

CHƯƠNG 2: SÓNG CƠ HỌC

Chủ đề 1: HIỆN TƯỢNG SÓNG CƠ

1. Sóng cơ – Định nghĩa – Phân loại:

a. Dao động – Dao động tuần hoàn:

- Sóng cơ là những dao động cơ lan truyền trong môi trường (rắn, lỏng, khí). Sóng cơ không lan truyền được trong chân không. Quá trình truyền sóng là quá trình truyền năng lượng.

- Bản chất của sự truyền sóng cơ chỉ có pha dao động của các phần tử vật chất lan truyền còn các phần tử vật chất thì dao động xung quanh vị trí cân bằng cố định.

- Gồm hai loại:

+ Sóng dọc:

* Là sóng trong đó các phần tử của môi trường dao động theo phương trùng với phương truyền sóng.

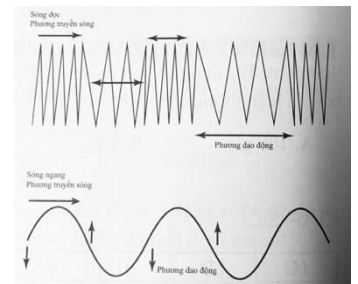
* Môi trường truyền sóng dọc là chất rắn, lỏng, khí và không truyền được trong chân không. Ví dụ: sóng âm trong không khí, ...

+ Sóng ngang:

* Là sóng trong đó các phần tử của môi trường dao động theo phương vuông góc với phương truyền sóng.

* Môi trường truyền sóng ngang là chất rắn, bề mặt chất lỏng và không truyền được trong chân không. Ví dụ: sóng trên bề mặt chất lỏng, sóng trên sợi dây cao su, ...

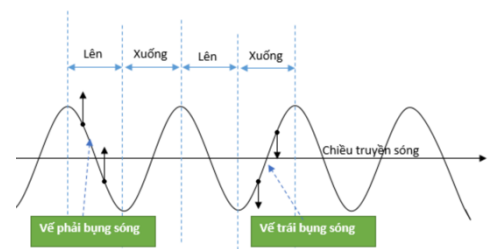
- Chiều dao động của phần tử sóng trên phương truyền sóng:



2. Các đặc trưng của một sóng hình sin:

a. Chu kỳ T (s):

- Là chu kỳ dao động của một phần tử của môi trường có sóng truyền qua và bằng chu kỳ của nguồn phát ra sóng.



b. Tần số f (Hz):

- Là đại lượng nghịch đảo của chu kỳ sóng: $f = 1/T$.

c. Biên độ sóng A:

- Là biên độ dao động của một phần tử môi trường ở điểm đó có sóng truyền qua.

d. Tốc độ truyền sóng v:

- Là tốc độ lan truyền dao động trong môi trường: $v = f\lambda = \frac{\lambda}{T}$.

e. Bước sóng λ :

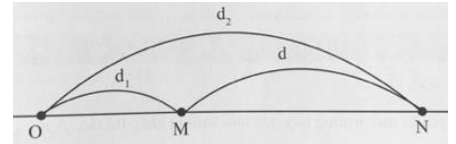
- Là quãng đường mà sóng truyền được trong một chu kỳ và là khoảng cách giữa hai điểm gần nhau nhất trên phương truyền sóng mà hai phân tử dao động cùng pha: $\lambda = \frac{v}{f} = vT$.

3. Phương trình sóng:

- Ba điểm O, M và N nằm trên cùng một phương truyền sóng. Sóng truyền từ M đến N.

+ Phương trình truyền sóng tại N có dạng: $u_N = U_0 \cos(\omega t + \varphi - \frac{2\pi d}{\lambda})$.

+ Phương trình truyền sóng tại O có dạng: $u_O = U_0 \cos(\omega t + \varphi + \frac{2\pi d_1}{\lambda})$.



- Nhận xét:

+ Dao động tại N trễ pha hơn dao động tại M là $\Delta\varphi = \frac{2\pi d}{\lambda} = \frac{2\pi d}{vT} = \frac{2\pi f d}{v}$.

