

Giải bài tập Điểm M có tính chất đặc biệt trong Giao thoa sóng

A. Phương pháp & Ví dụ

1. Phương pháp

Sử dụng các điều kiện cực đại, cực tiểu trong giao thoa sóng và áp dụng kiến thức hình học để giải quyết bài toán dạng này.

2. Ví dụ

Ví dụ 1: Trong thí nghiệm giao thoa sóng mặt nước, hai nguồn kết hợp S_1, S_2 cách nhau 8cm dao động cùng pha với tần số $f = 20\text{Hz}$. Tại điểm M trên mặt nước cách S_1, S_2 lần lượt những khoảng $d_1 = 25\text{cm}, d_2 = 20,5\text{cm}$ dao động với biên độ cực đại, giữa M và đường trung trực của AB có hai dãy cực đại khác.

- Tính tốc độ truyền sóng trên mặt nước.
- N là một điểm thuộc đường trung trực của đoạn thẳng S_1S_2 dao động ngược pha với hai nguồn. Tìm khoảng cách nhỏ nhất từ N đến đoạn thẳng nối S_1S_2 .
- Điểm C cách S_1 khoảng L thỏa mãn CS_1 vuông góc với S_1S_2 . Tính giá trị cực đại của L để điểm C dao động với biên độ cực đại.

Hướng dẫn:

- Tính tốc độ truyền sóng:

- Tại M sóng có biên độ cực nên:
- Giữa M và trung trực của AB có hai dãy cực đại khác $\Rightarrow k = 3$
- Từ đó $\Rightarrow \lambda = 1,5\text{ cm}$, vận tốc truyền sóng: $v = \lambda f = 30\text{ cm/s}$

- Tìm vị trí điểm N

- Giả sử $u_1 = u_2 = a \cos \omega t$, phương trình sóng tại N:

- Độ lệch pha giữa phương trình sóng tại N và tại nguồn:
- Để dao động tại N ngược pha với dao động tại nguồn thì :

- Xác định L_{\max}

- Để tại C có cực đại giao thoa thì:
- Khi L càng lớn đường CS_1 cắt các cực đại giao thoa có bậc càng nhỏ (k càng bé), vậy ứng với giá trị lớn nhất của L để tại C có cực đại là $k = 1$
- Thay các giá trị đã cho vào biểu thức trên ta nhận được:

Ví dụ 2: Trên bề mặt chất lỏng có hai nguồn kết hợp AB cách nhau 40cm dao động cùng pha. Biết sóng do mỗi nguồn phát ra có tần số $f=10\text{(Hz)}$, vận tốc truyền sóng 2(m/s) . Gọi M là một điểm nằm trên đường vuông góc với AB tại đó A dao động với biên độ cực đại. Đoạn AM có giá trị lớn nhất là :

- A. 20cm B. 30cm C. 40cm D. 50cm

Hướng dẫn:

Ta có $\lambda = v/f = 200/10 = 20\text{(cm)}$

Do M là một cực đại giao thoa nên để đoạn AM có giá trị lớn nhất thì M phải nằm trên vân cực đại bậc 1 như hình vẽ và thỏa mãn :

$$d_2 - d_1 = k\lambda = 1 \cdot 20 = 20\text{(cm)} \quad (1). \quad (\text{do lấy } k = +1)$$

Mặt khác, do tam giác AMB là tam giác vuông tại A nên ta có :

Ví dụ 3: Hai nguồn sóng AB cách nhau 1m dao động cùng pha với bước sóng 0,5m. I là trung điểm AB. P là điểm nằm trên đường trung trực của AB cách I 100m. Gọi d là đường thẳng qua P và song song với AB. Tìm điểm M thuộc d và gần P nhất, dao động với biên độ cực đại. (Tìm khoảng cách MP)

Hướng dẫn:

Vì A và B cùng pha và M gần P nhất và dao động với biên độ cực đại nên M thuộc cực đại ứng với $k=1$

Ta có: $MA - MB = k\lambda = \lambda$; Theo hình vẽ Ta có:

Đặt $MP = IQ = x$, có $PI = MQ = 100m$

Ta có:

Giải phương trình tìm được $x = 57,73m$

Ví dụ 4: Thực hiện giao sóng cơ trên mạch nước với hai nguồn $S_1; S_2$ cách nhau 12 cm, biết bước sóng của sóng trên mặt nước là $\lambda = 3cm$. Trên đường trung trực của hai nguồn có 1 điểm M, M cách trung điểm I của hai nguồn 8cm. Hỏi trên MI có bao nhiêu điểm dao động cùng pha với 2 nguồn?

