varphi_q = \varphi_{u_C} = \varphi_i - \frac{\pi}{2} = \varphi_{u_L} - \pi}$$

- u_L và u_C biến thiên điều hòa cùng biên độ, cùng tần số, ngược pha nhau.
- Dòng điện i và từ trường B biến thiên cùng tần số và cùng pha.
- Điện tích q và điện trường E biến thiên cùng tần số và cùng pha.
- Trong mạch dao động LC: **điện trường** và **từ trường** biến thiên theo thời gian cùng tần số, **vuông pha** nhau (từ trường sớm pha hơn điện trường góc $\pi/2$).

6. Nguyên tắc hoạt động của mạch dao động: dựa trên hiện tượng **tự cảm**.

7. Dao động điện từ

7.1. Dao động điện từ: Biến thiên của điện trường và từ trường theo thời gian ở trong mạch dao động được gọi là dao động điện từ.

Nếu không có tác động điện hoặc từ với bên ngoài, thì dao động này gọi là dao động điện từ tự do.

7.2. Năng lượng điện từ trong mạch dao động:

a) Năng lượng điện trường tập trung ở tụ điện:

$$\boxed{W_C = \frac{q^2}{2C} = \frac{q_0^2}{2C}\cos^2(\omega t + \varphi)}$$

b) Năng lượng từ trường tập trung ở cuộn cảm:

$$\boxed{W_L = \frac{Li^2}{2} = \frac{L\omega^2 q_0^2}{2}\sin^2(\omega t + \varphi) = \frac{q_0^2}{2C}\sin^2(\omega t + \varphi)}$$

c) Năng lượng điện từ toàn phần của mạch dao động LC:

$$W = W_L + W_C = \frac{1}{2}Li^2 + \frac{1}{2}\frac{q^2}{C} = \frac{1}{2}Li^2 + \frac{1}{2}Cu^2 = \frac{1}{2}Li^2 + \frac{1}{2}qu_C$$

$$\boxed{W = \frac{q_0^2}{2C} = \frac{CU_0^2}{2} = \frac{q_0U_0}{2} = \frac{LI_0^2}{2} = \text{const}}$$

d) Kết luận:

- Mạch dao động thực hiện dao động điện từ tự do với tần số f, chu kì T, tần số góc ω thì năng lượng điện trường và năng lượng từ trường biến thiên tuần hoàn với tần số f' = 2f, chu kì T' = T/2, tần số góc $\omega' = 2\omega$.
- Năng lượng điện trường và năng lượng từ trường biến thiên tuần hoàn cùng biên độ, cùng tần số nhưng lệch pha nhau góc π (hay ngược pha nhau).
- Trong qúa trình dao động điện từ tự do có sự biến đổi qua lại giữa năng lượng điện trường và năng lượng từ trường, mỗi khi năng lượng điện trường giảm thì năng lượng từ trường tăng và ngược lại nhưng tổng của chúng tức là năng lượng điện từ trường được bảo toàn, không đổi theo thời gian.
- Khoảng thời gian ngắn nhất giữa hai lần mà $W_L = W_C = W/2$ là T/4.
- Khoảng thời gian ngắn nhất giữa hai lần $W_L = 3W_C$ hoặc $W_C = 3W_L$ là T/6.

e) Đồ thị dao động:

- Đồ thị của W_L, W_C theo thời gian là hình sin, W theo thời gian là đường thẳng.
- Đồ thị của W_L, W_C theo điện tích q là cung parabol; W theo q là đoạn thẳng.

- Biên độ của năng lượng điện trường và năng lượng từ trường là $\frac{W}{2}=\frac{q_o^2}{4C}=\frac{LI_o^2}{4}$.

7.3. Dao động điện từ tắt dần

Vì trong mạch dao động luôn có điện trở R → năng lượng dao động giảm dần → biên đô q_0, U_0, I_0 giảm dần theo thời gian → gọi là ***dao động điện từ tắt dần.***

Đặc điểm: nếu điện trở R càng lớn thì dao động điện từ tắt dần cành nhanh và ngược lại.

7.4. Dao động điện từ duy trì. Hệ tự dao động

Muốn duy trì dao động → ta phải bù đủ và đúng phần năng lượng bị tiêu hao trong mỗi chu kì.

Để làm việc này người ta dung tranzito để điều khiển việc bù năng lượng cho phù hợp

Mạch dao động điều hoà có sử dụng tranzito → tạo thành hệ tự dao động

7.5. Dao động điện từ cưỡng bức. Sự cộng hưởng

a) Dao động điện từ cưỡng bức: Mắc mạch dao động LC vó tần số góc riêng ω_0 nối tiếp với một nguồn điện ngoài, là nguồn điện xoay chiều có điện áp $u=U_0\cos\omega t$. Lúc này, dòng điện trong mạch LC biến thiên theo tần số góc ω của nguồn điện xoay chiều chứa không thể dao động theo tần số riêng ω_0 → quá trình này gọi **là dao động điện từ cưỡng bức.**

b) Sự cộng hưởng:

Giữ nguyên biên độ của u, điều chỉnh ω → khi $\omega=\omega_0$ thì biên độ dao động điện(I_0) trong khung đạt cực đại → hiện tượng này gọi là sự cộng hưởng.

Giá trị cực đại của biên độ cộng hưởng phụ thuộc vào điện trở thuần R:

- Nếu R nhỏ → $(I_0)max$ → cộng hưởng nhọn
- Nếu R lớn → $(I_0)min$ → cộng hưởng tù

8. Sự tương tự giữa dao động điện từ và dao động cơ

ĐẠI LƯỢNG CƠ		ĐẠI LƯỢNG ĐIỆN	
Li độ	x	Điện tích	q
Vận tốc	v	Dòng điện	i
Khối lượng	m	Độ tự cảm	L
Độc cứng	k	Điện dung	C^{-1}
Lực phục hồi	F	Điện áp	u
Hệ số ma sát	μ	Điện trở	R
Thế năng	E_t	NL điện trường	W_C
Động năng	$E_đ$	NL từ trường	W_L

DAO ĐỘNG CƠ	DAO ĐỘNG ĐIỆN
$x''+\omega^2x=0$	$q''+\omega^2q=0$
$\omega=\sqrt{\frac{k}{m}}$	$\omega=\frac{1}{\sqrt{LC}}$
$x=A\cos(\omega t+\varphi)$	$q=q_0\cos(\omega t+\varphi)$
$v=x'=-\omega A\sin(\omega t+\varphi)$	$i=q'=-\omega q_0\sin(\omega t+\varphi)$
$W=\frac{1}{2}kx^2+\frac{1}{2}mv^2=\frac{1}{2}kA^2$	$W=\frac{1}{2}\frac{q^2}{C}+\frac{1}{2}Li^2=\frac{1}{2}\frac{q_0^2}{C}$
$A^2=x^2+\frac{v^2}{\omega^2}$	$q_0^2=q^2+\frac{i^2}{\omega^2}$
$v_{max}=\omega A$	$I_0=\omega q_0$

II. CÔNG THỨC GIẢI NHANH

❶. Chu kì và tần số dao động riêng của mạch LC:

①. Tần số góc riêng: $\boxed{\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}} \Rightarrow \boxed{T_0 = \frac{1}{f_0} = 2\pi\sqrt{LC}}$

②. Tính chu kì và tần số dao động của mạch: $\omega = \frac{I_0}{q_0} = \sqrt{\frac{i_2^2 - i_1^2}{q_1^2 - q_2^2}} \Rightarrow \boxed{T = 2\pi\frac{q_0}{I_0} = 2\pi\sqrt{\frac{q_1^2 - q_2^2}{i_2^2 - i_1^2}}}$

③. Ghép tụ điện: Cho $[L, C_1] \Rightarrow T_1, f_1$; $[L, C_2] \Rightarrow T_2, f_2$

$(L, C_1 ss C_2)$: $\boxed{T_{ss} = \sqrt{T_1^2 + T_2^2}}$; $(L, C_1 nt C_2)$: $\boxed{T_{nt} = \frac{T_1.T_2}{\sqrt{T_1^2 + T_2^2}}}$

④. Ghép cuộn cảm: Cho $[C, L_1] \Rightarrow T_1, f_1$; $[C, L_2] \Rightarrow T_2, f_2$

$(C, L_1 nt L_2)$: $\boxed{T_{nt} = \sqrt{T_1^2 + T_2^2}}$; $(C, L_1 ss L_2)$: $\boxed{T_{ss} = \frac{T_1.T_2}{\sqrt{T_1^2 + T_2^2}}}$

❷. Năng lượng của dao động điện từ:

- Năng lượng từ trường (trong cuộn cảm): $\boxed{W_L = \frac{1}{2}Li^2 = \frac{C}{2}\left(U_0^2 - u^2\right)}$
- Năng lượng điện trường (trong tụ điện): $\boxed{W_C = \frac{1}{2}Cu^2 = \frac{q^2}{2C} = \frac{L}{2}\left(I_0^2 - i^2\right)}$
- Năng lượng dao động điện từ: $\boxed{W = W_L + W_C = \frac{1}{2}Li^2 + \frac{q^2}{2C} = \frac{LI_2^2}{2} = \frac{CU_0^2}{2} = \frac{q_0^2}{2C} = \frac{q_0U_0}{2}}$
- Tỉ số năng lượng từ trường và năng lượng điện trường: $\boxed{\frac{W_L}{W_C} = \left(\frac{q_0}{q}\right)^2 - 1 = \left(\frac{U_0}{u}\right)^2 - 1}$
- Tỉ số năng lượng điện trường và năng lượng từ trường: $\boxed{\frac{W_C}{W_L} = \left(\frac{I_0}{i}\right)^2 - 1}$
- Khi $W_L = n.W_C \Rightarrow \boxed{q = \pm\frac{q_0}{\sqrt{n+1}}}$; $\boxed{u = \pm\frac{U_0}{\sqrt{n+1}}}$
- Khi $W_C = n.W_L \Rightarrow \boxed{i = \pm\frac{I_0}{\sqrt{n+1}}}$

❸. Tính nhanh các giá trị cực đại (biên độ):

- Biên độ điện tích: $\boxed{q_0 = \frac{I_0}{\omega} = \sqrt{q^2 + \frac{i^2}{\omega^2}} = C.U_0 = \sqrt{2C.W}}$
- Biên độ điện áp: $\boxed{U_0 = \frac{q_0}{C} = I_0\sqrt{\frac{L}{C}} = \sqrt{u^2 + \frac{L}{C}i^2}}$
- Biên độ cường độ dòng điện: $\boxed{I_0 = \omega.q_0 = U_0\sqrt{\frac{C}{L}} = \sqrt{i^2 + \frac{C}{L}u^2}}$

④. Tính nhanh các giá trị tức thời: q, u, i.

- Ta có: $\frac{i^2}{I_0^2}+\frac{q^2}{q_0^2}=1$; $\frac{i^2}{I_0^2}+\frac{u^2}{U_0^2}=1$
- Điện áp tức thời: $U_o^2=u^2+\frac{L}{C}i^2 \Rightarrow$ $\boxed{|u|=\sqrt{\frac{L}{C}(I_0^2-i^2)}=\sqrt{U_0^2-\frac{L}{C}i^2}}$
- Cường độ dòng điện tức thời: $I_o^2=i^2+\frac{C}{L}u^2 \Rightarrow$ $\boxed{|i|=\sqrt{\frac{C}{L}(U_0^2-u^2)}=\sqrt{I_0^2-\frac{C}{L}u^2}}$

⑤. Biểu thức tức thời của q, i, u_C và u_C:

- Biểu thức điện tích trên một bản tụ điện: $\boxed{q=q_0\cos(\omega t+\varphi_q)}$
- Biểu thức cường độ dòng điện: $\boxed{i=I_0\cos(\omega t+\varphi_i)}$
- Biểu thức hiệu điện thế giữa hai bản tụ điện: $\boxed{u_C=U_0\cos(\omega t+\varphi_{u_C})}$
- Biểu thức hiệu điện thế giữa hai đầu cuộn cảm: $\boxed{u_L=U_0\cos(\omega t+\varphi_{u_L})}$
- Mối quan hệ về pha giữa các đại lượng i, q, u_C, u_L:

$$\boxed{\varphi_q=\varphi_{u_C}=\varphi_i-\frac{\pi}{2}=\varphi_{u_L}-\pi}$$

⑥. Tính công suất cần cung cấp cho mạch để mạch dao động điện từ duy trì với hiệu điện thế cực đại U_0:

- Trường hợp 1: Bỏ qua công suất bức xạ điện từ.

$$\boxed{P_{cc}=P_{toa\ nhiet}=I^2R=\frac{I_0^2}{2}R=\frac{CR}{2L}U_0^2}$$

- Trường hợp 2: Công suất bức xạ điện từ là P_{bx}.

$$\boxed{P_{cc}=P_{toa\ nhiet}+P_{bx}=\frac{CR}{2L}U_0^2+P_{bx}}$$

CHỦ ĐỀ 2. ĐIỆN TỪ TRƯỜNG. SÓNG ĐIỆN TỪ

I. ĐIỆN TỪ TRƯỜNG

1. Liên hệ giữa điện trường biến thiên và từ trường biến thiên

a) Hai giả thuyết của Macxoen:

- **Giả thuyết 1:** Từ trường biến thiên.

"Khi một từ trường biến thiên theo thời gian, nó sinh ra một điện trường xoáy tức là một điện trường mà các đường sức điện bao quanh các đường sức từ".

$\frac{d\vec{B}}{dt}$ càng lớn thì $\vec{E}$ càng lớn.

- **Giả thuyết 2:** Điện trường biến thiên.

"Khi một điện trường biến thiên theo thời gian, nó sinh ra một từ trường có các đường sức từ bao quanh các đường sức của điện trường".

$\frac{d\vec{E}}{dt}$ càng lớn thì $\vec{B}$ càng lớn.

b) Điện trường xoáy: có các đường sức điện là đường cong khép kín.

⌦ **Chú ý:** Đường sức từ luôn là đường cong kín.

2. Dòng điện dẫn và dòng điện dịch

a) Dòng điện dẫn: là dòng chuyển rời có hướng của các hạt mang điện.

b) Dòng điện dịch: là khái niệm chỉ sự biến thiên của điện trường giữa hai bản tụ điện.

3. Điện từ trường

- Mỗi biến thiên theo thời gian của từ trường đều sinh ra trong không gian xung quanh một điện trường xoáy biến thiên theo thời gian và ngược lại, mỗi biến thiên theo thời gian của điện trường cũng sinh ra một từ trường biến thiên theo thời gian trong không gian xung quanh.
- Điện trường hoặc từ trường không thể tồn tại độc lập với nhau, mà liên kết chặt chẽ với nhau, cúng có thể chuyển hoá lẫn nhau.
- Điện trường và từ trường là hai mặt thể hiện khác nhau của một loại trường duy nhất gọi là ***điện từ trường.***
- Điện từ trường là dạng vật chất tồn tại khách quan trong tự nhiên.

⌦ Chú ý:

- Xung quanh điện tích điểm đứng yên so với người quan sát (NQS) là điện trường.
- Xung quanh nam châm vĩnh cửu, dòng điện không đổi đứng yên so với người quan sát là từ trường.
- Xung quanh dòng điện xoay chiều, tia lửa điện, tia sét, điện tích dao động là điện từ trường.
- Điện trường bên trong hộp kim loại, lồng kim loại bằng không.

II. SÓNG ĐIỆN TỪ

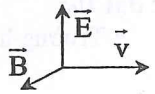
1. Định nghĩa: *Quá trình lan truyền điện từ trường được gọi là sóng điện từ.*

2. Tính chất và tính chất của sóng điện từ

a) Đặc điểm:

• Trong quá trình truyền sóng ($\vec{E} \perp \vec{B}$) $\perp \overrightarrow{Ox}$: điện trường và từ trường dao động theo phương vuông góc với nhau và vuông góc với phương truyền sóng $\Rightarrow$ Sóng điện từ là **sóng ngang.**

• Cả $\vec{E}$ và $\vec{B}$ đều biến thiên tuần hoàn theo không gian và thời gian và luôn **cùng pha nhau.**



• Tại mỗi điểm 3 vectơ $\vec{E}, \vec{B}, \vec{v}$ tạo thành một **tam diện thuận.**

• Sóng điện từ truyền được trong mọi môi trường, kể cả **chân không** (khác với sóng cơ).

• Tốc độ lan truyền của sóng điện từ trong chân không bằng tốc độ ánh sáng: $\mathbf{c = 3.10^8\ m/s}$.

• Trong chân không, sóng điện từ có bước sóng:

$$\boxed{\lambda = cT = \frac{c}{f}}$$ (T, f: chu kì, tần số của dao động điện từ)

b) Tính chất của sóng điện từ:

+ Quá trình truyền sóng điện từ là quá trình truyền năng lượng.
+ Tần số càng lớn thì năng lượng sóng điện từ các lớn (tỉ lệ thuận với f^4).
+ Tuân theo các quy luật: truyền thẳng, phản xạ, khúc xạ.
+ Tuân theo các quy luật: giao thoa, nhiễu xạ.

3. Nguồn phát sóng điện từ (chấn tử):

Bất cứ vật thể nào tạo ra một điện trường hay từ trường biến thiên đều được gọi là nguồn phát sóng điện từ

Ví dụ: tia lửa điện, dây dẫn điện xoay chiều, cầu dao đóng ngắt mạch điện,...

4. Phân loại sóng điện từ:

Sắp xếp theo thứ tự giảm dần của bước sóng, sóng điện từ được phân ra thành 6 loại lần lượt là: Sóng vô tuyến; Hồng ngoại; Ánh sáng nhìn thấy; Tử ngoại; Tia X; Tia gamma.

CHỦ ĐỀ 3. PHÁT VÀ THU SÓNG ĐIỆN TỪ

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

1. Mạch dao động hở. Anten

a) Mạch dao động kín và mạch dao động hở:

- Mạch dao động kín: điện từ trường hầu như không bức xạ ra ngoài không gian xung quanh.

- Mạch dao động hở: từ mạch dao động kín, ta tăng khoảng cách giữa hai bản tụ điện, tăng khoảng cách giữa các vòng dây → điện trường biến thiến và từ trường biến thiên bức xạ nhiều vào không gian → gọi là mạch dao động hở.

b) Antem: Anten chính là một dạng mạch dao động hở, là một công cụ hữu hiệu để bức xạ sóng điện từ.

2. Nguyên tắc truyền thông bằng sóng điện từ

2.1. Nguyên tắc chung:

Để truyền các thông tin như âm thanh, hình ảnh,...đến những nơi xa, đều áp dụng một quy trình chung là:

*** Nguyên tắc phát:**

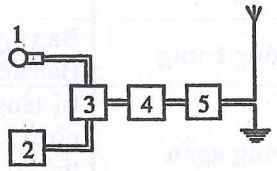
- Biến các âm thanh (hình ảnh,...) → dao động điện có tần số thấp, gọi là tín hiệu âm tần (thị tần).
- Dùng sóng điện từ có tần số cao (cao tần hay sóng mang) mang các tín hiệu âm tần đi xa qua anten phát.

*** Nguyên tắc thu:**

- Dùng máy thu với anten thu để chọn và thu lấy sóng điện từ cao tần.
- Tách tín hiệu ra khỏi sóng cao tần rồi dùng loa để nghe âm thanh, hoặc dùng màn hình để xem.

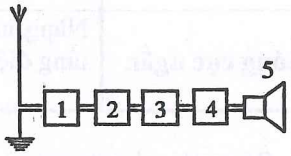
2.2. Sơ đồ khối của một hệ thống phát thanh và thu thanh dùng sóng điện từ:

a) Hệ thống phát thanh



❶ *Ống nói:* biến âm thanh thành dao động điện âm tần.
❷ *Dao động cao tần:* tạo ra dao động điện từ tần số cao (cỡ MHz).
❸ *Biến điệu:* trộn dao động âm thanh với ddct → ddct biến điệu.
❹ *Khuếch đại cao tần:* khuếch đại ddct biến điệu đưa ra anten phát.
❺ *Anten phát:* phát xạ sóng cao tần biến điệu ra không gian.

b) Hệ thống thu thanh:



❶ *Anten thu:* cảm ứng với nhiều sóng điện từ.
❷ *Chọn sóng:* chọn lọc sóng muốn thu nhờ cộng hưởng.
❸ *Tách sóng:* tách sóng âm tần ra khỏi sóng cao tần biến điệu.
❹ *Khuếch đại âm tần:* khuếch đại âm tần rồi đưa ra loa để tái lập âm thanh.
❺ *Loa:* chuyển dao động điện thành dao động âm.