+ Dao động tại O sớm pha hơn dao động tại M là $\Delta\varphi = \frac{2\pi d_1}{\lambda} = \frac{2\pi d_1}{vT} = \frac{2\pi f d_1}{v}$.

+ Điểm nào nằm gần nguồn hơn thì sớm pha hơn.

+ Khi M, N cùng pha $\Rightarrow \Delta\varphi = 2k\pi \Rightarrow d = k\lambda$ ($k \in \mathbb{Z}$). Có thể nói: khoảng cách giữa hai điểm M, N là một số nguyên lần bước sóng thì M, N dao động cùng pha.

+ Khi M, N ngược pha $\Rightarrow \Delta\varphi = (2k + 1)\pi \Rightarrow d = (2k + 1)\frac{\lambda}{2}$ ($k \in \mathbb{Z}$). Có thể nói: khoảng cách giữa hai điểm M, N là một số lẻ lần nửa bước sóng thì M, N dao động cùng pha.

+ Khi M, N vuông pha $\Rightarrow \Delta\varphi = (2k + 1)\frac{\pi}{2} \Rightarrow d = (2k + 1)\frac{\lambda}{4}$ ($k \in \mathbb{Z}$).

- Trường hợp M, N không nằm trên cùng một phương truyền sóng. M cách nguồn d_1 , N cách nguồn d_2 . Độ lệch pha giữa hai điểm M, N là: $\Delta\varphi = \frac{2\pi|d_1 - d_2|}{\lambda}$.

4. Tính chất tuần hoàn của sóng:

- Tính tuần hoàn theo thời gian: Phần tử môi trường có li độ biến thiên tuần hoàn theo thời gian với chu kỳ T.

- Tính tuần hoàn theo không gian: Cứ cách nhau một bước sóng λ trên trục x thì dao động tại các điểm lại giống hệt nhau.

Chủ đề 2: GIAO THOA SÓNG CƠ

1. Định nghĩa giao thoa:

- Hiện tượng hai sóng kết hợp, khi gặp nhau tại những điểm xác định, luôn luôn hoặc tăng cường nhau (tạo thành cực đại) hoặc làm yếu nhau (tạo thành cực tiểu) gọi là sự giao thoa.

- Nguồn kết hợp là hai nguồn có cùng tần số và độ lệch pha không đổi theo thời gian.

2. Giao thoa sóng:

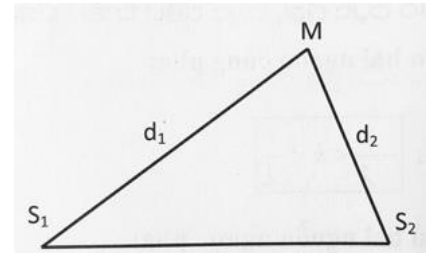
Hai nguồn sóng cùng pha:

- Phương trình sóng tổng hợp tại M: $u_M = A_M \cos\left(\omega t - \frac{\pi(d_2 + d_1)}{\lambda}\right)$.

+ Với biên độ: $A_M = \left| 2U_0 \cos\left(\frac{\pi(d_2 - d_1)}{\lambda}\right) \right|$.

* $A_{\max}$ khi $d_2 - d_1 = k\lambda$ ($k \in \mathbb{Z}$): Biên độ của sóng giao thoa đạt cực đại tại vị trí có hiệu đường đi bằng một số nguyên lần bước sóng.

* $A_{\min}$ khi $d_2 - d_1 = (2k + 1)\frac{\lambda}{2}$ ($k \in \mathbb{Z}$): Biên độ của sóng giao thoa đạt cực tiểu tại vị trí có hiệu đường đi bằng một số lẻ lần nửa bước sóng.



3. Bài toán xác định số cực đại, cực tiểu:

a. Số cực đại, cực tiểu trên đoạn S_1S_2 (trên đường nối hai nguồn):

- Nếu hai nguồn cùng pha:

+ Số cực đại: $-\frac{l}{\lambda} < k < \frac{l}{\lambda}$.

