

CHƯƠNG 2. SÓNG CƠ

A. LÝ THUYẾT

I. SÓNG CƠ HỌC VÀ CÁC ĐẶC TRƯNG

1. Định nghĩa

Sóng cơ là những dao động lan truyền trong một môi trường.

Ví dụ: Sóng trên mặt nước là sóng truyền từ một điểm dao động trên mặt nước (bằng cần rung tạo dao động chẳng hạn) đến các phần tử khác thông qua môi trường là nước.

Chú ý

Khi sóng cơ truyền đi, các phần tử vật chất không truyền đi theo sóng, mà dao động xung quanh một vị trí cân bằng xác định.

2. Phân loại

- Sóng cơ chia làm 2 loại: sóng ngang và sóng dọc.

+ **Sóng ngang:** là sóng trong đó các phần tử của môi trường dao động theo phương vuông góc với phương truyền sóng.

Ví dụ: Sóng trên mặt nước là sóng ngang.

+ **Sóng dọc:** là sóng trong đó các phần tử của môi trường dao động theo phương trùng với phương truyền sóng.

Ví dụ: Sóng âm là sóng dọc, phần tử môi trường là khí.

STYDY TIP

- Trừ trường hợp sóng mặt nước, sóng ngang chỉ truyền trong chất rắn.
- Sóng dọc truyền được cả trong chất khí, chất lỏng và chất rắn.
- Sóng cơ không truyền được trong chân không.

3. Các đặc trưng của một sóng hình sin

3.1. Biên độ của sóng

- **Biên độ A** của sóng là biên độ dao động của một phần tử của môi trường có sóng truyền qua.

- Đơn vị: m, thông thường là cm.

3.2. Chu kì, tần số của sóng

- **Chu kì T** của sóng là chu kì dao động của một phần tử của môi trường có sóng truyền qua. Đơn vị: giây.

- **Tần số f** của sóng là số dao động của một phần tử môi trường có sóng truyền qua trong một khoảng thời gian. Đơn vị: Héc (Hz).

$$f = \frac{1}{T} = \frac{N}{\Delta t}$$

N : số dao động thực hiện được trong khoảng thời gian: Δt .

Chú ý

Khi sóng truyền đi, tần số sóng không thay đổi

3.3. Tốc độ truyền sóng

- **Tốc độ truyền sóng v** là tốc độ lan truyền dao động trong một môi trường.
- Đối với mỗi môi trường, tốc độ truyền sóng v có một giá trị không đổi.

Nhận xét: Tốc độ truyền sóng phụ thuộc vào:

- + Bản chất của môi trường (mật độ, tính đàn hồi của môi trường,...)
- + Nhiệt độ.

Lưu ý

Tốc độ truyền sóng giảm theo thứ tự: rắn, lỏng, khí: $v_r > v_l > v_k$

3.4. Bước sóng

- **Bước sóng λ** là quãng đường mà sóng truyền được trong một chu kì, hay là khoảng cách ngắn nhất giữa hai điểm trên cùng phương truyền sóng mà tại đó dao động cùng pha.

$$\lambda = vT = \frac{v}{f}$$

STUDY TIP

- Khoảng cách giữa hai ngọn (đỉnh) sóng liên tiếp là **một bước sóng**.
- Khoảng cách giữa n ngọn (đỉnh) sóng liên tiếp là $(n-1)$ **bước sóng**.

3.5. Năng lượng sóng

- **Năng lượng sóng** là năng lượng dao động của các phần tử môi trường có sóng truyền qua.

II. PHƯƠNG TRÌNH SÓNG

1. Phương trình sóng

- Xét một sóng hình sin lan truyền trong một môi trường, sóng này phát ra từ một nguồn điện O. Giả sử phương trình dao động tại O có dạng

$$u_O = a \cos(\omega t + \varphi_0)$$

Trong đó:

- * u_O là li độ tại O tại thời điểm t (m)
- * a là biên độ (m)
- * ω là tần số góc của sóng (rad/s)
- * φ_0 là pha ban đầu (rad)

- Xét một điểm M nằm trên phương truyền sóng, cách O một khoảng $d = OM$. Nếu bỏ qua mất mát năng lượng, thì biên độ của M bằng biên độ của nguồn O, dao động tại M sẽ trễ pha hơn dao động tại nguồn O một góc $\frac{2\pi d}{\lambda}$. Phương trình dao động tại M có dạng

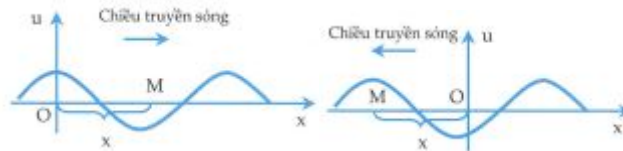
$$u_M = a \cos\left(\omega t + \varphi_0 - \frac{2\pi d}{\lambda}\right)$$

- Nếu sóng truyền theo chiều dương Ox ($x > 0$). Khi đó $d = |x| = x$. Phương trình sóng tại M có dạng

$$u_M = a \cos\left(\omega t + \varphi_0 - \frac{2\pi d}{\lambda}\right) = a \cos\left(\omega t + \varphi_0 - \frac{2\pi x}{\lambda}\right)$$

- Nếu sóng truyền theo chiều âm Ox ($x < 0$). Khi đó $d = |x| = -x$. Phương trình sóng tại M có dạng

$$u_M = a \cos\left(\omega t + \varphi_0 - \frac{2\pi d}{\lambda}\right) = a \cos\left(\omega t + \varphi_0 + \frac{2\pi x}{\lambda}\right)$$



2. Một số tính chất của sóng suy ra từ phương trình sóng

- Xét phương trình sóng tại một điểm M bất kì, cách nguồn cố định O có phương trình $u_0 = a \cos(\omega t + \varphi_0)$ một khoảng là d , tại thời điểm t . Phương trình sóng tại M có dạng:

$$u_M = a \cos\left(\omega t + \varphi_0 - \frac{2\pi d}{\lambda}\right) = a \cos\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi_0 - \frac{2\pi d}{\lambda}\right)$$

Từ phương trình trên, ta thấy rằng:

+ Nếu giữ nguyên d , thì u_M chỉ phụ thuộc vào biến t , ta nói rằng u_M tuần hoàn theo thời gian với chu kì T . Bởi vì

$$\begin{aligned} u_M(t+T) &= a \cos\left(\frac{2\pi}{T} \cdot (t+T) + \varphi_0 - \frac{2\pi d}{\lambda}\right) = a \cos\left(\frac{2\pi}{T}t + 2\pi + \varphi_0 - \frac{2\pi d}{\lambda}\right) \\ &= a \cos\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi_0 - \frac{2\pi d}{\lambda}\right) = u_M(t) \end{aligned}$$

+ Nếu giữ nguyên t , thì u_M chỉ phụ thuộc vào biến d , ta nói rằng u_M tuần hoàn theo không gian với chu kì λ (tức là cứ sau mỗi khoảng có độ dài bằng một bước sóng, sóng lại có hình dạng lặp lại như cũ). Bởi vì

$$\begin{aligned} u_M(d+\lambda) &= a \cos\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi_0 - \frac{2\pi(d+\lambda)}{\lambda}\right) = a \cos\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi_0 - \frac{2\pi d}{\lambda} - 2\pi\right) \\ &= a \cos\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi_0 - \frac{2\pi d}{\lambda}\right) = u_M(d). \end{aligned}$$

Vậy, sóng có tính chất **tuần hoàn theo không gian và thời gian**.

III. GIAO THOA SÓNG

1. Định nghĩa

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

- **Hiện tượng giao thoa của sóng** là hiện tượng hai sóng kết hợp dao động cùng phương gặp nhau, giao thoa với nhau.

Trên miền giao thoa có các điểm dao động với biên độ cực đại (sóng từ hai nguồn truyền tới điểm đó tăng cường nhau) và có các điểm dao động với biên độ cực tiểu (sóng từ hai nguồn truyền tới điểm đó làm yếu nhau) tạo thành **hình ảnh giao thoa**.

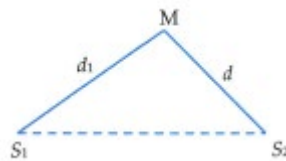
Chú ý

Điều kiện giao thoa sóng: Hai nguồn dao động là hai nguồn kết hợp và dao động cùng phương, tức là hai nguồn có:

- + Cùng tần số
- + Cùng phương dao động
- + Có độ lệch pha không đổi theo thời gian

2. Phương trình dao động của một điểm trên vùng giao thoa.

Trong chương trình Vật lí 12 của Bộ giáo dục, chỉ xét hai nguồn kết hợp cùng pha; ngược pha. Nhưng để có cái nhìn tổng quát, ta xét hai nguồn S_1, S_2 lệch pha nhau bất kì, rồi sau đó mới xét các trường hợp cùng pha, ngược pha, vuông pha,...



Xét hai nguồn kết hợp S_1, S_2 có phương trình dao động lần lượt là

$$u_{S_1} = a \cos(\omega t + \varphi_1)$$

$$u_{S_2} = a \cos(\omega t + \varphi_2)$$

Gọi M là một điểm nằm trong vùng giao thoa giữa hai nguồn, cách nguồn S_1 một khoảng d_1 , cách nguồn S_2 một khoảng d_2 .

Phương trình sóng tại M do S_1 truyền tới là $u_{M_1} = a \cos\left(\omega t + \varphi_1 - \frac{2\pi d_1}{\lambda}\right)$ (1)

Phương trình sóng tại M do S_2 truyền tới là $u_{M_2} = a \cos\left(\omega t + \varphi_2 - \frac{2\pi d_2}{\lambda}\right)$ (2)

Phương trình sóng tổng hợp tại M là $u_M = u_{M_1} + u_{M_2} = a \cos\left(\omega t + \varphi_1 - \frac{2\pi d_1}{\lambda}\right) + a \cos\left(\omega t + \varphi_2 - \frac{2\pi d_2}{\lambda}\right)$ (3)

Ta có thể thấy, đây chính là tổng hợp hai dao động điều hòa cùng phương, cùng tần số.

Để biết được phương trình dao động tổng hợp, ta có thể dùng công thức lượng giác để biến đổi tổng thành tích cho (3), hoặc có thể tính trực tiếp công thức biên độ tổng hợp và công thức xác định pha ban đầu trong phần tổng hợp dao động ở phần dao động cơ đã được học. Ở đây ta sử dụng công thức biến đổi tổng

thành tích $\cos a + \cos b = 2 \cos \frac{a+b}{2} \cos \frac{a-b}{2}$. Khi đó ta có:

$$\begin{aligned}
u_M &= a \cos\left(\omega t + \varphi_1 - \frac{2\pi d_1}{\lambda}\right) + a \cos\left(\omega t + \varphi_2 - \frac{2\pi d_2}{\lambda}\right) \\
&= 2a \cos\left(\frac{\omega t + \varphi_1 - \frac{2\pi d_1}{\lambda} - \left(\omega t + \varphi_2 - \frac{2\pi d_2}{\lambda}\right)}{2}\right) \cdot \cos\left(\frac{\omega t + \varphi_1 - \frac{2\pi d_1}{\lambda} + \left(\omega t + \varphi_2 - \frac{2\pi d_2}{\lambda}\right)}{2}\right) \\
&= 2a \cos\left(\frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2} + \frac{\pi(d_2 - d_1)}{\lambda}\right) \cdot \cos\left(\omega t + \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2} - \frac{\pi(d_1 + d_2)}{\lambda}\right)
\end{aligned}$$

Vậy, dao động của phần tử tại M là dao động điều hòa, cùng tần số với hai nguồn và có biên độ dao động

$$\text{là } A_M = 2a \left| \cos\left(\frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2} + \frac{\pi(d_2 - d_1)}{\lambda}\right) \right| \quad (4)$$

Trường hợp hay gặp nhất là hai nguồn cùng pha, tức là $\varphi_1 = \varphi_2 + k2\pi$, khi đó $A_M = 2a \left| \cos\frac{\pi(d_2 - d_1)}{\lambda} \right|$.

Chú ý: Nếu hai nguồn S_1, S_2 có biên độ khác nhau, thì ta không thể áp dụng công thức lượng giác biến tổng thành tích cho (3), mà khi đó ta sẽ dùng công thức tính biên độ tổng hợp của dao động.

$$\text{Cụ thể, giả sử } \begin{cases} u_{S_1} = a \cos(\omega t + \varphi_1) \\ u_{S_2} = b \cos(\omega t + \varphi_2) \end{cases} \text{ thì } \begin{cases} u_{M_1} = a \cos\left(\omega t + \varphi_1 - \frac{2\pi d_1}{\lambda}\right) \\ u_{M_2} = b \cos\left(\omega t + \varphi_2 - \frac{2\pi d_2}{\lambda}\right) \end{cases}$$

Biên độ của dao động tổng hợp tại M được xác định bởi $A_M = \sqrt{a^2 + b^2 + 2ab \cos\left(\varphi_1 - \varphi_2 + \frac{2\pi(d_2 - d_1)}{\lambda}\right)}$

Tiếp theo, ta sẽ xét xem khi nào thì một điểm trên vùng giao thoa dao động với biên độ cực đại? Khi nào dao động với biên độ cực tiểu?

STUDY TIP

Trong phòng thi, ta không nên nhớ công thức như bên rồi áp dụng, vì nó rất dài và khó nhớ. Có thể bạn đọc nhớ được trong thời gian học phần này, nhưng đến lúc cuối ôn thi bạn sẽ quên! Vậy nên chúng ta hãy học theo bản chất vì sao lại có công thức đó? Bản chất của nó chính là việc tổng hợp hai dao động điều hòa cùng phương cùng tần số, và bài toán về tổng hợp dao động ta đã xem xét kỹ ở phần trước rồi!!!

4. Vị trí cực đại và cực tiểu giao thoa

Để hiểu một cách tổng quát, trước hết, ta xét trường hợp hai nguồn lệch pha nhau bất kì, sau đó xét các trường hợp hay gặp là cùng pha, ngược pha.

4.1. Trường hợp hai nguồn lệch pha nhau bất kì

- Vị trí cực đại giao thoa là vị trí mà phần tử tại đó dao động với biên độ cực đại.
- Vị trí tiểu giao thoa là vị trí mà phần tử tại đó dao động với biên độ cực tiểu (bằng 0).
- Để xác định vị trí cực đại và cực tiểu giao thoa, ta có hai cách xác định;

* **Cách thứ nhất:** Sử dụng công thức biên độ sóng tại một điểm bất kì, tìm giá trị lớn nhất và nhỏ nhất của biên độ.

