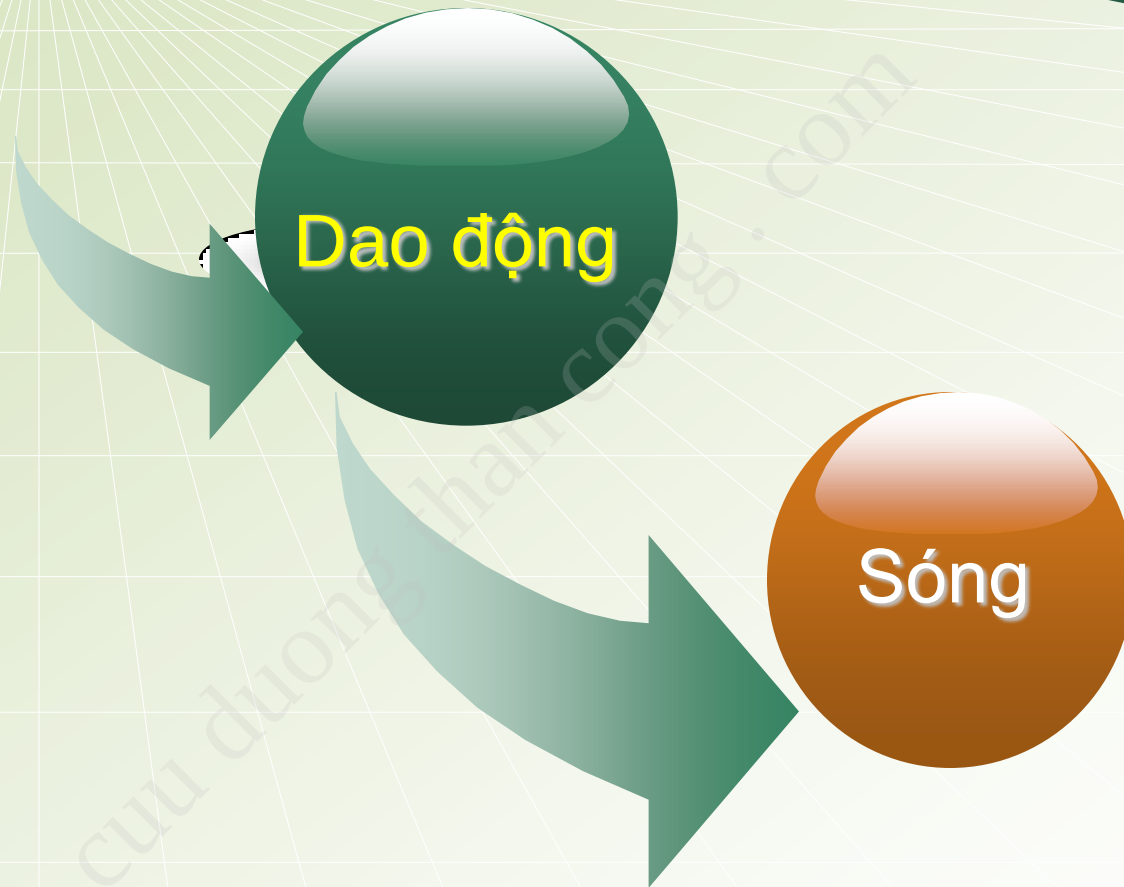


Chương 2: Dao động và sóng





Dao động



- Một hiện tượng thay đổi theo thời gian một cách tuần hoàn được gọi là một dao động.
- Còn sóng là sự lan truyền trong không gian của một dao động.