A: 4 điểm B: 2 điểm C: 6 điểm D: 3 điểm

Hướng dẫn:

Giả sử phương trình sóng ở hai nguồn: $u = a \cos \omega t$.

Xét điểm N trên MI: $S_1N = S_2N = d$.

$IN = x$ Với $0 \leq x \leq 8$ (cm)

Biểu thức sóng tại N:

Để u_N dao động cùng pha với hai nguồn:

$$d^2 = SI^2 + x^2 = 6^2 + x^2 \Rightarrow 9k^2 = 36 + x^2 \Rightarrow 0 \leq x^2 = 9k^2 - 36 \leq 64$$

$$6 \leq 3k \leq 10 \Rightarrow 2 \leq k \leq 3.$$

Có hai giá trị của k: $k = 2$; $x = 0$ ($N \equiv I$) và $k = 3$; $x = 3\sqrt{5}$ (cm) Chọn B.

B. Bài tập trắc nghiệm

Câu 1. Ở mặt thoáng của một chất lỏng có hai nguồn sóng kết hợp A và B cách nhau 12 cm dao động theo phương thẳng đứng với phương trình $u_A = u_B = 4\cos 100\pi t$ (u tính bằng mm, t tính bằng s). Tốc độ truyền sóng trên mặt chất lỏng là 80 cm/s, coi biên độ sóng không đổi khi sóng truyền đi. Xét điểm M ở mặt chất lỏng, nằm trên đường trung trực của AB mà phần tử chất lỏng tại đó dao động cùng pha với nguồn A. Khoảng cách MA nhỏ nhất là

- A. 6,4 cm. B. 8,0 cm.
C. 5,6 cm. D. 7,0 cm.

Lời giải:

Chọn A.

Ta có: $\lambda = 2\pi v / \omega = 1,6$ cm; $AM = k\lambda = 1,6k \geq AB/2 = 6$

$\rightarrow k \geq 6/1,6 = 3,75$; $k \in \mathbb{Z} \rightarrow k_{\min} = 4 \rightarrow AM_{\min} = 4 \cdot 1,6 = 6,4$ cm.

Câu 2. Ở mặt thoáng của một chất lỏng có hai nguồn kết hợp A và B dao động điều hòa cùng pha theo phương thẳng đứng. Biết tốc độ truyền sóng không đổi trong quá trình lan truyền, bước sóng do mỗi nguồn phát ra bằng 12 cm. Khoảng cách ngắn nhất giữa hai điểm dao động với biên độ cực đại nằm trên đoạn thẳng AB là

- A. 9 cm. B. 12 cm.
C. 6 cm. D. 3 cm.

Lời giải:

Chọn C.

Ta có: $i = \lambda/2 = 6 \text{ cm}$.

Câu 3. Tại mặt thoáng của một chất lỏng có hai nguồn sóng S_1 và S_2 dao động theo phương thẳng đứng với cùng phương trình $u = a \cos 40\pi t$ (a không đổi, t tính bằng s). Tốc độ truyền sóng trên mặt chất lỏng bằng 80 cm/s. Khoảng cách ngắn nhất giữa hai phần tử chất lỏng trên đoạn thẳng S_1S_2 dao động với biên độ cực đại là

- A. 4 cm. B. 6 cm.
C. 2 cm. D. 1 cm.

Lời giải:

Chọn C.

Ta có: $\lambda = 2\pi v/\omega = 4 \text{ cm}$; $i = \lambda/2 = 2 \text{ cm}$.

