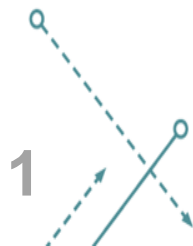


HỌC LIỆU

1. **Bài giảng Vật lý 3 và thí nghiệm, 2015. Nguyễn Thị Thúy Liễu và Võ Thị Thanh Hà. Thư viện HVCNBCVT**
2. Vật lí đại cương, tập I, II, III - Lương Duyên Bình, Ngô Phú An, Lê Băng Sương và Nguyễn Hữu Tăng. Nhà xuất bản Giáo dục - 2003.
3. Cơ sở Vật lí, Tập VI - Halliday, Resnick, Walker. Nhà xuất bản Giáo dục 1998.
4. Vật lí đại cương, tập I, II, III - Đặng Quang Khang và Nguyễn Xuân Chi. Nhà xuất bản Đại học Bách khoa Hà Nội - 2001.



Nội dung

Chương 1: DAO ĐỘNG VÀ SÓNG

Chương 2: GIAO THOA ÁNH SÁNG.

Chương 3: NHIỀU XẠ ÁNH SÁNG

Chương 4: TÁN SẮC, HẤP THỤ VÀ TÁN XẠ ÁNH SÁNG

Chương 5: PHÂN CỰC ÁNH SÁNG

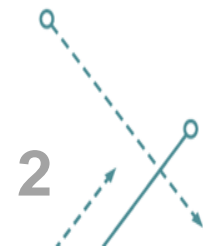
Chương 6: THUYẾT TƯƠNG ĐỐI HẸP EINSTEIN

Chương 7: QUANG HỌC LƯỢNG TỬ.

Chương 8: CƠ HỌC LƯỢNG TỬ

Chương 9: VẬT LÝ NGUYÊN TỬ

Chương 10: VẬT LÝ CHẤT RẮN VÀ BÁN DẪN





CHƯƠNG 1: DAO ĐỘNG VÀ SÓNG

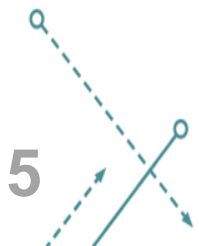


PHẦN 1 – DAO ĐỘNG

1. Dao động cơ

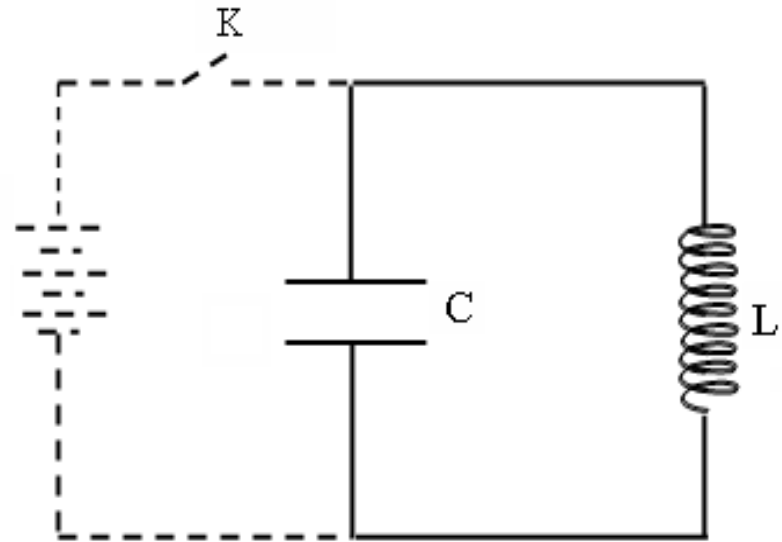
Dao động cơ điều hòa

Dao động điều hoà là dao động mà độ lệch khỏi vị trí cân bằng của vật là hàm tuần hoàn (có dạng sin hay cosin) theo thời gian.



2. DAO ĐỘNG ĐIỆN TỪ

Dao động điện từ điều hoà



Hình 1-6. Mạch dao động
điện từ riêng

Ta xét chi tiết hơn quá trình dao động của mạch trong một chu kỳ T

- Tại thời điểm $t = 0$:

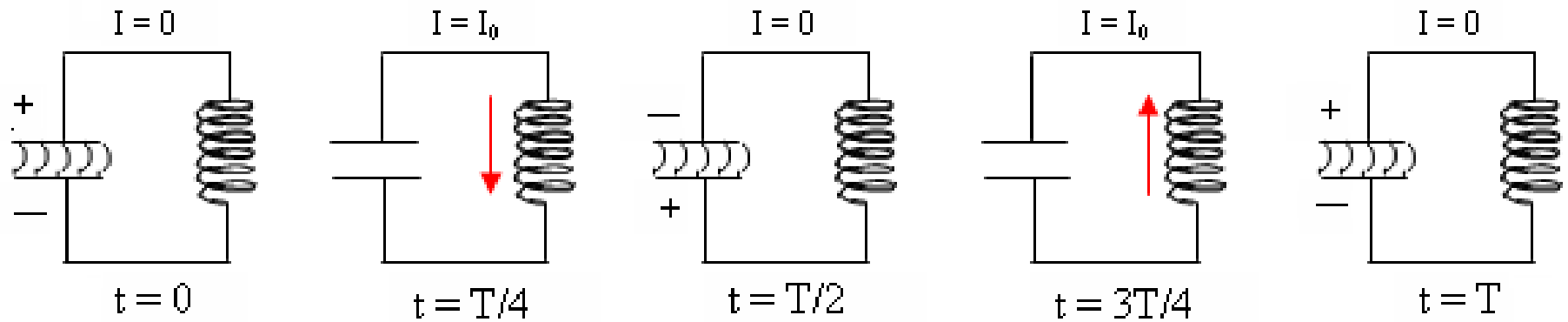
-điện tích của tụ là Q_0

-hiệu điện thế giữa hai bản là $U_0 = \frac{Q_0}{C}$

-năng lượng điện trường của tụ điện có giá trị cực đại bằng:

$$W_{e(max)} = \frac{Q_0^2}{2C}$$

Hình 1-7. Quá trình tạo thành dao động điện từ riêng



$$W_e = 0$$

$$T = \frac{T}{4}$$

$$I = I_0$$

$$W_m = \frac{LI_0^2}{2}$$

$$T = \frac{T}{2}$$

$$q = Q_0$$

$$W_{e(max)} = \frac{Q_0^2}{2C}$$

Phương trình dao động điện từ điều hoà

Vì không có sự mất mát năng lượng trong mạch, nên năng lượng điện từ của mạch không đổi: $W_e + W_m = W = \text{const}$

Thay
$$W_e = \frac{q^2}{2C}; W_m = \frac{Li^2}{2}$$

$$\frac{q^2}{2C} + \frac{Li^2}{2} = \text{const}$$

Lấy đạo hàm cả hai vế của phương trình trên theo thời gian: ($dq/dt = i$)

$$\frac{d^2 i}{dt^2} + \frac{1}{LC} i = 0 \Rightarrow \frac{d^2 i}{dt^2} + \omega_0^2 i = 0 \quad (1.17)$$

trong đó ta đặt: $\frac{1}{LC} = \omega_0^2$

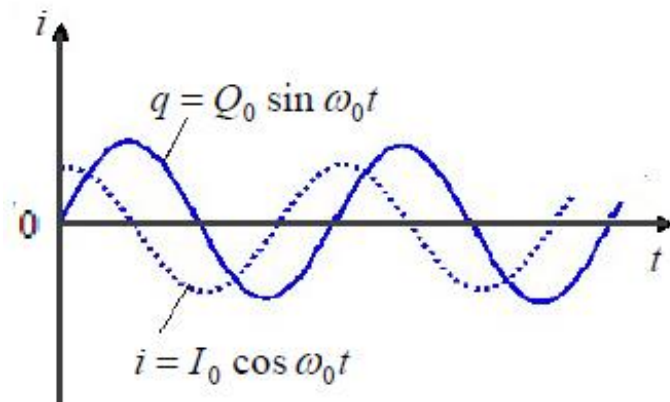


Đó là phương trình vi phân cấp hai thuần nhất có hệ số không đổi. Nghiệm tổng quát của (1-17) có dạng: $i = I_0 \cos(\omega_0 t + \varphi)$ (1.18)

trong đó: I_0 là biên độ của cường độ dòng điện, φ là pha ban đầu của dao động, tần số góc riêng của dao động và chu kỳ riêng :