2.3. Nguyên tắc thu sóng điện từ

a) Nguyên tắc phát sóng điện từ:

Để phát sóng điện từ: mắc máy phát dao động điều hoà và một Anten phát.

Đài phát (Đài truyền hình, đài truyền thanh) phát ra sóng điện từ có tần số f, có bước sóng là

$$\lambda = \frac{c}{f} \ (c = 3.10^8 \text{ m/s})$$

b) Nguyên tắc thu sóng điện từ:

Mắc Anten thu và một mạch dao động hay mạch chọn sóng (có tần số riêng f_0 thay đổi được).

$$\boxed{f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}}$$ (có thể C hoặc L thay đổi → f_0 thay đổi)

c) Để máy thu bắt được sóng điện từ truyền đến:

Điều chỉnh để mạch dao động của máy thu cộng hưởng với tần số đã chọn, khi đó:

$$f_0 = f$$

$$\boxed{\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = f = \frac{c}{\lambda}}$$

⌦ **Chú ý:** Nguyên tắc hoạt động của mạch dao động máy thu là dựa trên ***hiện tượng cộng hưởng***.

3. Sự truyền sóng vô tuyến quanh Trái Đất

Sự truyền sóng điện từ trong thông tin quanh Trái Đất có đặc điểm rất khác nhau, thuỳ thuộc vào các yếu tố:

- Độ dài bước sóng
- Điều kiện môi trường mặt đất
- Bầu khí quyển, đặc biệt là tầng điện li.

Tầng điện li: Tầng điện li là tầng khí quyển, ở đó các phân tử khí bị iôn hoá do các tia Mặt Trời hoặc các tia vũ trụ. Nó có khả năng dẫn điện, nên có thể phản xạ sóng điện từ.

Tầng điện li cách mặt đất khoảng 80 km đến 800 km.

4. Sóng vô tuyến:

a) Định nghĩa: Sóng điện từ dùng trong thông tin vô tuyến có tần số từ hàng nghìn héc trở lên được gọi là sóng vô tuyến.

b) Phân loại sóng vô tuyến:

Căn cứ vào bước sóng chia sóng vô tuyến thành các dải sóng

Tên sóng	Bước sóng λ (m)	Tần số (Hz)
Sóng dài	Trên 1000 (m)	3.10^5
Sóng trung	100 đến 1000	3.10^5 đến 3.10^6
Sóng ngắn	10 đến 100	3.10^6 đến 3.10^7
Sóng cực ngắn	0,01 đến 10	3.10^7 đến 3.10^{10}

c) Đặc tính và phạm vi sử dụng:

Loại sóng	Đặc tính	Phạm vi sử dụng
Sóng dài	Ít bị nước hấp thụ	Dùng trong thông tin dưới nước
Sóng trung	Ban ngày: tầng điện li hấp thụ mạnh. Ban đêm: tầng điện li phản xạ tốt.	Sử dụng truyền thông tin vào ban đêm
Sóng ngắn	Bị tầng điện li phản xạ về mặt đất, mặt đất phản xạ lần thứ hai, tầng điện li phản xạ lần thứ ba,…	Một đài phát sóng ngắn với công suất lớn có thể truyền sóng đi khắp mọi nơi trên mặt đất.
Sóng cực ngắn	Năng lượng lớn nhất, truyền thẳng không bị tầng điện li hấp thụ hay phản xạ.	Dùng trong vô tuyến truyền hình qua vệ tinh. Dùng trong thông tin vũ trụ.

Sóng dài, sóng trung và sóng ngắn hay được dùng trong truyền thanh, truyền hình trên mặt đất.

II. CÔNG THỨC GIẢI NHANH

❶. Nguyên tắc phát và thu sóng điện từ

- Phát sóng điện từ: Mỗi đài phát sẽ phát ra một sóng điện từ có tần số xác định là f $\Rightarrow$ $f = \dfrac{c}{\lambda}$
- Máy thu: Có mạch chọn sóng là một mạch dao động LC, có tần số dao động riêng là

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

- Để máy thu bắt được sóng điện từ truyền đến, cần điều chỉnh để mạch xảy ra cộng hưởng điện:

$$\boxed{f_0 = f \Leftrightarrow \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{c}{\lambda}} \text{ với } c = 3.10^8 \text{ m/s.}$$

❷. Tính bước sóng mà máy thu bắt được: $\boxed{\lambda = 2\pi c\sqrt{LC}}$ với $C_{min} \le C \le C_{max}$ và $L_{min} \le L \le L_{max}$

- Bước sóng dài nhất: $\boxed{\lambda_{max} = 2\pi c\sqrt{L_{max}C_{max}}}$
- Bước sóng ngắn nhất: $\boxed{\lambda_{min} = 2\pi c\sqrt{L_{min}C_{min}}} \Rightarrow \lambda_{min} \le \lambda \le \lambda_{max}$

③. Tính độ tự cảm L để máy thu bắt được sóng điện từ có tần số f (bước sóng λ)

$$\boxed{L=\frac{1}{4\pi^2f^2C}=\frac{\lambda^2}{4\pi^2c^2C}}$$

④. Tính điện dung của tụ điện để máy thu bắt được sóng điện từ có tần số f (bước sóng λ)

$$\boxed{C=\frac{1}{4\pi^2f^2L}=\frac{\lambda^2}{4\pi^2c^2L}}$$

⑤. Công thức tính điện dung của tụ điện xoay: $C_x=\frac{\varepsilon S}{4\pi kd}$, với d là khoảng cách giữa hai bản tụ điện. Cho biết điện dung của tụ điện thay đổi liên tục từ $C_1 = C_{min}$ đến $C_2 = C_{max}$ theo hàm bậc nhất của góc xoay, từ α_{min} đến α_{max}. Ta có: $C_x = a.\alpha + b$

$$\Rightarrow \begin{cases} C_1 = C_{min} = a.\alpha_{min} + b \\ C_2 = C_{max} = a.\alpha_{max} + b \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a = \dfrac{C_{max} - C_{min}}{\alpha_{max} - \alpha_{min}} \\ b = C_{min} - a.\alpha_{min} \end{cases}$$

$$\Rightarrow C = a.\alpha + b \Rightarrow \boxed{\alpha = \frac{(C-b)(\alpha_{max}-\alpha_{min})}{C_{max}-C_{min}} = (C-b)\frac{\Delta\alpha}{\Delta C}}$$

C_x có giá trị biến thiên: $(a.\alpha_{min} + b) \le C_x \le (a.\alpha_{max} + b)$

⌧ **Chú ý:** Đề cho tụ xoay gồm n tấm kim lại song song tương đương với (n – 1) tụ điện giống nhau mắc song song $\Rightarrow C_b = (n-1)C_o$.

⑥. Mạch chọn sóng của một máy thu vô tuyến điện gồm L và C. Để bắt được sóng điện từ $\lambda_1 \le \lambda \le \lambda_2$ thì phải mắc thêm tụ xoay C_x với tụ điện C như thế nào? Tụ xoay có điện dung biến thiên trong khoảng nào?

Giải:

- Tính: $C_{bmin} = \frac{\lambda_1^2}{4\pi^2c^2L}; C_{bmax} = \frac{\lambda_2^2}{4\pi^2c^2L}$
- Nếu $C_{bmin}, C_{bmax} < C \Rightarrow C_x$ nối tiếp C và $C_{1x} = \frac{C.C_{bmin}}{C - C_{bmin}}$; $C_{2x} = \frac{C.C_{bmax}}{C - C_{bmax}}$
- Nếu $C_{bmin}, C_{bmax} > C \Rightarrow C_x$ song song C và $C_{1x} = C_{bmin} - C$; $C_{2x} = C_{bmax} - C$

⑦. Mạch chọn sóng của một máy thu vô tuyến điện gồm L và C. Để bắt được sóng điện từ $\lambda_1 \le \lambda \le \lambda_2$ thì phải mắc thêm một cuộn cảm thuần L_x với cuộn cảm L như thế nào?

Giải:

- Tính: $L_{bmin} = \frac{\lambda_1^2}{4\pi^2c^2C}$; $L_{bmax} = \frac{\lambda_2^2}{4\pi^2c^2C}$
- Nếu $L_{bmin}, L_{bmax} < L \Rightarrow L_x$ song song L và $L_{1x} = \frac{L.L_{bmin}}{L - L_{bmin}}$; $L_{2x} = \frac{L.L_{bmax}}{L - L_{bmax}}$
- Nếu $L_{bmin}, L_{bmax} > L \Rightarrow L_x$ nối tiếp L và $L_{1x} = L_{bmin} - L$; $L_{2x} = L_{bmax} - L$

⑧. Mạch chọn sóng gồm cuộn cảm thuần và tụ điện có điện dung C thay đổi ($C_1 \le C \le C_2$). Tìm giới hạn rộng nhất và giới hạn hẹp nhất của độ tự cảm L để máy thu bắt được sóng điện từ $\lambda_1 \le \lambda \le \lambda_2$

Giải:

- Giới hạn hẹp nhất: $L_{11} \le L \le L_{22} \Rightarrow \boxed{\frac{\lambda_1^2}{4\pi^2c^2C_1} \le L_{hep\ nhat} \le \frac{\lambda_2^2}{4\pi^2c^2C_2}}$
- Giới hạn rộng nhất: $L_{12} \le L \le L_{21} \Rightarrow \boxed{\frac{\lambda_1^2}{4\pi^2c^2C_2} \le L_{rong\ nhat} \le \frac{\lambda_2^2}{4\pi^2c^2C_1}}$

❾. Ghép tụ điện hoặc ghép cuộn cảm thành bộ:

Mạch (L,C_1)	Mạch (L,C_2)	Mạch (L,C_1ssC_2)	Mạch (L,C_1ntC_2)
$T_1 = 2\pi\sqrt{LC_1}$	$T_2 = 2\pi\sqrt{LC_2}$	$T_{ss} = \sqrt{T_1^2 + T_2^2}$	$T_{nt} = \dfrac{T_1T_2}{\sqrt{T_1^2 + T_2^2}}$
$f_1 = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC_1}}$	$f_2 = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC_2}}$	$f_{ss} = \dfrac{f_1f_2}{\sqrt{f_1^2 + f_2^2}}$	$f_{nt} = \sqrt{f_1^2 + f_2^2}$
$\lambda_1 = 2\pi c\sqrt{LC_1}$	$\lambda_2 = 2\pi c\sqrt{LC_2}$	$\lambda_{ss} = \sqrt{\lambda_1^2 + \lambda_2^2}$	$\lambda_{nt} = \dfrac{\lambda_1\lambda_2}{\sqrt{\lambda_1^2 + \lambda_2^2}}$
Mạch (L_1,C)	**Mạch (L_2,C)**	**Mạch (L_1ntL_2,C)**	**Mạch (L_1ssL_2,C)**
$T_1 = 2\pi\sqrt{L_1C}$	$T_2 = 2\pi\sqrt{L_2C}$	$T_{nt} = \sqrt{T_1^2 + T_2^2}$	$T_{ss} = \dfrac{T_1T_2}{\sqrt{T_1^2 + T_2^2}}$
$f_1 = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{L_1C}}$	$f_2 = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{L_2C}}$	$f_{nt} = \dfrac{f_1f_2}{\sqrt{f_1^2 + f_2^2}}$	$f_{ss} = \sqrt{f_1^2 + f_2^2}$
$\lambda_1 = 2\pi c\sqrt{L_1C}$	$\lambda_2 = 2\pi c\sqrt{L_2C}$	$\lambda_{nt} = \sqrt{\lambda_1^2 + \lambda_2^2}$	$\lambda_{ss} = \dfrac{\lambda_1\lambda_2}{\sqrt{\lambda_1^2 + \lambda_2^2}}$

Tóm lại chỉ cần nhớ: $\boxed{T = 2\pi\sqrt{LC}}$; $\boxed{C_{ss} = C_1 + C_2}$; $\boxed{L_{nt} = L_1 + L_2}$ **là xong!**

CHƯƠNG V. SÓNG ÁNH SÁNG

CHỦ ĐỀ 1. TÁN SẮC ÁNH SÁNG

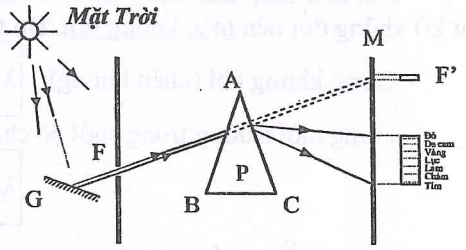
I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

1. Thí nghiệm tán sắc ánh sáng

▫ Thí nghiệm tán sắc ánh sáng do Niu-tơn thực hiện vào năm 1672.

▫ **Thí nghiệm:** dùng một chùm ánh sáng trắng hẹp, song song chiếu tới lăng kính.

▫ **Kết quả:** chùm sáng bị tách ra thành nhiều chùm sáng có màu sắc khác nhau như màu cầu vồng, tia đỏ lệch ít nhất, tia tím lệch nhiều nhất.



Dải màu như màu cầu vồng (đỏ đến tím, gồm bảy màu chính: đỏ, cam, vàng, lục, lam, chàm, tím) gọi là quang phổ của ánh sáng trắng.

2. Định nghĩa hiện tượng tán sắc: *Hiện tượng một chùm sáng phức tạp bị tách ra thành những chùm sáng có nhiều màu sắc khác nhau gọi là hiện tượng tán sắc ánh sáng.*

3. Nguyên nhân

- Chiết suất của lăng kính có giá trị khác nhau đối với ánh sáng đơn sắc khác nhau
- Chiết của chất làm lăng kính là khác nhau đối với các ánh sáng đơn sắc khác nhau: chiết suất đối với ánh sáng đỏ là nhỏ nhất, đối với ánh sáng tìm là lớn nhất

$$\boxed{n_d \le n \le n_t}$$

- Chiết suất của một môi trường trong suốt phụ thuộc vào bản chất của môi trường và màu sắc ánh sáng (tần số, bước sóng). Theo cô-si:

$$\boxed{n = A + \frac{B}{\lambda^2}}$$

Trong đó: A, B là những hằng số phụ thuộc vào bản chất của môi trường.

4. Ứng dụng

- Để giải thích các hiện tượng như: cầu vồng, màu sắc sặc sỡ của kim cương,...
- Ứng dụng trong máy quang phổ.

5. Ánh sáng đơn sắc và ánh sáng trắng

a) Ánh sáng đơn sắc

▫ Định nghĩa: Ánh sáng đơn sắc là ánh sáng không bị tán sắc khi đi qua lăng kính.

▫ Tính chất:

- Mỗi ánh sáng đơn sắc có một màu nhất định gọi là màu đơn sắc. VD: đỏ, vàng, tím,...
- Mỗi ánh sáng đơn sắc có một chu kì và tần số nhất định.
- Trong chân không mỗi ánh sáng đơn sắc có một bước sóng xác định.
- Đại lượng đặc trưng nhất của ánh sáng đơn sắc là tần số (chu kì).

b) Ánh sáng trắng

▫ Định nghĩa: Ánh sáng trắng là tập hợp của vô số ánh sáng đơn sắc có màu biến thiên liên tục từ đỏ đến tím.

▫ Tính chất:

- Ánh sáng trắng bị tán sắc khi đi qua lăng kính.
- Ánh sáng trắng (trong chân không) có bước sóng nằm trong giới hạn:

$$\boxed{0,38\mu m \le \lambda \le 0,76\mu m}$$

- Vùng ánh sáng trắng hay còn gọi là vùng ánh sáng nhìn thấy (khả kiến).

⌦ **Chú ý:** Ánh sáng trắng **không** phải là tập hợp của 7 **màu** (đỏ, cam, vàng, lục, lam, chàm, tím) hay 3 **màu** sơ cấp (đỏ, lục, lam).

c) Các vùng ánh sáng: Bước sóng của ánh sáng nhìn thấy trong chân không.

Màu	Bước sóng $\lambda(\mu m)$
Đỏ	0,640 ÷ 0,760
Da cam	0,590 ÷ 0,650
Vàng	0,570 ÷ 0,600
Lục	0,500 ÷ 0,575
Lam	0,450 ÷ 0,510
Chàm	0,430 ÷ 0,460
Tím	0,380 ÷ 0,440

d) Khi ánh sáng truyền từ không khí (chân không) vào môi trường trong suốt có chiết suất n

- Khi ánh sáng đơn sắc truyền từ môi trường này sang môi trường khác thì tần số dao động (chu kì) không đổi nên màu không đổi. Do tốc độ truyền ánh sáng thay đổi nên bước sóng thay đổi.

- Trong không khí (chân không): $\boxed{\lambda = c.T = \frac{c}{f}}$ với $c = 3.10^8$ m/s; T là chu kì dao động.

- Trong môi trường trong suốt có chiết suất n:

$$\boxed{\lambda_n = \frac{v}{f}}$$

- Với $v = \frac{c}{n}$: là tốc độ ánh sáng trong môi trường có chiết suất n.

Suy ra: $\boxed{\lambda_n = \frac{\lambda}{n}}$

Chú ý: Hiện tượng tán sắc ánh sáng xảy ra với mọi môi trường vật chất, trừ chân không; xảy ra giữa hai môi trường khác nhau.

II. CÔNG THỨC GIẢI NHANH

1. Các định luật và kiến thức cơ bản về khúc xạ và phản xạ toàn phần

- Định luật khúc xạ: $\boxed{\frac{\sin i}{\sin r} = n_{21} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{n_{kx}}{n_t}}$ với $\boxed{\frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}}$; $\boxed{n = \frac{c}{v}}$
- Điều kiện có phản xạ toàn phần:
  + ĐK 1: Ánh sáng đi từ môi trương chiết quang hơn sang môi trường chiết quang kém.
  + ĐK 2: Góc tới phải lớn hơn hoặc bằng góc giới hạn: $\boxed{i \geq i_{gh}}$, trong đó: $\boxed{\sin i_{gh} = \frac{n_2}{n_1}}$

2. Tán sắc quang lăng kính

- Công thức tổng quát: Gọi A là góc chiết quang của lăng kính, i_1 là góc tới, i_2 là góc ló, D là góc lệch giữa tia tới và tia ló

$$\boxed{\sin_1 = n.\sin r_1 \; ; \; A = r_1 + r_2 \; ; \; \sin i_2 = n.\sin r_2 \; ; \; D = i_1 + i_2 - A}$$

- Nếu các góc nhỏ $(A, i \leq 10^0)$: $i_1 = n.r_1$; $i_2 = n.r_2$ $\Rightarrow \boxed{D = (n-1).A}$
- Góc lệch cực tiểu D_{min}: Khi có góc lệch cực tiểu $D = D_{min}$ thì tia ló và tia tới nằm đối xứng với nhau qua mặt phẳng phân giác của góc chiết quang A, tức là $\boxed{i_1 = i_2}$ và $\boxed{r_1 = r_2 = \frac{A}{2}}$

$\Rightarrow \boxed{D_{min} = 2i_1 - A}$; $\boxed{\sin\frac{D_{min} + A}{2} = n.\sin\frac{A}{2}}$

- **Bài toán:** Chiếu một chùm sáng trắng, hẹp, song song tới đỉnh A của một lăng kính theo phương vuông góc với mặt phẳng phân giác của góc A. Đặt một màn (E) ở phía sau lăng kính và song song với mặt phẳng phân giác của góc A, cách mặt phẳng này một đoạn L.