Các ví dụ



- Dao động:
 - Con tàu dập dềnh
 - Cánh buồm rung
 - Lá đu đưa
- Sóng:
 - Sóng biển
 - Ánh sáng
 - Âm thanh của gió

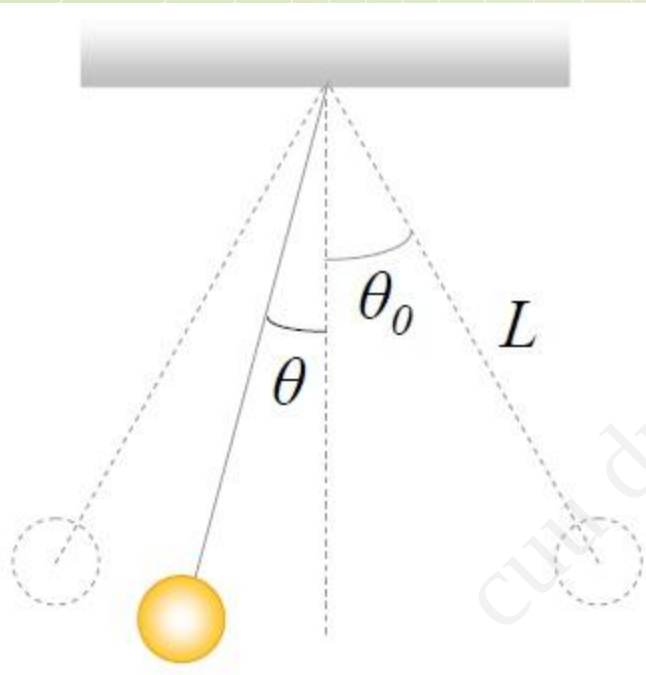
Các ví dụ



- Dao động
 - Xy-lanh động cơ chuyển động
 - Mặt đường rung
- Sóng
 - Tiếng còi xe
 - Sóng điện thoại di động



Dao động



Dao động

1. Điều hòa

2. Cường bức

3. Tắt dần

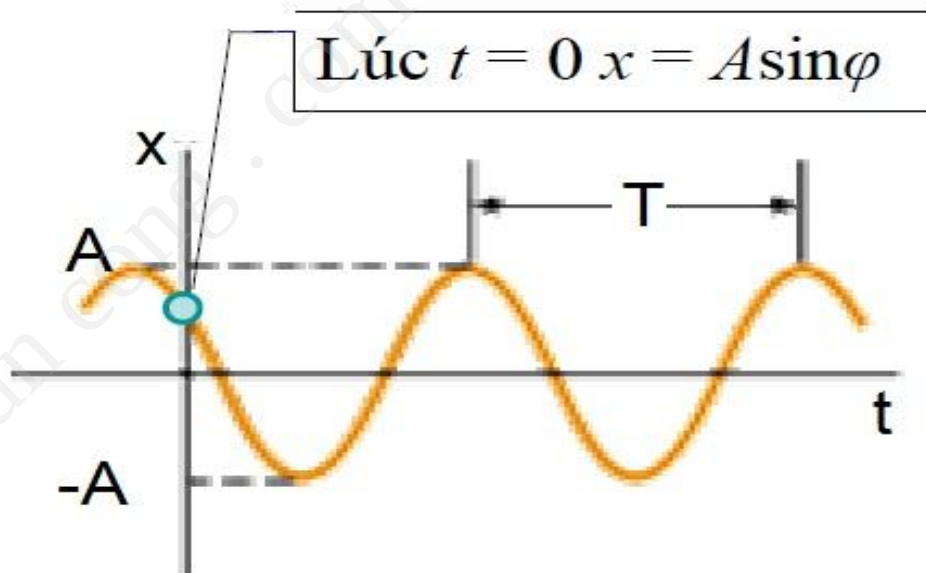


1. Dao động điều hòa

- Một đại lượng x dao động điều hòa khi nó biến đổi theo kiểu hình sin.

$$x = A \sin(\omega t + \varphi)$$

- A : biên độ dao động.
- ω : tần số góc (rad/s).
- t : thời gian.
- $\omega t + \varphi$: pha (rad).
- φ : pha ban đầu.



