

GIAO THOA SÓNG

1. Tóm tắt lý thuyết

1.1. Hiện tượng giao thoa của hai sóng mặt nước

a) Thí nghiệm giao thoa sóng mặt nước

- Gắn hai hòn bi nhỏ vào thanh đàn hồi P và cho chúng chạm mặt nước.
- Khi thanh dao động, hai hòn bi ở A và B tạo ra trên mặt nước hai hệ sóng lan truyền theo những hình tròn đồng tâm mở rộng dần và đan trộn vào nhau.
- Khi hình ảnh sóng đã ổn định, trên mặt nước có hai nhóm đường cong cố định: một nhóm có biên độ dao động cực đại xen kẽ với một nhóm khác tại đó mặt nước không dao động (biên độ cực tiểu).
- Hiện tượng trên gọi là hiện tượng giao thoa của sóng nước.

b) Nguồn kết hợp, sóng kết hợp

- Nguồn kết hợp: Là hai nguồn dao động cùng phương, cùng tần số, cùng pha hoặc có độ lệch pha không đổi theo thời gian ($\Delta\varphi = \text{const}$).
- Sóng kết hợp: Là hai sóng được tạo ra từ hai nguồn kết hợp.
- Trên mặt nước có sự lan truyền của hai sóng kết hợp và tại các điểm có sự gặp nhau của hai sóng kết hợp, ta có sự tổng hợp hai sóng.

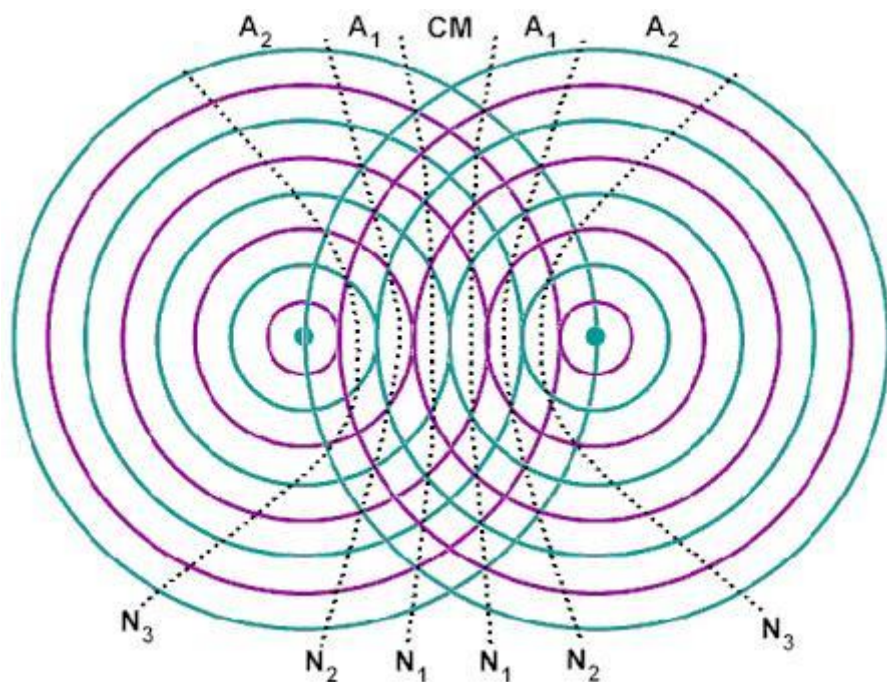
c) Điều kiện để có giao thoa

- Điều kiện xảy ra giao thoa là 2 sóng kết hợp gặp nhau và dao động cùng phương.
- Hai sóng phải là sóng kết hợp: Tức là cùng tần số và có độ lệch pha không đổi theo thời gian.

1.2. Xây dựng lý thuyết về giao thoa của hai nguồn kết hợp cùng pha

a) Các phương trình sóng do nguồn A và nguồn B truyền tới điểm M

- Xét điểm M cách A và B các đoạn d_1 ; d_2 ($AB \ll d_1$; d_2 để có thể coi biên độ các sóng truyền tới M là bằng nhau). Sóng từ A và B truyền đến M với vận tốc v .



- Giả sử 2 sóng A và B có cùng phương trình dao động là: $u_A = u_B = a \cos \omega t$

- Điểm M cách nguồn A đoạn d_1 , cách nguồn B đoạn d_2 .