Vị trí cực tiểu giao thoa

$$\text{Ta có } A_M = 2a \left| \cos \left(\frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2} + \frac{\pi(d_2 - d_1)}{\lambda} \right) \right| \geq 0$$

$$\text{Đấu bằng xảy ra khi } \cos \left(\frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2} + \frac{\pi(d_2 - d_1)}{\lambda} \right) = 0 \Leftrightarrow \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2} + \frac{\pi(d_2 - d_1)}{\lambda} = \frac{\pi}{2} + k\pi, k \in \mathbb{Z}$$

$$\Leftrightarrow d_2 - d_1 = \left(k + \frac{1}{2} \right) \lambda + \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2\pi} \lambda, k \in \mathbb{Z}.$$

Như vậy, vị trí cực tiểu giao thoa được xác định thông qua

$$d_2 - d_1 = \left(k + \frac{1}{2} \right) \lambda + \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2\pi} \lambda, k \in \mathbb{Z}.$$

Vị trí cực đại giao thoa

$$\text{Ta có } A_M = 2a \left| \cos \left(\frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2} + \frac{\pi(d_2 - d_1)}{\lambda} \right) \right| \leq 2a$$

$$\text{Đấu bằng xảy ra khi } \left| \cos \left(\frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2} + \frac{\pi(d_2 - d_1)}{\lambda} \right) \right| = 1 \Leftrightarrow \cos^2 \left(\frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2} + \frac{\pi(d_2 - d_1)}{\lambda} \right) = 1$$

$$\Leftrightarrow 1 - \cos^2 \left(\frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2} + \frac{\pi(d_2 - d_1)}{\lambda} \right) = 0 \Leftrightarrow \sin^2 \left(\frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2} + \frac{\pi(d_2 - d_1)}{\lambda} \right) = 0$$

$$\Leftrightarrow \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2} + \frac{\pi(d_2 - d_1)}{\lambda} = k\pi, k \in \mathbb{Z}$$

$$d_2 - d_1 = k\lambda + \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2\pi} \lambda, k \in \mathbb{Z}.$$

Như vậy, vị trí cực đại giao thoa được xác định thông qua $d_2 - d_1 = k\lambda + \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2\pi} \lambda, k \in \mathbb{Z}.$

* **Cách thứ hai:** Xét độ lệch pha của hai sóng từ nguồn truyền tới điểm M. Điểm M bất kì dao động với biên độ cực đại khi sóng tới từ 2 nguồn đến điểm M (u_{M_1} và u_{M_2}) dao động cùng pha; dao động với biên độ cực tiểu khi sóng tới từ 2 nguồn đến điểm M dao động ngược pha.

Độ lệch pha giữa hai sóng tới tại M (u_{M_1} và u_{M_2}) là

$$\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2 + \frac{2\pi(d_2 - d_1)}{\lambda}$$

Vị trí cực tiểu giao thoa

Đề M là một cực tiểu giao thoa, thì sóng tới từ 2 nguồn đến điểm (u_{M_1} và u_{M_2}) dao động ngược pha.

Để u_{M_1} và u_{M_2} dao động ngược pha thì $\Delta\varphi = \pi + k2\pi$, tương đương

$$\varphi_1 - \varphi_2 + \frac{2\pi(d_2 - d_1)}{\lambda} = \pi + k2\pi, k \in \mathbb{Z}$$

Tức là $d_2 - d_1 = \left(k + \frac{1}{2}\right)\lambda + \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2\pi}\lambda, k \in \mathbb{Z}$.

Vị trí cực đại giao thoa

Để M là một cực đại giao thoa, thì sóng tới từ 2 nguồn đến điểm M (u_{M_1} và u_{M_2}) dao động cùng pha.

Để u_{M_1} và u_{M_2} dao động cùng pha thì $\Delta\varphi = k2\pi$, tương đương

$$\varphi_1 - \varphi_2 + \frac{2\pi(d_2 - d_1)}{\lambda} = k2\pi, k \in \mathbb{Z}$$

Tức là $d_2 - d_1 = k\lambda + \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2\pi}\lambda, k \in \mathbb{Z}$.

Chú ý:

- Hai nguồn cố định và hai nguồn cách nhau một khoảng không đổi. Mặt khác, vị trí cực đại giao thoa

thỏa mãn $d_2 - d_1 = k\lambda + \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2\pi}\lambda, k \in \mathbb{Z}$ và vị trí cực tiểu giao thoa thỏa mãn

$$d_2 - d_1 = \left(k + \frac{1}{2}\right)\lambda + \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2\pi}\lambda, k \in \mathbb{Z}.$$

Suy ra, ứng với một giá trị k , ta sẽ có $d_2 - d_1$ không đổi,

- Như vậy, theo định nghĩa đường Hypebol, tập hợp các điểm M thỏa mãn $d_2 - d_1 = k\lambda + \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2\pi}\lambda$ hoặc

$$d_2 - d_1 = \left(k + \frac{1}{2}\right)\lambda + \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2\pi}\lambda$$
 đều là đường Hypebol.

Các đường Hypebol này nhận S_1, S_2 làm tiêu điểm.

Hypebol cực đại

Hypebol ứng với $d_2 - d_1 = k\lambda + \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2\pi}\lambda$ gọi là Hypebol cực đại. Các đường nét liền là các đường

Hypebol cực đại.

* $k = 0$ là cực đại bậc 0 (cực đại trung tâm)

* $k = \pm 1$ là cực đại bậc 1.

* $k = \pm 2$ là cực đại bậc 2.

*

* $k = \pm n$ là cực đại bậc n .

Hypebol cực tiểu

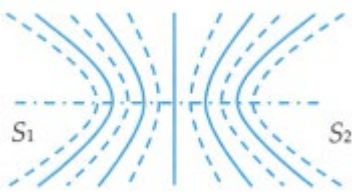
Hypebol ứng với $d_2 - d_1 = \left(k + \frac{1}{2}\right)\lambda + \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2\pi}\lambda$ gọi là Hypebol cực tiểu. Các đường nét đứt là các đường

Hypebol cực tiểu.

- * $k = 0; -1$ là cực tiểu thứ nhất.
- * $k = \pm 1; -2$ là cực tiểu thứ hai.
- * $k = \pm 2; -3$ là cực tiểu thứ ba.
- *
- * $k = \pm n; -n$ là cực tiểu thứ n .

Ví dụ

Trong trường hợp hai nguồn cùng pha, các đường Hypebol được mô tả bằng hình vẽ dưới đây:



4.2. Trường hợp hai nguồn cùng pha

Trường hợp hai nguồn cùng pha chính là trường hợp tổng quát bên trên khi thay $\varphi_2 - \varphi_1 = m2\pi$, với m nguyên.

Vị trí cực tiểu giao thoa

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

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

Tức là tại những điểm có hiệu $d_2 - d_1$ bằng số bán nguyên lần bước sóng.

Vị trí cực đại giao thoa

$$d_2 - d_1 = k\lambda + m\lambda = (k + m)\lambda$$

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

Tức là tại những điểm có hiệu $d_2 - d_1$ bằng số nguyên lần bước sóng.

4.3. Trường hợp hai nguồn ngược pha

Trường hợp hai nguồn cùng pha chính là trường hợp tổng quát bên trên khi thay $\varphi_2 - \varphi_1 = \pi + m2\pi$, với m nguyên.

Vị trí cực tiểu giao thoa

$$d_2 - d_1 = \left(k + \frac{1}{2}\right)\lambda + \frac{\pi + m2\pi}{2\pi}\lambda = (k + m + 1)\lambda$$

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

Tức là tại những điểm có hiệu $d_2 - d_1$ bằng số nguyên lần bước sóng.

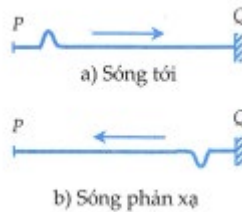
Vị trí cực đại giao thoa

$$d_2 - d_1 = k\lambda + \frac{\pi + m2\pi}{2\pi} \lambda = \left(k + m + \frac{1}{2}\right) \lambda$$

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

Tức là tại những điểm có hiệu $d_2 - d_1$ bằng số bán nguyên lần bước sóng.

IV. SÓNG DỪNG



1. Khái niệm sóng phản xạ

Sóng do nguồn phát ra lan truyền trong môi trường khi gặp vật cản thì bị phản xạ và truyền ngược trở lại theo phương cũ. Sóng truyền ngược lại sau khi gặp vật cản gọi là sóng phản xạ.

2. Đặc điểm của sóng phản xạ

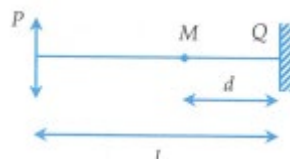
- Sóng phản xạ có cùng biên độ, tần số với sóng tới.
- Sóng phản xạ có dấu ngược với sóng tới (ngược pha với sóng tới) ở điểm phản xạ nếu đầu phản xạ cố định.
- Sóng phản xạ cùng dấu với sóng tới (cùng pha với sóng tới) ở điểm phản xạ nếu đầu phản xạ tự do.

3. Khái niệm về 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 tăng cường lẫn nhau gọi là bụng sóng (những điểm có biên độ dao động cực đại), những điểm triệt tiêu lẫn nhau gọi là nút sóng (những điểm có biên độ dao động cực tiểu – không dao động).

4. Phương trình sóng dừng

4.1. Trường hợp 1 đầu dao động nhỏ, 1 đầu cố định



Xét sóng dừng trên một sợi dây. Đầu P của dây được kích thích dao động nhỏ (được coi là nút), đầu còn lại Q được gắn cố định. Cho đầu P của dây dao động liên tục thì sóng tới và sóng phản xạ liên tục gặp nhau, và giao thoa với nhau vì chúng là các sóng kết hợp.

Gọi d là khoảng cách giữa một điểm M bất kì trên dây và điểm cố định Q. Bây giờ, ta sẽ xét khi đầu P dao động thì phương trình dao động của điểm được xác định bởi biểu thức nào?

Để biết được phương trình dao động của M, ta cần biết được các phương trình sóng truyền tới M, sau đó tổng hợp lại là được phương trình sóng tại điểm M. Bình thường, với lối suy nghĩ tự nhiên ta sẽ giả sử phương trình sóng tại đầu dao động P là $u = a \cos(\omega t)$.

Sóng này truyền tới điểm M trên dây, và truyền tới đầu cố định Q. Tại đầu cố định Q, sóng bị phản xạ ngược trở lại và sóng phản xạ truyền đến M. Tại M là sự giao thoa của sóng tới và sóng phản xạ, nên ta sẽ viết được phương trình sóng tại M.

Giả sử khoảng cách giữa PQ là l . Phương trình sóng tại M do nguồn P truyền đến là

$$u_{PM} = a \cos\left(\omega t - \frac{2\pi PM}{\lambda}\right) = a \cos\left(\omega t - \frac{2\pi(l-d)}{\lambda}\right)$$

Phương trình sóng tại Q do nguồn P truyền đến là $u_{PQ} = a \cos\left(\omega t - \frac{2\pi l}{\lambda}\right)$.

Phương trình sóng phản xạ tại Q là $u'_Q = -a \cos\left(\omega t - \frac{2\pi l}{\lambda}\right) = a \cos\left(\omega t - \frac{2\pi l}{\lambda} + \pi\right)$

Phương trình sóng phản xạ truyền tới M là

$$u'_{QM} = a \cos\left(\omega t - \frac{2\pi l}{\lambda} + \pi - \frac{2\pi QM}{\lambda}\right) = a \cos\left(\omega t - \frac{2\pi l}{\lambda} + \pi - \frac{2\pi d}{\lambda}\right)$$

Phương trình sóng tại M là

$$\begin{aligned} u_M &= u_{PM} + u'_{QM} = a \cos\left(\omega t - \frac{2\pi(l-d)}{\lambda}\right) + a \cos\left(\omega t - \frac{2\pi l}{\lambda} + \pi - \frac{2\pi d}{\lambda}\right) \\ &= a \left[\cos\left(\omega t - \frac{2\pi(l-d)}{\lambda}\right) + \cos\left(\omega t - \frac{2\pi l}{\lambda} + \pi - \frac{2\pi d}{\lambda}\right) \right] \\ &= 2a \cos\left(\frac{\omega t}{2} - \frac{\pi(l-d)}{\lambda} - \frac{\omega t}{2} + \frac{\pi l}{\lambda} - \frac{\pi}{2} + \frac{\pi d}{\lambda}\right) \cdot \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2} - \frac{\pi(l-d)}{\lambda} - \frac{\pi l}{\lambda} - \frac{\pi d}{\lambda}\right) \\ &= 2a \cos\left(\frac{2\pi d}{\lambda} - \frac{\pi}{2}\right) \cdot \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2} - \frac{2\pi l}{\lambda}\right) = 2a \sin\frac{2\pi d}{\lambda} \cdot \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2} - \frac{2\pi l}{\lambda}\right) \end{aligned}$$

Từ phương trình sóng tại M ta suy ra một số kết quả quan trọng sau đây:

* **Biên độ của điểm M trên dây cách đầu cố định Q một khoảng d**

$$A_M = 2a \left| \sin\frac{2\pi d}{\lambda} \right|$$

* **Điều kiện để có sóng dừng trên dây**

Vì đầu P dao động nhỏ, được coi là nút, nên tại đầu P có $A = 0$. Cho M trùng với P thì ta có $d = l$ và khi đó do biên độ bằng 0 nên

$$0 = 2a \left| \sin \frac{2\pi d}{\lambda} \right| = 2a \left| \sin \frac{2\pi l}{\lambda} \right| \Rightarrow \sin \frac{2\pi l}{\lambda} = 0 \Leftrightarrow \frac{2\pi l}{\lambda} = k\pi \Rightarrow l = k \frac{\lambda}{2}$$

Trong đó $k = 1, 2, 3, \dots$. Vật điều kiện để có sóng dừng trên dây với hai đầu cố định là chiều dài dây phải bằng số nguyên lần nửa bước sóng.

* Vị trí điểm bụng

Ta có $A_M = 2a \left| \sin \frac{2\pi d}{\lambda} \right| \leq 2a$ nên điểm M dao động với biên độ cực đại khi đẳng thức xảy ra, tức là

$$\left| \sin \frac{2\pi d}{\lambda} \right| = 1 \Rightarrow \cos \frac{2\pi d}{\lambda} = 0 \Rightarrow \frac{2\pi d}{\lambda} = \frac{\pi}{2} + k\pi \Rightarrow d_{bụng} = \frac{\lambda}{4} + k \frac{\lambda}{2} = \left(k + \frac{1}{2} \right) \frac{\lambda}{2}$$

Trong đó $k = 1, 2, 3, \dots$. Lúc này, các điểm bụng cách đầu cố định một khoảng bằng số bán nguyên lần nửa bước sóng.

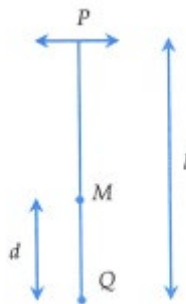
* Vị trí điểm nút

Ta có $A_M = 2a \left| \sin \frac{2\pi d}{\lambda} \right| \geq 0$ nên điểm M dao động với biên độ cực tiểu khi đẳng thức xảy ra, tức là

$$\left| \sin \frac{2\pi d}{\lambda} \right| = 0 \Rightarrow \sin \frac{2\pi d}{\lambda} = 0 \Rightarrow \frac{2\pi d}{\lambda} = k\pi \Rightarrow d_{nút} = k \frac{\lambda}{2}.$$

Trong đó $k = 1, 2, 3, \dots$ lúc này, các điểm nút cách đầu cố định một khoảng bằng số nguyên lần nửa bước sóng.

4.2. Trường hợp 1 đầu dao động nhỏ, 1 đầu tự do



Thực nghiệm chứng tỏ đầu tự do là bụng sóng. Sóng phản xạ tại đầu tự do cùng pha với sóng tới.