- Chu kỳ: $T = 2\pi/\omega$
- Tần số: $f = 1/T$
- x thỏa phương trình:

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + \omega^2 x = 0$$



1. Dao động điều hòa

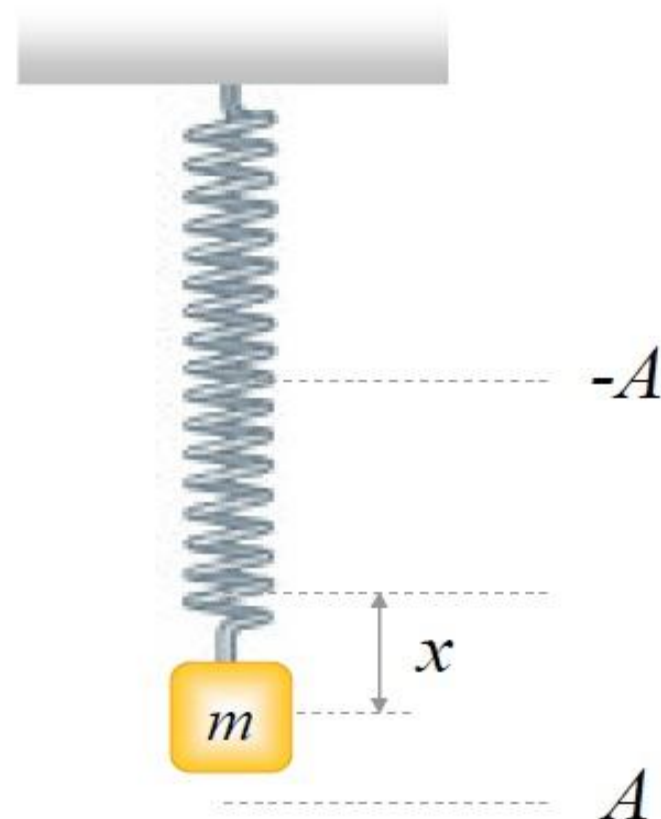
Con lắc lò xo

- Đại lượng dao động là x : độ lệch của vật ra khỏi vị trí cân bằng.
- Tần số góc:

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

- Cơ năng được bảo toàn:

$$E = \frac{1}{2}kx^2 + \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}kA^2$$





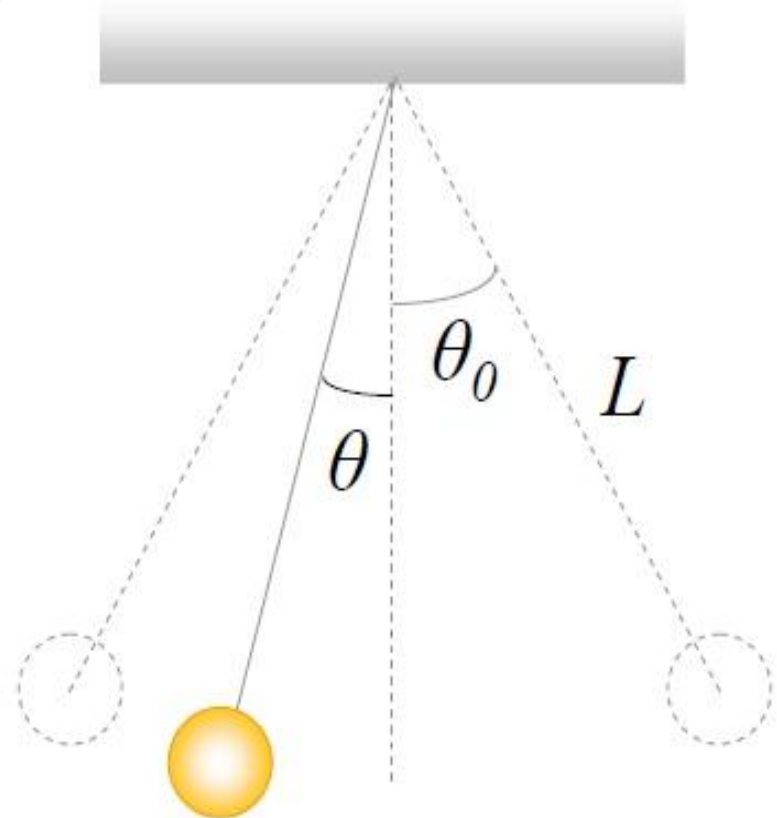
1. Dao động điều hòa

Con lắc đơn

- Góc lệch θ là đại lượng dao động điều hòa.
- Tần số góc:

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{L}}$$

- Cơ năng bảo toàn.