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC}}$$

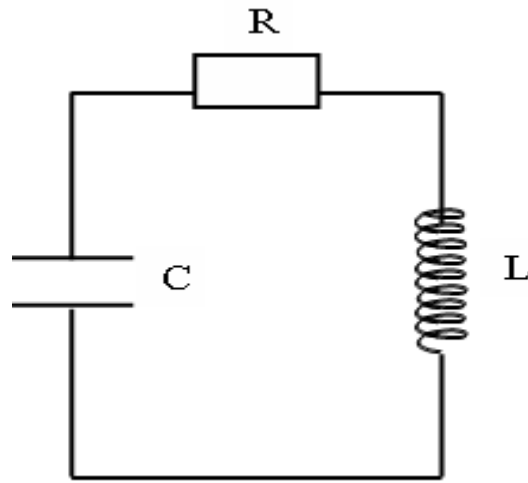
$$T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi\sqrt{LC}$$



Điện tích của tụ điện, hiệu điện thế giữa hai bản tụ.... cũng biến thiên với thời gian theo những phương trình có dạng tương tự như (1-18).

B/ Mạch dao động điện từ tắt dần

Trong mạch dao động bây giờ có thêm một điện trở R tượng trưng cho điện trở của toàn mạch. Ta cũng tiến hành nạp điện cho tụ C , sau đó cho tụ điện phóng điện qua điện trở R và ống dây L .



Phương trình dao động điện từ tắt dần

- Theo định luật bảo toàn và chuyển hoá năng lượng, ta có:

$$-dW = Ri^2 dt \Leftrightarrow -d\left(\frac{q^2}{2C} + \frac{Li^2}{2}\right) = Ri^2 dt$$

- Chia cả hai vế của phương trình cho dt , sau đó lấy đạo hàm theo thời gian ta thu được:

$$\frac{q}{C} + L \frac{di}{dt} = -Ri$$

Trong đó ta đặt: $\frac{d^2i}{dt^2} + \frac{R}{L} \frac{di}{dt} + \frac{1}{LC} i = 0 \Leftrightarrow \frac{d^2i}{dt^2} + 2\beta \frac{di}{dt} + \omega_0^2 i = 0$

$$\frac{R}{L} = 2\beta, \quad \frac{1}{LC} = \omega_0^2$$

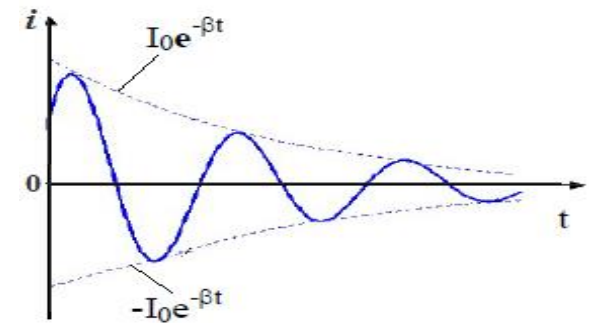
Đó là phương trình vi phân cấp hai thuần nhất có hệ số không đổi. Với điều kiện hệ số tắt đủ nhỏ

sao cho:

$$\omega_0 > \beta \Leftrightarrow \frac{1}{LC} > \left(\frac{R}{2L}\right)^2 \Rightarrow R < 2\sqrt{\frac{L}{C}}$$

thì nghiệm tổng quát của phương trình(1-25) có dạng:

$$i = I_0 e^{-\beta t} \cos(\omega t + \varphi)$$



$$\omega = \sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{2L}\right)^2} < \omega_0$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{2L}\right)^2}} = \frac{2\pi}{\sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}}$$

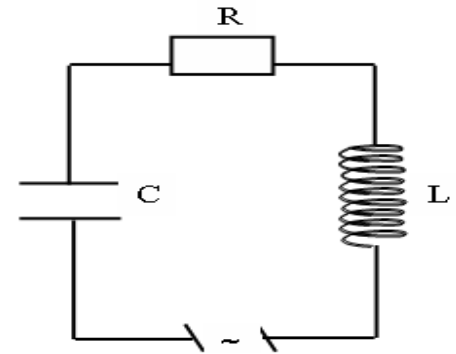
$$\delta = \ln \frac{I_0 e^{-\beta t}}{I_0 e^{-\beta(t+T)}} = \beta T$$

δ Lượng giảm lôga

C/ Dao động điện từ cưỡng bức

- Để duy trì dao động điện từ trong mạch dao động RLC, người ta phải cung cấp năng lượng cho mạch điện:

$$E = E_0 \sin(\Omega t)$$



- Khi dao động tắt dần không còn nữa và trong mạch chỉ còn dao động điện từ không tắt có tần số góc bằng tần số góc Ω của nguồn điện.

Đó là ***dao động điện từ cưỡng bức***.

Phương trình dao động điện từ cưỡng bức

Theo định luật bảo toàn và chuyển hoá năng lượng, ta có :

$$dW + Ri^2 dt = Eidt$$

$$\Leftrightarrow d\left(\frac{q^2}{2C} + \frac{Li^2}{2}\right) + Ri^2 dt = Eidt$$

Lấy vi phân rồi lấy đạo hàm hai vế theo thời gian ta được:

$$L \frac{di}{dt} + Ri + \frac{q}{C} = E_0 \sin \Omega t$$

$$\Leftrightarrow L \frac{d^2 i}{dt^2} + R \frac{di}{dt} + \frac{i}{C} = E_0 \Omega \cos \Omega t$$



Đặt $\frac{R}{L} = 2\beta$, $\frac{1}{LC} = \omega_0^2$ ta thu được phương trình vi phân sau:

$$\frac{d^2 i}{dt^2} + 2\beta \frac{di}{dt} + \omega_0^2 i = \frac{E_0 \Omega}{L} \cos \Omega t$$

- Phương trình vi phân (1-34) có nghiệm là tổng của hai nghiệm sau:
 - Nghiệm tổng quát của phương trình thuần nhất. Đó chính là nghiệm của phương trình dao động điện từ tắt dần.
 - Nghiệm riêng của phương trình không thuần nhất. **Nghiệm này biểu diễn một dao động điện từ không tắt do tác dụng của nguồn điện.**

Nghiem riêng này có dạng:

$$i = I_0 \cos(\Omega t + \Phi)$$

trong đó
$$I_0 = \frac{E_0}{\sqrt{R^2 + \left(\Omega L - \frac{1}{\Omega C}\right)^2}}, \quad \cot \Phi = -\frac{\Omega L - \frac{1}{\Omega C}}{R}$$

Đặt tổng trở của mạch dao động là:

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\Omega L - \frac{1}{\Omega C}\right)^2}$$

Và cảm kháng và dung kháng của dao động lần lượt là:

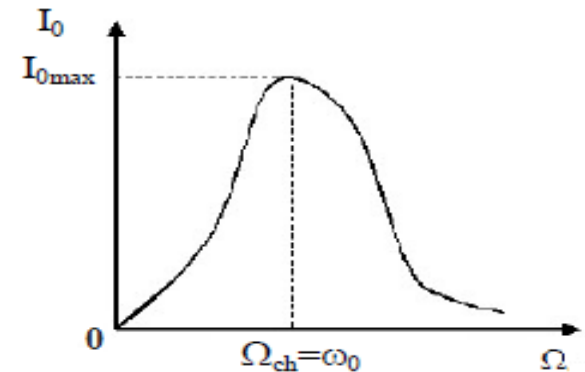
$$Z_L = \Omega L$$

$$Z_C = \frac{1}{\Omega C}$$



Hiện tượng cộng hưởng

Hiện tượng biên độ dòng điện của mạch dao động điện từ cưỡng bức đạt giá trị cực đại được gọi là hiện tượng cộng hưởng điện.