Giả sử khoảng cách giữa PQ là l . Phương trình sóng tại M do nguồn P truyền đến là

$$u_{PM} = a \cos \left(\omega t - \frac{2\pi PM}{\lambda} \right) = a \cos \left(\omega t - \frac{2\pi(l-d)}{\lambda} \right)$$

Phương trình sóng tại Q do nguồn P truyền đến là $u_{PQ} = a \cos \left(\omega t - \frac{2\pi l}{\lambda} \right)$

Phương trình sóng phản xạ tại Q là $u'_Q = u_{PQ} = a \cos \left(\omega t - \frac{2\pi l}{\lambda} \right)$

Phương trình sóng phản xạ truyền tới M là $u'_{QM} = a \cos\left(\omega t - \frac{2\pi l}{\lambda} - \frac{2\pi QM}{\lambda}\right) = a \cos\left(\omega t - \frac{2\pi l}{\lambda} - \frac{2\pi d}{\lambda}\right)$

Phương trình sóng tại M là $u_M = u_{PM} + u'_{QM}$

$$\begin{aligned} &= a \cos\left(\omega t - \frac{2\pi(l-d)}{\lambda}\right) + a \cos\left(\omega t - \frac{2\pi l}{\lambda} + \pi - \frac{2\pi d}{\lambda}\right) \\ &= a \left[\cos\left(\omega t - \frac{2\pi(l-d)}{\lambda}\right) + \cos\left(\omega t - \frac{2\pi l}{\lambda} + \pi - \frac{2\pi d}{\lambda}\right) \right] \\ &= 2 \cos\left(\frac{\omega t}{2} - \frac{\pi(l-d)}{\lambda} - \frac{\omega t}{2} - \frac{\pi l}{\lambda} + \frac{\pi d}{\lambda}\right) \cdot \cos\left(\omega t - \frac{\pi(l-d)}{\lambda} - \frac{\pi l}{\lambda} - \frac{\pi d}{\lambda}\right) \\ &= 2a \cos\left(\frac{2\pi d}{\lambda}\right) \cdot \cos\left(\omega t - \frac{2\pi l}{\lambda}\right). \end{aligned}$$

Từ phương trình sóng tại M ta suy ra một số kết quả quan trọng sau đây:

* Biên độ của điểm M trên dây cách đầu tự do Q một khoảng d $A_M = 2a \left| \cos \frac{2\pi d}{\lambda} \right|$

* **Điều kiện để có sóng dừng trên dây**

Vì đầu P dao động nhỏ, được coi là nút, nên tại đầu P có $A = 0$. Cho M trùng với P thì ta có $d = l$ và khi đó do biên độ bằng 0 nên

$$0 = 2a \left| \cos \frac{2\pi d}{\lambda} \right| = 2a \left| \cos \frac{2\pi l}{\lambda} \right| \Rightarrow \cos \frac{2\pi l}{\lambda} = 0 \Leftrightarrow \frac{2\pi l}{\lambda} = \frac{\pi}{2} + k\pi \Rightarrow l = \frac{\pi}{4} + k \frac{\lambda}{2}$$

Trong đó $k = 0, 1, 2, 3, \dots$. Ta có thể viết lại dưới dạng $l = \frac{\lambda}{4} + k \frac{\lambda}{2} = (2k+1) \frac{\lambda}{4} = m \frac{\lambda}{4}$ với m là số lẻ.

Vậy điều kiện là chiều dài dây phải bằng số lẻ lần một phần tư bước sóng.

* **Vị trí điểm bụng**

Ta có $A_M = 2a \left| \cos \frac{2\pi d}{\lambda} \right| \leq 2a$ nên điểm M dao động với biên độ cực đại khi đẳng thức xảy ra, tức là

$$\left| \cos \frac{2\pi d}{\lambda} \right| = 1 \Rightarrow \sin \frac{2\pi d}{\lambda} = 0 \Rightarrow \frac{2\pi d}{\lambda} = k\pi \Rightarrow d_{\text{bụng}} = k \frac{\lambda}{2}$$

Trong đó $k = 1, 2, 3, \dots$. Lúc này, các điểm bụng cách đầu tự do một khoảng bằng số nguyên lần nửa bước sóng.

* **Vị trí điểm nút**

Ta có $A_M = 2a \left| \cos \frac{2\pi d}{\lambda} \right| \geq 0$ nên điểm M dao động với biên độ cực tiểu khi đẳng thức xảy ra, tức là

$$\left| \cos \frac{2\pi d}{\lambda} \right| = 0 \Rightarrow \frac{2\pi d}{\lambda} = \frac{\pi}{2} + k\pi \Rightarrow d_{\text{nút}} = \left(k + \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda}{2}$$

Trong đó $k = 0, 1, 2, 3, \dots$ lúc này, các điểm nút cách đầu cố định một khoảng bằng số bán nguyên lần nửa bước sóng.

4.3. Nhận xét quan trọng

Dưới đây là các nhận xét rất quan trọng để trả lời các câu hỏi lí thuyết cũng như làm các bài tập liên quan đến sóng dừng, bạn đọc nên lưu ý kĩ!

Khi có sóng dừng trên dây, ta có các nhận xét sau đây:

* Nhận xét về khoảng cách giữa bụng và nút

- Khoảng cách giữa hai bụng hoặc hai nút liền kề là $\frac{\lambda}{2}$. Điều này có thể giải thích đơn giản bằng cách

thay k của các biểu thức d bởi m và $m+1$ rồi lấy $d(m+1) - d(m)$ thì ta luôn có kết quả $\frac{\lambda}{2}$.

- Khoảng cách giữa nút và bụng liền kề là $\frac{\lambda}{4}$.

- Khoảng cách giữa nút và bụng bất kì trên dây là $k \frac{\lambda}{4}$.

- Khoảng cách giữa hai bụng bất kì hoặc giữa hai nút bất kì trên dây là $k \frac{\lambda}{2}$.

* Nhận xét về biên độ của các điểm trên dây

- Trường hợp 2 đầu cố định

Biên độ của điểm M trên dây cách đầu cố định Q một khoảng d được xác định bởi $A_M = 2a \left| \sin \frac{2\pi d}{\lambda} \right|$

Vì khoảng cách giữa các nút bất kì trên dây là $k \frac{\lambda}{2}$ nên ta có $d = k \frac{\lambda}{2} + x$ trong đó x là khoảng cách từ nút đến điểm M. Khi đó ta có

$$A_M = 2a \left| \sin \frac{2\pi d}{\lambda} \right| = 2a \left| \sin \frac{2\pi \left(k \frac{\lambda}{2} + x \right)}{\lambda} \right| = 2a \left| \sin \left(\frac{2\pi x}{\lambda} + k\pi \right) \right| = 2a \left| (-1)^k \sin \left(\frac{2\pi x}{\lambda} \right) \right|$$

$$\Rightarrow A_M = 2a \left| \sin \left(\frac{2\pi x}{\lambda} \right) \right|$$

Từ đó suy ra, biên độ của điểm M trên dây trong trường hợp hai đầu cố định có thể tính được khi biết khoảng cách x giữa một nút bất kì và điểm M.

- Trường hợp 1 đầu cố định 1 đầu tự do

Biên độ của điểm M trên dây cách đầu tự do Q một khoảng d được xác định bởi $A_M = 2a \left| \cos \left(\frac{2\pi d}{\lambda} \right) \right|$

Vì khoảng cách giữa các bụng bất kì trên dây là $k\frac{\lambda}{2}$ nên ta có $d = k\frac{\lambda}{2} + x$ trong đó x là khoảng cách từ bụng đến điểm M. Khi đó ta có

$$A_M = 2a \left| \cos \frac{2\pi d}{\lambda} \right| = 2a \left| \cos \frac{2\pi \left(k\frac{\lambda}{2} + x \right)}{\lambda} \right| = 2a \left| \cos \left(\frac{2\pi x}{\lambda} + k\pi \right) \right| = 2a \left| (-1)^k \cos \left(\frac{2\pi x}{\lambda} \right) \right|$$

$$\Rightarrow A_M = 2a \left| \cos \left(\frac{2\pi x}{\lambda} \right) \right|$$

Từ đó suy ra, biên độ của điểm M trên dây trong trường hợp 1 đầu cố định, 1 đầu tự do có thể tính được khi biết khoảng cách x giữa một bụng bất kì và điểm M.

Chú ý

Ngoài ra, từ biểu thức biên độ ta còn có các nhận xét sau đây:

- Biên độ của bụng là $2a$
- Bề rộng của bụng là $4a$

* Nhận xét về pha của các điểm trên dây

- Các điểm nằm trong cùng một bó sóng thì luôn dao động cùng pha.

Chứng minh:

Xét trường hợp hai đầu cố định.

Xét tất cả các điểm thuộc một bó sóng cách đầu cố định một khoảng d với

$$n\frac{\lambda}{2} < d < (n+1)\frac{\lambda}{2}$$

$$u = 2a \sin \frac{2\pi d}{\lambda} \cdot \cos \left(\omega t + \frac{\pi}{2} - \frac{2\pi l}{\lambda} \right)$$

Ở đây $n = 0, 1, 2, \dots$ ($n = 0$ ứng với bó sóng thứ nhất tính từ đầu cố định, $n = 1$ là bó sóng thứ hai, ...). Với mỗi điểm cách đầu cố định một khoảng d , $n\frac{\lambda}{2} < d < (n+1)\frac{\lambda}{2}$ thì có phương trình dao động là:

$$u = 2a \sin \frac{2\pi d}{\lambda} \cdot \cos \left(\omega t + \frac{\pi}{2} - \frac{2\pi l}{\lambda} \right)$$

Nếu n chẵn thì với mọi $n\frac{\lambda}{2} < d < (n+1)\frac{\lambda}{2}$, ta có $n\pi < d < (n+1)\pi$

Vì n chẵn nên dựa vào đường tròn lượng giác trong Toán học, ta có góc $\frac{2\pi d}{\lambda}$ thuộc góc phần tư thứ nhất

và thứ hai, khi đó $\sin \frac{2\pi d}{\lambda} > 0$. Tức là với mọi điểm thuộc bó sóng đều có $\sin \frac{2\pi d}{\lambda} > 0$, có nghĩa là pha

của các điểm đó đều là $\left(\omega t + \frac{\pi}{2} - \frac{2\pi l}{\lambda} \right)$, suy ra chúng luôn cùng pha.

Nếu n lẻ thì ta có góc $\frac{2\pi d}{\lambda}$ thuộc góc phần tư thứ ba và thứ tư, khi đó khi đó $\sin \frac{2\pi d}{\lambda} < 0$. Tức là với mọi điểm thuộc bó sóng đều có $\sin \frac{2\pi d}{\lambda} < 0$, có nghĩa là pha của các điểm đó đều là $\left(\omega t + \frac{\pi}{2} - \frac{2\pi l}{\lambda} + \pi \right)$, suy ra chúng luôn cùng pha.

Trong trường hợp 1 đầu là nút, 1 đầu là bụng, ta lập luận và chứng minh tương tự như trên, xin dành cho các bạn đọc.

Như vậy, ta đã có điều phải chứng minh.

Nhận xét

Với cách chứng minh như bên, ta hoàn toàn có thể chứng minh được các nhận xét tiếp theo đây.

- Các điểm nằm trong 2 bó liền kề luôn dao động ngược pha.
- Các điểm đối xứng nhau qua bụng thì luôn cùng pha. Tức là nếu sóng dừng trên dây có n bó sóng, ta đánh số $1, 2, 3, \dots, n$ cho các bó sóng thì các bó có số chẵn sẽ cùng pha với nhau, các bó có số lẻ sẽ cùng pha với nhau.
- Các điểm đối xứng nhau qua một nút thì luôn dao động ngược pha. Ví dụ, các điểm thuộc 2 bó sóng liền kề sẽ dao động ngược pha với nhau.

* Nhận xét về vấn đề dây duỗi thẳng

Dây duỗi thẳng khi tất cả các điểm trên dây có li độ dao động $u = 0$

Khoảng thời gian giữa hai lần liên tiếp sợi dây duỗi thẳng là khoảng thời gian vật đi từ $u = 0$ đến biên rồi trở về $u = 0$, hết thời gian $T/2$.

Khoảng thời gian giữa n lần liên tiếp sợi dây duỗi thẳng là $(n - 1) \frac{T}{2}$

* Nhận xét về tốc độ truyền âm và vận tốc dao động

Cần phân biệt giữa khái niệm tốc độ truyền sóng và vận tốc dao động của một phần tử trên dây.

Tốc độ truyền sóng được xác định bởi $v = \frac{\lambda}{T}$ còn vận tốc dao động của một phần tử trên dây là đạo hàm của li độ dao động của phần tử đó.

V. SÓNG ÂM

1. Khái niệm

- Sóng âm là những sóng cơ học lan truyền trong môi trường rắn, lỏng, khí,...
- Một vật dao động phát ra âm gọi là nguồn âm. Tần số của âm phát ra bằng tần số dao động của nguồn âm.
- Âm nghe được là những âm có tác dụng làm cho màng nhĩ trong tai ta dao động, gây ra cảm giác âm. Người ta còn dùng thuật ngữ âm thanh để chỉ âm mà ta nghe được.
- Sóng âm không truyền được trong chân không.

Chú ý

- Trong chất khí và chất lỏng, sóng âm là sóng dọc vì trong các chất này lực đàn hồi chỉ xuất hiện khi có biến dạng nén, dãn.
- Trong chất rắn, sóng âm gồm cả sóng ngang và sóng dọc, vì lực đàn hồi xuất hiện cả khi có biến dạng lệch và biến dạng nén, dãn.

2. Những đặc trưng vật lí của âm

2.1. Tần số âm

Tần số âm là tần số dao động của âm mà tai người bình thường có giới hạn trong khoảng từ 16 Hz đến 20.000 Hz.

2.2. Tốc độ truyền âm

- Tốc độ truyền âm phụ thuộc vào tính đàn hồi, mật độ phần tử và nhiệt độ của môi trường.
- Tốc độ truyền âm giảm dần trong các môi trường rắn, lỏng, khí.

STUDY TIP

- Voi, chim, bò câu, ... có thể “nghe” được hạ âm.
- Dơi, chó, cá heo, ... có thể “nghe” được siêu âm.

2.3. Năng lượng âm

Sóng âm mang theo năng lượng tỉ lệ với bình phương biên độ.

2.4. Cường độ âm

Cường độ âm I tại một điểm 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 một đơn vị thời gian: $I = \frac{P}{S}$.

Đơn vị cường độ âm là W/m^2 hoặc $J/(s.m^2)$

2.5. Mức cường độ âm

Là đại lượng Vật lí xác định bởi $L = \lg \frac{I}{I_0}$

Đơn vị: Ben (B). $1B = 10dB$ (đề xi ben). $L = 10 \lg \frac{I}{I_0}$

I_0 là cường độ âm chuẩn, $I_0 = 10^{-12} W/m^2$.

3. Những đặc trưng sinh lí của âm

3.1. Độ cao

Độ cao của âm là đặc trưng sinh lí phụ thuộc vào tần số của âm, âm có tần số càng lớn nghe càng cao, âm có tần số càng nhỏ nghe càng trầm.

3.2. Độ to

- Độ to của âm là một khái niệm nói về đặc trưng sinh lí của âm gắn liền với đặc trưng vật lí mức cường độ âm.
- Độ to của âm phụ thuộc vào cường độ âm, mức cường độ âm và tần số của âm.