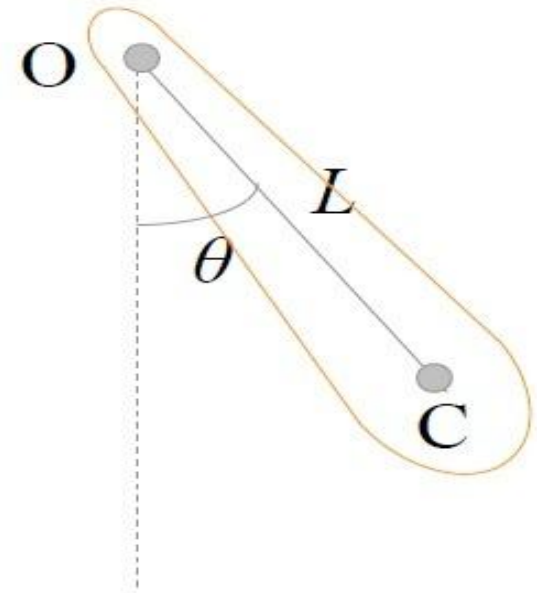
1. Dao động điều hòa

Con lắc vật lý

- Góc lệch θ là đại lượng dao động điều hòa.
- Tần số góc:

$$\omega = \sqrt{\frac{mgL}{I}}$$

- L : khoảng cách từ khối tâm C đến trục quay O .
- I : momen quán tính của vật đối với trục quay.
- Cơ năng bảo toàn.





1. Dao động điều hòa: ví dụ

Một con lắc đơn chiều dài 1m và một con lắc lò xo có độ cứng là 9,8N/m dao động điều hòa với cùng tần số góc. Khối lượng của con lắc lò xo là bao nhiêu?

$$\left. \begin{aligned} \omega_{lac} &= \sqrt{\frac{g}{l}} \\ \omega_{xo} &= \sqrt{\frac{k}{m}} \\ \omega_{lac} &= \omega_{xo} \end{aligned} \right\} \sqrt{\frac{g}{l}} = \sqrt{\frac{k}{m}}$$



2. Dao động tắt dần

- Xét một con lắc lò xo chịu tác động của lực cản

$$\vec{f} = -\eta \vec{v}$$

- Phương trình chuyển động là:

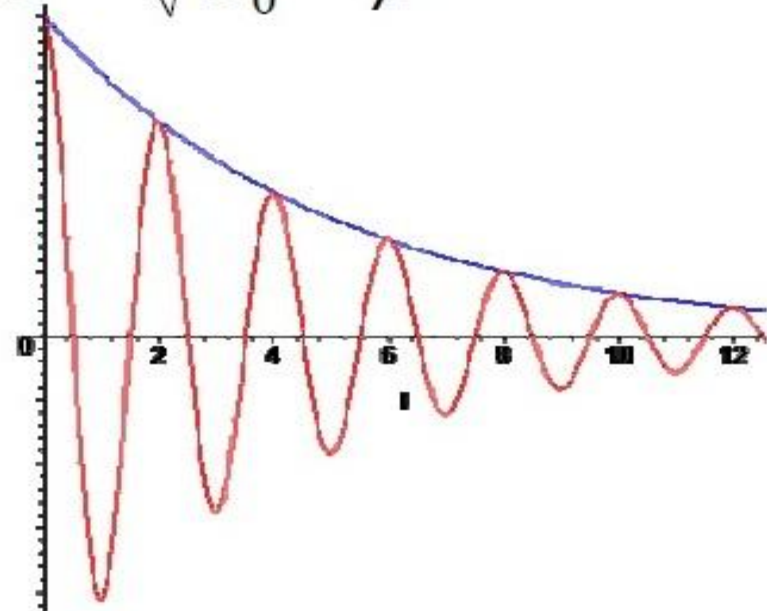
$$\frac{d^2x}{dt^2} + 2\beta \frac{dx}{dt} + \omega_0^2 x = 0$$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad \beta = \frac{\eta}{2m}$$