$$\Omega L - \frac{1}{\Omega C} = 0 \text{ hay } \Omega_{ch} = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \omega_0$$

Dao động điện từ điều hòa

$$i = I_0 \cos(\omega_0 t + \varphi)$$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC}}$$

$$T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0}$$

Dao động điện từ tắt dần

$$i = I_0 e^{-\beta t} \cos(\omega t + \varphi)$$

$$\omega = \sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{2L}\right)^2}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \quad \delta = \beta T; \quad \beta = \frac{R}{2L}$$

Hiện tượng cộng hưởng:

$$\Omega_{ch} L - \frac{1}{\Omega_{ch} C} = 0 \Leftrightarrow \Omega_{ch} = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

VD 1. Một mạch dao động điện từ có điện dung $C = 0.25\mu\text{F}$, hệ số tự cảm $L = 1.015\text{ H}$ và điện trở $R = 0$. Ban đầu hai cốt của tụ điện được tích điện $Q_0 = 2.5 \cdot 10^{-6}\text{C}$

- Viết phương trình dao động của mạch điện đối với điện tích q và dòng điện i .
- Năng lượng điện từ của mạch.
- Tần số dao động của mạch.

$$q = Q_0 \cos(\omega t + \varphi)$$

a. Pt dao động của q :

→ cần tìm ω và φ :

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad t = 0 \rightarrow q = Q_0 \cos \varphi = Q_0 \rightarrow \varphi = 0$$

Pt dao động của i : $i = q'$

$$E = (E_d)_{\max} = \frac{Q_0^2}{2C}$$

b. Năng lượng điện từ của mạch.

c. Tần số dd: $\omega = 2\pi f \rightarrow f$

VD 2. Một mạch dao động gồm tụ điện có điện dung $C=1,1 \cdot 10^{-9}F$, cuộn dây có độ tự cảm $L=5 \cdot 10^{-5}H$ và lượng giảm lôga $\delta = 0,005$.

Tìm thời gian để năng lượng điện từ trong mạch giảm đi 99%. Coi gần đúng chu kỳ dao động của mạch $T=2\pi\sqrt{LC}$.

$$\delta = \beta T; \beta = \frac{R}{2L}$$

$$\delta = \beta T = \beta \cdot 2\pi\sqrt{LC} \rightarrow \beta = \frac{\delta}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Tại thời điểm t: $E_t = \frac{(Q_0 e^{-\beta t})^2}{2C}$

$$\Rightarrow \frac{E_t}{E_{t+\Delta t}} = e^{2\beta t} = \frac{100}{1} \rightarrow \Delta t$$

Tại thời điểm t+Δt: $E_{t+\Delta t} = \frac{(Q_0 e^{-\beta(t+\Delta t)})^2}{2C}$

VD 3 . Một mạch dao động điện từ điều hoà gồm một cuộn dây thuần cảm có độ tự cảm $L = 3.10^{-5}\text{H}$ và một tụ điện có điện dung C . Mạch dao động cộng hưởng với bước sóng $\lambda = 750\text{m}$. Tìm điện dung của tụ điện. Cho $c = 3.10^8\text{m/s}$.

Mạch dao động cộng hưởng

$$\lambda_{ch} = c.T_{ch} \quad T_{ch} = \frac{2\pi}{\omega_{ch}} \quad \omega_{ch} = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$\rightarrow \lambda_{ch} = c.2\pi\sqrt{LC} \rightarrow C$$



3. SỰ TỔNG HỢP DAO ĐỘNG

A/ Tổng hợp hai dao động điều hoà cùng phương, cùng tần số

Giả sử có một chất điểm tham gia đồng thời hai dao động điều hoà cùng phương và cùng tần số:

$$x_1 = A_1 \cos(\omega_0 t + \varphi_1)$$

$$x_2 = A_2 \cos(\omega_0 t + \varphi_2)$$

Dao động tổng hợp của chất điểm bằng tổng của hai dao động thành phần

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

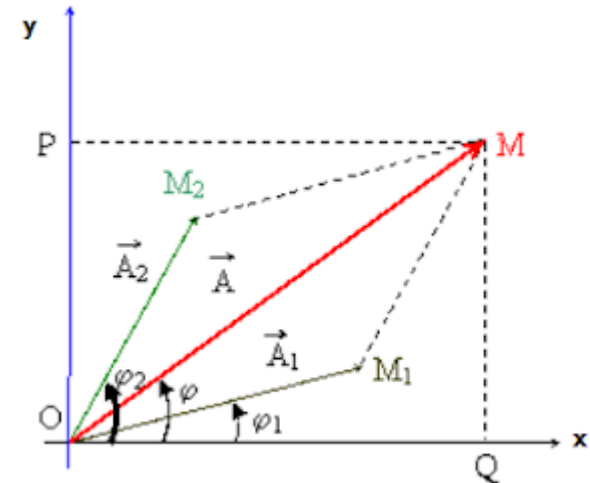


Ta dùng phương pháp giản đồ vector Fresnel để tìm dạng của x.

có độ lớn bằng A và góc φ và được xác định bởi hệ thức:

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

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



Tổng hợp 2 dao động lệch pha bất kỳ

Như vậy, tổng hợp hai dao động điều hoà x_1 và x_2 cùng phương, cùng tần số góc cũng là một dao động điều hoà x có cùng phương và cùng tần số góc ω_0 với các dao động thành phần, với biên độ A và pha ban đầu φ

- Nếu $(\varphi_2 - \varphi_1) = 2k\pi$, với $k = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$ thì $\cos(\varphi_2 - \varphi_1) = 1$

và **biên độ A đạt cực đại**: $A = A_1 + A_2 = A_{\max}$

Khi này hai dao động x_1 và x_2 cùng phương, cùng chiều và được gọi là hai dao động cùng pha.

- Nếu $(\varphi_2 - \varphi_1) = (2k + 1)\pi$, với $k = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$ thì $\cos(\varphi_2 - \varphi_1) = -1$

và **biên độ A đạt cực tiểu**: $A = |A_1 - A_2| = A_{\min}$

x_1 và x_2 cùng phương ngược chiều và gọi là hai dao động ngược pha.



B/Tổng hợp hai dao động điều hoà có phương vuông góc, cùng tần số

Giả sử một chất điểm tham gia đồng thời hai dao động điều hoà x và y có phương vuông góc và cùng tần số góc ω_0

$$x = A_1 \cos(\omega_0 t + \phi_1) \rightarrow \frac{x}{A_1} = \cos \omega_0 t \cos \phi_1 - \sin \omega_0 t \sin \phi_1 \quad (1.49)$$

$$y = A_2 \cos(\omega_0 t + \phi_2) \rightarrow \frac{y}{A_2} = \cos \omega_0 t \cos \phi_2 - \sin \omega_0 t \sin \phi_2 \quad (1.50)$$

Lần lượt nhân hai phương trình trên với $\cos \phi_2$ và $-\cos \phi_1$ rồi cộng vế:

$$\frac{x}{A_1} \cos \phi_2 - \frac{y}{A_2} \cos \phi_1 = \sin \omega_0 t \sin(\phi_2 - \phi_1)$$



Tương tự, lần lượt nhân (1.49) và (1.50) với $\sin \varphi_2$ và $-\sin \varphi_1$

Rồi cộng vế:
$$\frac{x}{A_1} \sin \varphi_2 - \frac{y}{A_2} \sin \varphi_1 = \cos \omega_0 t \sin(\varphi_2 - \varphi_1)$$