- Phương trình dao động tại M do sóng A truyền đến là: $u_{1M} = a \cos(\omega t - \frac{2\pi d_1}{\lambda})$
- Phương trình dao động tại M do sóng B truyền đến là: $u_{2M} = a \cos(\omega t - \frac{2\pi d_2}{\lambda})$

b) Độ lệch pha giữa hai sóng kết hợp

$$\Delta\varphi = |(-2\pi \frac{d_2}{\lambda}) - (-2\pi \frac{d_1}{\lambda})| = \frac{2\pi}{\lambda} |d_1 - d_2|$$

$$\Leftrightarrow \Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} |d_1 - d_2|$$

- Trong đó :

- $d = |d_1 - d_2|$ là hiệu đường đi của 2 sóng từ 2 nguồn đến điểm đang xét trong vùng giao thoa (m)
- λ : Bước sóng (m)
- $\Delta\varphi$: Độ lệch pha của 2 sóng

c) Phương trình dao động tổng hợp

$$u_M = u_{1M} + u_{2M} = a \cos\left(\omega t - 2\pi \frac{d_1}{\lambda}\right) + a \cos\left(\omega t - 2\pi \frac{d_2}{\lambda}\right) = A \cos(\omega t + \varphi)$$

- Biên độ tổng hợp: $A_M = 2a \cdot \left| \cos\left[\frac{\pi}{\lambda} \cdot (d_2 - d_1)\right] \right|$
- Độ lệch pha của 2 sóng tại M:
- $\Delta\varphi_M = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot (d_2 - d_1)$
- Pha ban đầu của sóng tại M:

$$\varphi_M = \varphi - \frac{\pi}{\lambda} \cdot (d_1 + d_2)$$

1.3. Cực đại và cực tiểu giao thoa

a) Dao động của một điểm trong vùng giao thoa:

- Cho 2 nguồn S_1 và S_2 có cùng f , cùng pha
- Phương trình dao động tại 2 nguồn : $u_1 = u_2 = A \cos \omega t = A \cos \frac{2\pi t}{T}$
- Xét điểm M cách S_1 và S_2 một đoạn: $d_1 = S_1M$ và $d_2 = S_2M$
- Coi biên độ bằng nhau và không đổi trong quá trình truyền sóng .
- Phương trình sóng từ S_1 đến M : $u_{1M} = A \cos \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{d_1}{v}\right) = A \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{d_1}{\lambda}\right)$
- Phương trình sóng từ S_2 đến M : $u_{2M} = A \cos \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{d_2}{v}\right) = A \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{d_2}{\lambda}\right)$
- Phương trình Sóng tổng hợp tại M :
- $u_M = u_{1M} + u_{2M} = A \cdot \left[\cos 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{d_1}{\lambda}\right) + \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{d_2}{\lambda}\right) \right]$
- $u_M = 2A \cdot \cos \frac{\pi - (d_1 - d_2)}{\lambda} \cdot \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{(d_1 + d_2)}{\lambda}\right)$
- Biên độ dao động là: $A = 2A \cdot \left| \cos \frac{\pi - (d_2 - d_1)}{\lambda} \right|$

b) Vị trí cực đại và cực tiểu giao thoa

- Vị trí các cực đại giao thoa

$$(AM)_{\max} = 2a \Leftrightarrow \cos\left[\frac{\pi}{\lambda} (d_2 - d_1)\right] = \pm 1$$

$$\Rightarrow \frac{\pi}{\lambda} (d_2 - d_1) = k\pi \Rightarrow d_2 - d_1 = k\lambda, k \in \mathbb{Z}$$

$k = 0 \Rightarrow d_2 - d_1 = 0$ đường cực đại trung tâm.

$k = \pm 1 \Rightarrow d_2 - d_1 = \pm \lambda$ đường cực đại bậc 1.

$k = \pm 2 \Rightarrow d_2 - d_1 = \pm 2\lambda$ đường cực đại bậc 2.