+ Số cực tiểu: $-\frac{l}{\lambda} - \frac{1}{2} < k < \frac{l}{\lambda} - \frac{1}{2}$.

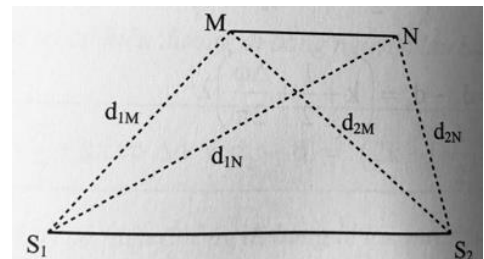
b. Số cực đại, cực tiểu trên đoạn MN bất kỳ:

- $\Delta d_M = d_{2M} - d_{1M}$; $\Delta d_N = d_{2N} - d_{1N}$ và giả sử $\Delta d_M < \Delta d_N$.

- Nếu hai nguồn cùng pha:

+ Số cực đại: $\frac{\Delta d_M}{\lambda} \leq k \leq \frac{\Delta d_N}{\lambda}$.

+ Số cực tiểu: $\frac{\Delta d_M}{\lambda} - \frac{1}{2} \leq k \leq \frac{\Delta d_N}{\lambda} - \frac{1}{2}$.



4. Bài toán xác định biên độ giao thoa:

- Hai nguồn cùng biên độ:

+ Tại vị trí M bất kỳ: $A_M = \left| 2U_0 \cos\left(\frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2} + \frac{\pi(d_2 - d_1)}{\lambda}\right) \right|$.

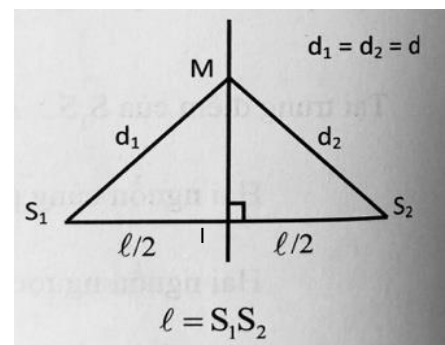
+ Tại trung điểm của S_1S_2 : $A_M = \left| 2U_0 \cos\left(\frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2}\right) \right|$.

* Hai nguồn cùng pha: $A_M = 2U_0$.

* Hai nguồn ngược pha: $A_M = 0$.

* Hai nguồn vuông pha: $A_M = U_0\sqrt{2}$.

* Hai nguồn lệch pha $\frac{\pi}{3}$: $A_M = U_0\sqrt{3}$.



5. Bài toán đường trung trực:

- Phương trình điểm M, cùng pha với nguồn: $u_M = 2U_0 \cos\left(\omega t - \frac{\pi(d_2 - d_1)}{\lambda}\right) = 2U_0 \cos(\omega t - k2\pi)$.

- M dao động cùng pha với hai nguồn và gần I nhất, ta có: $MI = \sqrt{d^2 - \left(\frac{l}{2}\right)^2} = \sqrt{(k\lambda)^2 - \left(\frac{l}{2}\right)^2}$.

- Số điểm dao động cùng pha với nguồn trong đoạn CI (C là điểm bất kỳ nằm trên đường trung trực của hai nguồn): $\frac{l}{2\lambda} \leq k \leq \frac{d}{\lambda}$. Trong đó: $d = \sqrt{CI^2 + \left(\frac{l}{2}\right)^2}$.

- Số điểm dao động ngược pha với nguồn trong đoạn NI (N là điểm bất kỳ nằm trên đường trung trực của hai nguồn): $\frac{l}{2\lambda} \leq k + \frac{1}{2} \leq \frac{d}{\lambda}$. Trong đó: $d = \sqrt{NI^2 + \left(\frac{l}{2}\right)^2}$.