3.3. Âm sắc

- Các nhạc cụ khác nhau phát ra âm có cùng một độ cao nhưng tai ta có thể phân biệt được âm của từng nhạc cụ, đó là vì chúng có âm sắc khác nhau.
- Âm có cùng một độ cao do các nhạc cụ khác nhau phát ra có cùng một chu kì nhưng đồ thị dao động của chúng có dạng khác nhau.
- Vậy, âm sắc là một đặc trưng sinh lí của âm, giúp ta phân biệt âm do các nguồn khác nhau phát ra. Âm sắc có liên quan mật thiết với đồ thị dao động âm.

Chú ý
Không thể lấy mức cường độ âm làm số đo độ to của âm được

B. CÁC DẠNG BÀI TẬP VÀ PHƯƠNG PHÁP GIẢI

Kiến thức về sóng cơ đã được trình bày rất chi tiết và cụ thể ở trong phần lí thuyết. Dưới đây là các ví dụ cụ thể minh họa, được phân theo dạng. Mỗi dạng sẽ có phương pháp làm cụ thể.

DẠNG I. BÀI TẬP ĐẠI CƯƠNG SÓNG CƠ

Ví dụ 1: Một sóng ngang có biểu thức truyền sóng trên phương x là $u = 3 \cos(100\pi t - x)$ (cm), trong đó x tính bằng mét, t tính bằng giây. Tỉ số giữa tốc độ truyền sóng và tốc độ cực đại của phần tử vật chất môi trường là:

A. 3

B. $(3\pi)^{-1}$

C. 3^{-1}

D. 2π

Lời giải

Biểu thức tổng quát của sóng truyền trên trục Ox là $u = a \cos\left(\omega t - \frac{2\pi x}{\lambda}\right)$

Đối chiếu với biểu thức sóng ở đề bài $u = 3 \cos(100\pi t - x)$ ta có

$$\begin{cases} \frac{2\pi x}{\lambda} = x \\ \omega = 100\pi \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \lambda = 2\pi \\ f = 50 \end{cases}$$

Vận tốc truyền sóng $v = \lambda f = 100\pi$ (cm/s)

Tốc độ cực đại của phần tử vật chất của môi trường là $u'_{\max} = 300\pi$ (cm/s)

Suy ra tỉ số giữa tốc độ truyền sóng và tốc độ cực đại của phần tử vật chất môi trường là

$$\frac{v}{u'_{\max}} = \frac{100\pi}{300\pi} = \frac{1}{3} = 3^{-1}$$

Đáp án C

Ví dụ 2: Sóng dọc trên một sợi dây dài lí tưởng với tần số 50Hz, vận tốc sóng là 200cm/s, biên độ sóng là 4cm. Tìm khoảng cách lớn nhất giữa 2 điểm A, B. Biết A, B nằm trên sợi dây, khi chưa có sóng lần lượt cách nguồn một khoảng là 20cm và 42 cm.

A. 32 cm.

B. 14 cm.

C. 30 cm.

D. 22 cm.

Lời giải



Bước sóng $\lambda = \frac{v}{f} = 4$ cm

Độ lệch pha giữa hai phần tử A và B là: $\Delta\varphi_{A,B} = 2\pi \frac{AB}{\lambda} = 11\pi$

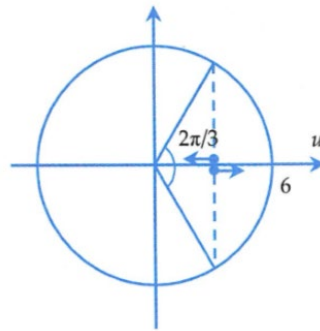
Vậy $u_A; u_B$ dao động ngược pha. Do đó, khoảng cách AB lớn nhất khi A ở biên âm và B ở biên dương
 $d_{\max} = 22 + 2a = 30\text{cm}$

Đáp án C

Ví dụ 3: Một sóng cơ truyền dọc theo một sợi dây đàn hồi rất dài với biên độ 6mm. Tại một thời điểm, hai phần tử trên dây cùng lệch khỏi vị trí cân bằng 3mm, chuyển động ngược chiều và cách nhau một khoảng ngắn nhất là 8 cm (tính theo phương truyền sóng). Gọi δ là tỉ số của tốc độ dao động cực đại của một phần tử trên dây với tốc độ truyền sóng, δ gần giá trị nào nhất sau đây?

- A. 0,105. B. 0,179. C. 0,079. D. 0,314.

Lời giải



- Hai phần tử trên dây cùng lệch khỏi vị trí cân bằng $3\text{mm} = \frac{1}{2}A$, chuyển động ngược chiều nhau, nên

dựa vào đường tròn ta suy ra hai phần tử này dao động lệch pha nhau góc $\frac{2\pi}{3}$

- Gọi khoảng cách giữa hai phần tử trên dây là d , thì độ lệch pha của hai phần tử này xác định bởi

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi d}{\lambda} = \frac{2\pi}{3} + k2\pi$$

- Vì hai phần tử này cách nhau một khoảng ngắn nhất là 8 cm nên $k = 0$, suy ra $\lambda = \frac{2\pi d_{\min}}{2\pi} = 24\text{cm}$

- Tỉ số của tốc độ dao động cực đại của một phần tử trên dây với tốc độ truyền sóng là:

$$\delta = \frac{\omega A}{v} = \frac{2\pi A}{Tv} = \frac{2\pi A}{\lambda} = 0,157$$

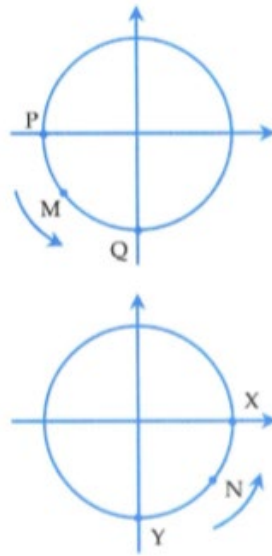
Đáp án B

1. Bài toán sự truyền sóng

Phương pháp chung

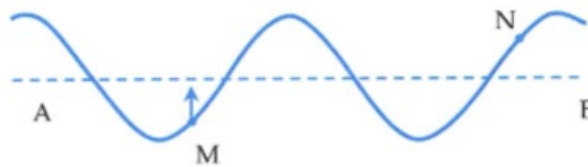
- Muốn biết được điểm N đang đi lên hay đi xuống, ta phải biết được chiều truyền sóng. Sau đó dựa vào điểm bụng và điểm cân bằng gần N nhất và đường tròn, ta sẽ xác định được điểm N đang đi lên hay đi xuống.

- Để xác định được chiều truyền sóng thì từ dữ kiện điểm M đang đi lên vị trí cân bằng và hình vẽ, ta dùng đường tròn xác định điểm bụng và điểm cân bằng gần M nhất xem điểm nào sớm pha hơn, từ đó suy ra chiều truyền sóng.



Để hiểu phương pháp làm bài toán sự truyền sóng, ta xét ví dụ cụ thể sau đây

Ví dụ 4: Một sóng truyền theo phương AB. Tại một thời điểm nào đó, hình dạng sóng được biểu diễn trên hình vẽ.

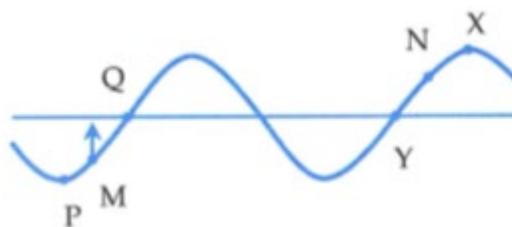


Biết rằng điểm M đang đi lên vị trí cân bằng. Khi đó điểm N đang chuyển động như thế nào?

- A. Đang đi lên.
- B. Đang nằm yên.
- C. Không đủ điều kiện để xác định
- D. Đang đi xuống.

Lời giải

- Tìm chiều truyền sóng:



+ Dựa vào hình vẽ, ta thấy điểm M đang ở vị trí có li độ âm và đang đi về vị trí cân bằng, do đó điểm M thuộc góc phần tư thứ 3 trên đường tròn.

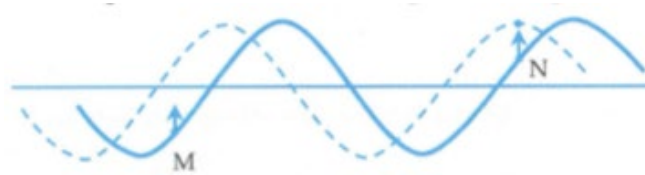
+ Từ đường tròn và dựa vào chiều dương của đường tròn (chiều dương là chiều ngược chiều kim đồng hồ) ta suy ra Q sớm pha hơn P (Q quét trước nên Q sớm pha hơn), tức là sóng truyền từ B đến A.

- Xác định điểm N đang đi lên hay đi xuống?

Vì sóng truyền từ B đến A nên điểm biên gần N nhất là điểm X sẽ sớm pha hơn điểm cân bằng gần N nhất là điểm Y. Do đó, dựa theo chiều dương lượng giác của đường tròn thì điểm N phải thuộc góc phần tư thứ tư. Do vậy, điểm N đang đi lên.

Đáp án A

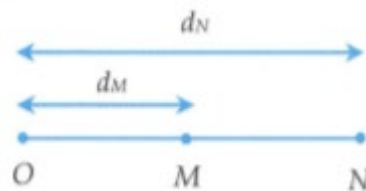
Nhận xét: Để xác định chiều truyền sóng thì ta làm theo phương pháp như trên. Sau khi xác định được chiều truyền sóng, để xác định xem một điểm đang đi lên hay đi xuống, thì ngoài cách đã trình bày bên trên, ta có cách khác nhanh hơn sau: Vì sóng truyền từ B sang A nên hình ảnh sóng dịch sang trái như hình vẽ.



Từ hình vẽ ta thấy ngay điểm N đang đi lên.

2. Bài toán liên quan đến độ lệch pha của hai phần tử môi trường

Ví dụ 5: Cho nguồn phát sóng cơ học dao động điều hòa với phương trình $u = A \cos(\omega t + \varphi)$. Xét hai điểm M và N nằm trên cùng một phương truyền sóng. Gọi điểm M cách nguồn một đoạn d_M , điểm N cách nguồn một đoạn d_N . Xác định độ lệch pha giữa hai điểm M và N.



Lời giải

Phương trình sóng tại điểm M và N cách nguồn những khoảng d_M và d_N là

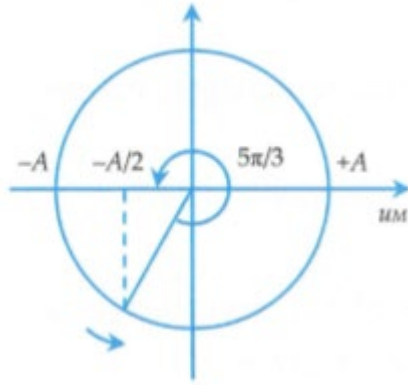
$$u_M = A \cos\left(\omega t + \varphi - \frac{2\pi d_M}{\lambda}\right); u_N = A \cos\left(\omega t + \varphi - \frac{2\pi d_N}{\lambda}\right)$$

Độ lệch pha giữa hai điểm M và N là

$$\Delta\varphi_{MN} = \left(\omega t + \varphi - \frac{2\pi d_M}{\lambda}\right) - \left(\omega t + \varphi - \frac{2\pi d_N}{\lambda}\right) = \frac{2\pi(d_N - d_M)}{\lambda}$$

Độ lớn lệch pha giữa hai điểm M và N là: $\Delta\varphi = \frac{2\pi\Delta d}{\lambda}$

Trong đó Δd là khoảng cách giữa hai điểm M và N.



Ví dụ 6: Một sóng cơ học lan truyền trên mặt thoáng chất lỏng nằm ngang với tần số 10Hz, tốc độ truyền sóng 1,2 m/s. Hai điểm M, N thuộc mặt thoáng, trên cùng một phương truyền sóng, cách nhau 26 cm (M nằm gần nguồn sóng hơn). Tại thời điểm t, điểm N hạ xuống thấp nhất. Khoảng thời gian ngắn nhất sau điểm M hạ xuống thấp nhất là:

- A. $\frac{11}{120}$ (s) B. $\frac{1}{60}$ (s) C. $\frac{1}{120}$ (s) D. $\frac{1}{12}$ (s)

Lời giải

- Xác định độ lệch pha giữa M và N.

Bước sóng $\lambda = \frac{v}{f} = 0,12\text{m} = 12\text{cm}$ Độ lớn lệch pha giữa hai điểm M và N là

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi\Delta d}{\lambda} = \frac{2\pi \cdot 26}{12} = 4\pi + \frac{\pi}{3}$$

Vì M nằm gần nguồn sóng hơn, nên điểm M dao động sớm pha hơn điểm N góc $\frac{\pi}{3}$

- Dùng đường tròn suy ra kết quả bài toán.

+ Tại thời điểm t, điểm N hạ xuống thấp nhất tức là đang ở biên âm. Vì M sớm pha hơn N góc $\frac{\pi}{3}$ nên dựa

vào đường tròn ta suy ra tại thời điểm t điểm M đi qua vị trí $u = -\frac{A}{2}$ theo chiều dương.

+ Dựa vào đường tròn, sau thời điểm t để M hạ xuống thấp nhất (ở biên âm) thì góc quét được trên đường tròn ứng với thời gian ngắn nhất M đi từ $u = -\frac{A}{2}$ theo chiều dương đến biên âm là:

$$\alpha = 2\pi - \frac{\pi}{3} = \frac{5\pi}{3} \Rightarrow \Delta t = \frac{5T}{6} = \frac{5}{6f} = \frac{1}{12}\text{s}$$

Đáp án D

Phương pháp chung

- Xác định độ lệch pha giữa điểm M và điểm N. Xác định xem điểm nào sớm pha hơn.
- Từ đường tròn suy ra kết quả bài toán.

Ví dụ 7: Một dao động lan truyền trong môi trường liên tục từ điểm M đến điểm N cách M một đoạn $\frac{7\lambda}{3}$ (cm). Sóng truyền với biên độ A không đổi. Biết phương trình sóng tại M có dạng $u_M = 3 \cos 2\pi t$ (u_M tính bằng cm, t tính bằng giây). Vào thời điểm t_1 tốc độ dao động của phần tử M là 6π (cm/s) thì tốc độ dao động của phần tử N là

- A. 3π (cm/s) B. $0,5\pi$ (cm/s) C. 4π (cm/s) D. 6π (cm/s)

Lời giải

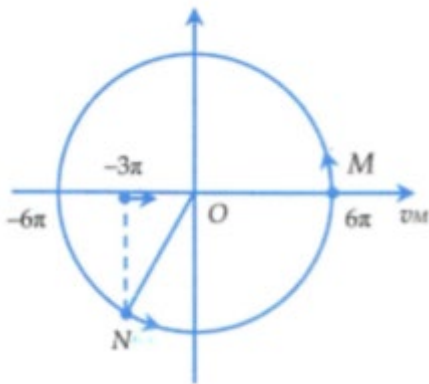
Cách 1: Ta sẽ giải bài toán này theo phương pháp đã trình bày ở ví dụ trước.