Câu 4. Ở mặt chất lỏng có hai nguồn sóng A, B cách nhau 18 cm, dao động theo phương thẳng đứng với $u_A = u_B = a \cos 50\pi t$ (t tính bằng s). Tốc độ truyền sóng của mặt chất lỏng là 50 cm/s. Gọi O là trung điểm của AB, điểm M ở mặt chất lỏng nằm trên đường trung trực của AB và gần O nhất sao cho phần tử chất lỏng tại M dao động cùng pha với phần tử chất lỏng tại O. Khoảng cách MO là

- A. 10 cm. B. $2\sqrt{10} \text{ cm}$.
C. $2\sqrt{2} \text{ cm}$. D. 2 cm.

Lời giải:

Chọn B.

Ta có: $\lambda = 2\pi v/\omega = 2 \text{ cm}$.

Dao động tổng hợp tại trung điểm O:

Dao động tổng hợp tại M:

Vì M là điểm gần O nhất dao động cùng pha với O nên:

Câu 5. Trong hiện tượng giao thoa sóng nước, hai nguồn dao động theo phương vuông góc với mặt nước, cùng biên độ, cùng pha, cùng tần số 50 Hz được đặt tại hai điểm S_1 và S_2 cách nhau 10 cm. Tốc độ truyền sóng trên mặt nước là 75 cm/s. Xét các điểm trên mặt nước thuộc đường tròn tâm S_1 , bán kính S_1S_2 , điểm mà phần tử tại đó dao động với biên độ cực đại cách điểm S_2 một đoạn ngắn nhất bằng

- A. 85 mm. B. 15 mm.
C. 10 mm. D. 89 mm.

Lời giải:

Chọn C.

Ta có: $\lambda = v/f = 1,5 \text{ cm}$.

→ có 13 cực đại. Cực đại gần S_2 nhất ứng với $k = 6$ nên $d_1 - d_2 = 6\lambda$

→ $d_2 = d_1 - 6\lambda = S_1S_2 - 6\lambda = 1 \text{ cm} = 10 \text{ mm}$.

Câu 6. Trong một thí nghiệm về giao thoa sóng nước, hai nguồn kết hợp O_1 và O_2 dao động cùng pha, cùng biên độ. Chọn hệ trục tọa độ vuông góc xOy thuộc mặt nước với gốc tọa độ là vị trí đặt nguồn O_1 còn nguồn O_2 nằm trên trục Oy. Hai điểm P và Q nằm trên Ox có $OP = 4,5 \text{ cm}$ và $OQ = 8 \text{ cm}$. Dịch chuyển nguồn O_2 trên trục Oy đến vị trí sao cho góc PO_2Q có giá trị lớn nhất thì phần tử nước tại P không dao động còn phần tử nước tại Q dao động với biên độ cực đại. Biết giữa P và Q không còn cực đại nào khác. Trên đoạn OP, điểm gần P nhất mà các phần tử nước dao động với biên độ cực đại cách P một đoạn là

- A. 3,4 cm. B. 2,0 cm.
C. 2,5 cm. D. 1,1 cm.

Lời giải:

Chọn B.

Đặt $\angle PO_2Q = \varphi$; $\angle QO_2O_1 = \varphi_2$; $\angle PO_2O_1 = \varphi_1$ và $O_1O_2 = y$, ta có:

Theo bất đẳng thức Côsi thì $\tan\varphi$ có giá trị cực đại ($\varphi = \varphi_{\max}$) khi $y = 6$ cm.

$$O_1P = 4,5 \text{ cm và } O_1O_2 = 6 \text{ cm}$$

$$O_2Q = 8 \text{ cm và } O_1O_2 = 6 \text{ cm}$$

Tại P có cực tiểu nên: $O_2P - O_1P = 3 \text{ cm} = (k + 0,5)\lambda$ (1)

Tại Q có cực đại nên: $O_2Q - O_1Q = 2 \text{ cm} = k\lambda$ (2)

Từ (1) và (2) $\rightarrow k = 1$ và $\lambda = 2$ cm.