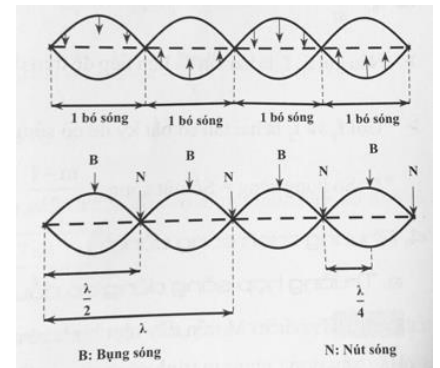
Chủ đề 3: SÓNG DỪNG

1. Sóng phản xạ:

- Sóng phản xạ có cùng tần số và cùng bước sóng với sóng tới.
- Nếu đầu phản xạ cố định thì sóng phản xạ ngược pha với sóng tới và chậm hơn sóng tới một góc π .
- Nếu đầu phản xạ tự do thì sóng phản xạ cùng pha với nhau.

2. Sóng dừng:

- Sóng dừng là trường hợp đặc biệt của giao thoa sóng, trong đó có sự giao thoa giữa sóng tới và sóng phản xạ.
- Những điểm tại đó hai sóng tăng cường lẫn nhau gọi là bụng sóng.



- Những điểm tại đó hai sóng triệt tiêu lẫn nhau gọi là nút sóng.

+ Các bụng sóng liên tiếp (các nút liên tiếp) cách nhau $\frac{\lambda}{2}$.

+ Khoảng cách giữa một bụng và một nút liên tiếp cách nhau $\frac{\lambda}{4}$.

+ Các điểm trong cùng một bó sóng thì luôn dao động cùng pha với nhau.

+ Các điểm bất kỳ ở hai bó sóng liên tiếp luôn dao động ngược pha với nhau.

+ Biên độ cực đại của các bụng là $2U_0$, bề rộng cực đại của bụng là $4U_0$.

+ Thời gian để giữa hai lần liên tiếp dây duỗi thẳng là $\frac{T}{2}$.

3. Điều kiện để có sóng dừng:

a. Sóng dừng trên sợi dây có hai đầu cố định:

- Điều kiện để có sóng dừng: $l = k\frac{\lambda}{2} = k\frac{v}{2f}$ (với $k \in \mathbb{N}^*$) $\Rightarrow f = k\frac{v}{2l} = kf_0$.

+ Tần số thấp nhất để trên dây (hai đầu cố định) xảy ra hiện tượng sóng dừng là: $f_0 = \frac{v}{2l}$.

+ Nếu gọi f_1, f_2 là hai tần số liên tiếp để trên dây xảy ra hiện tượng sóng dừng thì: $f_0 = |f_1 - f_2|$.

+ Gọi f_1 và f_2 là hai tần số bất kỳ để có sóng dừng: $\frac{f_1}{f_2} = \frac{k_1}{k_2}$ ($k_1, k_2 \in \mathbb{N}^*$).

+ Số bụng sóng là k ; Số nút sóng là $k + 1$.

b. Sóng dừng trên sợi dây có một đầu cố định và một đầu tự do:

- Điều kiện để có sóng dừng: $l = k\frac{\lambda}{2} + \frac{\lambda}{4} = (2k + 1)\frac{\lambda}{4} = m\frac{\lambda}{4}$ (với $m = \{1, 3, 5, \dots\}$) $\Rightarrow f = m\frac{v}{4l} = mf_0$.

+ Tần số thấp nhất để trên dây (một đầu cố định và một đầu tự do) xảy ra hiện tượng sóng dừng là: $f_0 = \frac{v}{4l}$.

+ Nếu gọi f_1, f_2 là hai tần số liên tiếp để trên dây xảy ra hiện tượng sóng dừng thì: $f_0 = \frac{|f_1 - f_2|}{2}$.

+ Gọi f_1 và f_2 là hai tần số bất kỳ để có sóng dừng: $\frac{f_1}{f_2} = \frac{2k_1+1}{2k_2+1}$ ($k_1, k_2 \in \mathbb{N}$).

+ Số bụng sóng bằng số nút sóng bằng $\frac{m+1}{2}$.