- Vị trí các cực tiểu giao thoa:

$$(AM)_{\min} = 0 \Leftrightarrow \cos\left[\frac{\pi}{\lambda} (d_2 - d_1)\right] = 0$$

$$\Rightarrow \frac{\pi}{\lambda} (d_2 - d_1) = \left(k + \frac{1}{2}\right)\pi$$

$$\Rightarrow d_2 - d_1 = \left(k' + \frac{1}{2}\right)\lambda = (2k'+1) \frac{\lambda}{2}, k' \in \mathbb{Z}$$

- Đường cực tiểu thứ 1

- $k' = 0 \Rightarrow d_2 - d_1 = \frac{1}{2}\lambda$

- $k' = -1 \Rightarrow d_2 - d_1 = -\frac{1}{2}\lambda$

- Đường cực tiểu thứ 2

- $k' = 1 \Rightarrow d_2 - d_1 = \frac{3}{2}\lambda$

- $k' = -2 \Rightarrow d_2 - d_1 = -\frac{3}{2}\lambda$

- Tóm lại:

$$\frac{d_2 - d_1}{\lambda} = \begin{cases} k \Rightarrow M \text{ thuộc cực đại bậc } k \\ k + \frac{1}{2} \Rightarrow M \text{ thuộc cực tiểu bậc } (k+1) \end{cases}$$

- Suy ra :

- Hiệu đường đi bằng một số nửa nguyên lần bước sóng
- Quỹ tích các điểm này là những đường Hypebol có 2 tiêu điểm là S_1 và S_2 gọi là những vân giao thoa cực tiểu.

1.4. Kết luận về giao thoa của hai sóng kết hợp

Giao thoa sóng là sự gặp nhau của hai hay nhiều sóng kết hợp trong không gian, trong đó có những điểm cố định mà tại đó biên độ sóng được tăng cường hay giảm bớt.

2. Bài tập minh họa

2.1. Dạng 1: Tìm độ lệch pha và biên độ sóng

Tại 2 điểm S_1, S_2 trên mặt nước có 2 nguồn dao động theo phương thẳng đứng với phương trình $u_{S_1} = u_{S_2} = 3\cos(20\pi t - \frac{\pi}{3})$ (mm) tốc độ truyền sóng $v = 25$ cm/s. Một điểm M trong vùng giao thoa cách S_1, S_2 các đoạn 11 cm và 12 cm. Tìm độ lệch pha của 2 sóng tới M và biên độ sóng tại M?

Hướng dẫn giải

$$v = 25 \text{ cm/s}; \omega = 20\pi \text{ rad/s} \Rightarrow f = \frac{\omega}{2\pi} = 10 \text{ Hz}$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{v}{f} = \frac{25}{10} = 2,5 \text{ cm}$$

Độ lệch pha của 2 sóng tới M.

$$\Delta_{\phi M} = \frac{2\pi}{\lambda} (d_2 - d_1) = \frac{2\pi}{2,5} (12 - 11)$$

$$\Rightarrow \Delta_{\phi M} = 0,8\pi \text{ rad}$$

Biên độ sóng tại M:

$$A_M = 2a \cdot |\cos[\pi \lambda \frac{\pi}{\lambda} (d_2 - d_1)]|$$

$$\Rightarrow A_M = 2 \cdot 3 \cdot |\cos[\pi \cdot 2,5 (12 - 11)]|$$

$$\Rightarrow A_M = 2 \cdot 3 \cdot |\cos(\frac{2\pi}{3})| = 3 \text{ mm}$$

2.2. Dạng 2: Tìm tốc độ truyền sóng, số điểm cực đại và cực tiểu

Trên mặt nước tại 2 điểm A,B cách nhau 15cm có 2 nguồn dao động cùng pha và cùng tần số 10Hz. Tại điểm M trong vùng giao thoa cách 2 nguồn các đoạn 22cm và 28cm, sóng có biên độ cực đại. Giữa M và đường trung trực của AB có 2 đường cực đại khác. Tìm tốc độ truyền sóng và số điểm cực đại, cực tiểu trên đoạn AB?

Hướng dẫn giải

Ta có: $(AM)_{\max}$

Giữa M và trung trực AB có 2 cực đại khác.

$$\Rightarrow M \in CD_3 \Rightarrow d_2 - d_1 = 3\lambda \Rightarrow \lambda = \frac{d_2 - d_1}{3}$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{28 - 22}{3} = 2 \text{ cm}$$

Tốc độ truyền sóng:

$$v = \lambda \cdot f = 20 \text{ cm/s}$$

Số điểm cực đại:

$$|k| < \frac{AB}{\lambda} = \frac{15}{2} = 7,5$$

$$\Rightarrow -7,5 < k < 7,5 \Rightarrow k = -7; -6 \Rightarrow \text{có 15 giá trị } k \in \mathbb{Z} \Rightarrow k \in \mathbb{Z} \Rightarrow \text{có 15 điểm CĐ.}$$

$$\text{Số điểm cực tiểu: } |k + \frac{1}{2}| < \frac{AB}{\lambda} = 7,5$$

\Rightarrow Vậy có 14 điểm cực tiểu trên đoạn AB.