- Nghiệm của phương trình này có dạng:

$$x = Ae^{-\beta t} \sin(\omega' t + \varphi)$$

$$\omega' = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}$$





2. Dao động tắt dần: ví dụ

Một vật có khối lượng $m=20\text{g}$ thực hiện dao động tắt dần trong môi trường có hệ số cản là $5 \cdot 10^{-5} \text{kg/s}$. Sau bao lâu biên độ dao động chỉ còn bằng 60% biên độ dao động ban đầu?

$$A = A_0 e^{-\beta t}$$

$$t = 0 \Rightarrow A_{t=0} = A_0$$

$$t = t \Rightarrow A_{t=t} = A_0 e^{-\beta t}$$

$$A_{t=t} = 60\% A_{t=0}$$

$$\Rightarrow A_0 e^{-\beta t} = 60\% A_0$$

$$\Leftrightarrow e^{-\beta t} = 60\%$$

$$\beta = \frac{\eta}{2m}$$

$$\Rightarrow t = \frac{\ln 60\%}{-\frac{\eta}{2m}}$$



3. Dao động cưỡng bức

- Nếu con lắc chịu tác động của ngoại lực tuần hoàn:

$$\vec{F} = \vec{F}_0 \sin \Omega t$$

- thì sau một thời gian, con lắc sẽ dao động với tần số bằng tần số của ngoại lực.

$$x = A \sin(\Omega t + \varphi)$$

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

- Khi tần số ngoại lực bằng tần số dao động tự do ω_0 của vật,
- Biên độ dao động sẽ cực đại, ta có hiện tượng cộng hưởng.

$$A_{\max} = \frac{F_0}{2m\beta\sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}}$$

2. Dao động tắt dần: ví dụ

Vật thực hiện dao động cưỡng bức trong môi trường có hệ số cản là $4 \cdot 10^{-4}$ kg/s. Biên độ lực cưỡng bức có giá trị $F_0 = 10^{-4}$ N và chu kỳ dao động riêng của vật $T_0 = 1$ s. Cho rằng sự tắt dần là rất nhỏ. Biên độ cộng hưởng (giá trị cực đại của biên độ dao động cưỡng bức) có giá trị xấp xỉ là bao nhiêu?

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

$$A_{\max} = \frac{F_0}{2m\beta \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}}$$

$$\beta = \frac{\eta}{2m}$$

$$A_{\max} = \frac{F_0}{\eta \sqrt{\omega_0^2 - \frac{\eta^2}{4m^2}}} \approx \frac{F_0}{\eta \omega_0}$$

Bỏ qua



Tổng kết dao động

Điều hòa

$$x = A \sin(\omega_0 t + \varphi)$$

Con lắc lò xo $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$

Con lắc đơn $\omega_0 = \sqrt{\frac{g}{l}}$

Con vật lý $\omega_0 = \sqrt{\frac{mgL}{I}}$

Tắt dần

$$x = Ae^{-\beta t} \sin(\omega t + \varphi)$$

$$\beta = \frac{\eta}{2m}$$

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}$$

Cưỡng bức

$$x = A \sin(\Omega t + \varphi)$$

$$A_{\max} = \frac{F_0}{2m\beta\sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}}$$