- Xác định độ lệch pha giữa M và N.

$$\text{Độ lớn góc lệch pha giữa M và N là } \Delta\varphi = \frac{2\pi\Delta d}{\lambda} = \frac{2\pi \cdot \frac{7\lambda}{3}}{\lambda} = 4\pi + \frac{2\pi}{3}$$

Vì sóng truyền từ M đến N nên M sớm pha hơn N góc $\frac{2\pi}{3}$

- Dùng đường tròn suy ra kết quả bài toán.



Bài toán hỏi liên quan đến vận tốc nên ta sẽ dùng đường tròn của vận tốc. Biên độ vận tốc là $v_0 = 3 \cdot 2\pi = 6\pi$ cm/s

Dựa vào đường tròn, ta có tại thời điểm t_1 thì v_M đang ở biên. Giả sử ở biên dương.

Vì M sớm pha hơn N góc $\frac{2\pi}{3}$ nên từ đường tròn ta có $v_N = -\frac{1}{2}v_0 = -3\pi$ và đang tăng. Do đó tốc độ lúc này là 3π cm/s.

Cách 2: Phương trình sóng tại N:

$$u_N = 3 \cos\left(2\pi t - \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{7\lambda}{3}\right) = 3 \cos\left(2\pi t - \frac{14\pi}{3}\right) = 3 \cos\left(2\pi t - \frac{2\pi}{3}\right)$$

Vận tốc của phần tử M, N là

$$v_M = u'_M = -6\pi \sin 2\pi t$$

$$v_N = u'_N = -6\pi \sin\left(2\pi t - \frac{2\pi}{3}\right) = -6\left(\sin 2\pi t \cdot \cos \frac{2\pi}{3} - \cos 2\pi t \cdot \sin \frac{2\pi}{3}\right) = 3\pi \sin 2\pi t$$

Khi tốc độ của M: $|v_M| = 6\pi$ (cm/s) thì $|\sin(2\pi t)| = 1$

Khi đó tốc độ của $N|v_N| = 3\pi|\sin(2\pi t)| = 3\pi(\text{cm/s})$

Đáp án A

3. Bài toán tìm số điểm dao động lệch pha so với một điểm nào đó

3.1. Phương pháp

Xét một sóng truyền từ điểm O. Bài toán đặt ra là tìm số điểm dao động lệch pha với một điểm nào đó trên đoạn MN bất kì.

- Giả sử 1 điểm P bất kì cách nguồn O một đoạn d, thuộc MN là điểm thỏa mãn yêu cầu bài toán.

- Xác định điều kiện để điểm P lệch pha so với điểm đề bài yêu cầu dựa vào công thức tính độ lệch pha. Từ đó tính được d theo k, với k nguyên.

- Cho P chạy trên MN sẽ tìm được khoảng chạy của d, từ đó tìm được khoảng chạy của k. Số giá trị của k chính là số điểm thỏa mãn yêu cầu bài toán.

Chú ý

Nếu từ O ta hạ đường vuông góc xuống MN mà chân đường vuông góc thuộc trong đoạn MN (gọi chân đường vuông góc đó là H) thì ta sẽ tìm số điểm trên đoạn MH và số điểm trên đoạn HN rồi cộng lại. Trong trường hợp này tuyệt đối không cho P chạy trên MN để suy ra khoảng chạy của d.



3.2. Ví dụ minh họa

Ví dụ 1: Một nguồn O phát sóng cơ dao động theo phương trình: $u = 2\cos\left(20\pi + \frac{\pi}{3}\right)$ (trong đó u tính theo mm, t tính theo s) sóng truyền theo đường thẳng Ox với tốc độ không đổi 1 m/s. M là một điểm trên đường truyền cách O một khoảng 42,5 cm. Trong khoảng từ O đến M có bao nhiêu điểm dao động lệch pha $\frac{\pi}{6}$ với nguồn?

A. 9

B. 4

C. 5

D. 8

Lời giải

Bước sóng $\lambda = \frac{100}{10} = 10\text{cm}$

Xét một điểm P bất kì cách nguồn một khoảng d và thuộc OM.

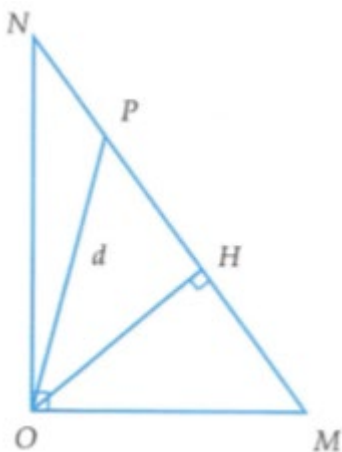
Để điểm P dao động lệch pha $\frac{\pi}{6}$ so với nguồn thì $\frac{2\pi d}{\lambda} = \frac{\pi}{6} + k2\pi \Leftrightarrow d = \frac{\lambda}{12} + k\lambda = \frac{10}{12} + 10k = \frac{5}{6} + 10k$

Cho P chạy trong khoảng O đến M, ta có: $0 < d < 42,5 \Rightarrow 0 < \frac{5}{6} + 10k < 42,5 \Rightarrow -0,0833 < k < 4,167$

Với k nguyên, ta có 5 giá trị thỏa mãn bất phương trình trên.

Đáp án C

Ví dụ 2: Một nguồn phát sóng dao động điều hòa tạo ra sóng tròn đồng tâm O truyền trên mặt nước với bước sóng λ . Hai điểm M và N thuộc mặt nước, nằm trên hai phương truyền sóng mà các phần tử nước dao động. Biết $OM = 8\lambda$; $ON = 12\lambda$ và OM vuông góc ON. Trên đoạn MN, số điểm mà phần tử nước dao động ngược pha với dao động của nguồn O là:



A. 5

B. 6

C. 7

D. 4

Lời giải

Giả sử điểm P thuộc đoạn MN, cách O một khoảng d, có độ lệch pha so với nguồn là $\Delta\varphi = \frac{2\pi d}{\lambda}$

Để tại P ngược pha với nguồn thì $\Delta\varphi = \frac{2\pi d}{\lambda} = (2k+1)\pi \Rightarrow d = \frac{(2k+1)\lambda}{2}$

Gọi H là hình chiếu của O xuống MN. Khi đó ta có $\frac{1}{OH^2} = \frac{1}{OM^2} + \frac{1}{ON^2} \Rightarrow OH = 6,66\lambda$

Trên đoạn MH ta có $OH \leq d \leq OM \Rightarrow 6,66\lambda \leq \frac{(2k+1)\lambda}{2} \leq 8\lambda \Rightarrow 6,16 \leq k \leq 7,5$

Vậy trên MH có 1 điểm thỏa mãn.

Trên đoạn NH ta có $OH \leq d \leq ON \Rightarrow 6,66\lambda \leq \frac{(2k+1)\lambda}{2} \leq 12\lambda \Rightarrow 6,16 \leq k \leq 11,5$

Vậy trên đoạn NH có 5 điểm thỏa mãn.

Tổng cộng có 6 điểm thỏa mãn yêu cầu bài toán.

Đáp án B

STUDY TIP

Bài này học sinh hay làm nhầm bằng việc cho P chạy trong đoạn MN rồi suy ra khoảng chạy của d. Tức là $OM \leq d \leq ON$

Nếu dùng biểu thức trên thì ta chỉ tìm được 4 điểm. Sai lầm, bởi vì OM không phải là giá trị nhỏ nhất của d, mà đoạn hình chiếu vuông góc OH mới là giá trị nhỏ nhất của d.

II. BÀI TẬP GIAO THOA

1. Bài toán đại cương giao thoa sóng

1.1. Phương pháp

Đối với những bài toán đại cương về giao thoa sóng, ta cần nhớ và nắm chắc những lí thuyết đã được trình bày rất chi tiết ở mục lí thuyết. Sau đây ta đi vào những ví dụ cụ thể.

1.2. Ví dụ minh họa

Ví dụ 1: Hai nguồn kết hợp A và B dao động trên mặt nước theo các phương trình

$$u_1 = 2 \cos\left(100\pi t + \frac{\pi}{2}\right) (\text{cm}); u_2 = 2 \cos 100\pi t (\text{cm})$$
 Khi đó trên mặt nước, tạo ra một hệ thống vân giao

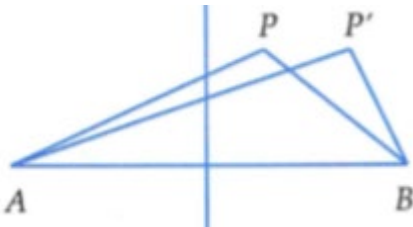
thoa. Quan sát cho thấy, vân bậc k đi qua điểm P có hiệu số $PA - PB = 5 (\text{cm})$ và vân bậc (k + 1) (cùng

loại với vân bậc k) đi qua điểm P' có hiệu số $P'A - P'B = 9 (\text{cm})$ Tìm tốc độ truyền sóng trên mặt nước?

Các vân nói trên là vân cực đại hay cực tiểu?

- A. 150 cm/s, cực tiểu. B. 180 cm/s, cực tiểu, C. 250 cm/s, cực đại. D. 200 cm/s, cực đại.

Lời giải



Đặt $PA = d_1; PB = d_2; P'A = d'_1; P'B = d'_2$

$$\text{Phương trình sóng truyền từ } S_1 \text{ và } S_2 \text{ truyền tới P} \begin{cases} u_{1M} = 2 \cos\left(100\pi t + \frac{\pi}{2} - \frac{2\pi d_1}{\lambda}\right) \\ u_{2M} = 2 \cos\left(100\pi t - \frac{2\pi d_2}{\lambda}\right) \end{cases}$$

$$\text{Độ lệch pha của } u_{1M}; u_{2M} \text{ là: } \Delta\varphi = \frac{2\pi d_1}{\lambda} - \frac{\pi}{2} - \frac{2\pi d_2}{\lambda} = \frac{2\pi(d_1 - d_2)}{\lambda} - \frac{\pi}{2}$$

$$\text{Điểm P dao động với biên độ cực tiểu nếu } \Delta\varphi = \frac{2\pi(d_1 - d_2)}{\lambda} - \frac{\pi}{2} = (2k + 1)\pi (k \in Z)$$

$$d_1 - d_2 = \left(k + \frac{3}{4}\right)\lambda = 5 (\text{cm}) (1)$$

$$d'_1 - d'_2 = \left(k + 1 + \frac{3}{4}\right)\lambda = 9 \text{cm} (2)$$

Từ (1) và (2) ta có $\lambda = 4 \text{cm}$

Khi đó: $k = 0,5 \Rightarrow P$ không thể là điểm cực tiểu.

$$\text{Điểm P dao động với biên độ cực đại khi } \Delta\varphi = \frac{2\pi(d_1 - d_2)}{\lambda} - \frac{\pi}{2} = 2k\pi (k \in Z)$$

$$d_1 - d_2 = \left(k + \frac{1}{4}\right)\lambda = 5(\text{cm})(1)$$

$$d'_1 - d'_2 = \left(k + 1 + \frac{1}{4}\right)\lambda = 9\text{cm}(2)$$

Từ (1) và (2) nên $\lambda = 4\text{cm}$

Khi đó: $k = 1 \Rightarrow P$ là điểm cực đại, suy ra P' cũng là điểm cực đại.

Tốc độ truyền sóng là $v = \lambda f = 200\text{cm/s}$

Đáp án D

Ví dụ 2: Hai nguồn kết hợp A, B cách nhau 45mm ở trên mặt thoáng chất lỏng dao động theo phương trình $u_1 = u_2 = 2 \cos 100\pi t (\text{mm})$. Trên mặt thoáng chất lỏng có hai điểm M và M' ở cùng một phía của đường trung trực của AB thỏa mãn: $MA - MB = 15\text{mm}$ và $M'A - M'B = 35\text{mm}$. Hai điểm đó đều nằm trên các vân giao thoa cùng loại và giữa chúng chỉ có một vân loại đó. Vận tốc truyền sóng trên mặt chất lỏng là:

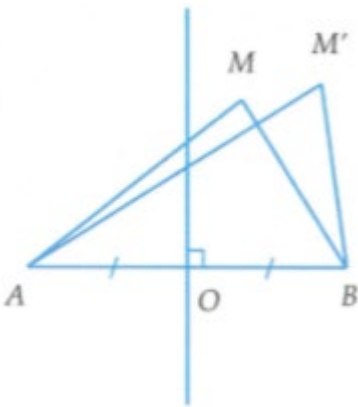
A. 0,5 cm/s.

B. 0,5 m/s.

C. 1,5 m/s.

D. 0,25 m/s.

Lời giải



Giả sử M và M' thuộc vân cực đại. Nếu M là vân cực đại bậc k thì M' sẽ là vân cực đại bậc $k + 2$ vì giữa M và M' có một vân cùng loại, tức là có một vân cực đại.

$$\text{Khi đó } \begin{cases} MA - MB = 15\text{mm} = k\lambda \\ MA' - MB' = 35\text{mm} = (k + 2)\lambda \end{cases} \Rightarrow \frac{(k + 2)\lambda}{k\lambda} = \frac{35}{15} \Leftrightarrow k = 1,5$$

Vì k không phải số nguyên nên M và M' không phải là cực đại.

Giả sử M, M' thuộc vân cực tiểu. Khi đó

$$\begin{cases} MA - MB = 15\text{mm} = \frac{(2k + 1)\lambda}{2} \\ MA - MB = 35\text{mm} = \frac{[2(k + 2) + 1]\lambda}{2} \end{cases} \Rightarrow \frac{2k + 5}{2k + 1} = \frac{7}{3} \Rightarrow k = 1$$

Vậy M, M' thuộc vân cực tiểu thứ 2 và thứ 4. (Nếu bạn đọc không rõ, đọc lại phần lí thuyết). Ta suy ra:

$$MA - MB = 15\text{mm} = \frac{(2k + 1)\lambda}{2} \Rightarrow \lambda = 10\text{mm} \Rightarrow v = \lambda f = 500\text{mm/s} = 0,5\text{m/s}$$

Đáp án B

Ví dụ 3: Hai nguồn sóng kết hợp trên mặt thoáng chất lỏng dao động theo phương trình $u_A = u_B = 4 \cos 10\pi t \text{ mm}$. Coi biên độ sóng không đổi, tốc độ truyền sóng $v = 15 \text{ cm/s}$. Hai điểm M_1, M_2 cùng nằm trên một elip nhận A, B làm tiêu điểm có $AM_1 - BM_1 = 1 \text{ cm}; AM_2 - BM_2 = 3,5 \text{ cm}$. Tại thời điểm li độ của M_1 là 3 mm thì li độ của M_2 tại thời điểm đó là

- A. 3 mm. B. -3 mm. C. $-\sqrt{3} \text{ mm}$ D. $-3\sqrt{3} \text{ mm}$

Lời giải

Bước sóng $\lambda = \frac{v}{f} = \frac{15}{5} = 3 \text{ cm}$

Phương trình dao động tại 1 điểm nằm trên mặt nước cách 2 nguồn khoảng d_1, d_2 là

$$u = 2a \cos \pi \left(\frac{d_1 - d_2}{\lambda} \right) \cos \left(\omega t - \pi \frac{d_1 + d_2}{\lambda} \right)$$

Từ đó ta có phương trình sóng tại M_1 là

$$\begin{aligned} u_{M_1} &= 2a \cos \pi \left(\frac{AM_1 - BM_1}{\lambda} \right) \cos \left(\omega t - \pi \frac{AM_1 + BM_1}{\lambda} \right) \\ &= 2a \cos \pi \left(\frac{1}{3} \right) \cos \left(\omega t - \pi \frac{AM_1 + BM_1}{\lambda} \right) = a \cos \left(\omega t - \pi \frac{AM_1 + BM_1}{\lambda} \right) \end{aligned}$$

Phương trình sóng tại M_2 là

$$\begin{aligned} u_{M_2} &= 2a \cos \pi \left(\frac{AM_2 - BM_2}{\lambda} \right) \cos \left(\omega t - \pi \frac{AM_2 + BM_2}{\lambda} \right) \\ &= 2a \cos \pi \left(\frac{3,5}{3} \right) \cos \left(\omega t - \pi \frac{AM_2 + BM_2}{\lambda} \right) = -\sqrt{3}a \cos \left(\omega t - \pi \frac{AM_2 + BM_2}{\lambda} \right) \end{aligned}$$

Vì M_1 và M_2 cùng nằm trên elip nhận A, B làm tiêu điểm nên ta có

$$AM_1 + BM_1 = AM_2 + BM_2 \quad \text{Từ đó ta có } \frac{u_{M_2}}{u_{M_1}} = -\sqrt{3} \Rightarrow u_{M_2} = -3\sqrt{3}$$

Đáp án D

Ví dụ 4: Cho hai nguồn sóng kết hợp $O_1; O_2$ dao động đồng pha trên bề mặt chất lỏng, biên độ của mỗi nguồn $a_1 = a_2 = a$. Giữ nguyên nguồn O_1 , tịnh tiến nguồn O_2 trên đoạn thẳng O_1, O_2 một đoạn $x = \frac{\lambda}{3}$ thì tại vị trí trung điểm ban đầu của đoạn $O_1; O_2$ sẽ dao động với biên độ bằng bao nhiêu?