- Tính góc hợp bởi tia ló màu đỏ và tia ló màu tím: $\boxed{\Delta D = (n_t - n_d).A}$

- Tính bề rộng quang phổ trên màn (E): $\boxed{ĐT = L.\Delta D = (n_t - n_d).LA}$

3. Tán sắc qua thấu kính

▫ Công thức thấu kính mỏng: $\boxed{D = \frac{1}{f} = \left(\frac{n_{tk}}{n_{mt}} - 1\right).\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)}$

R_1, R_2 là bán kính của các mặt cong của thấu kính ($R > 0$: mặt lồi, $R < 0$: mặt lõm, $R = \infty$: mặt phẳng)

n_{tk}, n_{mt} lần lượt là chiết của của thấu kính và môi trường đặt thấu kính.

▫ Thấu kính đặt trong không khí ($n_{mt} = 1$): $\boxed{D = \frac{1}{f} = (n-1).\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)}$

▫ Nếu thấu kính có hai mặt cong bán kính bằng nhau là R, đặt trong không khí: $\boxed{f = \frac{R}{2(n-1)}}$

▫ Nếu thấu kính có một mặt phẳng, đặt trong không khí: $\boxed{f = \frac{R}{n-1}}$

▫ **Bài toán:** Chiếu chùm sáng trắng, hẹp song song với với trục chính tới thấu kính hội tụ.

Vì $n_d \le n \le n_t \Rightarrow D_d \le D \le D_t$; $f_d \ge f \ge f_t$

Tính khoảng cách giữa tiêu điểm chính đối với ánh sáng tím và đối với ánh sáng đỏ:

$$\frac{1}{f_d} = (n_d - 1)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right) \Rightarrow f_d \ ; \ \frac{1}{f_t} = (n_t - 1)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right) \Rightarrow f_t \Rightarrow \boxed{\Delta f = f_d - f_t}$$

4. Tán sắc quan lưỡng chất phẳng

▫ **Bài toán:** Chiếu một tia sáng đơn sắc SI từ không khí tới mặt phân cách với môi trường nước, góc tới là i. Biết nước trong bể có độ sâu là h.

- Tính góc hợp bởi tia khúc xạ màu đỏ và màu tím: $\sin i = n_d.\sin r_d = n_t.\sin r_t$

$\Rightarrow r_d$ và $r_t \Rightarrow \boxed{\Delta r = r_d - r_t}$

- Tính về rộng quang phổ dưới đáy bể: $\boxed{ĐT = h.(\tan r_d - \tan r_t)}$

5. Tán sắc qua bản mặt song song

▫ **Bài toán:** Cho một bản mặt song song có bề dày e, đặt trong không khí. Chiếu một chùm sáng song song, hẹp tới bản mặt với góc tới là i. Tính độ rộng d của chùm tia ló khỏi bản mỏng.

Giải:

Áp dụng định luật khúc xạ ánh sáng: $\sin i = n_d.\sin r_d = n_t.\sin r_t \Rightarrow r_d$ và r_t.

Tính độ rộng quang phổ ở mặt sau của bản: $ĐT = e.(\tan r_d - \tan r_t)$

Độ rộng của chùm ló khỏi bản mặt: $\boxed{d = ĐT.\cos i}$

6. Công thức cô-si:

$$\boxed{n = A + \frac{B}{\lambda^2}}$$

A, B là hằng số phụ thuộc vào bản chất của môi trường trong suốt

CHỦ ĐỀ 2. GIAO THOA ÁNH SÁNG. NHIỄU XẠ

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

1. Thí nghiệm giao thoa ánh sáng

▫ **Thí nghiệm với ánh sáng đơn sắc:** hệ thống các vạch sáng (vạch màu đơn sắc) và tối (màu đen) xen kẽ nhau một cách đều đặn.

▫ **Thí nghiệm với ánh sáng trắng:** hệ thống gồm một vân sáng trắng ở chính giữa, hai bên là những dải màu như màu cầu vồng, tím ở trong, đỏ ở ngoài.

2. Định nghĩa: *Hiện tượng giao thoa ánh sáng là hiện tượng hai chùm sáng kết hợp khi chồng lên nhau sẽ tạo ra những chỗ chúng tăng cường lẫn nhau, và những chỗ chúng triệt tiêu lẫn nhau tạo ra những vân sáng, vân tối xen klẽ nhau được gọi là những vân giao thoa.*

3. Giải thích

- Ta chỉ có thể giải thích được hiện tượng giao thoa nếu coi ***ánh sáng có tính chất sóng.***
- Điều kiện để có giao thoa: Hai nguồn S_1, S_2 phải là hai nguồn kết hợp
- Hai nguồn kết hợp:
  + Cùng tần số f (cùng màu);
  + Độ lệch pha của hai nguồn không đổi theo thời gian.

a) Thí nghiệm với ánh sáng đơn sắc

▪ Sự tạo thành vân sáng: tại vị trí hai sóng ánh sáng gặp nhau cùng pha, chúng tăng cường lẫn nhau, tại đó tạo thành vân sáng.

▪ Sự tạo thành vân tối: tại vị trí hai sóng ánh sáng gặp nhau ngược pha, chúng triệt tiêu lẫn nhau, tại đó tạo thành vân tối.

b) Thí nghiệm với ánh sáng trắng

▪ Khi thí nghiệm với ánh sáng trắng ta thu được nhiều hệ vân đơn sắc

▪ Tại vị trí chính giữa: tại đó có vô số vân sáng đơn sắc trùng nhau nên tạo thành vân sáng trắng.

▪ Vì khoảng cách giữa các vân màu đỏ là lớn nhất, khoảng cách giữa các vân màu tím là nhỏ nhất nên hai bên có những dải màu như màu cầu vồng, màu tím ở phía trong và màu đỏ ở phía ngoài.

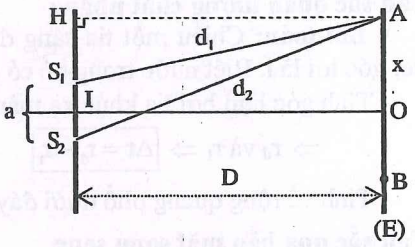
4. Ứng dụng

- Giải thích các hiện tượng trong tự nhiên như: màu sắc sặc sỡ của bong bóng xà phòng, các váng dầu mỡ trên mặt nước, đĩa CD,...dưới ánh sáng trắng.
- Đo bước sóng của ánh sáng đơn sắc.

5. Các công thức cơ bản về giao thoa Y-âng

a) Khoảng vân (*i*)

▪ **Định nghĩa:** *khoảng vân là khoảng cách giữa hai vân sáng hoặc hai vân tối cạnh nhau (liên tiếp, gần nhau nhất)*



▪ **Biểu thức:** $\boxed{i = \frac{\lambda D}{a}}$

Trong đó: $a = S_1S_2$ là khoảng cách giữa hai khe hẹp (cỡ mm), D = IO là khoảng cách từ màn chứa hai khe đến màn ảnh (E) (cỡ m), λ là bước sóng của ánh sáng đơn sắc làm thí nghiệm (cớ μm).

b) Hiệu quang trình (hiệu quang lộ):

Giả sử nguồn S nằm trên trục IO, cách đều 2 nguồn S_1, S_2 ($SS_1 = SS_2$). Tính hiệu đường đi của ánh sáng từ hai nguồn S_1, S_2 tới một điểm A trên màn (E):

$$\boxed{\delta = d_2 - d_1 = \frac{ax}{D}}$$

c) Vị trí vân sáng, vân tối (so với gốc toạ độ O):

▪ Công thức xác định vị trí vân sáng: $\boxed{x_s = k\frac{\lambda D}{a}}$ hay $\boxed{x_s = ki}$

k = 0 : vân sáng trung tâm, $x_{SO} = 0$
k = ±1: vân sáng bậc 1, $x_{S1} = \pm i$
k = ±2: vân sáng bậc 2, $x_{S2} = \pm 2i$,...

▪ Công thức xác định vị trí vân tối: $\boxed{x_t = (k + \frac{1}{2})\frac{\lambda D}{a}}$ hay $\boxed{x_t = (k + 0{,}5)i}$

k = 0; -1: vân tối thứ nhất, $x_{t1} = \pm 0{,}5i$
k = 1, -2: vân tối thứ hai, $x_{t2} = \pm 1{,}5i$
k = 2, -3: vân tối thứ ba, $x_{t3} = \pm 2{,}5i$,...

d) Bề rộng quang phổ:

*** Định nghĩa:** *Bề rộng quang phổ là khoảng cách từ vân sáng đỏ đến vân sáng tím cùng bậc và nằm cùng bên so với vân sáng trung tâm.*

*** Biểu thức bề rộng quang phổ bậc k:** $\boxed{\Delta x_k = k\frac{D}{a}(\lambda_d - \lambda_t)}$

$k = 1$: bề rộng quang phổ bậc 1 $\rightarrow \Delta x_1 = (i_d - i_t)$

$k = 2$: bề rộng quang phổ bậc 2 $\rightarrow \Delta x_2 = 2\Delta x_1$

$k = 3$: bề rộng quang phổ bậc 3,.. $\rightarrow \Delta x_3 = 3\Delta x_1$

6. Nhiễu xạ ánh sáng

Nhiễu xạ ánh sáng là hiện tượng ánh sáng không tuân theo định luật truyền thẳng, quan sát được khi ánh sáng truyền qua lỗ nhỏ hoặc gần mép những vật trong suốt hoặc không trong suốt.

II. CÔNG THỨC GIẢI NHANH

1. Hiệu đường đi ánh sáng (hiệu quang trình):

$$\boxed{\delta = (SS_2 + S_2A) - (SS_1 + S_1A) = d_2 - d_1 = \frac{ax}{D}}$$

2. Khoảng vân: là khoảng cách giữa hai vân sáng (hoặc 2 vân tối) liên tiếp

$$\boxed{i = x_{k+1} - x_k = \frac{\lambda D}{a}} \Rightarrow \boxed{i = \frac{\lambda D}{a}}$$

①. Cho biết trên đoạn MN có n vân sáng. Tính khoảng vân i.

- Ở hai đầu là hai vân sáng: $\boxed{i = \frac{MN}{n-1}}$
- Ở hai đầu là hai vân tối: $\boxed{i = \frac{MN}{n}}$
- Một đầu là vân sáng, một đầu là vân tối: $\boxed{i = \frac{MN}{n-0,5}}$

②. Nếu thí nghiệm được tiến hành trong môi trường trong suốt có chiết suất n thì bước sóng và khoảng vân giảm n lần:

$$\boxed{\lambda_n = \frac{\lambda}{n} \Rightarrow i_n = \frac{\lambda_n D}{a} = \frac{i}{n}}$$

3. Công thức xác định vị trí vân sáng, vân tối so với vân sáng trung tâm:

①. Vị trí vân sáng: $\boxed{x_s = k\frac{\lambda D}{a} = k.i}$ với $k = 0, \pm 1, \pm 2, ...$

②. Vị trí vân tối: $\boxed{x_t = (2k+1)\frac{\lambda D}{2a} = (k+0,5)\frac{\lambda D}{a} = (k+0,5).i}$

($k = 0, -1$: vân tối thứ nhất, $k = 1, -2$: vt thứ 2,...)

⌦ **Chú ý:** Trong hiện tượng giao thoa ánh sáng nếu ta tăng cường độ chùm sáng thì độ sáng của vân sáng sẽ tăng còn vân tối vẫn là tối (không sáng lên).

4. Ý nghĩa của thí nghiệm Y-âng: Là cơ sở thực nghiệm quan trọng để khẳng định **ánh sáng có bản chất sóng** và là một trong những phương pháp thực nghiệm hiệu quả để **đo bước sóng ánh sáng.**

5. Khoảng cách hai vân M, N bất kì:

- Nếu hai vân nằm cùng bên: $\boxed{\Delta x = |x_1 - x_2|}$
- Nếu hai vân nằm khác bên: $\boxed{\Delta x = |x_1| + |x_2|}$

6. Xác định tính chất của vân giao thoa tại M trên màn (E) có tọa độ là x_M:

- Nếu $\boxed{\frac{x_M}{i} = k(k \in \mathbb{Z})}$ $\Rightarrow$ Tại M là vân sáng bậc k.

▪ Nếu $\boxed{\frac{x_M}{i}=k+\frac{1}{2}(k\in\mathbb{Z})}\Rightarrow$ Tại M là vân tối.

7. Xác định số vân sáng, số vân tối

①. Đặc biệt: Xác định số vân sáng, số vân tối trong vùng giao thoa (trường giao thoa) có bề rộng L (đối xứng qua vân trung tâm)

$\boxed{\frac{L}{2i}=n+x}$ (n: phần nguyên, x: phần dư)

▪ Số vân sáng: $\boxed{N_s=2n+1}$

▪ Số vân tối: $\boxed{N_t=2n+2}$ nếu $x\geq 0,5$; $\boxed{N_t=2n}$ nếu $x<0,5$.

②. Tổng quát: Xác định số vân sáng, số vân tối trên đoạn MN bất kì, biết tọa độ điểm M, N lần lượt là x_M, x_N (giả sử $x_N<x_M$).

Số vân sáng: $\boxed{x_N\leq k.i\leq x_M}$; Số vân tối: $\boxed{x_N\leq(k+0,5).i\leq x_M}\Rightarrow k$

Số giá trị k nguyên là số vân sáng (vân tối) cần tìm.

③. Xác định số vân sáng, số vân tối trên đoạn MN:

▪ M, N là hai vân sáng: $\boxed{N_s=\frac{MN}{i}+1=N_t+1}$

▪ M, N là hai vân tối: $\boxed{N_t=\frac{MN}{i}+1=N_s+1}$

▪ M là vân sáng, N là vân tối: $\boxed{N_s=N_t=\frac{MN}{i}+0,5}$

8. Thí nghiệm có bản mỏng:

▪ Khi đặt bản mỏng có chiết suất n, có chiều dày e sát sau một khe thì hệ vân (vân trung tâm) sẽ dịch chuyển về phía khe có bản mỏng một đoạn x_0 so với lúc chưa có bản mỏng

$$\boxed{x_0=\frac{(n-1)eD}{a}}$$

▪ Khi đặt sau khe S_1 bản mỏng (n_1, e_1); ở sau khe S_2 bản mỏng (n_2, e_2) để hệ vân không dịch chuyển so với lúc đầu chưa có bản mỏng: $\boxed{(n_1-1)e_1=(n_2-1)e_2}$

▪ Khi đặt cả hai bản sát nhau và ở sau một khe sáng: $\boxed{x_0=\frac{D}{a}\left[(n_1-1)e_1+(n_2-1)e_2\right]}$

9. Dịch chuyển nguồn sáng S:

Ban đầu nguồn sáng S đặt trên trục đối xứng IO của hai khe, S cách mặt phẳng chứa hai khe một đoạn d

▪ Dịch chuyển nguồn S theo phương vuông góc với trục đối xứng IO một đoạn là y = SS' tới vị trí S' thì hệ vân (vân sáng trung tâm) dịch chuyển ngược chiều với chiều di chuyển của nguồn (về phía nguồn trễ pha hơn) một đoạn là x: $\boxed{x=\frac{D}{d}y}$

▪ Tìm độ dịch chuyển nhỏ nhất của nguồn (y_{min}) để tại O vân sáng chuyển thành vân tối:

$$\boxed{y_{min}=\frac{d}{D}.\frac{i}{2}}$$

10. Mở rộng khe sáng:

Nguồn sáng S nằm trên trục đối xứng IO, mở rộng khe sáng S đều về hai phía. Tìm độ rộng nhỏ nhất của nguồn để hệ vân trên màn biến mất (không quan sát thấy hiện tượng giao thoa nữa):

$$\boxed{\Delta S_{min}=\frac{d}{D}.i}$$

11. Tạo thêm khe sáng thứ hai: Trên màn chứa khe S, khoét thêm một khe hẹp S' song song với khe S, với y = SS'. Tính y_{min} để hệ vân trên màn biến mất, không quan sát thấy hiện tượng giao thoa nữa:

$$\boxed{y_{min} = \frac{d}{D}.\frac{i}{2}}$$

12. Thí nghiệm với ánh sáng trắng $(0{,}38\,\mu m \le \lambda \le 0{,}76\,\mu m)$

①. Bề rộng quang phổ bậc k: $\boxed{\Delta x = k\frac{D}{a}(\lambda_d - \lambda_t)}$

②. Bề rộng vùng xen phủ giữa quang phổ bậc hai và bậc ba: $\boxed{\Delta x_{23} = x_{d2} - x_{t3} = \frac{D}{a}(2\lambda_d - 3\lambda_t)}$

③. Xác định số vân sáng tại M có tọa độ x_M:

$$x_s = k\frac{\lambda D}{a} = x_M \Rightarrow \lambda = \frac{a.x_M}{kD} \;;\; 0{,}38\,\mu m \le \frac{ax_M}{kD} \le 0{,}76\mu m \Rightarrow k$$

④. Xác định số vân tối tại M có tọa độ x_M:

$$x_t = (k+0{,}5)\frac{\lambda D}{a} = x_M \Rightarrow \lambda = \frac{a.x_M}{(k+0{,}5).D} \;;\; 0{,}38\,\mu m \le \frac{ax_M}{(k+0{,}5).D} \le 0{,}76\mu m \Rightarrow k$$

13. Thí nghiệm giao thoa đồng thời với hai bức xạ đơn sắc λ_1 và λ_2

⑪. Vân sáng trùng nhau của hai bức xạ: $x_{s1} = x_{s2} \Rightarrow k_1\frac{\lambda_1 D}{a} = k_2\frac{\lambda_2 D}{a} \Leftrightarrow \frac{k_1}{k_2} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{i_2}{i_1} = \frac{b}{c} = pstg$

$$\Rightarrow \begin{cases} k_1 = b.n \\ k_2 = c.n \end{cases} \Rightarrow \text{Tọa độ vân trùng: } \boxed{x_{\equiv} = b.n.\frac{\lambda_1 D}{a} = b.n.i_1} \text{ với } n = 0, \pm1, \pm2, ...$$

⑫. Vân tối trùng nhau của hai bức xạ: $x_{t1} = x_{t2}$

$$\Rightarrow (2k_1+1)\frac{\lambda_1 D}{2a} = (2k_2+1)\frac{\lambda_2 D}{2a} \Leftrightarrow \frac{2k_1+1}{2k_2+1} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{i_2}{i_1} = \frac{b}{c} = pstg$$

Nếu bài toán có nghiệm $\Rightarrow \begin{cases} 2k_1+1 = b(2n+1) \\ 2k_2+1 = c(2n+1) \end{cases}$

$$\Rightarrow \text{Tọa độ vân trùng: } \boxed{x_{\equiv} = b(2n+1)\frac{\lambda_1 D}{2a} = b(2n+1)\frac{i_1}{2}} \text{ với } n = 0, \pm1, \pm2, ...$$

⑬. Vân sáng của bức xạ λ_1 trùng với vân tối của bức xạ λ_2:

$$x_{s1} = x_{t2} \Rightarrow k_1\frac{\lambda_1 D}{a} = (2k_2+1)\frac{\lambda_2 D}{2a} \Rightarrow \frac{k_1}{2k_2+1} = \frac{\lambda_2}{2\lambda_1} = \frac{i_2}{2i_1} = \frac{b}{c} = pstg$$

Nếu bài toán có nghiệm $\Rightarrow \begin{cases} k_1 = b.(2n+1) \\ 2k_2+1 = c.(2n+1) \end{cases}$

$\Rightarrow$ Tọa độ vân trùng: $\boxed{x_{\equiv} = b.(2n+1).i_1}$ với $n = 0, \pm1, \pm2, ...$

14. Thí nghiệm đồng thời với ba bức xạ đơn sắc λ_1, λ_2 và λ_3

Vị trí ba vân sáng trùng nhau: $x_{s1} = x_{s2} = x_{s3} \Rightarrow k_1 i_1 = k_2 i_2 = k_3 i_3 \Leftrightarrow k_1\lambda_1 = k_2\lambda_2 = k_3\lambda_3$

$bk_1 = ck_2 = dk_3$

Tìm bội chung nhỏ nhất của (b, c, d) = A

Suy ra: $k_1 = \frac{A}{b}n; k_2 = \frac{A}{c}n; k_3 = \frac{A}{d}n$ với $n = 0, \pm1, \pm2, ...$

Toạ độ vân trùng: $\boxed{x_{\equiv} = k_1 i_1 = \frac{A}{b}n.i_1}$

CHỦ ĐỀ 3. QUANG PHỔ. CÁC LOẠI TIA

I. QUANG PHỔ

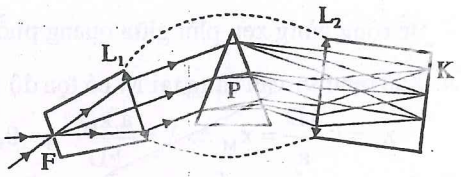
1. Máy quang phổ

a) Định nghĩa:

Máy quang phổ là dụng cụ để phân tích chùm sáng phức tạp thành những thành phần đơn sắc khác nhau. Nói khác đi, nó dùng để nhận biết các thành phần cấu tạo của một chùm sáng phức tạp do nguồn sáng phát ra.

b) Cấu tạo: Gồm 3 bộ phận chính

- Ống chuẩn trực: để tạo ra chùm sáng song song.
- Hệ tán sắc (Lăng kính P): dùng để tán sắc ánh sáng.
- Buồng ảnh (buồng tối): là bộ phận để thu quang phổ.



c) Ứng dụng:

- Dùng để phân tích quang phổ;
- Dùng để xác định nhiệt của nguồn sáng;
- Dùng để nhận biết sự có mặt của các nguyên tố hoá học trong hợp chất.

d) Nguyên tắc hoạt động của MQP lăng kính: Dựa trên ***hiện tượng tán sắc ánh sáng.***

⌧ **Chú ý:** Thực chất vạch quang phổ là ảnh của khe hẹp F.