Sóng

**1.
Các
loại
sóng**

**2.
Các đặt
trưng
chung
của
sóng**

**3.
Sóng
cơ và
sóng
âm**

**4.
Sóng
điện
từ**



1. Các loại sóng

- Trong một môi trường đàn hồi các phân tử liên kết với nhau,
- vì vậy nếu một số phân tử dao động thì các phân tử kế cận cũng dao động theo, tạo nên *sóng cơ*.
- Ví dụ:
 - Sóng trên dây, trên lò xo,
 - Sóng nước,
 - Sóng âm...
- Sóng điện từ là sự lan truyền của điện từ trường biến thiên.
- *Sóng vật chất* là một loại sóng đặc biệt, sẽ được xét tới trong phần Cơ Học Lượng Tử.

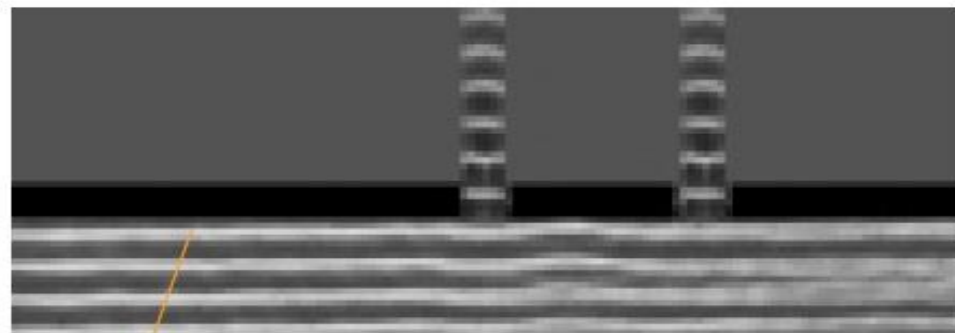


2. Các đặc trưng chung của sóng

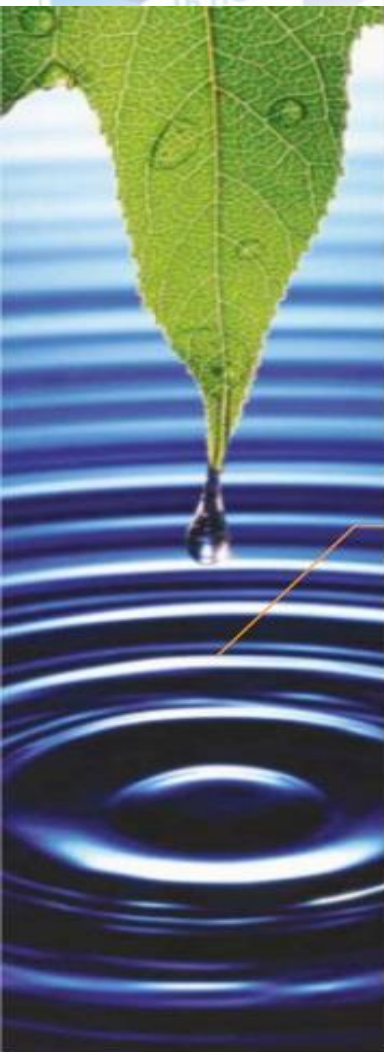
Mặt sóng

- Mặt sóng là quỹ tích những vị trí dao động cùng pha trong môi trường truyền sóng.
- Tia sóng là các đường vuông góc với các mặt sóng.

Mặt sóng
cầu



Mặt sóng
phẳng





2. Các đặc trưng chung của sóng

Các đặc trưng của sóng

- Tần số và chu kỳ sóng bằng tần số và chu kỳ của dao động gây ra nó.
- Bước sóng là khoảng đường mà sóng truyền được trong một chu kỳ: $\lambda = vT$
- Bước sóng cũng là khoảng cách giữa hai mặt sóng liên tiếp.



