

Sóng cơ

Vật lý · Lớp 12

Giáo viên: Phúc Hảo

- ▶ Phát biểu được khái niệm **giao thoa sóng** và **nguồn kết hợp**.
- ▶ Xác định điều kiện có **cực đại** và **cực tiểu** giao thoa.
- ▶ Vận dụng công thức hiệu đường đi để tìm vị trí, số vân giao thoa.
- ▶ Giải thích một số hiện tượng giao thoa trong đời sống.

Ý chính: Vì sao khi ném hai viên sỏi xuống mặt hồ, ở một số chỗ mặt nước đập dềnh rất mạnh, còn một số chỗ khác lại phẳng lặng gần như không rung?

Hai đoàn sóng tròn từ hai viên sỏi lan ra, **gặp nhau** và **chồng chập**. Có nơi hai sóng "hòa" nhau làm nước dao động mạnh; có nơi chúng "triệt" nhau khiến nước đứng yên.

Liên hệ thực tế

Hiện tượng này gọi là **giao thoa sóng** — cũng chính là nguyên nhân của các vân sáng tối trong thí nghiệm ánh sáng, hay vùng "chết tiếng" khi hai loa cùng phát một nốt nhạc.

1

Khái niệm giao thoa và nguồn kết hợp

Định nghĩa

Giao thoa là hiện tượng hai sóng kết hợp gặp nhau, tạo ra những điểm dao động **với biên độ cực đại** và những điểm dao động **với biên độ cực tiểu** (đứng yên) ổn định trong không gian.

- ▶ Các điểm cực đại và cực tiểu sắp xếp thành những **vân giao thoa** cố định.
- ▶ Muốn có vân ổn định, hai sóng phải "ăn khớp" nhau về thời gian.

Ý chính: Giao thoa là dấu hiệu đặc trưng của **tính chất sóng**.

Định nghĩa

Hai nguồn kết hợp là hai nguồn dao động:

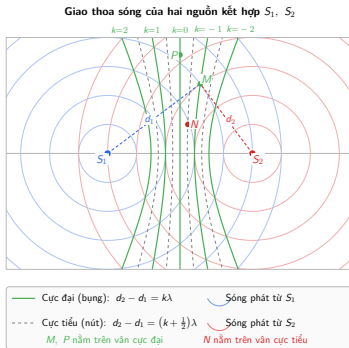
- ▶ cùng **phương**,
- ▶ cùng **tần số** (cùng chu kỳ),
- ▶ có **hiệu số pha không đổi** theo thời gian.

Ghi nhớ

Chỉ **hai nguồn kết hợp** mới tạo được hệ vân giao thoa **ổn định**.

Liên hệ: như hai người cùng lắc chung một sợi dây theo đúng một nhịp — sóng mới đều đặn.

Bức tranh giao thoa của hai nguồn



2

Điều kiện cực đại và cực tiểu

Xét điểm M cách hai nguồn cùng pha những đoạn d_1 và d_2 . Đại lượng then chốt là **hiệu đường đi**:

$$\Delta d = d_2 - d_1.$$

- ▶ Nếu Δd bằng **số nguyên lần** bước sóng $\Rightarrow$ hai sóng tới M **cùng pha** $\Rightarrow$ tăng cường.
- ▶ Nếu Δd lệch **nửa bước sóng** $\Rightarrow$ hai sóng **ngược pha** $\Rightarrow$ triệt tiêu.

Ý chính: Vị trí vân chỉ phụ thuộc **hiệu đường đi** Δd và bước sóng λ .

Cực đại (dao động mạnh nhất)

Tại các điểm mà hai sóng **cùng pha**, biên độ tổng hợp lớn nhất:

$$d_2 - d_1 = k\lambda, \quad k \in \mathbb{Z}.$$

- ▶ $k = 0$: vân cực đại trung tâm nằm trên **đường trung trực** của S_1S_2 .
- ▶ $k = \pm 1, \pm 2, \dots$: các vân cực đại bậc 1, bậc 2...đối xứng hai bên.

Liên hệ thực tế

Ở các vân cực đại, sóng nước đập dềnh mạnh nhất — giống chỗ hai người lắc dây "đồng nhịp".

Cực tiểu (đứng yên)

Tại các điểm mà hai sóng **ngược pha**, chúng triệt tiêu nhau, biên độ bằng 0:

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

Ghi nhớ — mẹo phân biệt

- ▶ Hiệu bằng **nguyên lần** $\lambda \rightarrow$ **cực đại**.
- ▶ Hiệu bằng **bán nguyên lần** λ (0,5; 1,5; ...) $\rightarrow$ **cực tiểu**.
- ▶ **Lỗi thường gặp**: viết cực tiểu là $k\lambda/2$ — sai, phải là $\left(k + \frac{1}{2}\right) \lambda$.