Bình phương hai vế của hai phương trình vừa nhận được rồi cộng vế với vế, ta được:

$$\frac{x^2}{A_1^2} + \frac{y^2}{A_2^2} - \frac{2xy}{A_1 A_2} \cos(\varphi_2 - \varphi_1) = \sin^2(\varphi_2 - \varphi_1) \quad (1.53)$$

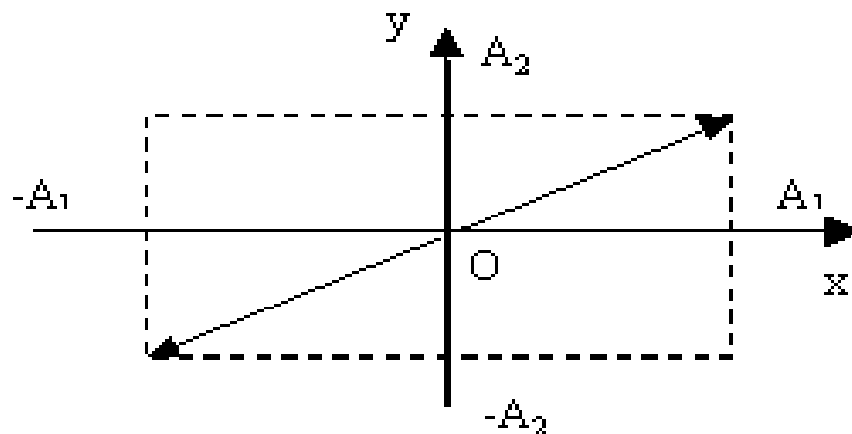
Phương trình (1-53) chứng tỏ quỹ đạo chuyển động tổng hợp của hai dao động điều hoà có phương vuông góc và có cùng tần số góc là một đường elip. Dạng của elip này phụ thuộc vào giá trị của hiệu pha $(\varphi_2 - \varphi_1)$ của hai dao động thành phần x và y.



a/ Nếu $(\phi_2 - \phi_1) = 2k\pi$
 $k = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$

thì ta có: $\frac{x^2}{A_1^2} + \frac{y^2}{A_2^2} - \frac{2xy}{A_1 A_2} = 0$ hay $\frac{x}{A_1} - \frac{y}{A_2} = 0$

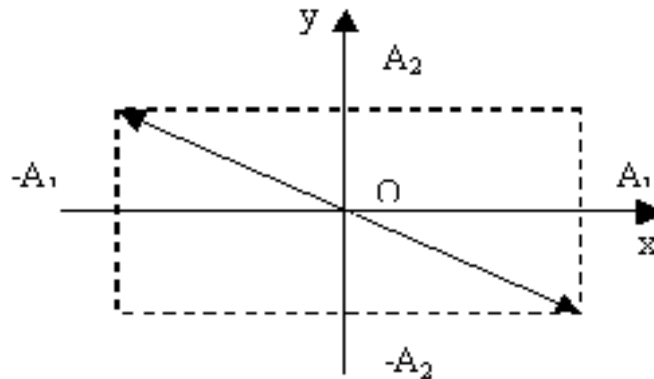
Như vậy, quỹ đạo của chất điểm khi $\phi_2 - \phi_1 = 2k\pi$ đường thẳng nằm trong cung phần tư I và III, đi qua vị trí cân bằng bên của chất điểm tại gốc O và trùng với đường chéo của hình chữ nhật có hai cạnh bằng $2A_1$ và $2A_2$



b/ Nếu $(\phi_2 - \phi_1) = (2k + 1)\pi$
 $k = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$

Thì ta có phương trình: $\frac{x^2}{A_1^2} + \frac{y^2}{A_2^2} + \frac{2xy}{A_1 A_2} = 0$ hay $\frac{x}{A_1} + \frac{y}{A_2} = 0$

Như vậy, quỹ đạo của chất điểm khi $\phi_2 - \phi_1 = 2k\pi$ đường thẳng nằm trong cung phần tư II và IV, đi qua vị trí cân bằng bền của chất điểm tại gốc O và trùng với đường chéo của hình chữ nhật có hai cạnh bằng $2A_1$ và $2A_2$



c/ Nếu $(\phi_2 - \phi_1) = (2k + 1) \frac{\pi}{2}$

$$k = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$$

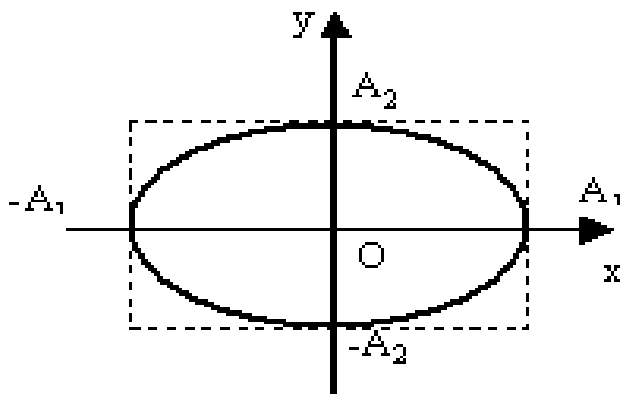
Thì ta nhận được phương trình dao động:

$$\frac{x^2}{A_1^2} + \frac{y^2}{A_2^2} = 1$$

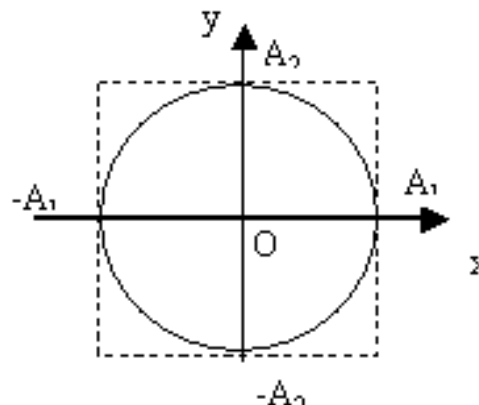
Chứng tỏ chất điểm dao động trên một quỹ đạo êlip dạng chính tắc có hai bán trục $A_1; A_2$ (hình 1.18)

Đặc biệt nếu $A_1 = A_2 = A$ thì phương trình trở thành: $x^2 + y^2 = A^2$

Tức là: quỹ đạo của chất điểm là đường tròn có tâm tại gốc tọa độ O và bán kính bằng A.



Hình 1.18



Hình 1.19



PHẦN 2 – SÓNG

1. SÓNG CƠ – SÓNG ÂM VÀ HIỆU ỨNG DOPPLER

Định nghĩa:

Sóng là quá trình lan truyền dao động trong môi trường (kk, nước, chất rắn).



Mô tả sóng ngang và sóng dọc



- **Các loại sóng:**

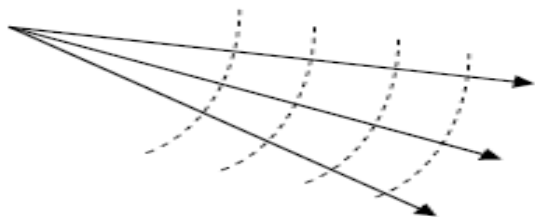
- Sóng cơ: sóng âm, sóng nước và các sóng hạt...
- Sóng điện từ: sóng radio, sóng ánh sáng, tín hiệu TV... (tùy theo dải tần số)

- **Một số khái niệm:**

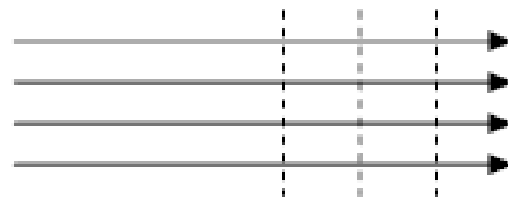
- Nguồn sóng (tâm sóng): phần tử được kích thích gây ra dao động
- Tia sóng: phương truyền sóng (luôn vuông góc với mặt sóng)



- Không gian có sóng truyền qua được gọi là *trường sóng*.
- *Mặt sóng* là quỹ tích những điểm dao động cùng pha trong trường sóng.
- Giới hạn giữa phần môi trường mà sóng đã truyền qua và chưa truyền tới gọi là *mặt đầu sóng*. *Mặt đầu sóng là quỹ tích của tất cả những điểm mà sóng truyền tới cùng một lúc.*
- Nếu sóng có mặt đầu sóng là mặt cầu thì được gọi là *sóng cầu* và nếu mặt đầu sóng là mặt phẳng thì được gọi là *sóng phẳng*.