- A. a B. $a\sqrt{3}$ C. $a\sqrt{2}$ D. $\frac{a\sqrt{3}}{2}$

Lời giải

Cách 1: Gọi I là trung điểm O_1 và O_2 .

Ban đầu khi chưa tịnh tiến nguồn, hiệu khoảng cách từ 2 nguồn đến điểm I bằng 0.

Khi tịnh tiến nguồn O_2 trên đoạn thẳng O_1O_2 một đoạn $x = \frac{\lambda}{3}$ thì ta có hiệu khoảng cách từ 2 nguồn đến

$$\text{điểm I là: } |d_2 - d_1| = \frac{\lambda}{3}$$

Vì 2 nguồn cùng pha nên phương trình sóng tại điểm I là

$$u_1 = a \cos\left(\omega t - \frac{2\pi d_1}{\lambda}\right) + a \cos\left(\omega t - \frac{2\pi d_2}{\lambda}\right) = 2a \cos\left(\frac{\pi(d_2 - d_1)}{\lambda}\right) \cos\left(\omega t - \frac{\pi(d_1 + d_2)}{\lambda}\right)$$

$$\text{Biên độ dao động của I là: } A_1 = 2a \left| \cos\left(\frac{\pi(d_2 - d_1)}{\lambda}\right) \right| = 2a \left| \cos \pi \frac{\frac{\lambda}{3}}{\lambda} \right| = 2a \cos \frac{\pi}{3} = a$$

Cách 2: Tưởng tượng cắt ngang bề mặt chất lỏng trên đường đi qua hai nguồn O_1O_2 thì hình ảnh sóng giao thoa quan sát được lúc đó sẽ tương tự như sóng dừng trên sợi dây. Vì vậy ta có thể sử dụng các kết quả của sóng dừng để áp dụng giải bài toán này.

Khi nguồn O_2 tịnh tiến một đoạn là l thì trung điểm của O_1O_2 sẽ tịnh tiến một đoạn $\frac{l}{2} = \frac{\lambda}{6}$

Như vậy trung điểm mới cách trung điểm ban đầu một đoạn là $\frac{l}{2} = \frac{\lambda}{6}$

$$\text{Điểm } I_1 \text{ cách điểm nút là: } x = \frac{\lambda}{4} - \frac{\lambda}{6} = \frac{\lambda}{12}$$

Do hai nguồn dao động đồng pha nên tại trung điểm mới sẽ dao động với biên độ $A_0 = 2a$

$$\text{Biên độ dao động tại điểm } I_1 \text{ là: } A_{I_1} = \left| A_0 \sin \frac{2\pi x}{\lambda} \right| = \left| A_0 \sin \frac{2\pi \frac{\lambda}{12}}{\lambda} \right| = \frac{A_0}{2} = a$$

Đáp án A

Ví dụ 5: Cho hai nguồn sóng kết hợp O_1, O_2 dao động ngược pha trên bề mặt chất lỏng, biên độ của mỗi nguồn $a_1 = a_2 = a$. Giữ nguyên nguồn O_1 , tịnh tiến nguồn O_2 trên đoạn thẳng O_1O_2 một đoạn $x = \frac{\lambda}{3}$ thì tại vị trí trung điểm ban đầu của đoạn O_1O_2 sẽ dao động với biên độ bằng bao nhiêu?

A. a

B. $a\sqrt{3}$

C. $a\sqrt{2}$

D. $\frac{a\sqrt{3}}{2}$

Lời giải

Cách 1:

Gọi I là trung điểm O_1 và O_2 .

Ban đầu khi chưa tịnh tiến nguồn, hiệu khoảng cách từ 2 nguồn đến điểm I bằng 0.

Khi tịnh tiến nguồn O_2 trên đoạn thẳng O_1O_2 một đoạn $x = \frac{\lambda}{3}$ thì ta có hiệu khoảng cách từ 2 nguồn đến

$$\text{điểm I là: } |d_2 - d_1| = \frac{\lambda}{3}$$

Vì 2 nguồn ngược pha nên phương trình sóng tại điểm I là

$$u_1 = a \cos\left(\omega t - \frac{2\pi d_1}{\lambda} + \pi\right) + a \cos\left(\omega t - \frac{2\pi d_2}{\lambda}\right) = 2a \cos\left(\frac{\pi(d_2 - d_1)}{\lambda} + \frac{\pi}{2}\right) \cos\left(\omega t - \frac{\pi(d_1 + d_2)}{\lambda} + \frac{\pi}{2}\right)$$

Biên độ dao động của I là

$$A_1 = 2a \left| \cos\left(\frac{\pi(d_2 - d_1)}{\lambda} + \frac{\pi}{2}\right) \right| = 2a \left| \cos\left(\pi \frac{\frac{\lambda}{3}}{\lambda} + \frac{\pi}{2}\right) \right| = 2a \left| \cos\left(\frac{\pi}{3} + \frac{\pi}{2}\right) \right| = a\sqrt{3}$$

Cách 2: Khi nguồn O_2 tịnh tiến một đoạn là x thì trung điểm của O_1O_2 sẽ tịnh tiến một đoạn là $\frac{1}{2} = \frac{\lambda}{6}$

Như vậy trung điểm mới cách trung điểm ban đầu một đoạn là $\frac{1}{2} = \frac{\lambda}{6}$

Do hai nguồn dao động ngược pha nên tại trung điểm mới có biên độ bằng 0

Từ hình vẽ suy ra điểm I_1 , cách điểm nút là $x = \frac{\lambda}{6}$

$$\text{Biên độ tại I là: } A_{11} = \left| A_0 \sin \frac{2\pi x}{\lambda} \right| = \left| A_0 \sin \frac{2\pi \frac{\lambda}{6}}{\lambda} \right| = \frac{A_0 \sqrt{3}}{2} = a\sqrt{3}$$

Đáp án B

Ví dụ 6: Ở mặt nước có hai nguồn kết hợp đặt tại hai điểm A và B, dao động cùng pha theo phương thẳng đứng, phát ra hai sóng có bước sóng λ . Trên AB có 9 vị trí mà ở đó các phần tử nước dao động với biên độ cực đại. C và D là hai điểm ở mặt nước sao cho ABCD là hình vuông. M là một điểm thuộc cạnh CD và nằm trên vân cực đại giao thoa bậc nhất ($MA - MB = \lambda$). Biết phần tử tại M dao động ngược pha với các nguồn. Độ dài đoạn AB gần nhất với giá trị nào sau đây?

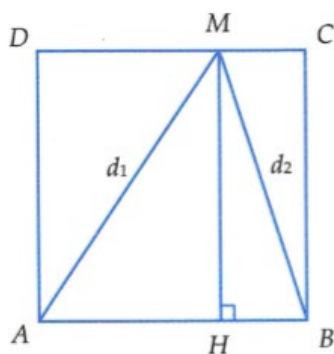
A. $4,6\lambda$

B. $4,4\lambda$

C. $4,7\lambda$

D. $4,3\lambda$

Lời giải



+ Trong hình vuông $AB = CD = AD = BC = a$, gọi H là hình chiếu của M lên AB

+ Do trên AB có 9 vị trí mà phần tử nước dao động với biên độ cực đại nên $4\lambda \leq AB \leq 5\lambda$ (*)

+ M là điểm dao động cực đại và ngược pha với nguồn

$$\Rightarrow \begin{cases} MA - MB = n\lambda \\ MA + MB = m\lambda \end{cases}; n, m \in \mathbb{N} \text{ và chúng khác tính chẵn lẻ}$$

+ Theo giả thiết $n = 1$ nên m sẽ là 1 số tự nhiên chẵn (1)

+ Theo tính chất tam giác vuông, ta có cạnh huyền là cạnh lớn nhất nên $MA + MB > AH + HB = 2.AB \geq 8\lambda$

+ Hơn nữa:

$$MA + MB \leq \sqrt{2(MA^2 + MB^2)} = \sqrt{2(2a^2 + MD^2 + MC^2)} < \sqrt{2[2a^2 + (MC + MD)^2]} = a\sqrt{6} < 5\sqrt{6}\lambda$$

$$\text{Từ đó suy ra } 8\lambda \leq MA + MB \leq 5\sqrt{6}\lambda \text{ Kết hợp với (1)} \Rightarrow \begin{cases} MA + MB = 10\lambda \\ MA + MB = 12\lambda \end{cases}$$

$$\text{- TH1: } \begin{cases} MA - MB = \lambda \\ MA + MB = 10\lambda \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} MA = 5,5\lambda \\ MB = 4,5\lambda \end{cases}$$

$$\Rightarrow a = AB = AH + HB = \sqrt{MA^2 - MH^2} + \sqrt{MB^2 - MH^2} = \sqrt{5,5^2\lambda^2 - a^2} + \sqrt{4,5^2\lambda^2 - a^2}$$

Giải ra ta được $a = AB = 4,376\lambda$ (thỏa mãn (*))

$$\text{- TH2: } \begin{cases} MA - MB = \lambda \\ MA + MB = 12\lambda \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} MA = 6,5\lambda \\ MB = 5,5\lambda \end{cases}$$

$$\Rightarrow a = AB = AH + HB = \sqrt{MA^2 - MH^2} + \sqrt{MB^2 - MH^2} = \sqrt{6,5^2\lambda^2 - a^2} + \sqrt{5,5^2\lambda^2 - a^2}$$

Giải ra ta được $a = AB = 5,29\lambda$ (loại).

Vậy $AB = 4,736\lambda$

Đáp án B

2. Bài toán điểm dao động với biên độ cực đại (cực tiểu) hoặc biên độ bất kì

2.1. Phương pháp

Phương pháp chung giải bài toán tìm số điểm dao động trên một đoạn MN bất kì là phương pháp chặn k.

Phương pháp này như sau:

- TH1: Với hai điểm M và N nằm cùng phía so với đường thẳng nối hai nguồn

+ Giả sử 1 điểm P bất kì thuộc MN thỏa mãn yêu cầu bài toán (là điểm cực đại hoặc cực tiểu), cách hai nguồn đoạn d_1 và d_2 .

+ Tính hiệu khoảng cách từ hai nguồn đến điểm đó.

Tính bằng cách: Tính độ lệch pha của hai sóng truyền từ hai nguồn đến điểm đó. Điểm đó dao động với biên độ cực đại khi độ lệch pha là $k2\pi$, dao động với biên độ cực tiểu khi độ lệch pha là $\pi + k2\pi$ với $k \in \mathbb{Z}$. Từ đó suy ra được hiệu khoảng cách $d_2 - d_1$ theo k.

+ Cho P chạy trong MN ta sẽ tìm được $d_2 - d_1$ chạy trong khoảng nào, từ đó suy ra k chạy trong khoảng nào. Số giá trị của k chính là số điểm dao động với biên độ cực đại hoặc cực tiểu cần tính.

- TH2: Với hai điểm M và N nằm khác phía so với đường thẳng nối hai nguồn

Lúc này, MN sẽ cắt đường thẳng nối hai nguồn. Giả sử MN cắt đường thẳng nối hai nguồn tại Q. Ta sẽ tìm số điểm dao động cực đại hoặc cực tiểu trên từng đoạn MQ, QN theo trường hợp 1, sau đó cộng lại.

Ta qua các ví dụ cụ thể để hiểu rõ phương pháp hơn.

STUDY TIP

Nếu đoạn MN có điểm M hoặc điểm N hoặc cả hai điểm là nguồn, thì khi cho P chạy để tìm khoảng của k, ta không lấy dấu bằng khi điểm đó là nguồn.

2.2. Ví dụ minh họa

Ví dụ 1: Trên mặt nước có hai nguồn sóng nước giống nhau cách nhau $AB = 8$ (cm). Sóng truyền trên mặt nước có bước sóng 1,2 (cm). Số đường cực đại đi qua đoạn thẳng nối hai nguồn là:

A. 11

B. 12

C. 13

D. 14

Lời giải

Bài toán này là một bài toán rất cơ bản. Do A, B dao động cùng pha nên số đường cực đại đi qua AB thỏa

$$\text{mãn: } \frac{-AB}{\lambda} < k < \frac{AB}{\lambda}$$

Để tìm số đường dao động với biên độ cực đại đi qua AB thì ta sẽ tìm số điểm dao động với biên độ cực đại trên AB, vì ứng với 1 điểm dao động với biên độ cực đại sẽ có 1 đường cực đại đi qua.

Giả sử điểm P nằm trên AB dao động với biên độ cực đại, cách nguồn A đoạn d_1 và cách nguồn B đoạn d_2 . Vì hai nguồn cùng pha nên ta giả sử phương trình hai nguồn là: $u_A = u_B = a \cos(\omega t)$

Phương trình sóng tại P do hai nguồn truyền tới là

$$\begin{cases} u_{AP} = a \cos\left(\omega t - \frac{2\pi d_1}{\lambda}\right) \\ u_{BP} = a \cos\left(\omega t - \frac{2\pi d_2}{\lambda}\right) \end{cases} \Rightarrow \Delta\varphi = \left(\omega t - \frac{2\pi d_1}{\lambda}\right) - \left(\omega t - \frac{2\pi d_2}{\lambda}\right) \Rightarrow \Delta\varphi = \frac{2\pi(d_2 - d_1)}{\lambda}$$

$$\text{Vì P dao động với biên độ cực đại nên ta có } \Delta\varphi = k2\pi \Leftrightarrow \frac{2\pi(d_2 - d_1)}{\lambda} = k2\pi \Leftrightarrow d_2 - d_1 = k\lambda$$

Bây giờ cho P chạy trong đoạn AB, chú ý không lấy nút bằng

Khi P tiến đến A thì $d_1 = 0$ và $d_2 = AB$. Khi đó $d_2 - d_1 = AB$

Khi P tiến đến B thì $d_2 = 0$ và $d_1 = AB$. Khi đó $d_2 - d_1 = -AB$

$$\text{Từ đó ta có } -AB < d_2 - d_1 < AB \text{ kết hợp với } d_2 - d_1 = k\lambda \text{ ta được: } \frac{-AB}{\lambda} < k < \frac{AB}{\lambda}$$

$$\text{Thay số ta có } \frac{-8}{1,2} < k < \frac{8}{1,2} \Leftrightarrow -6,67 < k < 6,67$$

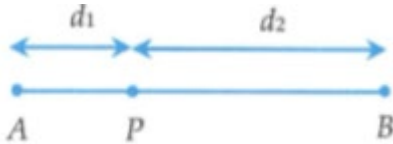
Số giá trị k có thể là $\pm 6; \pm 5; \pm 4; \pm 3; \pm 2; \pm 1; 0$

Vậy có 13 đường cực đại đi qua đoạn thẳng nối hai nguồn.