Cực đại gần P nhất trên trục Ox (kí hiệu là M) ứng với $k = 2$

$$\rightarrow O_2M - O_1M = 2\lambda = 4 \text{ cm}; O_2M^2 - O_1M^2 = 6^2 = 36$$

$$\rightarrow O_2M = 6,5 \text{ cm}; O_1M = 2,5 \text{ cm}; O_1P - O_1M = 2 \text{ cm}.$$

Câu 7. Trong một thí nghiệm giao thoa sóng nước, hai nguồn S_1 và S_2 cách nhau 16 cm, dao động theo phương vuông góc với mặt nước, cùng biên độ, cùng pha, cùng tần số 80 Hz. Tốc độ truyền sóng trên mặt nước là 40 cm/s. Ở mặt nước, gọi d là đường trung trực của đoạn S_1S_2 . Trên d, điểm M ở cách S_1 10 cm; điểm N dao động cùng pha với M và gần M nhất sẽ cách M một đoạn có giá trị gần giá trị nào nhất sau đây?

- A. 7,8 mm. B. 6,8 mm.
C. 9,8 mm. D. 8,8 mm.

Lời giải:

Chọn A.

Ta có: $\lambda = v/f = 0,5$ cm. Giả sử $u_1 = u_2 = a \cos \omega t$

M dao động cùng pha với hai nguồn.

Để điểm N nằm trên d gần M nhất dao động cùng pha với M thì:

$$S_1N_1 = S_1M + \lambda = 10 + 0,5 = 10,5 \text{ (cm)}$$

$$S_1N_2 = S_1M - \lambda = 10 - 0,5 = 9,5 \text{ (cm)}$$

N_1 gần M hơn và gần với 7,8 mm nhất.

Câu 8. Trên bề mặt chất lỏng có hai nguồn kết hợp AB cách nhau 40cm dao động cùng pha. Biết sóng do mỗi nguồn phát ra có tần số $f = 10$ (Hz), vận tốc truyền sóng 2(m/s). Gọi M là một điểm nằm trên đường vuông góc với AB tại đó A dao động với biên độ cực đại. Đoạn AM có giá trị lớn nhất là :

- A. 20cm B. 30cm
C. 40cm D. 50cm

Lời giải:

Chọn B.

Ta có $\lambda = v/f = 20$ (cm). Do M là một cực đại giao thoa nên để đoạn AM có giá trị lớn nhất thì M phải nằm trên vân cực đại bậc 1 như hình vẽ và thỏa mãn:

$$d_1 - d_2 = 1 \cdot 20 = 20 \text{ (1)}. \text{ (do lấy } k = +1)$$

Mặt khác, do tam giác AMB là tam giác vuông tại A nên ta có :

Thay (2) vào (1) ta được:

Câu 9. Trên bề mặt chất lỏng có hai nguồn kết hợp AB cách nhau 100cm dao động cùng pha. Biết sóng do mỗi nguồn phát ra có tần số $f = 10$ (Hz), vận tốc truyền sóng 3(m/s). Gọi M là một điểm nằm trên đường vuông góc với AB tại đó A dao động với biên độ cực đại. Đoạn AM có giá trị nhỏ nhất là :

- A. 5,28cm B. 10,56cm
C. 12cm D. 30cm

Lời giải:

Chọn B.

Ta có: $\lambda = v/f = 30$ cm. Số vân dao động với biên độ dao động cực đại trên đoạn AB thỏa mãn điều kiện: $-AB < d_2 - d_1 = k\lambda < AB$.