Sóng cầu



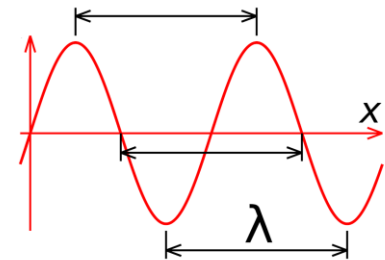
Sóng phẳng

A/ Sóng cơ

a. Định nghĩa: Quá trình truyền dao động trong môi trường đàn hồi gọi là sóng cơ. Phần tử đầu tiên phát ra dao động gọi là nguồn sóng.

b. Các đại lượng đặc trưng của sóng cơ

- Vận tốc truyền sóng là quãng đường sóng (pha của sóng) truyền được trong một đơn vị thời gian:
 v
- Bước sóng là quãng đường mà sóng đi được trong một chu kỳ dao động.
- Khoảng thời gian ngắn nhất mà vật lặp lại vị trí cũ được gọi là **chu kỳ của dao động T**.



c. Phương trình sóng cơ

* Phương trình sóng phẳng



Sóng được phát ra từ O và truyền theo trục Ox với vận tốc không đổi (hình vẽ). Phương trình sóng tại tâm O là:

$$x = A \cos(\omega_0 t)$$

Phương trình sóng tại M cách O một đoạn y nào đó phải muộn pha về thời gian so với tâm sóng O một lượng:

$$\tau = \frac{y}{v} \rightarrow x_M = A \cos \omega_0 \left(t - \frac{y}{v} \right)$$

Do mối liên hệ giữa: tần số f , tần số góc ω chu kỳ T và vận tốc truyền sóng

\vec{v}

$$T = \frac{2\pi}{\omega_0}; \lambda = vT = \frac{v}{f}$$

$$\rightarrow x_M = A \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{y}{T v} \right) = A \cos 2\pi \left(f t - \frac{y}{\lambda} \right) \quad (1.57)$$



* Phương trình sóng cầu

Người ta chứng minh được rằng phương trình sóng cầu cũng có dạng tương tự như sóng phẳng nhưng chúng khác nhau ở biểu thức biên độ. Nghĩa là:

biên độ của sóng cầu tỷ lệ nghịch với khoảng cách đến điểm đang xét tính từ tâm sóng:

$$u = k \frac{U_0}{y} \cos \omega_0 \left(t - \frac{y}{v} \right)$$

Trong đó U_0 là biên độ sóng phẳng, k là hệ số tỉ lệ phụ thuộc vào môi trường truyền sóng.

Trường hợp sóng truyền theo phương ngược lại:

$$u = k \frac{U_0}{y} \cos \omega_0 \left(t + \frac{y}{v} \right)$$



d. Năng lượng sóng cơ

- Sóng cơ là sóng vật chất nên có năng lượng. Thực nghiệm chứng minh được rằng trong môi trường đồng tính và đẳng hướng một sóng phẳng có phương trình: $x = A \cos \omega_0 \left(t - \frac{y}{v} \right)$

Thì năng lượng sóng trong thể tích ΔV của môi trường là:

$$\Delta W = A^2 \rho \Delta V \omega_0^2 \sin^2 \omega_0 \left(t - \frac{y}{v} \right)$$

$$0 \leq \sin^2 \omega_0 \left(t - \frac{y}{v} \right) \leq 1$$

Nên năng lượng trung bình: $\overline{\Delta W} = \frac{1}{2} \rho \Delta V \omega_0^2 A^2$

Mật độ năng lượng sóng: $\overline{w} = \frac{\overline{\Delta W}}{\Delta V} = \frac{1}{2} \rho \omega_0^2 A^2$



- **Năng thông** của sóng cơ qua một diện tích ΔS nào đó đặt trong môi trường truyền sóng là đại lượng có giá trị bằng năng lượng sóng cơ gửi qua diện tích ấy trong một đơn vị thời gian.

Nghĩa là:

$$\bar{\psi} = \frac{\bar{W}}{\Delta t}$$

$$\bar{W} = \bar{w} \Delta V = \bar{w} v \Delta t \Delta S$$

$$\rightarrow \bar{\psi} = \bar{W} v = \frac{1}{2} \rho \omega_0^2 A^2 v \Delta S$$



e. Nguyên lý chồng chất và sự giao thoa sóng cơ

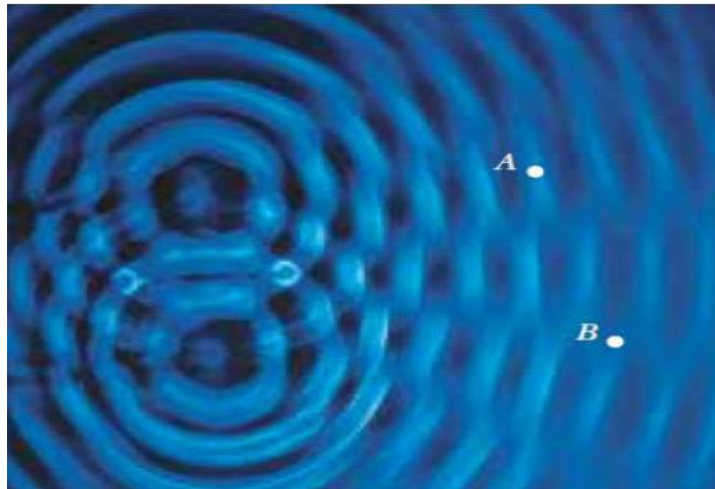
*Nguyên lý chồng chất sóng:

“*Khi hai hay nhiều sóng **có biên độ nhỏ**, đồng thời truyền qua miền nào đó của môi trường đàn hồi thì dao động của mỗi điểm trong miền đó là tổng hợp các dao động gây bởi từng sóng riêng rẽ. **Các sóng đó không làm nhiễu loạn nhau**. Sau khi gặp nhau, các sóng đó vẫn truyền đi như khi chúng truyền đi riêng rẽ.*”



- **Sự giao thoa sóng cơ**

Khi có hai sóng kết hợp (là 2 nguồn có hiệu pha không đổi theo thời gian) gặp nhau thì trong miền gặp nhau có những chỗ biên độ dao động cực đại (khi cùng pha), những chỗ biên độ dao động cực tiểu (khi ngược pha).