2. Các loại quang phổ

2.1. Quang phổ liên tục

a) Định nghĩa: *Quang phổ liên tục là một dải có màu từ đỏ đến tím nối liền nhau một cách liên tục.*

Hay: Quang phổ gồm nhiều dải màu từ đỏ đến tím, nối liền nhau một cách liên tục.

- Quang phổ của ánh sáng trắng là một dải màu biến thiên liên tục từ đỏ đến tím.
- Quang phổ do ánh sáng Mặt Trời, dây tóc bóng đèn sợi đốt phát ra là quang phổ liên tục.

b) Đặc điểm:

- Quang phổ liên tục không phụ thuộc vào thành phần cấu tạo của nguồn sáng (vật phát sáng).
- Quang phổ liên tục chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ của vật.
- Quang phổ liên tục của các chất khác nhau ở cùng một nhiệt độ thì hoàn toàn giống nhau.
- Khi nhiệt độ tăng dần thì cường độ bức xạ càng mạnh và miền quang phổ lan dần từ bức xạ có bước sóng dài sang bức xạ có bước sóng ngắn.
- Sự phân bố độ sáng của các vùng màu khác nhau phụ thuộc vào nhiệt độ của vật. Nhiệt độ của vật càng cao thì vùng màu sáng nhất có bước sóng càng ngắn.

c) Nguồn phát: Do các vật rắn, lỏng, khí ở áp suất lớn bị nung nóng phát ra.

d) Ứng dụng:

- Đo nhiệt độ của các vật và đo nhiệt độ các nguồn sáng ở rất xa (VD: Mặt Trời, Sao,...)

2.2. Quang phổ vạch phát xạ

a) Định nghĩa: *Quang phổ vạch phát xạ là một hệ thống các vạch màu riêng rẽ trên nền tối.*

Hay: Quang phổ vạch phát xạ gồm các vạch màu riêng lẻ, ngăn cách nhau bằng các khoảng tối.

b) Đặc điểm:

- Quang phổ vạch phát xạ của các nguyên tố hoá học khác nhau thì rất khác nhau. Khác nhau về: số lượng vạch, vị trí các vạch, màu sắc các vạch, độ sáng tỉ đối giữa các vạch.
- Ví dụ:
  + Quang phổ vạch phát xạ của Hiđrô gồm 4 vạch: đỏ, lam, chàm, tím.
  + Quang phổ vạch phát xạ của hơi Natri gồm 2 vạch màu vàng rất sát nhau (vạch kép).

c) Nguồn phát: Do các khí hay hơi ở áp suất thấp, bị kích thích phát sáng phát ra.

d) Ứng dụng: Dùng để nhận biết sự có mặt của các nguyên tố có trong hợp chất.

2.3. Quang phổ vạch hấp thụ

a) Định nghĩa: *Quang phổ vạch hấp thụ là một hệ thống các vạch tối nằm trên nền của một quang phổ liên tục.*

Hay: Quang phổ vạch hấp thụ là quang phổ liên tục bị thiếu một số vạch màu đơn sắc.

b) Đặc điểm: Mỗi chất khác nhau có quang phổ vạch hấp thụ khác nhau về số lượng và vị trí các vạch.

c) Nguồn phát:

Muốn thu được quang phổ vạch hấp thụ của một đám khí hay hơi ta phải đặt nó trên đường đi của chùm sáng trắng phát ra từ một đèn điện có dây tóc nóng sáng chiếu đến khe của một máy quang phổ.

Điều kiện: Nhiệt độ của đám khí hay hơi hấp thụ phải thấp hơn nhiệt độ của nguồn phát ra quang phổ liên tục, nhưng cũng phải đủ cao để đám khí phát được các "vạch" ấy.

d) Ứng dụng:

- Dùng để nhận biết sự có mặt của các nguyên tố có trong hợp chất.

e) Hiện tượng đảo sắc các vạch quang phổ

- Hiện tượng nói lên mối liên hệ giữa QPV phát xạ và QPV hấp thụ gọi là *hiện tượng đảo vạch quang phổ (hay đảo sắc các vạch quang phổ).*
- Nếu nhiệt độ đám khí hay hơi hấp thụ đủ cao thì khi tắt ánh sáng của ngọn đèn nóng sáng, nền quang phổ liên tục biến mất; các vạch tối trong quang phổ hấp thụ trở thành các vạch màu trong các quang phổ vạch phát xạ.

f) Kết luận: *Ở một nhiệt độ nhất định, một đám hơi có khả năng phát ra những ánh sáng đơn sắc nào thì nó cũng có khả năng hấp thụ những ánh sáng đơn sắc đó.*

⌦ Chú ý:

- Quang phổ ánh sáng Mặt Trời do máy quang phổ ghi được trên Trái Đất là **quang phổ vạch hấp thụ** (của khí quyển Mặt Trời).
- Quang phổ của ánh sáng Mặt Trời là **quang phổ liên tục.**

3. Phép phân tích quang phổ

a) Định nghĩa: *Phép phân tích quang phổ là phép xác định thành phần của các chất dựa vào quang phổ của chúng.*

b) Những tiện lợi của phép phân tích quang phổ:

- Phép phân tích định tính: chỉ cần nhận biết sự có mặt của các nguyên tố trong mẫu, cho kết quả rất nhanh và đơn giản.

- Phép phân tích định lượng: cần xác định cả nồng độ của thành phần, cho kết quả rất nhạy, chính xác cao.

- Ưu điểm tuyệt đối của phép phân tích quang phổ là: xác định được cấu tạo, nhiệt độ của các vật ở rất xa như Mặt Trời, các ngôi sao,...

II. CÁC LOẠI TIA

1. Tia hồng ngoại (Hồng ngoại tức là ngoài vùng đỏ)

a) Định nghĩa: *Tia hồng ngoại là những bức xạ điện từ không nhìn thấy, có bước sóng lớn hơn bước sóng của ánh sáng đỏ* ($\lambda > 0{,}75\,\mu m$).

b) Bản chất: là sóng điện từ.

c) Nguồn phát: Do các vật ở nhiệt độ thấp, trên 0 (K).

- Để tia hồng ngoại có thể phát vào môi trường xung quanh thì nhiệt độ của vật phải lớn hơn nhiệt độ của môi trường xung quanh.
- Ví dụ: lò than, lò điện, đèn điện dây tóc,...

d) Tính chất:

- Tác dụng nhiệt → là tính chất nổi bật nhất;
- Gây ra một số phản ứng hoá học, tác dụng lên phim ảnh như phim chụp ảnh ban đêm,...
- Có thể biến điệu;
- Gây ra hiện tượng quang điện trong ở một số chất bán dẫn.

e) Ứng dụng:

- Sấy khô và sưởi ấm;
- Bộ điều khiển từ xa: điều khiển ti vi, thiết bị nghe nhìn,...
- Dùng để chụp ảnh ban đêm, chụp bề mặt Trái Đất từ trên cao,....
- Trong quân sự: chế tạo tên lửa tự tìm mục tiêu, quay phim, ống nhòm ban đêm,....

2. Tia tử ngoại (Tử ngoại tức là ngoài vùng tím)

a) Định nghĩa: *Tia tử ngoại là những bức xạ điện từ không nhìn thấy, có bước sóng ngắn hơn 0,38 μm đến cỡ 10^{-9} m (hay ngắn hơn bước sóng của ánh sáng tím* : $\lambda < 0{,}38\,\mu m$).

b) Bản chất: là sóng điện từ.

c) Nguồn phát: Do các vật nóng trên 2000^0C.

- Ví dụ: đèn cao áp thuỷ ngân, hồ quang điện, Mặt trời,…

d) Tính chất và tác dụng:

- Có tác dụng mạnh lên phim ảnh;
- Có thể làm phát quang một số chất;
- Có tác dụng ion hoá chất khí;
- Có khả năng gây ra một số phản ứng quang hoá, quang hợp;
- Có tác dụng gây hiệu ứng quang điện;
- Có tác dụng sinh lí: huỷ diệt tế bào, làm hại mắt, diệt khuẩn, diệt nấm mốc,...
- Bị thuỷ tinh, nước,… hấp thụ mạnh;
- Thạch anh thì gần như trong suốt (không hấp thụ) với các tia tử ngoại có bước sóng từ 0,18 μm đến 0,40 μm (vùng tử ngoại gần);
- Có tác dụng nhiệt.

e) Ứng dụng:

- Trong công nghiệp và kỹ thuật: Tìm vết nứt, vết xước trên các sản phẩm đúc, tiện,…
- Trong y học: chữa bệnh còi xương, diệt vi khuẩn, khử trùng,...

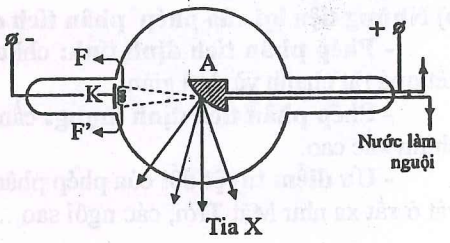
⌦ **Chú ý:** *Dụng cụ phát hiện ra tia hồng ngoại và tử ngoại là **pin nhiệt điện*** (dựa vào tác dụng nhiệt)

3. Tia Rơn-ghen (tia X)

a) Định nghĩa: *Tia X là bức xạ điện từ không nhìn thấy có bước sóng nhỏ hơn tia tử ngoại và lớn hơn bước sóng tia gamma* ($10^{-11}\text{m} \le \lambda \le 10^{-8}\text{m}$).

b) Bản chất: là sóng điện từ.

c) Nguồn phát: do ống Cu-lit-giơ phát ra (không do nhiệt độ).



- Ống Cu-lit-giơ là ống tia catôt gồm có 2 điện cực là A và K, trong đó A được làm bằng các kim loại có nguyên tử lượng lớn, khó nóng chảy như vônfram (W), bạch kim (Pt),…
- Hiệu điện thế giữa hai cực của ống: U_{AK} cỡ vài chục đến vài trăm kV.
- Áp suất trong ống: $p \sim 10^{-3}$ mmHg.

⌦ **Chú ý:** có thể tạo ra tia X bằng ống Rơn-ghen.

d) Cơ chế phát ra tia Rơnghen: Các êlectrôn trong chùm tia catôt được tăng tốc rất mạnh trong điện trường giữa anôt và catôt, khi đến đập vào anốt, sẽ xuyên sâu vào các lớp êlectrôn bên trong của vỏ nguyên tử của anốt. Tại đó chúng sẽ tương tác với các êlectrôn này hoặc là với hạt nhân nguyên tử và phát ra sóng điện từ có bước sóng rất ngắn (bức xạ hãm). Đó là các tia Rơn-ghen.

e) Tính chất (đặc điểm) của tia X:

- Có khả năng đâm xuyên mạnh → đây là tính chất nổi bật nhất;
- Có tác dụng mạnh lên phim ảnh, làm ion hoá không khí;
- Có tác dụng làm phát quang một số chất;
- Gây ra hiện tượng quang điện ở hầu hết các kim loại;
- Có tác dụng sinh lí: huỷ diệt tế bào, diệt vi khuẩn,....

f) Ứng dụng:

- Chụp điện, chiếu điện (chụp X quang);
- Chữa bệnh ung thư nông, gần ngoài da.
- Trong công nghiệp: kiểm tra chất lượng các vật đúc, tìm các vết nứt, các bọt khí (lỗ hổng) bên trong các vật kim loại, kiểm tra hành lí ở sân bay,...

⌦ **Chú ý:** Màn hình tivi thường làm rất dày để tránh tia X.

2. Thang sóng điện từ

a) Phân loại sóng điện từ: Sắp xếp theo thứ tự giảm dần của bước sóng (tăng dần của tần số):

Sóng vô tuyến → Tia hồng ngoại → Ánh sáng nhìn thấy → Tia tử ngoại → Tia X → Tia gamma.

Miền sóng điện từ	Bước sóng (m)
Sóng vô tuyến điện	$3.10^{4} \div 10^{-2}$
Tia hồng ngoại	$10^{-3} \div 7{,}6.10^{-7}$
Ánh sáng nhìn thấy	$7{,}6.10^{-7} \div 3{,}8.10^{-7}$
Tia tử ngoại	$3{,}8.10^{-7} \div 10^{-9}$
Tia X (Rơn-ghen)	$10^{-8} \div 10^{-11}$
Tia gamma γ	Dưới 10^{-11}

b) Đặc điểm:

- Các tia có bước sóng ngắn như tia tử ngoại, tia X, tia gamma có tính đâm xuyên mạnh, dễ tác dụng lên kính ảnh, dễ làm phát quang các chất, dễ làm iôn hoá không khí.
- Các tia có bước sóng dài như ánh sáng nhìn thấy,... lại dễ quan sát hiện tượng giao thoa,...

CHƯƠNG VI. LƯỢNG TỬ ÁNH SÁNG

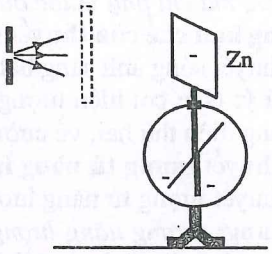
CHỦ ĐỀ 1. HIỆN TƯỢNG QUANG ĐIỆN

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

A. HIỆN TƯỢNG QUANG ĐIỆN NGOÀI

1. Hiện tượng quang điện ngoài

a) Định nghĩa: *Hiện tượng ánh sáng làm bật các êlectrôn ra khỏi bề mặt kim loại gọi là hiện tượng quang điện ngoài (gọi tắt là hiện tượng quang điện).*



Các êlectrôn bật ra khỏi bề mặt kim loại gọi là các ***êlectrôn quang điện*** (hay quang êlectrôn).

b) Thí nghiệm Hecxơ (Hertz):

- Chiếu ánh sáng hồ quang (giàu tia tử ngoại) vào một tấm kẽm (Zn) tích điện âm gắn trên một điện nghiệm thì thấy hai lá của điện nghiệm cụp lại → chứng tỏ kẽm đã mất điện tích âm.
- Chắn tia tử ngoại của hồ quang bằng một bản thuỷ tinh, thì hiện tượng trên không xảy ra.
- Hiện tượng cũng không xảy ra nếu tấm kẽm tích điện dương.
- Thay kẽm bằng các kim loại khác như đồng, nhôm,... làm thí nghiệm ta thu được kết quả tương tự như trên.

Vậy: Khi chiếu một chùm sáng thích hợp (có bước sóng ngắn) vào một tấm kim loại thì các êlectrôn trên mặt kim loại đó bị bật ra.

2. Thí nghiệm với tế bào quang điện – các kết quả chính của thí nghiệm

*** Dòng quang điện:** Khi chiếu vào catôt ánh sáng thích hợp có bước sóng ngắn sẽ xuất hiện dòng quang điện. Dòng quang điện là dòng chuyển dời có hướng của các êlectrôn bật ra khỏi catốt (bằng kim loại) bay từ catôt sáng anôt, dòng quang điện có chiều từ anôt sang catôt dưới tác dụng của điện trường giữa A và K.

*** Về bước sóng ánh sáng:** Đối với mỗi kim loại dùng làm catôt có một bước sóng λ_0 xác định, gọi là giới hạn quang điện. Hiện tượng quang điện chỉ xảy ra khi ánh sáng kích thích có bước sóng nhỏ hơn hoặc bằng giới hạn quang điện.

*** Đường đặc trưng Vôn – Ampe:** là đường biểu diễn sự biến thiên của cường độ dòng quang điện theo hiệu điện thế giữa anôt và catôt (U_{AK}) → $I = f(U_{AK})$. Đường V – A có đặc điểm:

- Lúc $U_{AK} > 0$: Bắt đầu tăng U_{AK} thì dòng quang điện cũng tăng. Tới một giá trị nào đó I đạt tới một giá trị bão hoà I_{bh}, nếu tiếp tục tăng U_{AK} thì I không tăng nữa.
- Lúc $U_{AK} < 0$: Dòng quang điện không triệt tiêu ngay. Phải đặt giữa A và K một hiệu điện thế âm là $-U_h$ nào đó thì I mới triệt tiêu hoàn toàn. U_h gọi là hiệu điện thế hãm.

*** Cường độ dòng quang điện bão hoà:** Cường độ dòng quang điện bão hoà tỉ lệ thuận với cường độ của chùm sáng kích thích.

$$\boxed{I_{bh} = n_e.e}$$

(n_e là số êlectrôn bật ra khỏi catốt trong 1 giây)

*** Hiệu điện thế hãm (U_h):**

- Phụ thuộc vào bước sóng của ánh sáng kích thích và bản chất của kim loại làm catôt.
- Không phụ thuộc vào cường độ chùm sáng kích thích.
- Biểu thức: $\boxed{e.U_h = \frac{1}{2}m_e.v_{0max}^2}$

⌧ **Chú ý:** Nếu ánh sáng kích thích có bước sóng lớn hơn giới hạn quang điện thì chùm sáng có cường độ rất mạnh cũng không gây ra hiện tượng quang điện.

3. Các định luật quang điện

a) Định luật quang điện thứ nhất: *Giới hạn quang điện*

Hiện tượng quang điện chỉ xảy ra khi ánh sáng kích thích chiếu vào kim loại có bước sóng nhỏ hơn hoặc bằng bước sóng λ_0. λ_0 được gọi là giới hạn quang điện của kim loại đó.

$$\boxed{\lambda \le \lambda_0}$$

b) Định luật quang điện thứ hai: *Cường độ dòng quang điện bão hoà*

Đối với mỗi ánh sáng thích hợp (có $\lambda \le \lambda_0$), cường độ dòng quang điện bão hoà tỉ lệ thuận với cường độ của chùm sáng kích thích.

c) Định luật quang điện thứ ba: *Động năng ban đầu cực đại của quang electron*

Động năng ban đầu cực đại của quang electron không phụ thuộc cường độ của chùm sáng kích thích, mà chỉ phụ thuộc bước sóng ánh sáng kích thích và bản chất của kim loại.

4. Những hạn chế của thuyết sóng ánh sáng

Thuyết sóng ánh sáng bất lực trước việc giải thích các định luật quang điện

⌦ **Chú ý:** Nếu coi hiện tượng quang điện đã xảy ra thì thuyết sóng ánh sáng giải thích được định luật quang điện thứ hai, về cường độ dòng quang điện bão hoà.

5. Giả thuyết lượng tử năng lượng của Planck (Plăng)

Thuyết lượng tử năng lượng do nhà bác học M. Plăng đề xướng năm 1900

*** Nội dung:** *Lượng năng lượng mà mỗi lần một nguyên tử hay phân tử hấp thụ hay phát xạ có giá trị hoàn toàn xác định, gọi là lượng tử năng lượng. Lượng tử năng lượng, kí hiệu là ε, có giá trị bằng:*

$$\boxed{\varepsilon = hf}$$

Trong đó: f là tần số ánh sáng, h là hằng số Plăng: $h = 6{,}625.10^{-34}$(J.s)

⌦ **Chú ý:** Khi ánh sáng truyền đi các lượng tử năng lượng không đổi ($\varepsilon = hf$) và không phụ thuộc vào khoảng cách tới nguồn sáng.