Trên đoạn thẳng nối S_1S_2 , các vân cực đại (và cực tiểu) là những điểm cố định:

- ▶ Khoảng cách giữa hai cực đại liên tiếp $= \frac{\lambda}{2}$.
- ▶ Cực đại và cực tiểu gần nhau xen kẽ, cách nhau $\frac{\lambda}{4}$.

Ghi nhớ

Số vân trên đoạn S_1S_2 là **hữu hạn** vì luôn có $|\Delta d| \leq S_1S_2$.

Liên hệ: như các "vạch chuẩn" đều đặn trên thước — cứ mỗi $\lambda/2$ lại lặp lại một cực đại.

3

Ví dụ vận dụng

Ví dụ 1 — Xác định loại điểm dao động

Đề bài

Hai nguồn kết hợp S_1, S_2 cùng pha, bước sóng $\lambda = 4\text{ cm}$. Điểm M cách hai nguồn lần lượt $d_1 = 18\text{ cm}$, $d_2 = 26\text{ cm}$. Hỏi M dao động cực đại hay cực tiểu?

Bước 1. Tính hiệu đường đi (đại lượng quyết định vị trí vân):

$$\Delta d = d_2 - d_1 = 26 - 18 = 8\text{ cm}.$$

Bước 2. So sánh với λ (xét Δd là mấy lần bước sóng):

$$\frac{\Delta d}{\lambda} = \frac{8}{4} = 2 = k \quad (k = 2 \in \mathbb{Z}).$$

Bước 3. Vì $\Delta d = 2\lambda$ đúng số nguyên lần λ nên hai sóng cùng pha.

Kết luận: M là điểm cực đại giao thoa, bậc $k = 2$.

Đề bài

Hai nguồn kết hợp cùng pha cách nhau $S_1S_2 = 16\text{ cm}$, bước sóng $\lambda = 3\text{ cm}$. Tìm số điểm dao động **cực đại** trên đoạn S_1S_2 .

Bước 1. Điều kiện cực đại: $d_2 - d_1 = k\lambda$.

Bước 2. Với điểm nằm trên đoạn S_1S_2 , hiệu đường đi bị giới hạn bởi khoảng cách hai nguồn (vì $d_1 + d_2 = S_1S_2$ và $d_1, d_2 \geq 0$):

$$-S_1S_2 \leq d_2 - d_1 \leq S_1S_2 \Rightarrow -16 \leq k\lambda \leq 16.$$

Ví dụ 2 — Đếm số vân cực đại (phần 2)

Bước 3. Thay $\lambda = 3 \text{ cm}$ để tìm khoảng giá trị của k :

$$-16 \leq 3k \leq 16 \Rightarrow -\frac{16}{3} \leq k \leq \frac{16}{3} \Rightarrow -5,33 \leq k \leq 5,33.$$

Bước 4. k nhận các giá trị **nguyên** trong khoảng đó:

$$k = -5, -4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4, 5.$$

Đếm được **11 giá trị**, mỗi giá trị ứng với một vân cực đại.

Kết luận: Có **11 điểm** dao động cực đại trên đoạn $S_1 S_2$.

Ghi nhớ

Công thức nhanh: số cực đại $= 2 \left\lfloor \frac{S_1 S_2}{\lambda} \right\rfloor + 1$ (khi hai nguồn cùng pha). Ở đây $= 2 \cdot 5 + 1 = 11$.

Luyện tập nhanh · Nhận biết

Hiện tượng giao thoa sóng là hiện tượng

- A. hai sóng gặp nhau tăng cường hoặc triệt tiêu lẫn nhau.
- B. sóng bị đổi hướng khi gặp vật cản.
- C. biên độ sóng giảm dần khi lan truyền.
- D. sóng truyền qua khe hẹp và loang rộng ra.

Đáp án: **A**.

Giao thoa là sự tổng hợp của hai sóng kết hợp tạo các điểm dao động cực đại (tăng cường) và cực tiểu (triệt tiêu).

B là hiện tượng phản xạ/khúc xạ; C là tắt dần; D là nhiễu xạ — HS dễ nhầm các hiện tượng sóng với nhau.

Luyện tập nhanh · Nhận biết

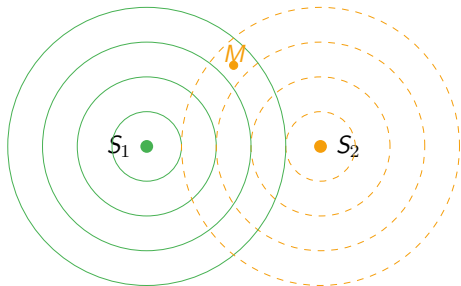
Điều kiện để hai nguồn sóng là hai nguồn kết hợp là hai nguồn có

- A. cùng biên độ và cùng pha ban đầu.
- B. cùng tần số và độ lệch pha không đổi theo thời gian.
- C. cùng biên độ và cùng bước sóng.
- D. cùng phương truyền và cùng tốc độ.