Hình1-29. Hình ảnh giao thoa sóng nước



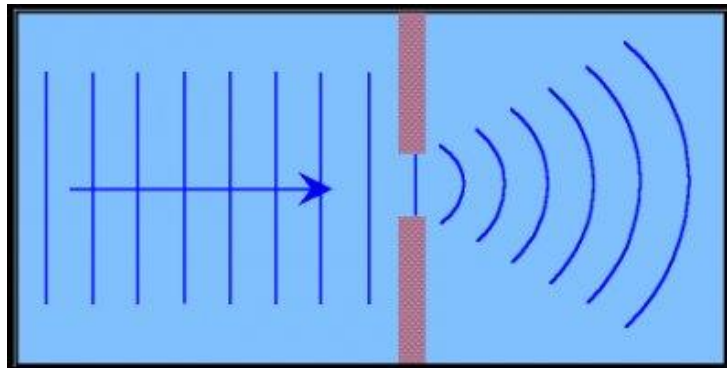
f . Nguyên lý Huyghen và hiện tượng nhiễu xạ

- Nguyên lý Huyghen:

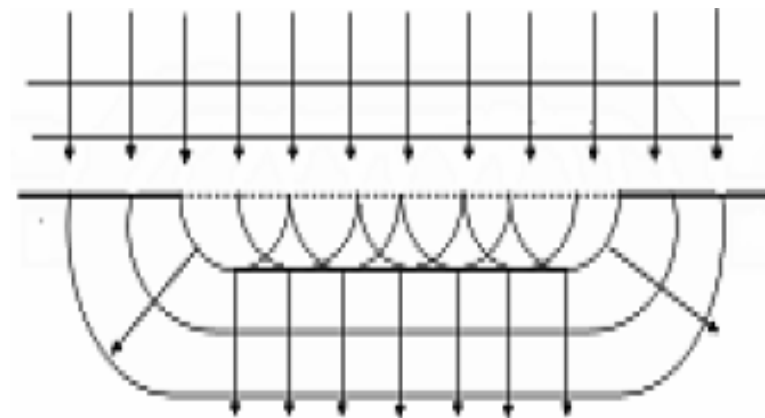
" Mỗi điểm trong không gian nhận được sóng từ nguồn sóng thực S truyền đến đều trở thành nguồn thứ cấp phát sóng về phía trước nó".

- Nhiễu xạ sóng cơ:

Hiện tượng **các tia sóng đối phương truyền khi đi qua các chướng ngại vật** gọi là hiện tượng nhiễu xạ



- **Giải thích:** Xét sóng phẳng truyền trong môi trường đồng chất đẳng hướng. Trên đường truyền gặp lỗ nhỏ AB, các điểm trên lỗ nhỏ trở thành các nguồn sáng thứ cấp phát ra sóng cầu, bao hình các mặt cầu này chính là mặt sóng phát ra từ AB, chỉ có phần ở giữa mặt sóng là mặt phẳng, ở hai bên cạnh mặt sóng bị uốn cong.



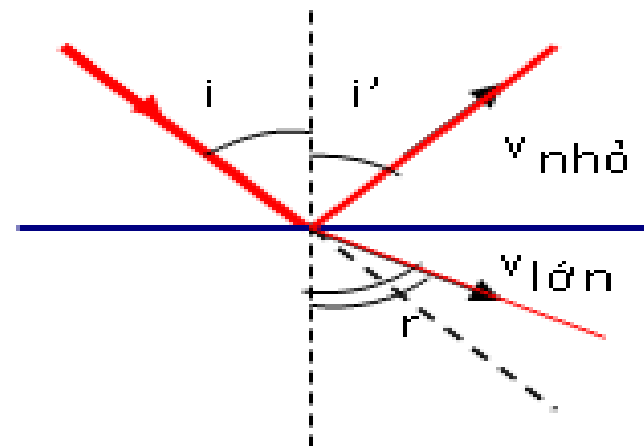
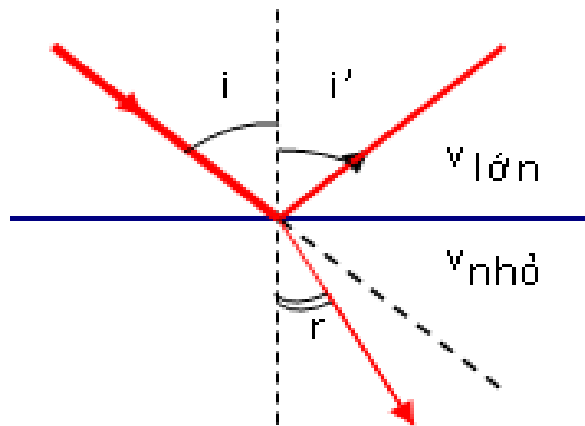
Hình 1-31: Hiện tượng nhiễu xạ sóng

B/ Sóng âm và hiệu ứng Doppler

- **Sóng âm:** gọi tắt là âm, là sóng dọc lan truyền trong môi trường, (có biên độ nhỏ mà thính giác của ta có thể nhận biết được).
- **Héc là tần số của một quá trình dao động âm mà cứ mỗi giây thực hiện được một dao động.**
- Những dao động âm có tần số trong khoảng từ 16 Hz đến 20 000 Hz.
 - Dao động có **tần số nhỏ hơn 16 Hz** gọi là sóng **hạ âm**,
 - Dao động có tần số **lớn hơn 20 000 Hz** gọi là sóng **siêu âm**.



- Âm truyền đi theo những tia âm và cũng có thể bị phản xạ, khúc xạ, nhiễu xạ và hấp thụ.... Khi tia âm truyền qua hai môi trường có vận tốc truyền âm khác nhau thì ở mặt phân cách hai môi trường, một phần tia âm bị phản xạ, một phần bị khúc xạ.



Hình: 1-32: Tia âm phản xạ và khúc xạ

- Riêng trong chất khí vận tốc âm v được tính bằng công thức:

$$v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{\mu}}$$

- Với R là hằng số khí lý tưởng, $\gamma = \frac{C_P}{C_V}$, T là nhiệt độ tuyệt đối của chất khí, μ là khối lượng của một kilômol khí.
- Công thức trên chứng tỏ khí càng nhẹ, vận tốc truyền âm trong chất khí đó càng lớn. Khi truyền trong môi trường do bị hấp thụ nên năng lượng âm bị hấp thụ dần, vì thế khi càng xa nguồn, âm càng bé dần đi rồi tắt hẳn.

Hiệu ứng Doppler

- Là hiệu ứng trong đó tần số và bước sóng của các sóng âm, sóng điện từ hay các sóng nói chung bị thay đổi **khi nguồn phát sóng chuyển động tương đối với người quan sát.**

Sau đây chúng ta sẽ xem xét sự thay đổi này:

- Giả sử nguồn âm A phát ra âm có tần số f truyền tới máy thu B với vận tốc u ; máy thu B chuyển động đối với nguồn A vận tốc u' , vận tốc truyền âm là v (v chỉ phụ thuộc môi trường truyền âm và không phụ thuộc sự chuyển động của nguồn âm)
- Quy ước:** nếu nguồn âm đi đến gần máy thu thì $u > 0$, đi xa máy thu thì $u < 0$;

nếu máy thu đi đến gần nguồn âm thì $u' > 0$, đi xa nguồn âm thì $u' < 0$.



- Ngoài ra ta nhận xét rằng tần số f của âm do nguồn phát ra, về trị số bằng số sóng âm đã truyền đi trong một đơn vị thời gian.

Thực vậy, ta có:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{v}{vT} = \frac{v}{\lambda}$$

Đây là tỷ số biểu diễn số sóng âm truyền đi trong một đơn vị thời gian.

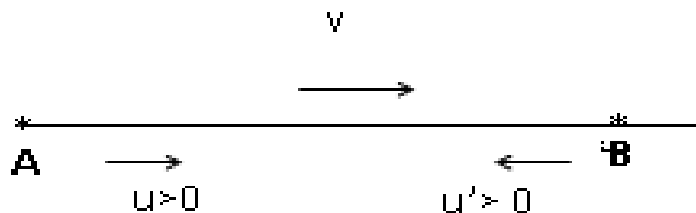
Vì vậy muốn tìm tần số của âm do máy thu nhận được, ta chỉ cần tính số sóng âm mà máy thu đã nhận được trong một đơn vị thời gian.