3. Luyện tập

3.1. Bài tập tự luận

Câu 1: Thực hiện giao sóng cơ trên mặt nước với hai nguồn $S_1; S_2$ cách nhau 12 cm.

Biết bước sóng của sóng trên mặt nước là $\lambda = 3$ cm. Trên đường trung trực của hai nguồn có 1 điểm M, M cách trung điểm I của hai nguồn 8 cm. Hỏi trên MI có bao nhiêu điểm dao động cùng pha với 2 nguồn?

Câu 2: Trên mặt nước có 2 nguồn sóng giống nhau A và B cách nhau 12 cm đang dao động vuông góc với mặt nước tạo ra sóng có bước sóng 1,6 cm. Gọi M và N là hai điểm

khác nhau trên mặt nước cách đều 2 nguồn và cách trung điểm I của AB một khoảng 8 cm. Số điểm dao động cùng pha với nguồn trên đoạn MN là bao nhiêu?

Câu 3: Trên mặt chất lỏng có hai nguồn kết hợp S_1, S_2 dao động với phương trình tương ứng $u_1 = a \cos \omega t$ và $u_2 = a \sin \omega t$. Khoảng cách giữa hai nguồn là $S_1S_2 = 3,25\lambda$. Trên đoạn S_1S_2 , số điểm dao động với biên độ cực đại và cùng pha với u_1 là bao nhiêu?

Câu 4: Hai nguồn sóng kết hợp trên mặt nước cách nhau một đoạn $S_1S_2 = 9\lambda$ phát ra dao động cùng pha nhau. Trên đoạn S_1S_2 , số điểm có biên độ cực đại cùng pha với nhau và cùng pha với nguồn (không kể hai nguồn) là bao nhiêu?

3.2. Bài tập trắc nghiệm

Câu 1: Trong hiện tượng giao thoa sóng trên bề mặt chất lỏng, hai nguồn dao động theo phương vuông góc với mặt chất lỏng, cùng pha, cùng tần số 50 Hz được đặt tại hai điểm S_1 và S_2 cách nhau 9 cm. Tốc độ truyền sóng trên mặt chất lỏng là 1 m/s. Trên mặt chất lỏng số vân giao thoa cực đại là:

- A. 10
- B. 9
- C. 8
- D. 7

Câu 2: Trong thí nghiệm giao thoa sóng trên mặt nước hai nguồn cùng pha bước sóng 2 cm. Hiệu đường đi của hai sóng truyền từ hai nguồn tới vân giao thoa cực đại thứ năm là:

- A. 10 cm
- B. 1 cm
- C. 5 cm
- D. 2,5 cm

Câu 3: Trong thí nghiệm Y-âng về giao thoa ánh sáng, khoảng cách giữa hai khe bằng 1,2 mm và khoảng cách từ hai khe đến màn quan sát bằng 2 m. Chiếu hai khe bằng ánh sáng đơn sắc. Biết khoảng vân quan sát được trên màn bằng 1 mm. Bước sóng của ánh sáng chiếu tới bằng

- A. 0,48 μm
- B. 0,50 μm

C. 0,60 μm

D. 0,75 μm

Câu 4: Ở mặt nước, có hai nguồn kết hợp A, B dao động theo phương thẳng đứng với phương trình $u_A = u_B = \cos 20\pi t$ mm. Tốc độ truyền sóng là 30 cm/s. Coi biên độ sóng không đổi khi sóng truyền đi. Phần tử M ở mặt nước cách hai nguồn lần lượt là 10,5 cm và 13,5 cm có biên độ dao động là

A. 2 mm

B. 1 mm

C. 0 mm

D. 4 mm

4. Kết luận

Qua bài giảng **Giao thoa sóng** này, các em cần hoàn thành 1 số mục tiêu mà bài đưa ra như:

- Mô tả được hiện tượng giao thoa của hai sóng mặt nước
- Viết được công thức xác định vị trí của cực đại và cực tiểu giao thoa.
- Vận dụng được công thức để giải thích bài toán đơn giản về hiện tượng giao thoa.