4. Biên độ của sóng dừng:

- Trường hợp sóng dừng có đầu phản xạ là đầu cố định: $A = 2U_0 \cos\left(\frac{2\pi d}{\lambda} + \frac{\pi}{2}\right)$.

- Trường hợp sóng dừng có đầu phản xạ là đầu tự do: $A = 2U_0 \cos\left(\frac{2\pi d}{\lambda}\right)$.

Chủ đề 4: SÓNG ÂM – NHẠC ÂM

1. Sóng âm:

- Sóng âm là những sóng cơ học truyền trong môi trường đàn hồi (rắn, lỏng, khí).
- Một vật dao động phát ra âm gọi là nguồn âm.
- Sóng âm không truyền được trong chân không.
- Tính đàn hồi của môi trường càng cao thì tốc độ âm càng lớn, tốc độ truyền âm tăng theo thứ tự khí, lỏng, rắn.
- Trong chất khí và chất lỏng sóng âm là sóng dọc, còn trong chất rắn sóng âm là sóng dọc hoặc sóng ngang.

2. Đặc trưng vật lí của âm:

a. Tần số âm:

- Âm có tần số nhỏ hơn 16 Hz thì tai người không nghe được gọi là sóng hạ âm.
- Âm có tần số lớn hơn 20000 Hz thì tai người cũng không nghe được gọi là sóng siêu âm.
- Những âm mà tai có thể nghe được gọi là âm thanh. Âm thanh có tần số nằm trong khoảng từ 16 Hz đến 20000 Hz.

b. Cường độ âm:

- Cường độ âm I (W/m^2) là đại lượng đo bằng lượng năng lượng mà sóng âm tải qua một đơn vị diện tích đặt tại điểm đó, vuông góc với phương truyền sóng trong một đơn vị thời gian.

- Cường độ âm chuẩn $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$.

- Âm lan truyền trên mặt phẳng (sóng phẳng) hay trong không gian (sóng cầu). Cường độ âm I tại một điểm cách nguồn R :

+ Sóng phẳng: $I = \frac{P}{2\pi R}$.

+ Sóng cầu: $I = \frac{P}{4\pi R^2} \Rightarrow I_A R_A^2 = I_B R_B^2$.

+ Trong đó: P là công suất nguồn âm (W); S là diện tích sóng truyền qua (m^2).

c. Mức cường độ âm:

- Mức cường độ âm tại 1 điểm (đơn vị là B): $L = \lg\left(\frac{I}{I_0}\right)$.

- Mức cường độ âm tại 1 điểm (đơn vị là dB): $L = 10\lg\left(\frac{I}{I_0}\right)$.

- Trong quá trình tính toán đối với:

+ Sóng phẳng (dB): $L_A - L_B = 10\lg\left(\frac{I_A}{I_0}\right) - 10\lg\left(\frac{I_B}{I_0}\right) = 10\lg\left(\frac{I_A}{I_B}\right) = 10\lg\left(\frac{R_B}{R_A}\right)$.

+ Sóng cầu (dB): $L_A - L_B = 10\lg\left(\frac{I_A}{I_B}\right) = 20\lg\left(\frac{R_B}{R_A}\right)$.

+ Trong đó: P là công suất nguồn âm (W); S là diện tích sóng truyền qua (m^2).

3. Đặc trưng sinh lý của âm:

a. Độ cao:

- Là một đặc trưng sinh lý của âm gắn liền với tần số âm. Âm có tần số càng lớn thì nghe càng cao, âm có tần số càng nhỏ thì nghe càng trầm.

b. Độ to:

- Là một đặc trưng sinh lý của âm gắn liền với cường độ âm và tần số.

c. Âm sắc:

- Là một đặc trưng sinh lý của âm gắn liền với đồ thị dao động âm. Âm sắc giúp ta phân biệt âm do các nguồn khác nhau phát ra.

4. Nhạc âm:

- Nhạc âm là các âm có tần số xác định, thường do nhạc cụ phát ra.

- Nhạc âm có đồ thị là các đường cong tuần hoàn.