Xét các trường hợp sau đây:

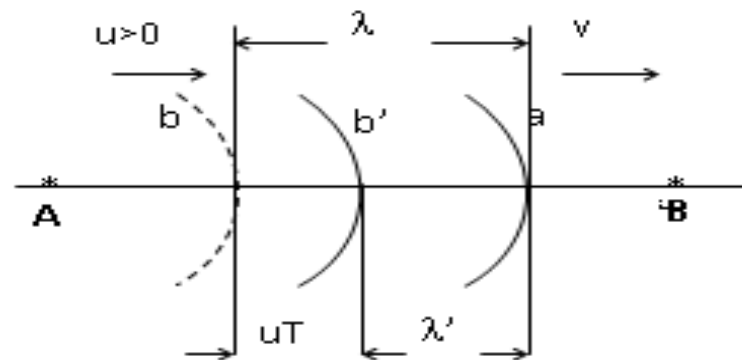


- Trường hợp tổng quát, nguồn âm và máy thu đều chuyển động ($u \neq 0, u' \neq 0$)

Giả sử nguồn âm và máy thu đi tới gặp nhau ($u > 0, u' > 0$) (hình 1-33).
Vì máy thu đi tới gần nguồn âm nên có thể coi như vận tốc truyền âm v được tăng thêm một lượng u' và bằng: $v' = v + u'$



Trường hợp nguồn âm và
máy thu đi tới gặp nhau



Sự truyền sóng âm từ nguồn
đến máy thu

Tần số của âm mà máy thu nhận được f' :

$$\lambda' = \lambda - uT$$

$$\rightarrow f' = \frac{v'}{\lambda'} = \frac{v + u'}{\lambda - uT}$$

Phương trình của hiệu ứng Doppler:

$$\lambda = vT; f = 1/T$$

$$\rightarrow f' = \frac{v + u'}{v - u} f$$

- Trường hợp nguồn đứng yên, máy thu chuyển động: trường hợp này ta có $u=0$, $u' \neq 0$ nên suy ra:

$$f' = \frac{v + u'}{v} f \rightarrow f' = \left(1 + \frac{u'}{v}\right) f$$

- Trường hợp nguồn chuyển động, máy thu đứng yên: trường hợp này ta có $u \neq 0$, $u'=0$ nên:

$$f' = \frac{v}{v - u} f$$



VD . Một nguồn âm phát ra một âm có tần số 500Hz chạy lại gần người quan sát với vận tốc là 200km/h. Hỏi người quan sát nghe thấy âm có tần số là bao nhiêu? Biết vận tốc âm truyền là 340m/s

$u = 200 \text{ km/h} \rightarrow \text{m/s}$

$u' = 0 \text{ m/s}$

$v = 340 \text{ m/s}$

$$f' = \frac{v + u'}{v - u} f$$

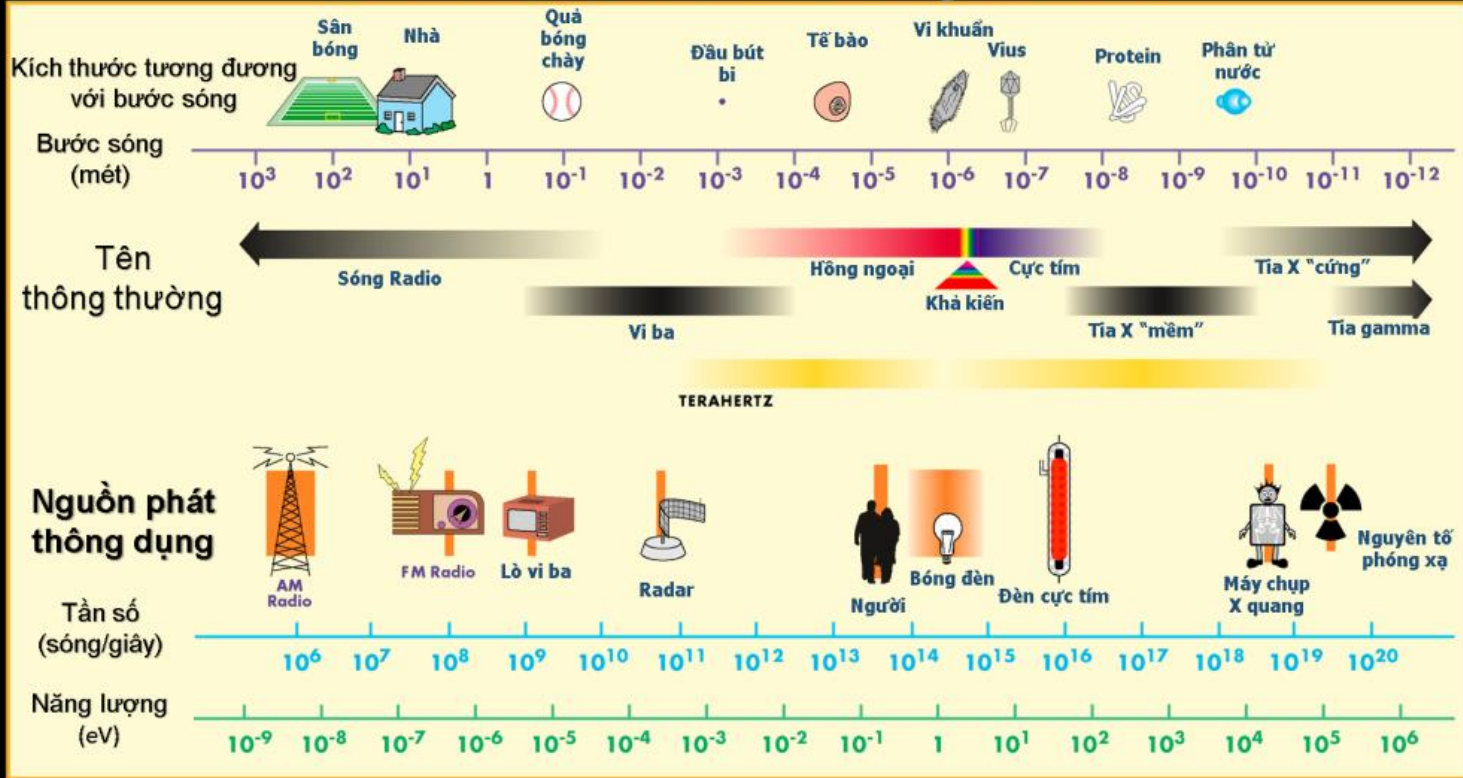
VD 2:

Một con dơi bay theo hướng vuông góc với một bức tường với vận tốc 6 m/s. Con dơi phát ra một tia siêu âm với tần số $4,5 \cdot 10^4$ Hz. Hỏi dơi nhận được âm phản xạ có tần số là bao nhiêu? Biết vận tốc âm truyền trong không khí là 340m/s.

$$f' = \frac{v + u'}{v - u} f$$

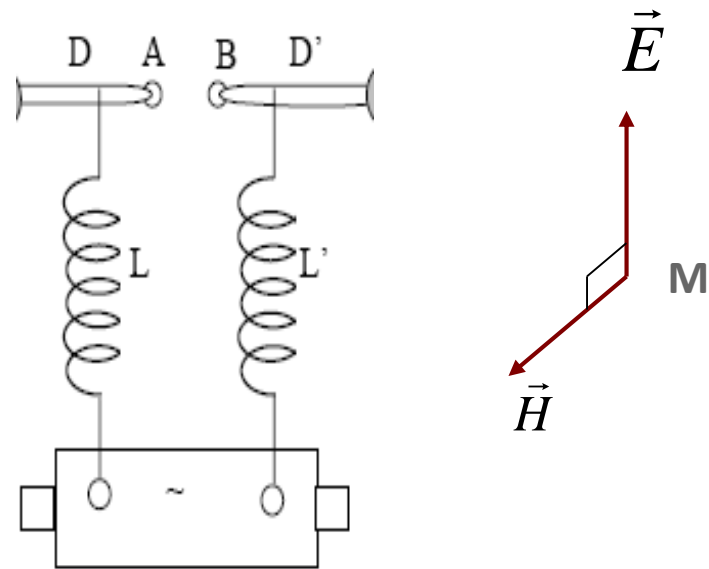


PHỔ SÓNG ĐIỆN TỪ



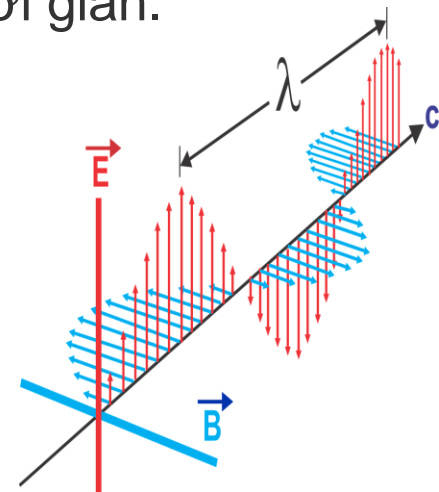
C. Sóng điện từ

- Sóng điện từ là trường điện từ biến thiên truyền đi trong không gian (là quá trình truyền dao động điện từ trong không gian.)
- Thí nghiệm Hertz tạo ra sóng điện từ**



Thí nghiệm Hertz

- Như vậy, giữa AB đã xuất hiện một điện trường biến thiên theo thời gian (xoay chiều). Nếu dùng các dụng cụ phát hiện, ta sẽ thấy tại mọi điểm M trong không gian đều có cặp vector cường độ điện trường và cường độ từ trường $\vec{E}; \vec{H}$, chúng cũng biến thiên theo thời gian.