Đáp án: **B**.

Hai nguồn kết hợp: cùng tần số và hiệu số pha không đổi. Biên độ không bắt buộc bằng nhau.

A, C thêm điều kiện biên độ (thừa); D không nói tới pha — đây là bẫy vì HS hay quên yêu cầu "độ lệch pha không đổi".



Luyện tập nhanh · Nhận biết

Trên hình, các đường tròn liền và đứt nét biểu diễn các đỉnh sóng từ hai nguồn. Điểm M dao động với biên độ cực đại khi

- A. hiệu đường đi bằng số nguyên lần λ .
- B. hiệu đường đi bằng số lẻ nửa λ .
- C. tổng đường đi bằng λ .
- D. hai đường đi bằng nhau.

Đáp án: **A**.

Cực đại (hai nguồn cùng pha): $d_2 - d_1 = k\lambda$.

B là điều kiện cực tiểu (bấy hay nhâm dấu); C sai vì dùng "tổng" thay "hiệu"; D chỉ đúng cho trung điểm — một trường hợp riêng của A.

Luyện tập nhanh · Thông hiểu

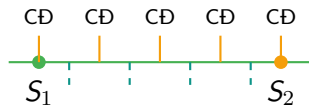
Hai nguồn cùng pha, bước sóng $\lambda = 2 \text{ cm}$. Tại điểm M có $d_1 = 10 \text{ cm}$, $d_2 = 17 \text{ cm}$. Điểm M là

- A. cực đại giao thoa.
- B. cực tiểu giao thoa.
- C. không dao động.
- D. dao động với biên độ trung bình.

Đáp án: **B**.

$$d_2 - d_1 = 7 = 3,5\lambda = (3 + 0,5)\lambda \rightarrow \text{cực tiểu.}$$

A là bẫy nếu HS chỉ chia $7/2 = 3,5$ rồi coi số nguyên phần "3" là cực đại; C nhầm cực tiểu là đúng yên hoàn toàn (chỉ đúng khi hai nguồn cùng biên độ).



Luyện tập nhanh · Thông hiểu

Hình vẽ các vạch cực đại (CĐ) trên đoạn S_1S_2 .
Khoảng cách giữa hai cực đại liên tiếp bằng

- A. λ .
- B. $\lambda/2$.
- C. $\lambda/4$.
- D. 2λ .

Đáp án: **B**.

Trên đoạn nối hai nguồn, hai điểm cực đại (hoặc cực tiểu) liên tiếp cách nhau $\lambda/2$.

A là bẫy vì HS nhớ nhầm "khoảng vân" ánh sáng; C, D sai do lẫn với các bội số khác của λ .

Luyện tập nhanh · Thông hiểu

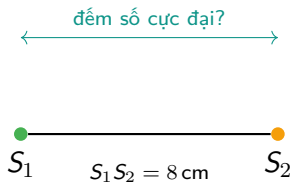
Hai nguồn cùng pha cách nhau S_1S_2 . Trung điểm O của S_1S_2 luôn là điểm

- A. cực tiểu, vì hai sóng ngược pha tại đó.
- B. cực đại, vì $d_1 = d_2$ nên hai sóng cùng pha.
- C. đứng yên, vì cách đều hai nguồn.
- D. có biên độ tùy thuộc bước sóng.

Đáp án: **B**.

Tại O : $d_1 = d_2 \rightarrow$ hiệu đường đi $= 0 = 0 \cdot \lambda \rightarrow$ cực đại.

A, C nhầm "cách đều" với "triệt tiêu"; D sai vì với hai nguồn cùng pha, trung điểm luôn cực đại, không phụ thuộc λ .



Luyện tập nhanh · Vận dụng

Hai nguồn cùng pha, $S_1 S_2 = 8 \text{ cm}$, $\lambda = 2 \text{ cm}$.
Số điểm dao động cực đại trên đoạn $S_1 S_2$ là

- A. 8.
- B. 7.
- C. 9.
- D. 4.

Đáp án: **B**.

$$-\frac{L}{\lambda} < k < \frac{L}{\lambda} \rightarrow -4 < k < 4 \rightarrow k = -3..3: 7 \text{ điểm.}$$

C (=9) là bấy khi lấy dấu " $\leq$ " tính luôn hai đầu $k = \pm 4$ (không có cực đại tại nguồn);

A quên trừ; D lấy $L/\lambda = 4$.