6. Thuyết lượng tử ánh sáng. Phôtôn

* Năm 1905 Anh-xtanh đề xuất thuyết lượng tử ánh sáng (thuyết phôtôn) có nội dung:

• Ánh sáng được tạo thành bởi các hạt gọi là phôtôn.

• Với mỗi ánh sáng đơn sắc có tần số f, các phôtôn đều giống nhau, mỗi phô tôn mang năng lượng bằng hf.

• Trong chân không, phôtôn bay dọc theo tia sáng với tốc độ $c = 3.10^8$ m/s.

• Mỗi lần một nguyên tử hay phân tử phát xạ hoặc hấp thụ ánh sáng thì chúng phát ra hay hấp thụ một phôtôn.

⌦ **Chú ý:** Phôtôn chỉ tồn tại trong trạng thái chuyển động, không có phôtôn đứng yên.

7. Công thức Anh-xtanh về hiện tượng quang điện

* Anh-xtanh cho rằng: hiện tượng quang điện xảy ra là do êlectrôn trong kim loại hấp thụ một phô tôn của ánh sáng kích thích, phôtôn mang năng lượng $\varepsilon = hf$ truyền toàn bộ cho một êlectrôn dùng để:

- Cung cấp cho êlectrôn một công A, gọi là công thoát, để êlectrôn thắng được liên kết với mạng tinh thể và thoát ra khỏi bề mặt kim loại;
- Truyền cho êlectrôn đó một động năng ban đầu;
- Truyền một phần năng lượng cho mạng tinh thể.

* Xét êlectrôn nằm ngay trên bề mặt kim loại thì nó có thể thoát ra ngay mà không mất năng lượng truyền cho mạng tinh thể → có động năng ban đầu là cực đại $\frac{1}{2}mv_{0max}^2$.

Áp dụng định luật bảo toàn năng lượng, ta có: $\varepsilon = A + \frac{1}{2}mv_{0max}^2$

$$\boxed{hf = \frac{hc}{\lambda} = A + \frac{1}{2}mv_{0max}^2}$$

*** Công thoát:** $\boxed{A = \frac{hc}{\lambda_0}}$

8. Lưỡng tính sóng – hạt của ánh sáng

Ánh sáng là sóng điện từ, có lưỡng tính sóng – hạt.

- Sóng điện từ có bước sóng ngắn, năng lượng lớn: thể hiện tính chất hạt rõ nét, tính chất sóng mờ nhạt. Những biểu hiện của tính chất hạt là khả năng đâm xuyên, tác dụng quang điện, tác dụng iôn hoá, tác dụng phát quang.
- Sóng điện từ có bước sóng dài, năng lượng nhỏ: thể hiện tính chất sóng rõ nét, như hiện tượng giao thoa, hiện tượng tán sắc,…

B. HIỆN TƯỢNG QUANG ĐIỆN TRONG

1. Hiện tượng quang điện trong

- Hiện tượng tạo thành các electron dẫn và lỗ trống trong bán dẫn, do tác dụng của ánh sáng có bước sóng thích hợp, gọi là hiện tượng quang điện trong.

- Điều kiện gây ra hiện tượng quang điện trong: $\lambda \le \lambda_o$ (λ_0: giới hạn quang điện của bán dẫn)

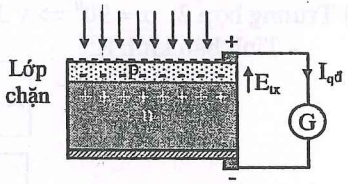
2. Hiện tượng quang dẫn

- Hiện tượng giảm điện trở suất, tức là tăng độ dẫn điện của bán dẫn, khi có ánh sáng thích hợp chiếu vào gọi là hiện tượng quang dẫn.

- Giải thích: dựa vào hiện tượng quang điện trong

3. Quang điện trở và pin quang điện

3.1. Quang điện trở (LDR)



a) Định nghĩa: Quang điện trở là một tấm bán dẫn có giá trị điện trở thay đổi khi cường độ chùm sáng chiếu vào nó thay đổi.

b) Nguyên tắc hoạt động: dựa vào hiện tượng quang điện trong

c) Ứng dụng:

- Lắp với các mạch khuếch đại trong các thiết bị điều khiển bằng ánh sáng, máy đo ánh sáng

3.2. Pin quang điện (Pin Mặt Trời)

a) Định nghĩa: Pin quang điện là nguồn điện, trong đó quang năng được biến đổi trực tiếp thành điện năng.

b) Nguyên tắc hoạt động: dựa vào hiện tượng quang điện trong và lớp tiếp xúc p - n.

c) Hiệu suất của pin quang điện: khoảng 10%.

d) Suất điện động: từ 0,5 V đến 0,8 V.

e) Ứng dụng:

- Cung cấp điện trong sinh hoạt;
- Máy đo ánh sáng;
- Dùng ở máy tính bỏ túi, vệ tinh nhân tạo, ô tô, máy bay,...

II. CÔNG THỨC GIẢI NHANH

✲ Công thức cơ bản

1. Lượng tử năng lượng (ε): $\boxed{\varepsilon = hf = \frac{hc}{\lambda}}$

2. Giới hạn quang điện

+ Bước sóng giới hạn: $\boxed{\lambda_0 = \frac{hc}{A}}$ (A: công thoát, đơn vị J)

+ Tần số giới hạn: $\boxed{f_0 = \frac{A}{h}}$

+ Điều kiện xảy ra quang điện: $\lambda \le \lambda_0$; $f \ge f_0$

3. Hiệu điện thế hãm ($U_h > 0$): $\boxed{e.U_h = \frac{1}{2}mv_{0max}^2}$

Điều kiện để dòng quang điện bị triệt tiêu ($I = 0$): $U_{AK} \le -U_h$

4. Cường độ dòng quang điện bão hòa (I_{bh}): $\boxed{I_{bh} = n_e.e}$

5. Công thức Anhxtanh về hiện tượng quang điện

$$\boxed{\varepsilon = hf = \frac{hc}{\lambda} = A + \frac{1}{2}mv_{0max}^2}$$

6. Công suất phát xạ của nguồn sáng (P): $\boxed{P = n_\lambda.\varepsilon}$

7. Hiệu suất lượng tử (Hiệu suất quang điện): $\boxed{H = \frac{n_e}{n_\lambda} = \frac{N_e}{N_\lambda}}$

n_e, n_λ : lần lượt là số hạt êlectrôn bật ra khỏi catốt và số phôtôn tới catốt trong 1 s.

*** Một số dạng bài tập điển hình và công thức giải nhanh**

1. Dạng 1: Chuyển động của electron trong từ trường đều

Khi hạt electron chuyển động trong từ trường đều thì chịu tác dụng của lực lorenxơ

$$\boxed{f_L = evB\sin\alpha} \text{ với } \alpha = (\vec{v}, \vec{B})$$

a) Trường hợp 1: $\alpha = 0 \Rightarrow \vec{v} \uparrow\uparrow \vec{B} \Rightarrow$ Hạt êlectrôn chuyển động thẳng đều: $x = v.t$

b) Trường hợp 2: $\alpha = 90^0 \Rightarrow \vec{v} \perp \vec{B} \Rightarrow$ Êlectrôn chuyển động tròn đều có bán kính R.

- Tính bán kính R:

$$\boxed{R = \frac{mv}{eB}}$$

- Bán kính cực đại: $\boxed{R_{max} = \frac{mv_{0max}}{eB} = \frac{1}{eB}\sqrt{2m\left(\frac{hc}{\lambda} - A\right)}}$

- Tính chu kì và tần số quay:

$$\boxed{\omega = \frac{v}{R} = \frac{eB}{m}} \Rightarrow \boxed{T = \frac{1}{f} = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi m}{eB}}$$

c) TH 3: $0^0 < \alpha < 90^0 \Rightarrow$ Quỹ đạo của êlectrôn có dạng đường đinh ốc (giống lò xo)

- Tính bán kính cực đại của đường ốc: $\boxed{R_{max} = \frac{mv_{0max}.\sin\alpha}{eB}}$

- Tính bước ốc (bước xoắn): $\boxed{h = v\cos\alpha.T = \frac{2\pi m}{eB}.v.\cos\alpha} \Rightarrow \boxed{h_{max} = \frac{2\pi m}{eB}.v_{0max}\cos\alpha}$

2. Dạng 2: Chuyển động của êlectrôn trong điện trường

a) <u>Bài toán 1</u>: Tính vận tốc cực đại của êlectrôn khi đến anôt A

$$\boxed{v_{Amax} = \sqrt{v_{0max}^2 + \frac{2eU_{AK}}{m}}}$$

b) <u>Bài toán 2</u>: Tính khoảng rời xa bản kim loại nhất của electron

$$\frac{1}{2}mv_{0max}^2 = eEd_{max} \Rightarrow \boxed{d_{max} = \frac{1}{eE}.\frac{1}{2}mv_{0max}^2 = \frac{1}{eE}\left(\frac{hc}{\lambda} - A\right)}$$

c) <u>Bài toán 3</u>: Tính bán kính lớn nhất của vùng êlectrôn khi đến anôt

$$\begin{cases} x = v_{0max}.t \\ y = \frac{1}{2}.\frac{eU_{AK}}{md}.t^2 \end{cases}$$ khi êlectrôn đến anôt ta có: $\begin{cases} t = \tau \\ y = d \\ x = R \end{cases}$

Tính được: $\tau = d\sqrt{\frac{2m}{eU_{AK}}} \Rightarrow \boxed{R = v_{0max}.d\sqrt{\frac{2m}{eU_{AK}}}}$

- Nếu cho: d, U_h, $U_{AK} > 0$

$$\boxed{R = 2d\sqrt{\frac{U_h}{U_{AK}}}}$$

d) Bài toán 4: Tìm điều kiện để êlectrôn chuyển động thẳng đều

$\boxed{\vec{E} \perp \vec{B}}$ và $\boxed{E = v.B}$

e) Bài toán 5: Tính điện thế cực đại của quả cầu cô lập về điện

$$e.V_{max} = \frac{1}{2}mv_{0max}^2 = \frac{hc}{\lambda} - A \Rightarrow \boxed{V_{max} = \frac{1}{e}\left(\frac{hc}{\lambda} - A\right)}$$

⌦ Chú ý:

- Khi chiếu lần lượt các bức xạ có bước sóng λ_1, λ_2,..., λ_n vào quả cầu thì điện thế cực đại lần lượt là V_1, V_2,..., V_n. Nếu chiếu đồng thời các bức xạ đó vào quả cầu thì điện thế cực đại của quả cầu là V_{max} ứng với λ_{min} (hay f_{max}).

- Điện tích cực đại của quả cầu: $V = k\frac{Q}{R} \Rightarrow \boxed{Q_{max} = \frac{R}{k}.V_{max}}$ (R: bán kính quả cầu, $k = 9.10^9$)

- Nối quả cầu với một điện trở R và một đầu điện trở nối đất:

$$\boxed{I_{max} = \frac{V_{max}}{R}}$$

CHỦ ĐỀ 2. TIA X

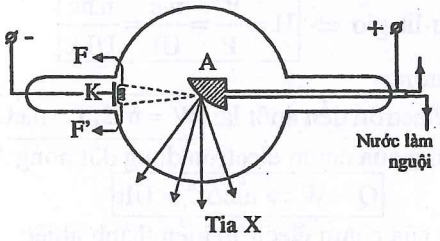
⓫. BÀI TẬP VỀ TIA X (RƠN-GHEN)

✲ Công thức cơ bản

Gọi v_0 là vận tốc của êlectrôn khi bật ra khỏi catôt (K)

v là vận tốc của êlectrôn khi đến anốt của ống Cu-lit-giơ.

$U = U_{AK}$ ($U > 0$) là hiệu điện thế đặt vào hai cực của ống Cu-lit-giơ.



(Ống Cu-lit-giơ)

1. Nếu vận tốc ban đầu của êlectrôn khi bật ra khỏi catôt là đáng kể ($v_0 \neq 0$):

$$\boxed{\frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_{0max}^2 = eU}$$

2. Nếu vận tốc ban đầu của êlectrôn khi bật ra khỏi catôt không đáng kể ($v_0 = 0$):

Động năng của êlectrôn khi đến A là

$$\boxed{E_d = \frac{1}{2}mv^2 = eU}$$

3. Động năng của một êlectrôn đến A dùng vào hai việc: đốt nóng đối âm cực (Q) và chuyển thành năng lượng tia X ($\varepsilon = hf = \frac{hc}{\lambda}$): $\boxed{E_d = Q + \varepsilon = Q + hf = Q + \frac{hc}{\lambda}}$

4. Công thức tính nhiệt lượng:

$$\boxed{Q = mc\Delta t^0}$$

m: khối lượng (kg); c: nhiệt dung riêng (J/kg.K); $\Delta t^0 = t_2^0 - t_1^0$: độ biến thiên nhiệt độ.

✵ Một số dạng bài tập điển hình và công thức giải nhanh

Các dạng dưới đây áp dụng cho trường hợp bỏ qua động năng của êlectrôn khi bật ra khỏi catôt.

Dạng 1: Tính động năng, vận tốc của êlectrôn khi đến anốt của ống Cu-lit-giơ:

- Động năng: $\boxed{E_d = \frac{1}{2}mv^2 = eU}$
- Tốc độ của êlectrôn khi chuyển động đến A: $\boxed{v = \sqrt{\frac{2E_d}{m}} = \sqrt{\frac{2eU}{m}}}$

Dạng 2: Tính bước sóng nhỏ nhất của tia X phát ra $\Rightarrow$ $\boxed{\lambda_{min} = \frac{hc}{eU}}$

⌧Lưu ý: Để làm tăng "độ cứng" của tia X tức là làm giảm bước sóng của nó thì ta phải tăng hiệu điện thế giữa hai đầu của ống.

$$\boxed{\frac{\lambda'_{min}}{\lambda_{min}} = \frac{U}{U + \Delta U}}$$

Dạng 3: Tính tần số lớn nhất của tia X phát ra $\Rightarrow$ $\boxed{f_{max} = \frac{eU}{h}}$

Dạng 4: Tính hiệu điện thế tối thiểu U_{min} để ống phát ra tia X có bước sóng λ $\Rightarrow$ $\boxed{U_{min} = \frac{hc}{e\lambda}}$

Dạng 5: Tính công suất điện tiêu thụ của ống $\Rightarrow$ $\boxed{P = UI}$

I là cường độ dòng điện chạy qua ống: $I = n_e.e$

Dạng 6: Tính hiệu suất ống Cu-lit-giơ $\Rightarrow$ $\boxed{H = \frac{P'}{P} = \frac{n.\varepsilon}{UI} = \frac{n.hc}{UI.\lambda}}$

Dạng 7: Liên quan đến nhiệt lượng

- Năng lượng của dòng êlectrôn đến anôt là: $\boxed{W = n.E_d.t = n.eU.t = UIt}$
- Giả sử toàn bộ động năng của chùm êlectrôn dùng đốt nóng A (thành nhiệt):

$$\boxed{Q = W \Rightarrow mc\Delta t^0 = UIt}$$

- Giả sử a(%) động năng của chùm êlectrôn biến thành nhiệt:

$$\boxed{Q = a(\%)W \Rightarrow mc\Delta t^0 = a(\%)UIt}$$

Dạng 8. Tính lưu lượng của dòng nước $\Rightarrow$ $\boxed{L = \frac{V}{t}}$

Thường gặp: $Q = UIt = mc.\Delta t^0 = VDc.\Delta t^0 \Rightarrow L = \frac{V}{t} = \frac{UI}{Dc.\Delta t^0}$ (D: khối lượng riêng của nước)

CHỦ ĐỀ 2. MẪU NGUYÊN TỬ BOHR QUANG PHỔ NGUYÊN TỬ HIĐRÔ

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

1. Mẫu hành tinh nguyên tử của Rơ-dơ-pho:

a) Thí nghiệm: Dùng chùm hạt anpha bắn vào lá vàng mỏng, khẳng định nguyên tử có hạt nhân.

b) Nội dung: "Nguyên tử gồm hạt nhân mang điện tích dương ở giữa, xung quanh có các hạt êlectrôn chuyển động giống như các hành tinh chuyển động xung quanh Mặt Trời"

c) Những hạn chế các mẫu nguyên tử trên:

- Không giải thích được sự bền vững của nguyên tử;
- Không giải thích được sự tạo thành quang phổ vạch của các nguyên tử.

2. Mẫu nguyên tử Bo (Bohr, nhà Vật lí Đan Mạch)

Năm 1913, Nhà bác học Bo đã vận dụng tinh thần thuyết lượng tử và vẫn kế thừa mẫu hành tinh nguyên tử, ông đưa ra mẫu nguyên tử mới và đưa thêm vào hai tiên đề:

a) Tiên đề 1: Tiên đề về các trạng thái dừng

▫ **Nội dung:** Nguyên tử chỉ tồn tại trong những trạng thái có năng lượng xác định, gọi là trạng thái dừng. Trong các trạng thái dừng, nguyên tử không bức xạ.

▫ **Hệ quả:** Trong các trạng thái dừng của nguyên tử, êlectrôn chỉ chuyển động trên các quỹ đạo có bán kính hoàn toàn xác định, gọi là quỹ đạo dừng.

⌦ **Chú ý:**

Năng lượng của nguyên tử ở trạng thái dừng bao gồm động năng của các êlectrôn và thế năng tương tác giữa các êlectrôn với hạt nhân. Để tính toán năng lượng của êlectrôn Bo vẫn dùng mẫu hành tinh nguyên tử.

Quỹ đạo lớn có năng lượng lớn và ngược lại, nguyên tử có năng lượng càng nhỏ càng bền vững.

Xét nguyên tử Hiđrô

- Bán kính quỹ đạo dừng: $\boxed{r_n = n^2 r_0}$

Với: n = 1,2,3,.....; $r_0 = 0,53A^0 = 5,3.10^{-11}$m: bán kính quỹ đạo Bo (ở quỹ đạo K)

- Mức năng lượng của nguyên tử hiđrô: luôn âm được xác định

$$\boxed{E_n = -\frac{E_0}{n^2}}$$

Với: $E_0 = 13,6$ (eV) $= 2,176.10^{-18}$(J): năng lượng ion hoá nguyên tử hiđrô

Số lượng tử n	1	2	3	4	5	6	...	∞
Tên quỹ đạo	K	L	M	N	O	P	...	
Bán kính quỹ đạo	r_0	$4r_0$	$9r_0$	$16r_0$	$25r_0$	$36r_0$		
Mức năng lượng (eV)	-13,6	-3,4	-1,51	-0,85	-0,544	-0,378	...	0
Trạng thái	Cơ bản	KT1	KT2	KT3	KT4	KT5	...	

b) Tiên đề 2: Tiên đề bức xạ và hấp thụ

▫ **Bức xạ:** Khi nguyên tử chuyển từ trạng thái dừng có mức năng lượng cao (E_n) sang trạng thái dừng có mức năng lượng thấp (E_m) thì nguyên tử phát ra một phôtôn có năng lượng đúng bằng hiệu $E_n - E_m$: $\varepsilon = E_n - E_m = h.f_{nm}$ (f_{mn} là tần số của ánh sáng ứng với phôtôn đó).

$$\boxed{E_n - E_m = hf_{nm} = \frac{hc}{\lambda_{nm}}}$$

▫ **Hấp thụ:** ngược lại, nếu nguyên tử đang ở trạng thái có mức năng lượng thấp (E_m) mà hấp thụ một phôtôn có năng lượng hf_{nm} bằng hiệu $E_n - E_m$ thì nó chuyển lên trạng thái dừng có mức năng lượng (E_n) lớn hơn.

⌦ **Chú ý:** $\varepsilon \neq E_n - E_m$ thì nguyên tử không hấp thụ phôtôn, không chuyển mức năng lượng.