- Thí nghiệm Hertz chứng tỏ: điện từ trường biến thiên đã được truyền đi trong không gian. Quá trình đó được giải thích nhờ hai luận điểm Maxwell.

Những tính chất của sóng điện từ

a. *Hệ phương trình Maxwell của sóng điện từ* (dạng vi phân)

$$\text{rot}\vec{E} = -\frac{\partial\vec{B}}{\partial t}$$

$$\text{rot}\vec{H} = \vec{j} + \frac{\partial\vec{D}}{\partial t}$$

$$\text{div}\vec{D} = \rho$$

$$\text{div}\vec{B} = 0$$

Và nếu là môi trường đồng chất, đẳng hướng thì:

$$\vec{D} = \varepsilon_0 \varepsilon \vec{E}$$

$$\vec{B} = \mu_0 \mu \vec{H}$$

$$\vec{j} = \sigma \vec{E}$$

Theo trên, sóng điện từ là trường điện từ biến thiên và ở đây ta chỉ xét sóng điện từ tự do, nghĩa là sóng điện từ trong một môi trường không dẫn (không có dòng điện) và không có điện tích.

Do đó: $\vec{j} = 0; \rho = 0$

Kết quả, ta viết được các phương trình Maxwell của sóng điện từ như sau:

$$\text{rot} \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

$$\text{rot} \vec{H} = \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$$

$$\text{div} \vec{D} = 0$$

$$\text{div} \vec{B} = 0$$

Và

$$\vec{D} = \varepsilon_0 \varepsilon \vec{E}$$

$$\vec{B} = \mu_0 \mu \vec{H}$$



Những tính chất tổng quát của sóng điện từ

- Sóng điện từ tồn tại trong chân không và trong môi trường chất (khác với sóng cơ, không tồn tại trong chân không)
- Sóng điện từ là sóng ngang. (E, B vuông góc với phương truyền sóng)
- Vận tốc truyền sóng điện từ trong môi trường đồng chất, đẳng hướng cho

bởi:

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon\mu}}$$

Trong đó

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0\mu_0}} = 3.10^8 \text{ m/s}$$

ϵ, μ là hằng số điện môi và độ từ thẩm của môi trường;

$\sqrt{\epsilon\mu} = n$ gọi là chiết suất tuyệt đối của môi trường.

Sóng điện từ phẳng đơn sắc

Sóng điện từ phẳng đơn sắc là sóng điện từ có những đặc tính sau:

- Các mặt sóng là những mặt phẳng song song, nghĩa là phương truyền sóng là những đường thẳng song song và nguồn sóng coi như ở rất xa.
- Các vector \vec{E}, \vec{H} có phương không thay đổi và có trị số của chúng là hàm sin hoặc cos theo thời gian t . Như vậy sóng điện từ phẳng đơn sắc có một tần số xác định ω (T xác định)
- Trong một số môi trường nhất định nó có bước sóng xác định:

$$\lambda = vT$$



Người ta chứng minh được rằng đối với sóng điện từ phẳng đơn sắc:

- Hai vectơ \vec{E}, \vec{H} luôn vuông góc với nhau và vuông góc với phương truyền sóng.
- Ba vectơ $\vec{E}, \vec{H}, \vec{v}$ theo thứ tự hợp thành tam diện thuận.
- \vec{E}, \vec{H} luôn luôn dao động cùng pha, cụ thể là luôn luôn có trị số tỷ lệ với nhau:

$$\sqrt{\epsilon_0 \epsilon} |\vec{E}| = \sqrt{\mu_0 \mu} |\vec{H}|$$

- Phương trình dao động của \vec{E}, \vec{H} :

$$E = E_0 \cos \omega \left(t - \frac{x}{v} \right); \quad H = H_0 \cos \omega \left(t - \frac{x}{v} \right)$$

Năng lượng sóng điện từ

- Mật độ năng lượng sóng điện từ: $\omega = \frac{1}{2} \varepsilon_0 \varepsilon E^2 + \frac{1}{2} \mu_0 \mu H^2$
- Đối với sóng điện từ phẳng đơn sắc ta có:

$$\sqrt{\varepsilon_0 \varepsilon} |\vec{E}| = \sqrt{\mu_0 \mu} |\vec{H}|$$

$$\omega = \varepsilon_0 \varepsilon E^2 = \mu_0 \mu H^2 = \sqrt{\varepsilon_0 \varepsilon} E \sqrt{\mu_0 \mu} H$$

- Mặt khác ta có cường độ sóng điện từ là đại lượng có trị số bằng năng lượng truyền qua một đơn vị diện tích trong một đơn vị thời gian.

Do đó cường độ sóng điện từ tỉ lệ với bình phương biên độ của cường độ điện trường hay cường độ từ trường.

Bài tập ví dụ

VD 1/ Một mạch dao động điện từ gồm một tụ điện có điện dung $C = 7\mu\text{F}$, cuộn dây có hệ số tự cảm $L = 0,23\text{H}$ và điện trở $R = 40\Omega$. Ban đầu điện tích trên hai bản tụ $Q_0 = 5,6 \cdot 10^{-4}\text{C}$.

Tìm:

a/ Chu kỳ dao động điện từ trong mạch

b/ Lượng giảm lôga của mạch dao động điện từ tương ứng

c/ Phương trình biến thiên theo thời gian của cường độ dòng điện trong mạch và hiệu thế giữa hai bản tụ điện.

• **Bài giải:**

a. Vì điện trở $R = 40\Omega \neq 0$ nên dao động điện từ trong mạch là dao động điện từ tắt dần. Phương trình dao động của điện tích trên hai bản tụ:

$$q = Q_0 e^{-\beta t} \cos(\omega t + \varphi)$$

Khi $t = 0$ thì: $q = Q_0 \cos \phi$

nhưng theo giả thiết: $q = Q_0$

$$\rightarrow q = Q_0 e^{-\beta t} \cos \omega t$$

Chu kỳ dao động của mạch:

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{2L}\right)^2}} = \frac{2.3,14}{\sqrt{\frac{1}{0,23.7.10^{-6}} - \left(\frac{40}{2.0,23}\right)^2}} = 8.10^{-3} \text{ s}$$

b. Lượng giảm lôga của dao động điện từ trong mạch:

$$\delta = \beta T = \frac{RT}{2L} = \frac{40.8.10^{-3}}{2.0,23} = 0,7$$

c. Phương trình biến thiên theo thời gian của cường độ dòng điện và hiệu điện thế giữa hai bản tụ điện:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 250\pi \text{ (rad/s)}$$

$$i = \frac{dq}{dt} = 0,44e^{-87t} \cos(250\pi t + \frac{\pi}{2}) \text{ (A)}$$

$$u = \frac{q}{C} = 80e^{-87t} \cos 250\pi t \text{ (V)}$$