Đáp án C

Chú ý

Đối với học sinh khá thì biểu thức bên rất dễ dàng. Nhưng bạn đọc đang cầm cuốn sách này trên tay dành cho mọi đối tượng học sinh, vậy nên tôi sẽ đi từ bản chất, theo phương pháp bên trên để suy ra công thức đó. Chứ không để bạn đọc nhớ công thức 1 cách máy móc!



Nhận xét:

Từ lời giải bản chất vận dụng phương pháp bên trên, ta có thể làm cho bài toán hai nguồn lệch pha nhau bất kì.

Trong chương trình THPT, trường hợp hay gặp nhất là hai nguồn cùng pha và hai nguồn ngược pha. Sử dụng cách làm trên, ta hoàn toàn có thể suy ra các kết quả sau:

* Nếu hai nguồn cùng pha thì:

- Số đường dao động cực đại đi qua đoạn thẳng nối hai nguồn là số giá trị nguyên của k thỏa mãn

$$\frac{-AB}{\lambda} < k < \frac{AB}{\lambda}$$

- Số đường dao động cực tiểu đi qua đoạn thẳng nối hai nguồn là số giá trị nguyên của k thỏa mãn

$$\frac{-AB}{\lambda} - \frac{1}{2} < k < \frac{AB}{\lambda} - \frac{1}{2}$$

* Nếu hai nguồn ngược pha thì:

- Số đường dao động cực đại đi qua đoạn thẳng nối hai nguồn là số giá trị nguyên của k thỏa mãn

$$\frac{-AB}{\lambda} - \frac{1}{2} < k < \frac{AB}{\lambda} - \frac{1}{2}$$

- Số đường dao động cực tiểu đi qua đoạn thẳng nối hai nguồn là số giá trị nguyên của k thỏa mãn

$$\frac{-AB}{\lambda} < k < \frac{AB}{\lambda}$$

Ví dụ 2: Tại hai điểm A, B trên mặt chất lỏng cách nhau 10 (cm) có hai nguồn phát sóng theo phương thẳng đứng với các phương trình: $u_1 = 0,2 \cos(50\pi t)$ cm; $u_2 = 0,2 \cos(50\pi t + \pi)$ cm Vận tốc truyền sóng là 0,5 (m/s). Coi biên độ sóng không đổi. Xác định số điểm dao động với biên độ cực đại trên đoạn thẳng AB?

A. 8

B. 9

C. 10

D. 11

Lời giải

Nhìn vào phương trình ta thấy A, B là hai nguồn dao động ngược pha nên số điểm dao động cực đại là số

giá trị nguyên của k thỏa mãn: $\frac{-AB}{\lambda} - \frac{1}{2} < k < \frac{AB}{\lambda} - \frac{1}{2}$

Ta có $\lambda = 2\text{cm}$. Từ đó: $-\frac{10}{2} - \frac{1}{2} < k < \frac{10}{2} - \frac{1}{2} \Leftrightarrow -5,5 < k < 4,5$

Vậy có 10 điểm dao động với biên độ cực đại.

Đáp án C

Ví dụ 3: Hai nguồn sóng cơ AB cách nhau dao động chậm nhẹ trên mặt chất lỏng, cùng tần số 100Hz, cùng pha theo phương vuông góc với mặt chất lỏng. Vận tốc truyền sóng 20m/s. Số điểm không dao động trên đoạn AB = 1m là:

- A. 11 điểm. B. 20 điểm. C. 10 điểm. D. 15 điểm.

Lời giải

Bước sóng $\lambda = \frac{v}{f} = \frac{20}{100} = 0,2\text{m}$

Gọi số điểm không dao động trên đoạn AB là số giá trị của k, ta có: $-\frac{1}{0,2} - \frac{1}{2} < k < \frac{1}{0,2} - \frac{1}{2}$

Suy ra $-5,5 < k < 4,5$ Vậy $k = -5; -4; -3; -2; -1; 0; 1; 2; 3; 4$ Vậy có 10 điểm

Đáp án C

Ví dụ 4: Hai nguồn sóng cơ dao động cùng tần số, cùng pha. Quan sát hiện tượng giao thoa thấy trên đoạn AB có 5 điểm dao động với biên độ cực đại (kể cả A và B). Số điểm không dao động trên đoạn AB là:

- A. 6 B. 4 C. 5 D. 2

Lời giải

Trong hiện tượng giao thoa sóng trên mặt chất lỏng, hai nguồn dao động cùng pha thì trên đoạn AB, số điểm dao động với biên độ cực đại sẽ hơn số điểm không dao động là 1.

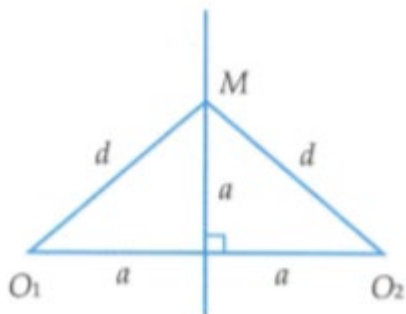
Do đó số điểm không dao động là 4 điểm.

Đáp án B

Ví dụ 5: Trên mặt một chất lỏng, có hai nguồn sóng kết hợp O_1, O_2 cách nhau $l = 24\text{ cm}$, dao động theo cùng một phương với phương trình $u_{O_1} = u_{O_2} = A \cos \omega t$ (t tính bằng s, A tính bằng mm). Khoảng cách ngắn nhất từ trung điểm O của O_1O_2 đến các điểm nằm trên đường trung trực của O_1O_2 dao động cùng pha với O bằng $q = 9\text{ cm}$. Số điểm dao động với biên độ bằng biên độ của O trên đoạn O_1O_2 là:

- A. 18 B. 16 C. 20 D. 14

Lời giải



Vì hai nguồn cùng pha nên các điểm thuộc trung trục dao động với biên độ cực đại (điểm O dao động với biên độ cực đại) nên để tìm số điểm dao động với biên độ bằng biên độ của O trên O_1O_2 ta sẽ tìm số điểm dao động với biên độ cực đại trên O_1O_2 (không kể O).

$$\text{Phương trình dao động tại một điểm khi có giao thoa: } u = 2A \cos\left(\pi \frac{d_1 - d_2}{\lambda}\right) \cos\left(\omega t - \pi \frac{d_1 + d_2}{\lambda}\right)$$

$$\text{Phương trình dao động tại O: } u = 2A \cos\left(\omega t - \frac{2\pi a}{\lambda}\right) \text{ (với } l = 2a)$$

$$\text{Phương trình dao động tại M: } u = 2A \cos\left(\omega t - \frac{2\pi d}{\lambda}\right)$$

$$\text{Độ lệch pha của M so với O } \Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}(d - a)$$

$$\text{M dao động cùng pha với O nên } \Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}(d - a) = 2k\pi \Rightarrow d - a = k\lambda$$

$$\text{Điểm M gần O nhất thì } k = 1 \Rightarrow \lambda = d - a = \sqrt{a^2 - q^2} - a = \sqrt{12^2 + 9^2} - 12 = 3$$

$$\text{Số cực đại trên } \frac{-1}{\lambda} \leq k \leq \frac{1}{\lambda} \Rightarrow -8 \leq k \leq 8 \text{ có 17 cực đại trên } O_1O_2 \text{ (kể cả O).}$$

Vậy có 16 điểm dao động với biên độ bằng biên độ của điểm O

Đáp án B

Ví dụ 6: Ở mặt thoáng của một chất lỏng có hai nguồn sóng kết hợp A và B cách nhau 20 cm, dao động theo phương thẳng đứng với phương trình $u_A = 2 \cos 40\pi t$; $u_B = 2 \cos(40\pi t + \pi)$ (u_A ; u_B tính bằng mm, t tính bằng s). Biết tốc độ truyền sóng trên mặt chất lỏng là 30 cm/s. Xét hình vuông AMNB thuộc mặt thoáng chất lỏng. Số điểm dao động với biên độ cực đại trên đoạn BN là:

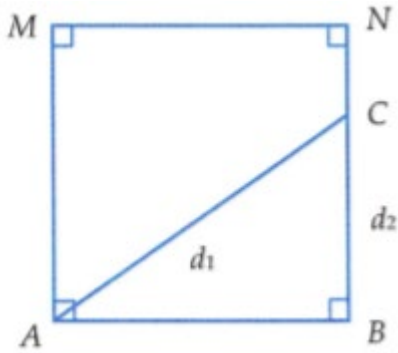
A. 7

B. 19

C. 12

D. 17

Lời giải



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

Xét điểm C trên BN: $AC = d_1; BC = d_2$ Vì hai nguồn ngược pha nên nếu giả sử điểm C dao động với biên

độ cực đại, thì ta có $d_2 - d_1 = \frac{\lambda}{2} + k\lambda = 0,75 + 1,5k$

Cho C chạy trên NB.

+ Khi C trùng N thì ta có $d_2 - d_1 = NB - AN = 20 - 20\sqrt{2}$

+ Khi C tiến đến B (không trùng B, vì B là nguồn) thì ta có: $d_2 - d_1 = -AB = -20$

Từ đó ta có $-20 < d_2 - d_1 \leq 20 - 20\sqrt{2} \Leftrightarrow -20 < 0,75 + 1,5k \leq 20 - 20\sqrt{2} \Leftrightarrow -13,89 < k \leq -6,02$

Từ đó suy ra $k = -13; -12; -11; -10; -9; -8; -7$

Vậy trên BN có 7 điểm dao động cực đại.

Đáp án A

Ví dụ 7: Trong thí nghiệm giao thoa sóng trên mặt nước, hai nguồn AB cách nhau 14,5 cm dao động ngược pha. Điểm M trên AB gần trung điểm O của AB nhất, cách O một đoạn 0,5 cm luôn dao động cực đại. Số điểm dao động cực đại trên đường elip thuộc mặt nước nhận A, B làm tiêu điểm là:

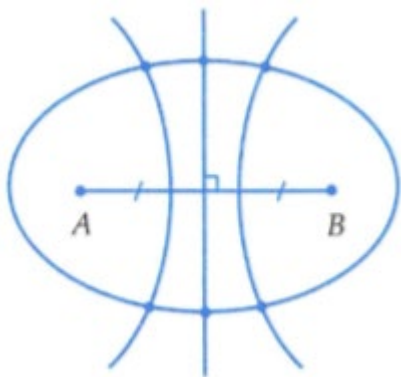
A. 26

B. 28

C. 18

D. 14

Lời giải



Giả sử biểu thức của sóng tại A, B lần lượt là $u_A = a \cos(\omega t); u_B = a \cos(\omega t + \pi)$

Xét điểm M trên AB với $AM = d_1$; $BM = d_2$. Vì hai nguồn dao động ngược pha nên điểm M dao động với biên độ cực đại khi $d_2 - d_1 = \left(k + \frac{1}{2}\right)\lambda$

Điểm M gần O nhất ứng với $d_1 = 6,75$ cm, $d_2 = 7,75$ cm và với $k = 0 \Rightarrow \lambda = 2$ cm

Vì mỗi đường cực đại cắt Elíp tại hai điểm nên để tìm số điểm cực đại trên Elíp thì ta sẽ đi tìm số đường cực đại, hay đi tìm số điểm dao động với biên độ cực đại trên AB. Vì hai nguồn ngược pha nên số điểm dao động với biên độ cực đại trên AB là số giá trị nguyên của k thỏa mãn

$$-\frac{1}{2} - \frac{AB}{\lambda} < k < -\frac{1}{2} + \frac{AB}{\lambda} \Leftrightarrow -\frac{1}{2} - \frac{14,5}{2} < k < -\frac{1}{2} + \frac{14,5}{2} \Leftrightarrow -7,75 < k < 6,75$$

Có 14 giá trị nguyên của k thỏa mãn nên trên AB có 14 điểm dao động với biên độ cực đại. Do đó trên đường Elíp nhận A, B làm tiêu điểm có 28 điểm dao động với biên độ cực đại.

Đáp án B

Ví dụ 8: Trên bề mặt chất lỏng hai nguồn dao động với phương trình tương ứng là: $u_A = 3 \cos(10\pi t)$ (cm); $u_B = 5 \cos\left(10\pi t + \frac{\pi}{3}\right)$ cm. Tốc độ truyền sóng trên mặt thoáng chất lỏng là 50 cm/s, cho điểm C trên đoạn AB và cách A, B tương ứng là 28 cm, 22 cm. Vẽ đường tròn tâm C bán kính 20 cm, số điểm cực đại dao động trên đường tròn là:

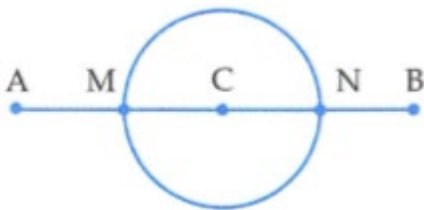
A. 16

B. 2

C. 8

D. 4

Lời giải



Bước sóng $\lambda = 10$ cm

Để tìm số điểm cực đại trên đường tròn tâm C ta sẽ tìm số điểm cực đại trên đoạn MN là đường kính của đường tròn.

Giả sử một điểm P dao động với biên độ cực đại nằm trên MN, cách A khoảng d_1 và cách B khoảng d_2 .

$$\text{Khi đó ta có: } d_2 - d_1 = \frac{\Delta\varphi}{2\pi} \lambda + k\lambda = \frac{\pi}{2\pi} \lambda + k\lambda = \frac{\lambda}{6} + k\lambda = \frac{5}{3} + 10k$$

Cho P chạy trên MN ta có

$$\begin{cases} P \equiv M \Rightarrow d_2 - d_1 = MB - MA = (22 + 20) - (28 - 20) = 34 \\ P \equiv N \Rightarrow d_2 - d_1 = NB - NA = (22 - 20) - (28 + 20) = -46 \end{cases} \Rightarrow -46 \leq d_2 - d_1 \leq 34$$

$$\text{Từ đó ta có: } -46 \leq \frac{5}{3} + 10k \leq 34 \Leftrightarrow -4,77 \leq k \leq 3,23$$

Có 8 điểm dao động với biên độ cực đại trên MN, tức là có 8 đường cực đại qua MN. Mặt khác, M và N đều không phải là điểm dao động với biên độ cực đại (vì mút bằng của k không có giá trị nguyên), nên 8 đường đó sẽ cắt đường tròn tại 16 điểm.