Hay:

$$\Leftrightarrow -3,3 < k < 3,3 \rightarrow k = -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3$$

\rightarrow Đoạn AM có giá trị bé nhất thì M phải nằm trên đường cực đại bậc 3 (k_{\max}) như hình vẽ và thỏa mãn: $d_2 - d_1 = k\lambda = 3 \cdot 30 = 90$ cm (1) (do lấy $k = 3$)

Mặt khác, do tam giác AMB là tam giác vuông tại A nên ta có :

Thay (2) vào (1) ta được:

Câu 10. Trên bề mặt chất lỏng có hai nguồn phát sóng kết hợp S_1, S_2 dao động cùng pha, cách nhau một khoảng $S_1S_2 = 40$ cm. Biết sóng do mỗi nguồn phát ra có tần số $f = 10$ Hz, vận tốc truyền sóng $v = 2$ m/s. Xét điểm M nằm trên đường thẳng vuông góc với S_1S_2 tại S_1 . Đoạn S_1M có giá trị lớn nhất bằng bao nhiêu để tại M có dao động với biên độ cực đại?

- A. 50 cm. B. 40 cm.
C. 30 cm. D. 20 cm.

Lời giải:

Chọn C.

d_1 max khi M thuộc vân cực đại thứ $k = 1$

Câu 11. Trên bề mặt chất lỏng có 2 nguồn kết hợp S_1, S_2 dao động cùng pha, cách nhau 1 khoảng 1 m. Biết sóng do mỗi nguồn phát ra có tần số $f = 10$ Hz, vận tốc truyền sóng $v = 3$ m. Xét điểm M nằm trên đường vuông góc với S_1S_2 tại S_1 . Để tại M có dao động với biên độ cực đại thì đoạn S_1M có giá trị nhỏ nhất bằng

- A. 6,55 cm. B. 15 cm.
C. 10,56 cm. D. 12 cm.

Lời giải:

Chọn C.

d_1 min khi M thuộc vân cực đại thứ $k = 3$

Câu 12. Trên mặt thoáng chất lỏng, tại A và B cách nhau 20cm, người ta bố trí hai nguồn đồng bộ có tần số 20Hz. Tốc độ truyền sóng trên mặt thoáng chất lỏng $v = 50\text{cm/s}$. Hình vuông ABCD nằm trên mặt thoáng chất lỏng, I là trung điểm của CD. Gọi điểm M nằm trên CD là điểm gần I nhất dao động với biên độ cực đại. Tính khoảng cách từ M đến I.

- A. 1,25cm B. 2,8cm
C. 2,5cm D. 3,7cm

Lời giải:

Chọn B.

Bước sóng $\lambda = v/f = 2,5\text{cm}$.

Xét điểm M trên CD, M gần I nhất dao động với biên độ

cực đại khi $d_1 - d_2 = \lambda = 2,5\text{ cm}$ (1)

Đặt $x = IM = I'H$:

$$d_1^2 - d_2^2 = 2ABx = 40x$$

$$d_1 + d_2 = 16x \quad (2)$$

Từ (1) và (2) suy ra $d_1 = 8x + 1,25$

$$d_1^2 = (8x + 1,25)^2 = 20^2 + (10 + x)^2 \rightarrow 64x^2 + 20x + 1,5625 = 500 + 20x + x^2$$

$$\rightarrow 63x^2 = 498,4375 \rightarrow x = 2,813\text{ cm} \approx 2,8\text{ cm}.$$

Câu 13. Trong một thí nghiệm giao thoa với hai nguồn phát sóng giống nhau tại A và B trên mặt nước. Khoảng cách $AB = 16\text{cm}$. Hai sóng truyền đi có bước sóng $\lambda = 4\text{cm}$. Trên đường thẳng xx' song song với AB, cách AB một khoảng 8 cm, gọi C là giao điểm của xx' với đường trung trực của AB. Khoảng cách ngắn nhất từ C đến điểm dao động với biên độ cực tiểu nằm trên xx' là

- A. 2,25cm B. 1,5cm
C. 2,15cm D. 1,42cm

Lời giải:

Chọn D.