3. Quang phổ vạch của nguyên tử Hiđrô

3.1. Quang phổ vạch phát xạ của nguyên tử hiđrô

- **Dãy Lai-man (Lyman):** gồm các vạch trong ***vùng tử ngoại.***
- **Dãy Ban-me (Balmer):** gồm các vạch quang phổ nằm trong vùng ***tử ngoại*** và 4 vạch trong ***vùng ánh sáng nhìn thấy*** (Đỏ: H_α; Lam: H_β; Chàm: H_γ; Tím: H_δ).
- **Dãy Pa-sen (Paschen):** gồm các vạch quang phổ trong ***vùng hồng ngoại.***

3.2. Giải thích sự tạo thành quang phổ vạch của nguyên tử hiđrô

a) Sự tạo thành vạch quang phổ

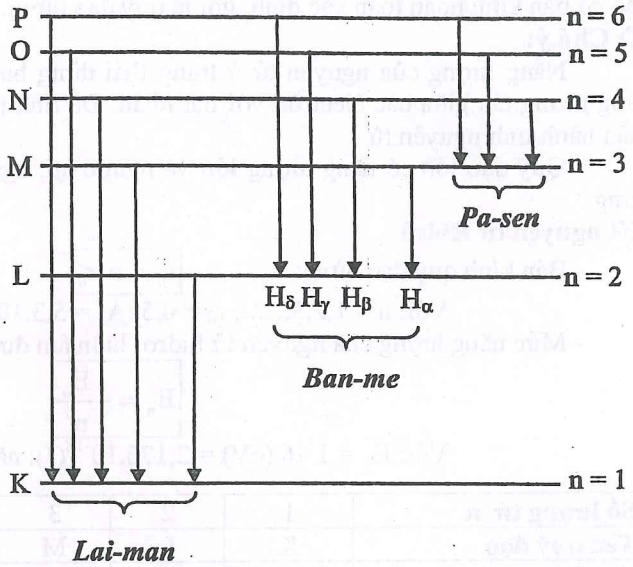
- Ở trạng thái bình thường (cơ bản) nguyên tử hiđrô có năng lượng thấp nhất, êlectrôn chuyển động trên quỹ đạo K.
- Khi nguyên tử được kích thích, êlectrôn chuyển lên các quỹ đạo có mức năng lượng cao hơn: L, M, N, ..

- Nguyên tử sống trong trạng thái kích thích trong thời gian rất ngắn (khoảng 10^{-8}s). Sau đó êlectrôn chuyển về các quỹ đạo bên trong và phát ra các phôtôn.

- Mỗi êlectrôn chuyển từ quỹ đạo có mức năng lượng cao xuống mức năng lượng thấp thì nó phát ra một phôtôn có năng lượng bằng hiệu mức năng lượng ứng với hai quỹ đạo đó: $hf = E_{cao} - E_{thấp}$

- Mỗi phôtôn có tần số f lại ứng với một sóng ánh sáng đơn sắc có bước sóng λ: tạo thành một vạch: $\lambda = \frac{c}{f}$.

- Mỗi sóng ánh sáng đơn sắc lại cho một vạch quang phổ có một màu nhất định. Vì vậy quang phổ là quang phổ vạch.



b) Sự tạo thành dãy quang phổ

*** Sự tạo thành dãy Lai-man:** do sự chuyển của êlectrôn từ các quỹ đạo bên ngoài (L, M, N,...) về quỹ đạo K; ứng với sự chuyển mức năng lượng từ E_2, E_3,.... về E_1.

*** Sự tạo thành dãy Ban-me:** do sự chuyển quỹ đạo của êlectrôn từ các quỹ đạo bên ngoài (M, N, O, ...) về quỹ đạo L; ứng với sự chuyển mức năng lượng từ E_3, E_4, ... về E_2.

+ *Vạch đỏ:* $H_\alpha (\lambda_\alpha = 0{,}6563\mu m)$: $M \to L$

+ *Vạch lam:* $H_\beta (\lambda_\beta = 0{,}4861\mu m)$: $N \to L$

+ *Vạch chàm:* $H_\gamma (\lambda_\gamma = 0{,}4340\mu m)$: $O \to L$

+ *Vạch tím:* $H_\delta (\lambda_\delta = 0{,}4102\mu m)$: $P \to L$

*** Sự tạo thành dãy Pa-sen:** do sự chuyển quỹ đạo của êlectrôn từ các quỹ đạo bên ngoài (N, O, P,...) về quỹ đạo M ứng với sự chuyển mức năng lượng từ E_4, E_5,.....về E_3.

II. CÔNG THỨC GIẢI NHANH

✵ Công thức cơ bản

1. Công thức Bo: $\boxed{\varepsilon_{nm} = E_n - E_m = hf_{nm} = \frac{hc}{\lambda_{nm}}}$

2. Bán kính quỹ đạo dừng thứ n: $\boxed{r_n = n^2.r_0}$ với $r_0 = 5{,}3.10^{-11}$ m; n = 0, 1, 2,...

3. Mức năng lượng của nguyên tử hiđrô: $\boxed{E_n = -\frac{E_0}{n^2} = -\frac{2{,}17.10^{-18}}{n^2}(J) = -\frac{13{,}6}{n^2}(eV)}$

Với $E_0 = 13{,}6$ eV $= 2{,}17.10^{-18}$ J; n = 0, 1, 2,...

✵ Một số dạng bài tập điển hình và công thức giải nhanh

1. Dạng 1: Xác định bước sóng và tần số của vạch phổ trong nguyên tử hiđrô

①. Cho bước sóng của hai vạch. Tìm bước sóng của vạch thứ ba:

$$\boxed{\frac{1}{\lambda_{nm}} = \frac{1}{\lambda_{nx}} + \frac{1}{\lambda_{xm}}} \Rightarrow \boxed{f_{nm} = f_{nx} + f_{xm}}$$

②. Xác định bước sóng và tần số của một vạch quang phổ bất kì trong nguyên tử hiđrô:

$$\boxed{\frac{1}{\lambda_{nm}} = R_H\left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2}\right)} \Rightarrow \boxed{f_{nm} = \frac{c}{\lambda_{nm}}} \text{ với } n > m;$$

Hằng số Rydberg (Ritbec): $R_H = 1{,}097.10^7$ (m^{-1})

- Dãy Lai-man: m = 1; n = 2, 3, 4,... ∞ (Vạch đầu tiên n = 2, vạch cuối cùng n = ∞)
- Dãy Ban-me: m = 2; n = 3, 4, 5,... ∞ (Vạch đầu tiên n = 3, vạch cuối cùng n = ∞)
- Dãy Pa-sen: m = 3; n = 4, 5, 6,... ∞ (Vạch đầu tiên n = 4, vạch cuối cùng n = ∞)

Chú ý: Vạch đầu tiên trong các dãy là vạch có bước sóng dài nhất, vạch cuối cùng trong các dãy là vạch có bước sóng ngắn nhất.

$$\boxed{\lambda_{min} = \frac{m^2}{R_H}}$$

Trong quang phổ vạch của nguyên tử hiđrô, vạch quang phổ có bước sóng ngắn nhất là vạch cuối cùng trong dãy Lai-man: $\lambda_{min} \approx 0,0912\mu m$.

2. Dạng 2: Số phôtôn tối đa hoặc số vạch quang phổ tối đa mà nguyên tử có thể phát ra khi đang ở trạng thái kích thích

$$\boxed{N_{max} = \frac{n(n-1)}{2}}$$

+ Trạng thái kích thích thứ nhất (L): n = 2
+ Trạng thái kích thích thứ hai (M): n = 3
+ Trạng thái kích thích thứ ba (N): n = 4;.....

3. Dạng 3: Tính vận tốc và chu kì quay của electron trên quỹ đạo dừng thứ n

- Vận tốc: $k\frac{e^2}{r^2} = m\frac{v^2}{r} \Rightarrow \boxed{v_n = e\sqrt{\frac{k}{mr}} = \frac{e}{n}\sqrt{\frac{k}{mr_0}} \approx \frac{2,2.10^6}{n}(m/s)} \Rightarrow v \sim \frac{1}{n}$
- Chu kì và tần số quay: $v = \omega.r \Rightarrow \omega = \frac{v}{r} \Rightarrow \boxed{T = \frac{1}{f} = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi r}{v}} \Rightarrow T \sim n^3$

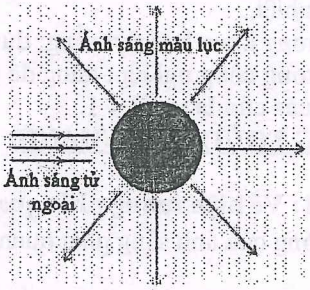
CHỦ ĐỀ 3. SỰ PHÁT QUANG. LAZE

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

1. Hiện tượng phát quang

a) Sự phát quang:

+ Có một số chất khi ở thể rắn, lỏng hoặc khí hấp thụ năng lượng dưới dạng nào đó có khả năng phát ra bức xạ điện từ nhìn thấy, được gọi là ***sự phát quang***.



+ Mỗi chất phát quang có một quang phổ đặc trưng của nó.

+ Sau khi ngừng kích thích, sự phát quang của một số chất còn tiếp tục kéo dài thêm một khoảng thời gian nữa rồi dừng hẳn.

+ Thời gian phát quang: ***Khoảng thời gian từ lúc ngừng kích thích đến lúc ngừng phát quang được gọi là thời gian phát quang.***

b) Các dạng phát quang: huỳnh quang và lân quang

+ Hiện tượng quang phát quang: là hiện tượng một chất có khả năng hấp thụ ánh sáng kích thích có bước sóng này để phát ra các ánh sáng có bước sóng khác.

+ Phân loại: căn cứ vào thời gian phát quang người ta phân hiện tượng quang phát quang thành 2 loại là huỳnh quang và lân quang.

- **Huỳnh quang:** là sự phát quang có thời gian phát quang rất ngắn ($t < 10^{-8}s$)
  Nghĩa là ánh sáng phát quang hầu như tắt ngay sau khi tắt ánh sáng kích thích.
  Xảy ra đối với chất lỏng và chất khí.
- **Lân quang:** là sự phát quang có thời gian phát quang dài ($t > 10^{-8}s$)
  Xảy ra đối với chất rắn. Các chất rắn phát quang loại này được gọi là ***chất lân quang***.

c) Định luật Xtốc về sự phát quang:

Ánh sáng phát quang có bước sóng λ' dài hơn bước sóng của ánh sáng kích thích λ.

$$\boxed{\lambda' > \lambda} \text{ hay } \lambda_{pq} > \lambda_{kt},\ f_{pq} < f_{kt}$$

d) Ứng dụng của sự phát quang: Được ứng dụng nhiều trong khoa học, đời sống như:

+ Sử dụng trong các bóng đèn để thắp sáng
+ Trong các màn hình của: dao động kí điện tử, tivi, vi tính,...
+ Sự phát quang trên các biển báo giao thông
+ Kim đồng hồ

2. Sơ lược về LAZE

a) Khái quát về laze: Laze là thuật ngữ phiên âm từ tiếng Anh **LASER: "Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation"**, có nghĩa là sự khuếch đại ánh sáng bằng phát xạ cảm ứng (còn gọi là phát xạ kích thích).

b) Nguyên tắc phát quang của laze: là dựa trên ứng dụng của **hiện tượng phát xạ cảm ứng.**

c) Đặc điểm của laze:

- Tia laze có tính đơn sắc rất cao.
- Tia laze là chùm sáng kết hợp (các phôtôn trong chùm laze có cùng tần số và cùng pha).
- Tia laze là chùm sáng song song (có tính định hướng cao).
- Tia laze có cường độ lớn. VD: laze rubi (hồng ngọc) có cường độ tới 10^6 W/cm^2.

Kết luận: Vậy, laze có thể xem là một nguồn sáng phát ra chùm sáng song song, kết hợp, có tính đơn sắc cao và cường độ lớn.

⌦ **Chú ý:** Laze có mật độ công suất lớn, công suất không lớn!

d) Các loại laze:

- Laze đầu tiên: là rubi (hồng ngọc): màu đỏ do Iôn crôm.
- Laze rắn: có công suất lớn như laze thuỷ tinh pha nêođim.
- Laze khí: He – Ne; CO_2; Ar; N,...
- Laze bán dẫn: được sử dụng phổ biến nhất (ví dụ: bút chỉ bảng,...).

e) Một số ứng dụng của laze:

- Trong thông tin liên lạc: truyền thông bằng cáp quang, vô truyến định vị, điều khiển con tàu vũ trụ,...
- Trong y học: dùng làm dao mổ trong phẫu thuật mắt, để chữa một số bệnh ngoài ra dựa vào tác dụng nhiệt,...
- Trong khoa học đời sống: dùng trong các đầu đọc đĩa CD, bút chỉ bảng,...
- Trong công nghiệp: dùng để khoan, cắt, tôi,...

f) Hiệu suất của laze: $H < 1$.

II. CÔNG THỨC GIẢI NHANH

1. Dạng 1: Về hiện tượng phát quang

▪ Bước sóng của ánh sáng phát quang: $\boxed{\lambda_{pq} > \lambda_{kt}}$

▪ Năng lượng mất mát trong quá trình hấp thụ phôtôn: $\boxed{\Delta\varepsilon = hf_{kt} - hf_{hq} = \frac{hc}{\lambda_k} - \frac{hc}{\lambda_p} = hc.\left[\frac{1}{\lambda_k} - \frac{1}{\lambda_p}\right]}$

▪ Hiệu suất phát quang: $\boxed{H = \frac{P_p}{P_k}.100\% = \frac{n_p.\lambda_k}{n_k.\lambda_p}.100\%}$

2. Dạng 2: Về laze

①. Nhiệt lượng cần thiết để đưa khối kim loại lên điểm nóng chảy hoặc hoá hơi:

$$\boxed{Q = mc(T_c - t_o)}$$

t_o: nhiệt độ ban đầu, T_c: điểm nóng chảy hoặc điểm hoá hơi.

②. Nhiệt lượng cần thiết để chuyển từ thể rắn sang thể lỏng hoặc từ thể lỏng sang thể hơi:

$$\boxed{Q = L.m}$$

L: nhiệt nóng chảy của kim loại hoặc nhiệt hoá hơi của chất lỏng.

m: khối lượng của chất rắn hoặc chất lỏng.

③. Để đo khoảng cách từ Trái Đất đến Mặt Trăng người ta dùng laze:
Cho biết: thời gian phát và thu xung là t, năng lượng một xung là W_o, thời gian phát xung là τ

- Khoảng cách từ Trái Đất đến Mặt Trăng: $\boxed{d = \frac{c.t}{2}}$
- Công suất của chùm laze: $\boxed{P = \frac{W_o}{\tau}}$
- Số phôtôn trong một xung: $\boxed{N = \frac{W_o}{\varepsilon} = \frac{W_o.\lambda}{hc} = \frac{W_o}{hf}}$
- Chiều dài một xung: $\boxed{\ell = c.\tau}$

CHƯƠNG VII. HẠT NHÂN NGUYÊN TỬ

CHỦ ĐỀ 1. ĐẠI CƯƠNG VỀ HẠT NHÂN NGUYÊN TỬ

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

1. Nguyên tử

- Cấu tạo: gồm 2 phần là hạt nhân và lớp vỏ êlectrôn.
- Điện tích: $q_{nt} = 0$.

2. Hạt nhân

①. Cấu tạo: Gồm hai loại hạt **prôtôn** (p) và **nơtrôn** (n), gọi là các hạt **nuclôn.**

Hạt nuclôn	Khối lượng	Điện tích
Prôtôn (p)	$m_p = 1{,}67262.10^{-27}$ kg	$q_p = +e = 1{,}6.10^{-19}$ C
Nơtrôn (n)	$m_n = 1{,}67493.10^{-27}$ kg	$q_n = 0$ (trung hoà về điện)

Nơtrôn trung hoà về điện vì được cấu tạo bởi các hạt quac

Hạt prôtôn: cấu tạo bởi 3 quac u, u, d có điện tích là $+\frac{2e}{3};+\frac{2e}{3};-\frac{e}{3}$.

Hạt nơtrôn: cấu tạo bởi 3 quac u, d, d có điện tích là $+\frac{2e}{3};-\frac{e}{3};-\frac{e}{3}$.

②. Kí hiệu hạt nhân nguyên tử của nguyên tố X:

$\boxed{{}^{A}_{Z}X}$ hoặc ${}^{A}X$, XA

A: số khối (số nuclôn), Z: điện tích hạt nhân = số thứ tự = số hạt prôtôn = số hạt êlectrôn.

$\boxed{A = Z + N}$ (N: số hạt nơtrôn).

③. Khối lượng hạt nhân: $\boxed{m_{hn} = m_{nt} - Z.m_e}$

④. Điện tích hạt nhân: Bằng tổng điện tích của các hạt prôtôn trong hạt nhân

$\boxed{q_{hn} = +Z.e}$

⑤. Bán kính hạt nhân: Coi hạt nhân có dạng hình cầu, bán kính là R.

$\boxed{R = R_0.A^{1/3} = R_0.\sqrt[3]{A}}$; R_0 = const, cỡ 10^{-15}m (cỡ fecmi).

⇒ Bán kính hạt nhân tỉ lệ thuận với căn bậc 3 của số khối.

⑥. Thể tích hạt nhân: $\boxed{V_{hn} = \frac{4}{3}\pi R^3 = \frac{4}{3}\pi R_0^3 A}$

⇒ Thể tích của hạt nhân tỉ lệ thuận với số khối.

⑦. Khối lượng riêng của hạt nhân: $\boxed{D_{hn} = \frac{m_{hn}}{V_{hn}}}$ (khối lượng riêng hạt nhân cỡ 10^{17} kg.m^{-3})

⑧. Lực hạt nhân:

- Mặc dù các hạt nhân được cấu tạo từ các hạt nuclôn, trong đó có hạt p mang điện tích dương → chúng đẩy nhau → hạt nhân phá vỡ → nhưng thực tế hạt nhân rất bền vững → chứng tỏ giữa các hạt nuclôn phải có lực liên kết, gọi là lực hạt nhân.
- Định nghĩa: Lực hạt nhân là lực hút giữa các hạt nuclôn (p-p, n-n, p-n).
- Đặc điểm:
  - Có bản chất khác với lực hấp dẫn, lực điện và lực từ.
  - Không phụ thuộc vào điện tích.
  - Là lực hút rất mạnh so với các lực nói trên.
  - Bán kính tác dụng của lực hạt nhân: cỡ 10^{-15} m (cỡ fecmi).

3. Đồng vị và đồng khối

a) Đồng vị:

▪ **Định nghĩa:** Đồng vị của một nguyên tố hoá học là hạt nhân của các nguyên tử của nguyên tố đó có cùng số hạt prôtôn nhưng khác số hạt nơtrôn (cùng Z nhưng khác A).

▪ **Kí hiệu:** ${}^{A_1}_{Z}X$; ${}^{A_2}_{Z}X$

▪ **Một số đồng vị:**

Ví dụ: Hiđrô gồm 3 đồng vị

${}^{1}_{1}H$: hiđrô **thường**, tạo ra nước thường H_2O.

${}^{2}_{1}D$: hiđrô **nặng** (Đơteri), tạo ra nước nặng D_2O.

${}^{3}_{1}T$: hiđrô **siêu nặng** (Triti).

b) Đồng khối: Là hai hạt nhân có cùng số khối (A) nhưng khác số prôtôn (cùng A, khác Z).

Ví dụ: $\boxed{{}^{3}_{2}He, {}^{3}_{1}T}$; $\boxed{{}^{14}_{6}C, {}^{14}_{7}N}$

Chú ý: Hai hạt nhân đồng khối thì không cùng khối lượng, hạt nhân nào có chiều nơtrôn hơn thì hạt nhân đó nặng hơn (Z nhỏ thì m lớn).