Luyện tập nhanh · Vận dụng

Hai loa phát cùng pha, cùng tần số đặt cách nhau vài mét trong phòng. Khi đi dọc theo đường thẳng trước hai loa, ta nghe âm to nhỏ xen kẽ. Nguyên nhân là

- A. âm bị hấp thụ theo khoảng cách.
- B. giao thoa: chỗ cực đại nghe to, cực tiểu nghe nhỏ.
- C. loa lúc mạnh lúc yếu.
- D. tai nghe bị mỏi khi di chuyển.

Đáp án: **B**.

Sóng âm từ hai loa là hai nguồn kết hợp $\rightarrow$ giao thoa, tạo vùng nghe to (cực đại) và nhỏ (cực tiểu) xen kẽ.

A giải thích được độ giảm chung nhưng không giải thích "xen kẽ"; C, D là suy đoán vô lí — bấy khi HS không liên hệ với giao thoa.

1. Hai nguồn cùng pha, $\lambda = 3 \text{ cm}$, $S_1 S_2 = 15 \text{ cm}$. Tính số điểm cực đại và cực tiểu trên đoạn nối hai nguồn.
2. Tại điểm M có $d_1 = 25 \text{ cm}$, $d_2 = 31 \text{ cm}$, $\lambda = 4 \text{ cm}$. Xác định M là cực đại hay cực tiểu, ứng với k bằng bao nhiêu.
3. Hai nguồn cùng pha, tốc độ truyền $v = 40 \text{ cm/s}$, tần số $f = 20 \text{ Hz}$. Tính λ rồi tìm khoảng cách giữa hai cực đại liên tiếp trên $S_1 S_2$.

Gợi ý

Cực đại: $d_2 - d_1 = k\lambda$; cực tiểu: $d_2 - d_1 = (k + 0,5)\lambda$. Số cực đại trên $S_1 S_2$: giải $-L/\lambda < k < L/\lambda$. Nhớ $\lambda = v/f$.

1. Hai nguồn cùng pha, $\lambda = 2,5 \text{ cm}$, $S_1 S_2 = 20 \text{ cm}$. Đếm số cực đại, cực tiểu trên đoạn $S_1 S_2$.
2. Điểm M : $d_1 = 18 \text{ cm}$, $d_2 = 24 \text{ cm}$, $f = 25 \text{ Hz}$, $v = 1 \text{ m/s}$. M cực đại hay cực tiểu?
3. Giải thích vì sao trung điểm $S_1 S_2$ luôn là cực đại khi hai nguồn cùng pha; nếu hai nguồn ngược pha thì sao?
4. Hai loa cùng pha đặt cách nhau $1,2 \text{ m}$ phát âm $f = 680 \text{ Hz}$ ($v = 340 \text{ m/s}$). Tính λ và số vị trí nghe to trên đoạn nối hai loa.
5. Nêu 2 ví dụ giao thoa sóng nước và sóng âm trong đời sống.

Đọc trước: bài "Sóng dừng" — điều kiện hình thành, nút và bụng sóng.

Bảng tóm tắt điều kiện giao thoa (hai nguồn cùng pha)

Loại điểm	Hiệu đường đi $d_2 - d_1$	Biên độ
Cực đại	$k\lambda$	$A_{max} = 2a$
Cực tiểu	$(k + 0,5)\lambda$	$A_{min} = 0$
Trung điểm O	0	cực đại

Đại lượng	Công thức
Số cực đại trên $S_1 S_2$	$-\frac{L}{\lambda} < k < \frac{L}{\lambda}$
Khoảng cách 2 cực đại liên kề	$\lambda/2$
Bước sóng	$\lambda = v/f$

- ▶ **Giao thoa** là hiện tượng hai sóng kết hợp gặp nhau tạo các điểm cực đại và cực tiểu ổn định trong không gian.
- ▶ Điều kiện: hai nguồn **cùng tần số** và **độ lệch pha không đổi** (nguồn kết hợp).
- ▶ Với hai nguồn cùng pha: cực đại khi $d_2 - d_1 = k\lambda$, cực tiểu khi $d_2 - d_1 = (k + 0,5)\lambda$; hai cực đại liên kề trên S_1S_2 cách nhau $\lambda/2$.
- ▶ Đếm số cực đại/cực tiểu bằng bất phương trình theo k — chú ý dấu "<", không lấy hai đầu nguồn.

Liên hệ: giao thoa không chỉ có ở sóng nước và âm thanh — nó còn là chìa khóa giải thích vân sáng tối trong giao thoa ánh sáng mà các em sẽ học ở phần Sóng ánh sáng.

Cảm ơn các em đã lắng nghe!

Bài giảng biên soạn với EduFlow · agentra.io.vn