2. Các đặt trưng chung của sóng

Hàm sóng

- Xét một đại lượng u dao động với $u = f(t)$, tạo ra một sóng truyền theo trục x .
- Biểu thức tổng quát của sóng (hàm sóng) là:

$$u(x, t) = f\left(t \mp \frac{x}{v}\right)$$

– chiều dương trục x
+ chiều âm trục x

- v là vận tốc truyền sóng.
- Nếu dao động là điều hòa với tần số ω , ta có một sóng hình sin có cùng tần số:

$$u(x, t) = A \sin\left[\omega\left(t \mp \frac{x}{v}\right)\right]$$



2. Các đặc trưng chung của sóng

Hàm sóng hình sin (sóng phẳng)

- Hàm sóng hình sin truyền theo chiều dương trục x còn có thể viết dưới dạng:

$$u(x, t) = A \sin(\omega t - kx)$$

$$k = \omega/v = 2\pi/\lambda$$

- Vector sóng* được định nghĩa như sau:

$$\vec{k} = \frac{2\pi}{\lambda} \vec{n}$$

$\vec{n}$: vector đơn vị theo chiều truyền sóng

- Hàm sóng viết qua vector sóng:

$$u(\vec{r}, t) = A \sin(\omega t - \vec{k} \cdot \vec{r})$$



2. Các đặt trưng chung của sóng

Phương trình truyền sóng

- Một sóng $u(x,t)$ truyền theo phương x bao giờ cũng thỏa phương trình:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2}$$

- v là vận tốc truyền sóng.



3. Sóng cơ và sóng âm

Vận tốc truyền sóng cơ

- Vận tốc sóng dọc trong một môi trường đàn hồi:

$$v_l = \sqrt{E/\rho}$$

E : suất Young

ρ : khối lượng riêng

- Còn vận tốc sóng ngang thì nhỏ hơn:

$$v_t = \sqrt{G/\rho}$$

G : suất trượt

- Vận tốc sóng ngang trên dây:

$$v_t = \sqrt{T/\mu}$$

T : sức căng

μ : khối lượng trên một đơn vị chiều dài

- Suất đàn hồi.



3. Sóng cơ và sóng âm

Vận tốc truyền sóng âm

- Trong một chất khí vận tốc truyền sóng âm cho bởi:

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

- trong đó:

$$\gamma = \frac{C_P}{C_V}$$

- R , μ lần lượt là hằng số khí lý tưởng và khối lượng một kilomol khí.
- Vận tốc sóng trong một số môi trường.



3. Sóng cơ và sóng âm

Năng lượng của sóng cơ

- Xét sóng hình sin:

$$u = A \sin(\omega t - kx)$$

- Mật độ năng lượng của sóng là:

$$w = \rho \omega^2 u^2$$

- Mật độ năng thông = năng lượng qua một đơn vị diện tích vuông góc với sóng trong một đơn vị thời gian:

$$\vec{P} = w\vec{v}$$

- Cường độ sóng = trung bình mật độ năng thông:

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



3. Sóng cơ và sóng âm

Hiệu ứng Doppler (sóng âm)

- Khi nguồn phát và máy thu:
- di chuyển ra xa nhau, tần số thu nhỏ hơn tần số phát: âm thanh nghe được trầm hơn.
- di chuyển lại gần nhau, tần số thu cao hơn tần số phát: âm thanh nghe được cao hơn.
- Tần số liên hệ với nhau qua công thức Doppler:

$$f' = f \frac{v \pm v_D}{v \pm v_S}$$

Chọn dấu sao cho tần số tăng khi lại gần và ngược lại

- v_D , v_S : vận tốc máy thu và nguồn đối với không khí.