4. Hệ thức Anhxtanh giữa năng lượng và khối lượng

a) Khối lượng tương đối tính

Gọi m_0 là khối lượng nghỉ của vật (khi $v = 0$); m là khối lượng tương đối tính (chuyển động với tốc độ xấp xỉ tốc độ ánh sáng $v \sim c$):

$$\boxed{m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}}}$$

b) Hệ thức Anhxtanh giữa năng lượng và khối lượng

- Năng lượng nghỉ: $\boxed{E_0 = m_0c^2}$

- Năng lượng tương đối tính (năng lượng toàn phần): $\boxed{E = mc^2}$

c) Động năng

- Theo cơ học cổ điển ($v << c$): $E_d = \frac{1}{2}mv^2$

- Theo cơ học tương đối của Anhxtanh ($v \sim c$): $\boxed{W_d = E - E_0 = (m - m_0)c^2}$

5. Đơn vị khối lượng nguyên tử

- Đơn vị khối lượng nguyên tử tính theo khối lượng nguyên tử cácbon C12.

- Kí hiệu là u

$$\boxed{1u = \frac{1}{12}m\left({}^{12}_{6}C\right)} ; \boxed{1u = 1{,}66055.10^{-27}kg}$$

- Còn sử dụng đơn vị: MeV/c^2

$$\boxed{1u = 931{,}5MeV/c^2 \Rightarrow uc^2 = 931{,}5MeV}$$

- Khối lượng các hạt cơ bản:

Hạt cơ bản	Đơn vị kg	Đơn vị u	Đơn vị MeV/c^2
Êlectrôn	$m_e = 9{,}1.10^{-31}$	0,000548	0,511
Prôtôn	$m_p = 1{,}67262.10^{-27}$	1,0073	938
Nơtrôn	$m_n = 1{,}67493.10^{-27}$	1,0087	939

- Nếu không cần độ chính xác cao: $m_p \approx m_n \approx 1u \Rightarrow m_{nt} \approx A(u)$

6. Độ hụt khối. Năng lượng liên kết. Năng lượng liên kết riêng

a) Độ hụt khối: Xét hạt nhân ${}^{A}_{Z}X$ có khối lượng nghỉ là m.

- Tổng khối lượng nghỉ của các (A) hạt nuclôn còn riêng rẽ, chưa liên kết thành hạt nhân X:

$$\boxed{m_0 = Z.m_p + N.m_n = Z.m_p + (A - Z).m_n}$$

- Khối lượng nghỉ của hạt nhân X (do các nuclôn đã liên kết) là m

- Độ hụt khối: $\boxed{\Delta m = m_0 - m = \left[Z.m_p + (A-Z).m_n\right] - m}$

b) Năng lượng liên kết

- Theo hệ thức Anh-xtanh: năng lượng nghỉ ban đầu là $E_0 = m_0c^2$
- Năng lượng nghỉ của hạt nhân là $E = mc^2$
- Năng lượng: $\boxed{W_{lk} = \Delta m.c^2 = (m_0 - m)c^2}$, gọi là năng lượng liên kết.
- Năng lượng toả ra khi tổng hợp được một hạt nhân X đúng bằng năng lượng liên kết.
- Năng lượng liên kết toả ra dưới dạng: động năng của hạt nhân hoặc năng lượng tia gamma.
- Muốn phá vỡ hạt nhân có khối lượng m thành các hạt nuclôn riêng rẽ có khối lượng $m_0 > m$ thì ta phải tốn một năng lượng tối thiểu tương ứng $\Delta E = \Delta m.c^2 = (m_0 - m)c^2$ để thắng lực hạt nhân.
- Năng lượng liên kết hạt nhân tỉ lệ thuận với độ hụt khối của hạt nhân.

c) Năng lượng liên kết riêng

- Năng lượng liên kết riêng là năng lượng liên kết trung bình tính cho 1 hạt nuclôn:

$$\boxed{\varepsilon_r = \frac{W_{lk}}{A} = \frac{\Delta m}{A}.c^2}$$ (Đơn vị: MeV/nuclôn)

- Hạt nhân có năng lượng liên kết riêng càng lớn thì hạt nhân càng bền vững.
- Những hạt nhân có số khối trung bình từ 50 đến 70 thì bền vững hơn các hạt nhân khác. Năng lượng liên kết cỡ 8,8 MeV/c^2.

II. CÔNG THỨC GIẢI NHANH

1. Hệ thức Anhxtanh giữa năng lượng và khối lượng

a) Cơ học cổ điển (Niu-tơn): $v << c$

- Động năng: $W_d = \frac{1}{2}mv^2$
- Động lượng: $p = mv$

b) Cơ học tương đối tính (Anh-xtanh): $v \sim c$

Đặt: $\boxed{\beta = \frac{v}{c}}$ $(\beta < 1)$; $\boxed{\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}}}$ $(\gamma > 1) \Rightarrow \beta = \frac{v}{c} = \sqrt{1 - \frac{1}{\gamma^2}}$

- Khối lượng tương đối tính: $m = \gamma.m_0$ ($m > m_0$: khối lượng tăng khi chuyển động)
- Động lượng: $p = mv = \gamma m_0.v$
- Động năng: $W_d = E - E_0 = (\gamma - 1)m_0c^2 = (\gamma - 1).E_0$
- Hệ thức giữa năng lượng và động lượng của vật: $\boxed{E^2 = m_0^2c^4 + p^2c^2}$
- Khối lượng nghỉ của phô tôn bằng 0.
- Động lượng tương đối tính của phôtôn: $\boxed{p = m.c = \frac{\varepsilon}{c} = \frac{h}{\lambda}}$

2. Độ hụt khối. Năng lượng liên kết. Năng lượng liên kết riêng

a) Độ hụt khối: $\boxed{\Delta m = m_0 - m = \left[Z.m_p + (A-Z).m_n\right] - m}$

b) Năng lượng liên kết: $\boxed{W_{lk} = \Delta m.c^2 = (m_0 - m)c^2}$

c) Năng lượng liên kết riêng: $\boxed{\varepsilon_r = \frac{W_{lk}}{A}}$

⌦ **Cần nhớ:** Hạt anpha (α): ${}_2^4He$; prôtôn (p): ${}_1^1H$; nơtrôn (n): ${}_0^1n$; êlectrôn (β^-): ${}_{-1}^0e^-$; pôzitrôn (β^+): ${}_1^0e^+$; đoteri (D): ${}_1^2H$; triti (T): ${}_1^3H$; nơtrinô (υ): ${}_0^0\upsilon$; gamma (γ): ${}_0^0\gamma$.

CHỦ ĐỀ 2. PHÓNG XẠ TỰ NHIÊN

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

1. Hiện tượng phóng xạ

a) Định nghĩa: Hiện tượng một hạt nhân không bền vững tự phát phân rã, phát ra các tia phóng xạ và biến đổi thành hạt nhân khác gọi là hiện tượng phóng xạ.

Ví dụ: $\boxed{{}^{210}_{84}Po \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{206}_{82}Pb}$

b) Đặc điểm:

- Hiện tượng phóng xạ chỉ phụ thuộc vào nguyên nhân bên trong của hạt nhân.
- Hiện tượng phóng xạ không phụ thuộc vào các tác nhân lý, hoá bên ngoài như áp suất, nhiệt độ,...

c) Phương trình phóng xạ: $\boxed{A \rightarrow B + C}$

- Hạt nhân phóng xạ là hạt nhân mẹ (A)
- Hạt nhân sản phẩm là hạt nhân con (B)
- Các tia phóng xạ (C) là α hoặc β.

2. Định luật phóng xạ

a) Nội dung: Trong quá trình phân rã, số hạt nhân phóng xạ giảm theo thời gian theo định luật hàm số mũ.

b) Biểu thức:

- Theo số nguyên tử: $\boxed{N = N_0 e^{-\lambda t}}$ hoặc $\boxed{N = \frac{N_0}{2^k}}$ với $\boxed{k = \frac{t}{T}}$

- Theo khối lượng chất phóng xạ: $\boxed{m = m_0 e^{-\lambda t}}$ hoặc $\boxed{m = \frac{m_0}{2^k}}$

Trong đó:
- N_0, m_0 là số nguyên tử và khối lượng chất phóng xạ ở thời điểm ban đầu $t = 0$.
- N, m là số nguyên tử và khối lượng chất phóng xạ còn lại ở thời điểm t.
- λ là hằng số phóng xạ: $\boxed{\lambda = \frac{\ln 2}{T} \approx \frac{0,693}{T}}$
- T là chu kì bán rã: cứ sau khoảng thời gian này thì một nửa số nguyên tử của chất này biến đổi thành chất khác.

c) Đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của N theo thời gian t:

$N = N_0 e^{-\lambda t} \rightarrow$ đồ thị là đường cong.

3. Độ phóng xạ

a) Định nghĩa: Độ phóng xạ của một lượng chất phóng xạ là đại lượng vật lí đặc trưng cho tính phóng xạ mạnh hay yếu của lượng chất phóng xạ, được đo bằng số phân rã/giây.

b) Biểu thức: $\boxed{H = \lambda N}$; $\boxed{H = H_0 e^{-\lambda t}}$ hoặc $\boxed{H = \frac{H_0}{2^k}}$ ($k = \frac{t}{T}$: số chu kì bán rã trong thời gian t)

Độ phóng xạ lúc đầu ($t = 0$): $H_0 = \lambda N_0$

c) Đơn vị: là Becoren, kí hiệu: Bq; 1Bq = 1phân rã/giây

Ngoài ra còn dùng đơn vị là Curi (Ci): $\boxed{1Ci = 3,7.10^{10} Bq}$

4. Các loại tia phóng xạ

a) Tia anpha (α)

- **Thực chất:** là chùm hạt nhân hêli (${}^{4}_{2}He$), gọi là hạt α.
- **Tính chất:**
  - Bị lệch trong điện trường và từ trường
  - Tốc độ khi bay ra khỏi nguồn cỡ 2.10^7 m/s
  - Có khả năng ion hoá môi trường rất mạnh và mất dần năng lượng

- Khả năng đâm xuyên yếu, đi được tối đa 8 cm trong không khí, không xuyên qua được tấm bìa dày 1 mm.

b) Tia bêta (β): Gồm hai loại là tia β^+ và β^-

▫ **Thực chất:**

- Tia bêta cộng (β^+): là chùm hạt êlectrôn dương (hạt pôzitrôn: e^+)
- Tia bêta trừ (β^-): là chùm hạt êlectrôn âm (hạt êlectrôn: e^-)

▫ **Tính chất:**

- Tia β được phóng ra với tốc độ rất lớn, gần bằng vận tốc ánh sáng trong chân không.
- Có khả năng ion hoá môi trường nhưng yếu hơn tia α.
- Có khả năng đâm xuyên mạnh hơn tia α, có thể đi được vài mét trong không khí và xuyên qua lá nhôm dày cỡ mm.
- Bị lệch trong điện trường và từ trường.

c) Tia gamma (γ)

▫ **Thực chất:** Tia γ có bản chất là sóng điện từ có bước sóng rất ngắn (dưới 0,01 nm). Đây là chùm phôtôn có năng lượng cao.

▫ **Tính chất:**

- Không mang điện nên không bị lệch trong điện trường, từ trường nên truyền thẳng.
- Có khả năng đâm xuyên mạnh nhất, có thể đi qua lớp chì dầy hàng chục cm và rất nguy hiểm cho con người.

⌦ **Chú ý:**

- Tia β^+ và tia β^- đối xứng với nhau qua tia γ
- Tia β^+ bị lệch nhiều hơn tia α vì khối lượng hạt α lớn hơn rất nhiều hạt β^+.
- Cách phát hiện ra tia phóng xạ: kích thích phản ứng hoá học, ion hoá không khí, làm đen kính ảnh, xuyên thấu lớp vật chất mỏng, phá huỷ tế bào,...

II. CÔNG THỨC GIẢI NHANH

1. Các vấn đề liên quan đến số nguyên tử của chất phóng xạ

▫ **Gọi:** N_0 là số nguyên tử lúc ban đầu ($t = 0$, bắt đầu khảo sát)

N là số nguyên tử của chất phóng xạ còn lại (chưa bị phân rã) ở thời điểm t.

▫ **Chú ý:**

- Định luật phóng xạ có tính thống kê, nó chỉ đúng với lượng rất lớn số hạt chất phóng xạ
- Với mỗi hạt nhân phóng xạ thì quá trình phân rã xảy ra ngẫu nhiên không biết trước tức là không thể áp dụng định luật này cho một hạt hay một lượng rất ít hạt chất phóng xạ.

①. Cho biết khối lượng chất phóng xạ lúc ban đầu m_0:

$$\boxed{N_0 = \frac{m_0(g)}{A}.N_A}$$

②. Số nguyên tử còn lại chưa bị phân rã ở thời điểm t:

$$\boxed{N = \frac{N_0}{2^k} = N_0.e^{-\lambda t} = \frac{m(g)}{A}.N_A}$$

③. Số nguyên tử đã bị phân rã sau thời gian t:

$$\boxed{\Delta N = N_0 - N = N_0(1 - e^{-\lambda t}) = N_0(1 - \frac{1}{2^k})} \text{ với } k = \frac{t}{T}$$

Khi khoảng thời gian khảo sát rất bé so với chu kì bán rã $t << T \Rightarrow \frac{\ln 2}{T} t \Rightarrow \lambda t << 1$ thì có thể lấy gần đúng là $1 - e^{-\lambda t} \approx \lambda t$ nên số hạt nhân phân rã:

$$\boxed{\Delta N = N_0 - N = N_0(1 - e^{-\lambda t}) \approx N_0 \lambda t = H_0 t}$$

Công thức gần đúng: $e^{-x} \approx 1 - x$ (với $x << 1$)

⌦ **Chú ý:** *Số hạt nhân nguyên tử bị phân rã đúng bằng số hạt nhân nguyên tử tạo thành.*

④. Phần trăm số nguyên tử còn lại ở thời điểm t:

$$\boxed{\frac{N}{N_0}=2^{-k}.100\%=e^{-\lambda t}.100\%}$$

⑤. Phần trăm số nguyên tử đã bị phân rã ở thời điểm t:

$$\boxed{\frac{\Delta N}{N_0}=(1-2^{-k}).100\%=(1-e^{-\lambda t}).100\%}$$

⑥. Gọi τ là khoảng thời gian mà sau đó số nguyên tử của chất phóng xạ giảm đi e lần (e là loga cơ số tự nhiên, với lne = 1):

$$\frac{N_0}{N}=e^{\lambda\tau}=e \Rightarrow \lambda\tau=1 \Rightarrow \boxed{\tau=\frac{1}{\lambda}=\frac{T}{\ln 2}}$$

⑦. Cho biết sau thời gian t_1 số nguyên tử còn lại là N_1; sau thời gian t_2 số nguyên tử còn lại là N_2. Tìm chu kỳ bán rã T.

$$\boxed{T=(t_2-t_1)\frac{\ln 2}{\ln(\frac{N_1}{N_2})}}$$

⑧. Tìm thời gian t từ lúc t = 0 đến khi số nguyên tử còn lại là N:

- Nếu $\frac{N_0}{N}=2^k\left(k\in N^*\right) \Rightarrow \boxed{t=k.T}$

- Tổng quát: $\boxed{t=\frac{T}{\ln 2}.\ln\left(\frac{N_0}{N}\right)}$

⑨. Cho biết trong thời gian t (s) đầu tiên. Số tia phóng xạ phát ra là x.

Ta biết số hạt nhân phân rã sau khoảng thời gian t là $\Delta N = x$

2. Các vấn đề liên quan đến khối lượng chất phóng xạ

m_0 là khối lượng chất phóng xạ lúc ban đầu (t = 0, bắt đầu khảo sát)

m là khối lượng chất phóng xạ còn lại (chưa bị phân rã) ở thời điểm t.

①. Cho số nguyên tử chất phóng xạ lúc ban đầu N_0:

$$\boxed{m_0=\frac{N_0}{N_A}.A}$$

②. Khối lượng chất phóng xạ còn lại chưa bị phân rã ở thời điểm t:

$$\boxed{m=\frac{m_0}{2^k}=m_0.e^{-\lambda t}=\frac{N}{N_A}.A}$$

③. Khối lượng chất phóng xạ đã bị phân rã sau thời gian t:

$$\boxed{\Delta m=m_0-m=m_0(1-e^{-\lambda t})=m_0(1-\frac{1}{2^k})} \text{ với } k=\frac{t}{T}$$

④. Phần trăm khối lượng chất phóng xạ còn lại ở thời điểm t:

$$\boxed{\frac{m}{m_0}=2^{-k}.100\%=e^{-\lambda t}.100\%}$$

⑤. Phần trăm khối lượng chất phóng xạ đã bị phân rã ở thời điểm t:

$$\boxed{\frac{\Delta m}{m_0}=(1-2^{-k}).100\%=(1-e^{-\lambda t}).100\%}$$

⑥. Gọi τ là khoảng thời gian mà sau đó khối lượng của chất phóng xạ giảm đi e lần (e là loga cơ số tự nhiên, với lne = 1):

$$\frac{m_0}{m}=e^{\lambda\tau}=e \Rightarrow \lambda\tau=1 \Rightarrow \boxed{\tau=\frac{1}{\lambda}=\frac{T}{\ln 2}}$$

⑦. Khối lượng chất mới tạo thành sau thời gian t:

$$\boxed{m_1 = \frac{\Delta N}{N_A}.A_1 = \frac{A_1 N_0(1-e^{-\lambda t})}{N_A} = \frac{A_1.m_0(1-e^{-\lambda t})}{A} = \frac{A_C}{A_M}.\Delta m_M}$$

A là số khối của chất phóng xạ ban đầu

A_1 là số khối của chất mới được tạo thành

Nếu phóng xạ $\beta^{\pm}$ thì $A = A_1 \Rightarrow \boxed{m_1 = \Delta m}$

3. Các vấn đề liên quan đến độ phóng xạ

Gọi: H_0 là độ phóng xạ lúc ban đầu

H là độ phóng xạ ở thời điểm t

①. Độ phóng xạ lúc ban đầu:

$$\boxed{H_0 = \lambda N_0 = \frac{\ln 2}{T}.\frac{m_0}{A}.N_A}$$ (H_0: Bq, m: g, T: s)

②. Độ phóng xạ ở thời điểm t:

$$\boxed{H = \lambda N = \frac{\ln 2}{T}.\frac{m}{A}.N_A}$$ hay $\boxed{H = H_0.2^{-k} = H_0.e^{-\lambda t}}$

③. Tìm thời điểm t lúc đó độ phóng xạ còn lại là H:

$$\boxed{t = \frac{T}{\ln 2}.\ln\left(\frac{H_0}{H}\right)}$$

- Đơn vị: Becoren (Bq), Curi (Ci)

1 Bq = 1 phân rã/s; 1 Ci = $3{,}7.10^{10}$ Bq

- Khi tính độ phóng xạ H_0, H (Bq) thì chu kì phóng xạ (bán rã) có đơn vị là giây (s).

4. Tính tuổi cổ vật, mẫu đất đá

a) Bài toán 1: Tuổi cổ vật có nguồn gốc hữu cơ:

Định tuổi của 1 pho tượng cổ bằng gỗ có khối lượng m

- Đo độ phóng xạ của $^{14}_{6}C$ trong pho tượng cổ là H

- Lấy 1 mẫu gỗ có cùng bản chất và khối lượng với pho tượng nhưng vừa mới được chặt và đo độ phóng xạ của $^{14}_{6}C$ ta được kết quả là H_0

- Đặc biệt: $\frac{H_0}{H} = 2^k \left(k \in N^*\right)$, $t = kT$

- Tổng quát: $\boxed{t = \frac{T}{\ln 2}.\ln\left(\frac{H_0}{H}\right)}$

Chú ý:

- Chu kỳ bán rã của $^{14}_{6}C$ là T = 5730 năm

- Để áp dụng các công thức trên phải xét cùng khối lượng.

b) Bài toán 2: Xác định tuổi của các mẫu đất đá

Giả sử ban đầu trong mẫu khảo sát chỉ chứa chất X nguyên chất có chu kỳ bán rã T, sau 1 thời gian trong mẫu đó có cả chất Y.