Xét điểm M $AM = d_1$; $BM = d_2$; $x = CM = IH$

Điểm M dao động với biên độ cực tiểu khi

$$d_1 - d_2 = (k + 0,5)\lambda$$

Điểm M gần C nhất khi $k = 1$

$$d_1 - d_2 = 0,5\lambda = 2\text{ (cm)} \quad (*)$$

$$d_1^2 = (8 + x)^2 + 8^2$$

$$d_2^2 = (8 - x)^2 + 8^2$$

$$\rightarrow d_1^2 - d_2^2 = 32x \rightarrow d_1 + d_2 = 16x \quad (**)$$

Từ (*) và (**) $\rightarrow d_1 = 8x + 1$

$$d_1^2 = (8 + x)^2 + 8^2 = (8x + 1)^2 \rightarrow 63x^2 = 128 \rightarrow x = 1,42\text{ cm}.$$

Câu 14. Hai điểm A và B trên mặt nước cách nhau 12 cm phát ra hai sóng kết hợp có phương trình: $u_1 = u_2 = a\cos 40\pi t(\text{cm})$, tốc độ truyền sóng trên mặt nước là 30 cm/s. Xét đoạn thẳng $CD = 6\text{cm}$ trên mặt nước có chung đường trung trực với AB. Khoảng cách lớn nhất từ CD đến AB sao cho trên đoạn CD chỉ có 5 điểm dao động với biên độ cực đại là:

- A. 10,06 cm. B. 4,5 cm.
C. 9,25 cm. D. 6,78 cm.

Lời giải:

Chọn A.

Bước sóng $\lambda = v/f = 30/20 = 1,5 \text{ cm}$

Khoảng cách lớn nhất từ CD đến AB mà trên CD chỉ có 5 điểm dao động cực đại khi đó tại C và D thuộc các vân cực đại bậc 2 ($k = 2$ hoặc $k = -2$)

Xét tại C: $d_2 - d_1 = 2\lambda = 3 \text{ cm}$ (1)

Với: $AM = 3 \text{ cm}$; $BM = 9 \text{ cm}$

Ta có $d_1^2 = h^2 + 3^2 = 9$ và $d_2^2 = h^2 + 9^2 = 81$

Do đó $d_2^2 - d_1^2 = 72 \Rightarrow (d_2 - d_1) \cdot (d_1 + d_2) = 72 \Rightarrow d_1 + d_2 = 24 \text{ cm}$ (2)

Từ (1) và (2) ta có: $d_2 = 13,5 \text{ cm}$

Vậy:

Câu 15. Giao thoa sóng nước với hai nguồn giống hệt nhau A, B cách nhau 20cm có tần số 50Hz. Tốc độ truyền sóng trên mặt nước là 1,5m/s. Trên mặt nước xét đường tròn tâm A, bán kính AB. Điểm trên đường tròn dao động với biên độ cực đại cách đường thẳng qua A, B một đoạn gần nhất là

A. 18,67mm B. 17,96mm

C. 19,97mm D. 15,34mm

Lời giải:

Chọn C.

Bước sóng: $\lambda = v/f = 0,03\text{m} = 3 \text{ cm}$

Xét điểm N trên AB dao động với biên độ cực đại:

$AN = d'_1$; $BN = d'_2$ (cm)

$d'_1 - d'_2 = k\lambda = 3k$

$d'_1 + d'_2 = AB = 20 \text{ (cm)}$

$d'_1 = 10 + 1,5k$

$0 \leq d'_1 = 10 + 1,5k \leq 20 \rightarrow -6 \leq k \leq 6$

\rightarrow Trên đường tròn có 26 điểm dao động với biên độ cực đại

Điểm gần đường thẳng AB nhất ứng với $k = 6$ Điểm M thuộc cực đại thứ 6.

$d_1 - d_2 = 6\lambda = 18 \text{ cm}$; $d_2 = d_1 - 18 = 20 - 18 = 2\text{cm}$

Xét tam giác AMB; hạ MH = h vuông góc với AB. Đặt HB = x

$h^2 = d_1^2 - AH^2 = 20^2 - (20 - x)^2$

$h^2 = d_2^2 - BH^2 = 2^2 - x^2$

$\rightarrow 20^2 - (20 - x)^2 = 2^2 - x^2 \rightarrow x = 0,1 \text{ cm} = 1\text{mm}$