3. Sóng cơ và sóng âm: ví dụ

Một đoàn sóng có phương trình: $x = 0,05 \sin(1980t - 6y)$ cm. Biết y là khoảng cách cách nguồn của sóng. Tìm bước sóng và vận tốc cực đại của phần tử dao động.

$$\begin{aligned} x &= 0,05 \sin(1980t - 6y) \\ &= 0,05 \sin \left[1980 \left(t - \frac{6y}{1980} \right) \right] \\ &= A \sin \left[\omega \left(t - \frac{y}{v} \right) \right] \end{aligned} \quad \left. \begin{aligned} \omega &= 1980 \\ v &= \frac{1980}{6} \end{aligned} \right\} \quad \begin{aligned} \frac{\omega}{v} &= \frac{2\pi}{\lambda} \\ \lambda &= \frac{2\pi v}{\omega} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v_{phantu} &= \frac{dx}{dt} \\ &= 0,05 \cdot 1980 \cos(1980t - 6y) \end{aligned}$$
$$v_{phantu \max} = 0,05 \cdot 1980 \text{ cm/s}$$



3. Sóng cơ và sóng âm: ví dụ

Một ô tô chuyển động với tốc độ 54km/h và phát ra tiếng còi có tần số 500Hz. Khi chạy ngang qua hành khách đang đứng bên đường thì tần số âm mà người đó cảm nhận được thay đổi đột ngột một lượng là bao nhiêu?

$$\left. \begin{aligned} f'_{lái\ gan} &= f \frac{u}{u - v_{xe}} \\ f'_{ra\ xa} &= f \frac{u}{u + v_{xe}} \end{aligned} \right\} \begin{aligned} \Delta f' &= f'_{lái\ gan} - f'_{ra\ xa} \\ &= fu \left(\frac{1}{u - v_{xe}} - \frac{1}{u + v_{xe}} \right) \end{aligned}$$



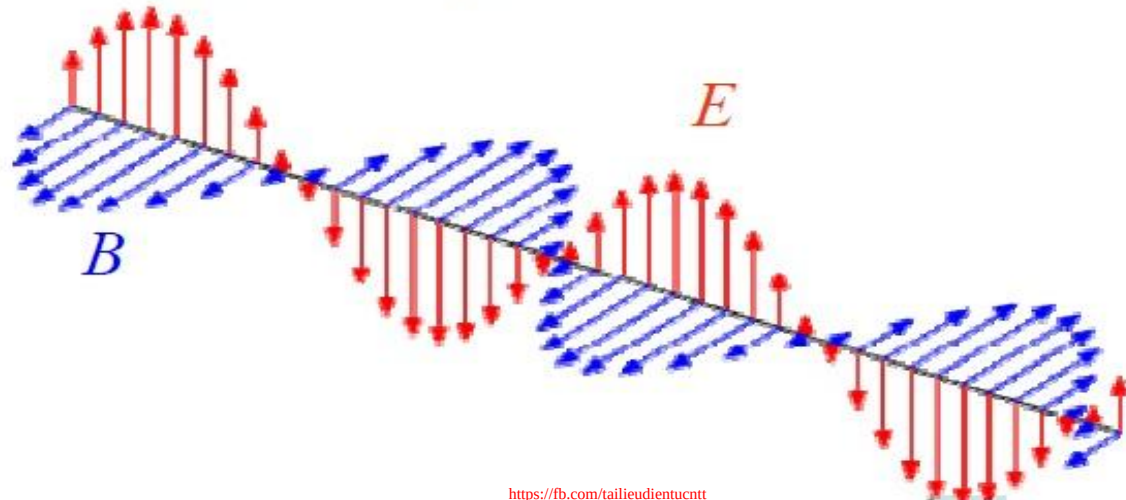
4. Sóng điện từ

Sóng điện từ phẳng

- Điện trường và từ trường vuông góc với phương truyền sóng (sóng ngang).
- Điện trường và từ trường vuông góc với nhau.
- Điện trường và từ trường dao động cùng tần số, cùng pha.
- Tích $\mathbf{E} \times \mathbf{H}$ chỉ chiều truyền sóng.

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

$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon\epsilon_0\mu\mu_0}}$$





Ôn tập chương 2: sóng

cuu duong than cong . com