Giải:

▪ Xác định t nếu biết $\frac{N_Y}{N_X} \Rightarrow \boxed{t = \frac{T}{\ln 2}\ln\left[1+\frac{N_Y}{N_X}\right]}$ (Hãy nhớ: Tử/Mẫu = Con/Mẹ)

▪ Xác định t nếu biết $\frac{m_Y}{m_X} \Rightarrow \boxed{t = \frac{T}{\ln 2}\ln\left[1+\frac{A_X}{A_Y}.\frac{m_Y}{m_X}\right]}$

CHỦ ĐỀ 3. PHẢN ỨNG HẠT NHÂN

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

1. Định nghĩa: Phản ứng hạt nhân là mọi quá trình dẫn đến sự biến đổi hạt nhân.

2. Phân loại: gồm 2 loại

a) Loại 1: Phản ứng hạt nhân tự xảy ra

Đó là quá trình phân rã của một hạt nhân không bền thành các hạt nhân khác

Phương trình phản ứng: $\boxed{A \to B + C}$

b) Loại 2: Phản ứng trong đó các hạt nhân tương tác với nhau, dẫn đến sự biến đổi của chúng thành các hạt nhân khác

Phương trình phản ứng: $\boxed{A + B \to C + D}$

Ví dụ: phản ứng hạt nhân đầu tiên do Rơ-dơ-pho thực hiện năm 1919

$$\boxed{{}_2^4He + {}_7^{14}N \to {}_8^{17}O + {}_1^1H}$$

3. Các định luật bảo toàn trong phản ứng hạt nhân

Xét phản ứng hạt nhân sau: $\boxed{{}_{Z_1}^{A_1}X_1 + {}_{Z_2}^{A_2}X_2 \to {}_{Z_3}^{A_3}X_3 + {}_{Z_4}^{A_4}X_4}$

a) Định luật bảo toàn số khối (số hạt nuclôn):

$$\boxed{A_1 + A_2 = A_3 + A_4}$$

b) Định luật bảo toàn điện tích:

$$\boxed{Z_1 + Z_2 = Z_3 + Z_4}$$

c) Định luật bảo toàn động lượng:

$$\boxed{\overrightarrow{P_1} + \overrightarrow{P_2} = \overrightarrow{P_3} + \overrightarrow{P_4}}$$

d) Định luật bảo toàn năng lượng toàn phần:

- **Trường hợp 1:** Phản ứng không kèm theo tia gamma

$$\boxed{(m_1 + m_2)c^2 + K_1 + K_2 = (m_3 + m_4)c^2 + K_3 + K_4}$$

- **Trường hợp 2:** Phản ứng có kèm theo tia gamma

$$\boxed{(m_1 + m_2)c^2 + K_1 + K_2 = (m_3 + m_4)c^2 + K_3 + K_4 + \varepsilon}$$

Với $\varepsilon = \dfrac{hc}{\lambda}$ là năng lượng phôtôn tia gamma.

⊠ **Chú ý:** Trong phản ứng hạt nhân không có các định luật bảo toàn: ***khối lượng, động năng, năng lượng nghỉ, số hạt nơtrôn, số hạt prôtôn, nguyên tố.***

4. Quy tắc dịch chuyển: Áp dụng các định luật bảo toàn vào phóng xạ

a) Phóng xạ α:

- Quy tắc dịch chuyển: $\boxed{{}_Z^AX \to {}_2^4He + {}_{Z-2}^{A-4}Y}$
- Ví dụ: ${}_{84}^{210}Po \to {}_2^4He + {}_{82}^{206}Pb$
- Nhận xét: Vị trí hạt nhân con lùi 2 ô so với vị trí hạt nhân mẹ trong bảng HTTH

b) Phóng xạ β^+

- Quy tắc dịch chuyển: $\boxed{{}_Z^AX \to {}_1^0e^+ + {}_{Z-1}^AY}$
- Ví dụ: ${}_{15}^{30}P \to {}_1^0e^+ + {}_{14}^{30}Si$
- Nhận xét: Vị trí hạt nhân con lùi 1 ô so với vị trí hạt nhân mẹ trong bảng HTTH
- Thực chất của quá trình: $\boxed{p \to n + e^+ + \upsilon}$ (υ: hạt nơtrinô)

c) Phóng xạ β^-:

- Quy tắc dịch chuyển: $\boxed{{}_Z^AX \to {}_{-1}^0e^- + {}_{Z+1}^AY}$
- Ví dụ: ${}_{83}^{210}Bi \to {}_{-1}^0e^- + {}_{84}^{210}Po$
- Nhận xét: Vị trí hạt nhân con tiến một ô so với vị trí của hạt nhân mẹ trong bảng HTTH

- Thực chất: $\boxed{n \to p + e^- + \tilde{\upsilon}}$ ($\tilde{\upsilon}$: phản hạt của nơtrinô)

d) Phóng xạ gamma γ: Hạt nhân con sinh ra ở trạng thái kích thích có mức năng lượng E_2, khi chuyển xuống mức năng lượng E_1, đồng thời phát ra phôtôn có tần số f, được xác định bởi:

$$hf = E_2 - E_1$$

- Phóng xạ γ luôn đi kèm theo với phóng xạ α, β.
- Trong phóng xạ γ không làm biến đổi hạt nhân.

5. Năng lượng của phản ứng hạt nhân

- Xét phản ứng hạt nhân $A + B \to C + D$
- Gọi m_A, m_B, m_C, m_D lần lượt là khối lượng nghỉ của các hạt nhân A, B, C và D.
  + Tổng khối lượng nghỉ của các hạt nhân trước phản ứng: $m_0 = m_A + m_B$
  + Tổng khối lượng nghỉ của các hạt nhân sau phản ứng: $m = m_C + m_D$
- Do độ hụt khối của các hạt nhân A, B, C, D khác nhau nên khối lượng trong phản ứng hạt nhân không được bảo toàn. Xảy ra hai trường hợp:

a) Trường hợp 1: $m < m_0$ (Phản ứng hạt nhân tỏa năng lượng)

- Giả sử hạt A, B đứng yên. Phản ứng toả ra một lượng năng lượng bằng:

$$\boxed{\Delta E = (m_0 - m)c^2}$$

- Năng lượng mà phản ứng toả ra thường dưới dạng động năng của các hạt nhân C và D hoặc năng lượng phôtôn γ.
- Trường hợp này, các hạt sinh ra có độ hụt khối lớn hơn các hạt ban đầu, nghĩa là các hạt sinh ra bền vững hơn các hạt ban đầu → gọi là ***phản ứng toả năng lượng***.

b) Trường hợp 2: $m > m_0$ (Phản ứng hạt nhân thu năng lượng)

Trường hợp này tổng năng lượng nghỉ của các hạt sau phản ứng lớn hơn tổng năng lượng nghỉ của các hạt nhân ban đầu → Phản ứng không thể tự xảy ra.

- Muốn phản ứng xảy ra, ta phải cung cấp cho các hạt A và B một năng lượng W dưới dạng động năng → gọi là ***phản ứng thu năng lượng***.
- Các hạt nhân tạo thành có độ hụt khối nhỏ hơn nên kém bền vững hơn các hạt nhân ban đầu.
- Năng lượng cần cung cấp cho phản ứng là:

$$\boxed{W = (m - m_0)c^2 + K_C + K_D}$$

- Năng lượng tối thiểu cung cấp để phản ứng xảy ra:

$$\boxed{W_{min} = (m - m_0)c^2}$$

II. CÔNG THỨC GIẢI NHANH

1. Tính năng lượng của phản ứng hạt nhân: $A + B \to C + D$

- Cho khối lượng nghỉ: $\boxed{\Delta E = (m_A + m_B - m_C - m_D).c^2}$
- Cho độ hụt khối: $\boxed{\Delta E = (\Delta m_C + \Delta m_D - \Delta m_A - \Delta m_B).c^2}$
- Cho năng lượng liên kết: $\boxed{\Delta E = W_{\ell kC} + W_{\ell kD} - W_{\ell kA} - W_{\ell kB}}$
- Cho năng lượng liên kết riêng: $\boxed{\Delta E = \varepsilon_C.A_C + \varepsilon_D.A_D - \varepsilon_A.A_A - \varepsilon_B.A_B}$

Quy ước:

$\Delta E > 0$: Phản ứng **tỏa năng lượng**; $\Delta E < 0$: Phản ứng **thu năng lượng**.

2. Tính động năng của các hạt nhân bay ra sau phản ứng:

Bài toán: *Cho hạt nhân A chuyển động với động năng K_A đến bắt vào hạt nhân B đứng yên gây ra phản ứng hạt nhân $A + B \to C + D$. Tính động năng của các hạt nhân C và D bay ra sau phản ứng.*

Cách làm:

Ta phải lập được hệ phương trình hai ẩn là K_C và K_D.

a) Cách thiết lập phương trình thứ nhất

Bước 1: Tính năng lượng của phản ứng hạt nhân

$$\Delta E = (m_A + m_B - m_C - m_D).c^2$$

Bước 2: Áp dụng định luật bảo toàn năng lượng toàn phần

Phải xác định rõ phản ứng hạt nhân có kèm theo tia gamma hay không.

- Trường hợp 1: Phản ứng không kèm theo tia gamma

$$\boxed{K_C + K_D = K_A + \Delta E}$$

- Trường hợp 2: Phản ứng có kèm theo tia gamma

$$\boxed{K_C + K_D = K_A + \Delta E - \varepsilon}$$

Với ε là năng lượng của phôtôn tia gamma ($\varepsilon = hf = \dfrac{hc}{\lambda}$)

b) Cách thiết lập phương trình thứ hai

▪ Trường hợp 1: Cho hai hạt nhân bay ra có cùng động năng

$$\boxed{K_C = K_D}$$

▪ Trường hợp 2: Cho hai hạt nhân bay ra có cùng độ lớn động lượng

$$p_C = p_D \Leftrightarrow p_C^2 = p_D^2 \Leftrightarrow 2m_CK_C = 2m_DK_D$$

$$\boxed{m_CK_C - m_DK_D = 0}$$

▪ Trường hợp 3: Cho hai hạt nhân bay ra có cùng tốc độ (độ lớn vận tốc)

$$v_C = v_D \Rightarrow \frac{K_C}{K_D} = \frac{m_C}{m_D}$$

$$\boxed{m_DK_C - m_CK_D = 0}$$

▪ Trường hợp 4: Cho hai hạt nhân bay ra theo phương vuông góc với nhau $\vec{v}_C \perp \vec{v}_D$

Định luật bảo toàn động lượng: $\vec{p}_A = \vec{p}_C + \vec{p}_D$

$$\Rightarrow p_A^2 = p_C^2 + p_D^2 \Rightarrow 2m_AK_A = 2m_CK_C + 2m_DK_D$$

$$\boxed{m_CK_C + m_DK_D = m_AK_A}$$

▪ Trường hợp 5: Cho một hạt nhân bay ra theo phương vuông góc với phương chuyển động của hạt nhân ban đầu (A). Giả sử: $\vec{v}_C \perp \vec{v}_A$

$$p_D^2 = p_C^2 + p_A^2 \Rightarrow \boxed{m_AK_D - m_CK_C = m_AK_A}$$

3. Tính góc

Bài toán: *Cho hạt nhân A chuyển động với động năng K_A đến bắn vào hạt nhân B đứng yên gây ra phản ứng hạt nhân. Hạt nhân tạo thành là hạt nhân C và D.*

①. Tính góc tạo bởi hướng của hạt nhân C và D: $\varphi = (\vec{v}_C, \vec{v}_D) = ?$

$$\vec{p}_A = \vec{p}_C + \vec{p}_D \Rightarrow p_A^2 = p_C^2 + p_D^2 + 2p_C.p_D.\cos\varphi \Rightarrow \boxed{\cos\varphi = \frac{p_A^2 - p_C^2 - p_D^2}{2p_Cp_D} = \frac{m_AK_A - m_CK_C - m_DK_D}{2\sqrt{m_Cm_DK_CK_D}}}$$

②. Tính góc tạo bởi hướng của hạt nhân C và hạt nhân A ban đầu: $\theta = (\vec{v}_C, \vec{v}_A) = ?$

$$p_D^2 = p_C^2 + p_A^2 - 2p_C.p_A.\cos\theta \Rightarrow \boxed{\cos\theta = \frac{p_A^2 + p_C^2 - p_D^2}{2p_Cp_A} = \frac{m_AK_A + m_CK_C - m_DK_D}{2\sqrt{m_Cm_AK_CK_A}}}$$

4. Phóng xạ tự nhiên

Bài toán: Cho hạt nhân phóng xạ X ban đầu đứng yên. Sau phóng xạ tạo thành B và C

$$\boxed{A \to B + C}$$

Giả sử phóng xạ không kèm theo tia gamma

❶. Tính năng lượng phân rã:

$$\boxed{\Delta E = (m_A - m_B - m_C).c^2 = (\Delta m_B + \Delta m_C - \Delta m_A).c^2}$$

$$\boxed{\Delta E = W_{\ell kB} + W_{\ell kC} - W_{\ell kA} = \varepsilon_B.A_B + \varepsilon_C.A_C - \varepsilon_A.A_A = K_B + K_C}$$

Phóng xạ là phản ứng hạt nhân luôn tỏa năng lượng.

②. Tính động năng của hạt B và C:

$$\begin{cases} K_B + K_C = \Delta E \quad (1) \\ m_B K_B - m_C K_C = 0 \quad (2) \end{cases}$$

③. Tính phần trăm động năng của hạt B và C theo năng lượng phân rã ΔE

- Phần trăm động năng của hạt nhân B: $\boxed{\frac{K_B}{\Delta E} = \frac{m_C}{m_B + m_C}.100\%}$
- Phần trăm độn năng của hạt nhân C: $\boxed{\frac{K_C}{\Delta E} = \frac{m_B}{m_B + m_C}.100\%}$

Chú ý: Cho khối lượng xấp xỉ bằng số khối của nó: $m \approx A$

$$\frac{K_B}{\Delta E} = \frac{A_C}{A_A}.100\%\,;\ \frac{K_C}{\Delta E} = \frac{A_B}{A_A}.100\%$$

④. Trong phóng xạ: $\boxed{\frac{K_B}{K_C} = \frac{m_C}{m_B} = \frac{v_B}{v_C}}$ $(\vec{v}_B \uparrow\downarrow \vec{v}_C)$

CHỦ ĐỀ 4. HAI LOẠI PHẢN ỨNG TOẢ NĂNG LƯỢNG. NHÀ MÁY ĐIỆN HẠT NHÂN

I. HAI LOẠI PHẢN ỨNG TOẢ NĂNG LƯỢNG

1. Phản ứng phân hạch

①. Sự phân hạch: Sự phân hạch là một hạt nhân (loại rất nặng) hấp thụ một nơtrôn chậm và vỡ thành hai hạt nhân trung bình.

- **Ví dụ:** Phân hạch U235 $\boxed{{}^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{236}_{92}U \rightarrow {}^{A_1}_{Z_1}X_1 + {}^{A_2}_{Z_2}X_2 + k({}^{1}_{0}n) + 200MeV}$
- **Đặc điểm:**
  + Mỗi phân hạch tạo ra từ 2 đến 3 nơtrôn thứ cấp (Đối với U235 trung bình: 2,5).
  + Mỗi phản ứng toả ra khoảng 200 MeV.
  + Các hạt nhân X_1, X_2 có số khối: A_1, A_2 từ 80 đến 160.
  + Phân hạch thường kèm theo tia phóng xạ.
- Ví dụ cụ thể: ${}^{1}_{0}n + {}^{235}_{92}U \rightarrow {}^{236}_{92}U \rightarrow {}^{95}_{39}Y + {}^{138}_{53}I + 3{}^{1}_{0}n$

②. Phản ứng dây chuyền và điều kiện xảy ra:

a) Phản ứng dây chuyền: Trong phản ứng phân hạch, một phần số nơtrôn sinh ra bị mất mát vì nhiều nguyên nhân (thoát ra ngoài, bị hạt nhân tạp chất khác hấp thụ,...) nhưng nếu sau mỗi phân hạch, vẫn còn lại trung bình k nơtrôn, mà $k > 1$ thì k nơtrôn này đập vào các hạt nhân khác, lại gây ra k phân hạch khác, sinh ra k^2 nơtrôn, k^3,...nơtrôn. Số phân hạch tăng rất nhanh trong một thời gian rất ngắn: ***ta có phản ứng dây chuyền.***

Gọi k là hệ số nhân nơtrôn (hay là số nơtrôn trung bình còn lại sau mỗi phân hạch).

- **Với $k > 1$: Hệ thống vượt hạn**

Phản ứng hạt nhân xảy ra không điều khiển được.

Năng lượng toả ra có sức công phá rất dữ dội nên được ứng dụng để chế tạo bom nguyên tử.

- **Với $k = 1$: Hệ thống tới hạn**

Phản ứng xảy ra điều khiển được.

Năng lượng toả ra không đổi nên được ứng dụng trong lò phản ứng của nhà máy điện hạt nhân.

- **Với $k < 1$: Hệ thống dưới hạn**

Phản ứng hạt nhân dây chuyền không xảy ra.

b) Điều kiện để xảy ra phản ứng dây chuyền: $\boxed{k \geq 1}$

Khi đó khối lượng nhiên liệu hạt nhân phải lớn hơn hoặc bằng một giá trị tối thiểu, được gọi là khối lượng tới hạn (m_{th}).

Ví dụ: Nhiên liệu là U235 thì có $m_{th} \approx 15$ kg; Pu239 có $m_{th} \approx 5$ kg.

2. Phản ứng nhiệt hạch

a) Định nghĩa: Phản ứng nhiệt hạch là phản ứng kết hợp hai hạt nhân nhẹ thành một hạt nhân nặng hơn.

Ví dụ:

$$\boxed{{}_1^2H + {}_1^2H \to {}_2^3H + {}_0^1n + 4MeV}\ ;\ \boxed{{}_1^2H + {}_1^3H \to {}_2^4He + {}_0^1n + 17,5MeV}$$

b) Điều kiện xảy ra phản ứng nhiệt hạch: Xảy ra ở nhiệt độ rất cao

- Nhiệt độ rất cao khoảng hàng trăm triệu độ (cỡ 10^8K) nên được gọi là phản ứng nhiệt hạch.
- Ngoài điều kiện nhiệt độ cao, còn có 2 điều kiện nữa để phản ứng nhiệt hạch xảy ra:
  + Mật độ hạt nhân n phải đủ lớn.
  + Thời gian Δt duy trì nhiệt độ cao phải đủ dài.

→ Tiêu chuẩn Lawson: $\boxed{n.\Delta t \geq 10^{14}(s/cm^3)}$

c) Lí do con người quan tâm đến phản ứng nhiệt hạch

- Nguồn năng lượng nhiệt hạch là nguồn năng lượng vô tận, nhiên liệu có sẵn trong tự nhiên như trong nước ao, hồ, biển,…
- Ít gây ô nhiễm môi trường vì ít tạo ra các tia phóng xạ.
- Toả ra năng lượng rất lớn.

3. So sánh phản ứng phân hạch và phản ứng nhiệt hạch

❶. Giống nhau: Đều là phản ứng hạt nhân toả năng lượng.

❷. Khác nhau:

- Một phản ứng phân hạch toả năng lượng lớn hơn một phản ứng nhiệt hạch.
- Cùng khối lượng nhiên liệu thì phản ứng nhiệt hạch toả ra năng lượng lớn hơn phản ứng phân hạch.
- Hiện nay: phản ứng phân hạch có thể điều khiển được, phản ứng nhiệt hạch chưa điều khiển được.
- Phản ứng nhiệt hạch **"sạch"** hơn phản ứng phân hạch vì ít có các bức xạ gây ô nhiễm.

II. NHÀ MÁY ĐIỆN HẠT NHÂN

1. Cấu tạo: Bộ phận chính trong nhà máy là **"Lò phản ứng hạt nhân"**. Trong lò gồm:

- Thanh nhiên liệu: thường được làm bằng hợp kim chứa urani đã được làm giàu.
- Chất làm chậm: nước nặng D_2O, than chì, berili,…
- Thanh điều khiển: chất hấp thụ nơtrôn không bị phân hạch như: Bo (B), Cadimi (Cd),…

2. Hoạt động: Điều chỉnh thanh điều khiển để hệ số: $k = 1$.