Đáp án A

Ví dụ 9: Ở mặt nước có hai nguồn sóng cơ A và B cách nhau 15 cm, dao động điều hòa cùng tần số, cùng pha theo phương vuông góc với mặt nước. Điểm M nằm trên AB, cách trung điểm O là 1,5 cm, là điểm gần O nhất luôn dao động với biên độ cực đại. Trên đường tròn tâm O, đường kính 15cm, nằm ở mặt nước có số điểm luôn dao động với biên độ cực đại là:

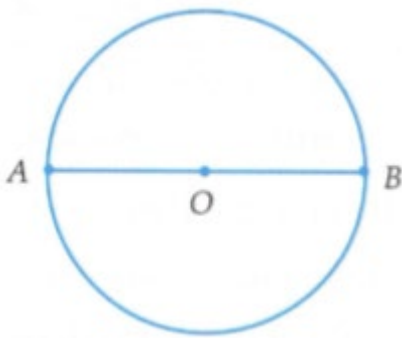
A. 18

B. 24

C. 16

D. 26

Lời giải



Để tìm số điểm dao động với biên độ cực đại trên đường tròn, ta tìm số điểm dao động với biên độ cực đại trên AB.

$$\text{Xét điểm M ta có } d_2 = \frac{15}{2} + \frac{3}{2} = 9\text{cm}; d_1 = \frac{15}{2} - \frac{3}{2} = 6\text{cm} \Rightarrow d_2 - d_1 = 3\text{cm}$$

Hai nguồn cùng pha nên sóng tại M có biên độ cực đại khi $d_2 - d_1 = k\lambda = 3\text{cm}$

Với điểm M gần O nhất luôn dao động với biên độ cực đại nên $k = 1$. Khi đó ta có: $\lambda = 3\text{cm}$

Số điểm dao động với biên độ cực đại trên AB là số giá trị nguyên của k thỏa mãn

$$-\frac{AB}{\lambda} < k < \frac{AB}{\lambda} \Leftrightarrow -\frac{15}{3} < k < \frac{15}{3} \Leftrightarrow -5 < k < 5$$

Có 9 giá trị của k nên có 9 đường cực đại qua AB. Mỗi đường cắt đường tròn tại hai điểm nên có 18 điểm dao động với biên độ cực đại trên đường tròn.

Đáp án A

2.3 Tìm số điểm dao động với biên độ bất kì

Ví dụ 10: Ở mặt thoáng của một chất lỏng có hai nguồn kết hợp A, B cách nhau 10 cm, dao động theo phương thẳng đứng với phương trình lần lượt là $u_A = 3 \cos\left(40\pi t + \frac{\pi}{6}\right)$ (cm); $u_B = 4 \cos\left(40\pi t + \frac{2\pi}{3}\right)$ (cm)

Cho biết tốc độ truyền sóng là 40 cm/s. Một đường tròn có tâm là trung điểm của AB, nằm trên mặt nước, có bán kính R với $R = 4$ cm. Số điểm dao động với biên độ 5 cm có trên đường tròn là:

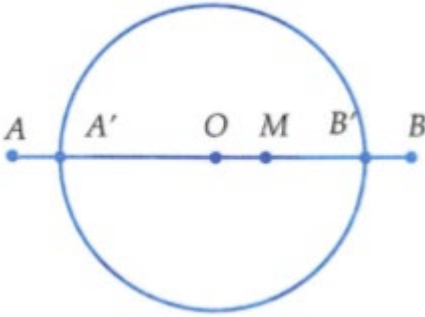
A. 30

B. 32

C. 34

D. 36

Lời giải



Bước sóng $\lambda = \frac{v}{f} = 2$

Xét điểm M trên A'B': AM = d_1 ; BM = d_2

Sóng truyền từ A đến M có phương trình $u_{AM} = 3 \cos\left(10\pi t + \frac{\pi}{6} - \frac{2\pi d_1}{\lambda}\right) = 3 \cos\left(10\pi t + \frac{\pi}{6} - \pi d_1\right)$

Sóng truyền từ B đến M có phương trình

$$u_{BM} = 4 \cos\left(10\pi t + \frac{2\pi}{3} - \frac{2\pi d_2}{\lambda}\right) = 4 \cos\left(10\pi t + \frac{2\pi}{3} - \frac{2\pi(10 - d_1)}{\lambda}\right)$$

$$= 4 \cos\left(10\pi t + \frac{2\pi}{3} + \pi d_1 - 10\pi\right) = 4 \cos\left(10\pi t + \frac{2\pi}{3} + \pi d_1\right)$$

Phương trình sóng tổng hợp $u_M = u_{AM} + u_{BM}$ có biên độ bằng 5 cm khi $u_{AM}; u_{BM}$ vuông pha với nhau

$$\frac{2\pi}{3} + \pi d_1 - \left(\frac{\pi}{6} - \pi d_1\right) = \frac{\pi}{2} + k\pi \Rightarrow d_1 = \frac{k}{2}$$

Cho M chạy trên đoạn A'B' ta có $1 \leq d_1 = \frac{k}{2} \leq 9 \Rightarrow 2 \leq k \leq 18$

Như vậy trên A'B' có 17 điểm dao động với biên độ 5 cm trong đó có điểm A' và B'. Suy ra trên đường tròn tâm O bán kính R = 4cm có 32 điểm dao động với biên độ 5 cm.

Đáp án B

Ví dụ 11: Ở mặt thoáng của một chất lỏng có hai nguồn sóng kết hợp A và B cách nhau 10 cm, dao động theo phương thẳng đứng với phương trình $u_A = 3 \cos 40\pi t; u_B = 4 \cos 40\pi t$ (u_A và u_B tính bằng mm, t tính bằng s). Biết tốc độ truyền sóng trên mặt chất lỏng là 30 cm/s. Xét đường Parabol có đỉnh I nằm trên đường trung trực của AB cách O một đoạn 10 cm và đi qua A, B. Có bao nhiêu điểm dao động với biên độ bằng 5 mm trên cung AIB? Biết O là trung điểm của AB.

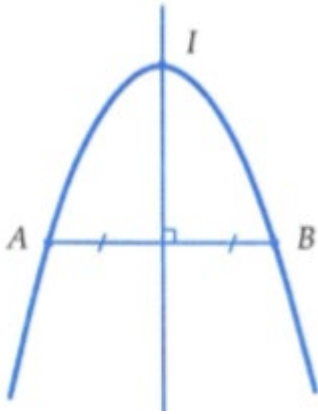
A. 13

B. 14

C. 26

D. 28

Lời giải



Số điểm có biên độ bằng 5 mm nằm trên cung AIB bằng số điểm có biên độ bằng 5 mm nằm trên đường thẳng nối hai nguồn.

Phương trình sóng do nguồn A gây ra tại điểm M, nằm trên đường thẳng chứa hai nguồn có dạng:

$$u_{AM} = 3 \cos\left(40\pi t - \frac{2\pi d}{\lambda}\right)$$

Phương trình sóng do nguồn B gây ra tại điểm M, nằm trên đường thẳng chứa hai nguồn có dạng

$$u_{BM} = 4 \cos\left(40\pi t - \frac{2\pi(1-d)}{\lambda}\right)$$

Phương trình sóng tổng hợp do nguồn A, B gây ra tại điểm M là:

$$u_M = 3 \cos\left(40\pi t - \frac{2\pi d}{\lambda}\right) + 4 \cos\left(40\pi t - \frac{2\pi(1-d)}{\lambda}\right) = a \cos(40\pi t + \varphi)$$

$$\text{Với } a = \sqrt{3^2 + 4^2 + 2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot \cos\left(\frac{2\pi(1-d)}{\lambda} - \frac{2\pi d}{\lambda}\right)}$$

$$\text{Để } a = 5\text{mm thì } \cos\left(\frac{2\pi(1-d)}{\lambda} - \frac{2\pi d}{\lambda}\right) = 0 \Rightarrow \frac{2\pi(1-d)}{\lambda} - \frac{2\pi d}{\lambda} = (2k+1)\frac{\pi}{2}$$

Thay $\lambda = 15\text{mm}; l = 100\text{mm}$ và vì M nằm trên AB nên ta có $0 < d < 100$.

Từ đó ta được: $-13,8 < k < 12,83$

Có 26 giá trị k nguyên thỏa mãn bất phương trình trên nên có 26 điểm thỏa mãn yêu cầu bài toán.

Đáp án C

3. Bài toán điểm dao động lệch pha so với một điểm nào đó

3.1. Phương pháp

Xét sự giao thoa của hai sóng đến từ hai nguồn.

Bài toán đặt ra là tìm số điểm trên đoạn MN cho trước dao động lệch pha so với một điểm nào đó (thường là nguồn). Phương pháp chung là:

- TH1: Với hai điểm M và N nằm cùng phía so với đường thẳng nối hai nguồn

+ Giả sử 1 điểm P bất kì cách 2 nguồn một đoạn d_1, d_2 và thuộc MN là điểm thỏa mãn yêu cầu bài toán.

+ Viết phương trình dao động của M.

+ Xác định điều kiện để điểm P lệch pha so với điểm đề bài yêu cầu dựa vào công thức tính độ lệch pha. Từ đó tính được $d_1 - d_2$ theo k , với k nguyên.

+ Cho P chạy trên MN sẽ tìm được khoảng chạy của $d_1 - d_2$, từ đó tìm được khoảng chạy của k . Số giá trị của k chính là số điểm thỏa mãn yêu cầu bài toán.

- TH2: Với hai điểm M và N nằm khác phía so với đường thẳng nối hai nguồn

Lúc này, MN sẽ cắt đường thẳng nối hai nguồn. Giả sử MN cắt đường thẳng nối hai nguồn tại Q. Ta sẽ tìm số điểm thỏa mãn yêu cầu bài toán trên từng đoạn MQ, QN theo trường hợp 1, sau đó cộng lại.

Ta qua các ví dụ minh họa để hiểu rõ phương pháp.

STUDY TIP

Nếu MN có điểm M hoặc điểm N hoặc cả hai điểm là nguồn, thì khi cho P chạy để tìm khoảng của k , ta không lấy dấu bằng khi điểm đó là nguồn.

3.2. Ví dụ minh họa

Ví dụ 1: 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. Điểm C cách đều 2 nguồn và cách trung điểm O của AB một khoảng 8 cm. Số điểm dao động ngược pha với nguồn trên đoạn CO là:

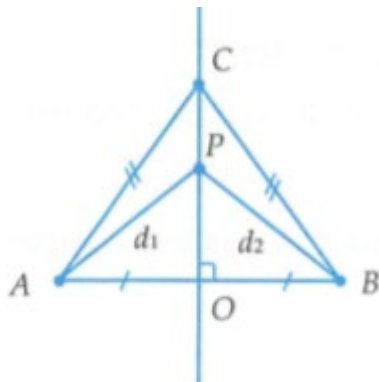
A. 3

B. 4

C. 5

D. 2

Lời giải



Giả sử điểm P trên đoạn có cách 2 nguồn khoảng d_1 và d_2 . Vì C cách đều hai nguồn nên CO là trung trực của AB. Do đó $d_1 = d_2$.

Giả sử phương trình sóng của hai nguồn là $u_A = u_B = a \cos(\omega t)$

Phương trình sóng tại P do nguồn A và nguồn B truyền tới là:

$$\begin{cases} u_{AP} = a \cos\left(\omega t - \frac{2\pi d_1}{\lambda}\right) = a \cos\left(\omega t - \frac{2\pi d}{\lambda}\right) \\ u_{BP} = a \cos\left(\omega t - \frac{2\pi d_2}{\lambda}\right) = a \cos\left(\omega t - \frac{2\pi d}{\lambda}\right) \end{cases}$$

Phương trình sóng tổng hợp tại P là

$$u_P = u_{AP} + u_{BP} = a \cos\left(\omega t - \frac{2\pi d}{\lambda}\right) + a \cos\left(\omega t - \frac{2\pi d}{\lambda}\right) = 2a \cos\left(\omega t - \frac{2\pi d}{\lambda}\right)$$

Vì P dao động ngược pha so với nguồn nên độ lệch pha bằng $\pi + k2\pi$, do đó ta có

$$\begin{cases} \Delta\varphi = \omega t - \left(\omega t - \frac{2\pi d}{\lambda} \right) = \frac{2\pi d}{\lambda} \Rightarrow \frac{2\pi d}{\lambda} = \pi + k2\pi \Rightarrow d = (2k+1)\frac{\lambda}{2} \\ \Delta\varphi = \pi + k2\pi \end{cases}$$

Cho P chạy trên CO thì ta có $AO \leq d \leq AC$. Từ đó

$$\frac{AB}{2} \leq (2k+1)\frac{\lambda}{2} \leq \sqrt{\left(\frac{AB}{2}\right)^2 + OC^2}$$

$$\text{Thay số ta được } 6 \leq (2k+1)0,8 \leq 10 \Rightarrow 3,25 \leq k \leq 5,75 \Rightarrow \begin{cases} k = 4 \\ k = 5 \end{cases}$$

Có 2 giá trị của k nên trên đoạn CO có 2 điểm dao động ngược pha với nguồn.

Đáp án D

Nhận xét: Từ bài toán này ta suy ra kết quả quan trọng sau:

Xét điểm M thuộc trung trực của đoạn nối hai nguồn, cách mỗi nguồn khoảng d thì:

- Nếu hai nguồn cùng pha

+ M dao động cùng pha với nguồn khi $d = k\lambda$

+ M dao động ngược pha với nguồn khi $d = (2k+1)\frac{\lambda}{2}$

- Nếu hai nguồn ngược pha

+ M dao động cùng pha với nguồn khi $d = (2k+1)\frac{\lambda}{2}$

+ M dao động ngược pha với nguồn khi $d = k\lambda$

4. Bài toán điểm dao động với biên độ cực đại (cực tiểu) đồng thời lệch pha so với một điểm nào đó

4.1. Phương pháp

Xét sự giao thoa của hai sóng kết hợp. Bài toán đặt ra là tìm số điểm trên đoạn MN dao động với biên độ cực đại (cực tiểu) đồng thời lệch pha so với một điểm nào đó.

Thông thường, những bài toán này sẽ cho hai nguồn có cùng biên độ. Phương pháp chung giải như sau

- Giả sử điểm P bất kì thuộc MN thỏa mãn yêu cầu bài toán, cách hai nguồn đoạn d_1 và d_2

- Viết phương trình sóng tổng hợp do hai nguồn truyền đến P

- Dựa vào phương trình sóng suy ra điều kiện $d_2 - d_1$ theo k để thỏa mãn bài toán.

- Tìm khoảng chạy của $d_2 - d_1$ suy ra khoảng chạy của k. số giá trị k nguyên chính là số điểm cần tìm

Ta qua các ví dụ minh họa để hiểu rõ hơn.

4.2. Ví dụ minh họa

Ví dụ 1: Trên mặt nước tại hai điểm A, B có hai nguồn sóng kết hợp hai dao động cùng pha, lan truyền với bước sóng λ , khoảng cách $AB = 11\lambda$. Hỏi trên đoạn AB có mấy điểm cực đại dao động ngược pha với hai nguồn (không kể A, B)

A. 13

B. 23

C. 11

D. 21

Lời giải

Giả sử nguồn dao động với phương trình $u_A = u_B = a \cos \omega t$

Xét điểm M trên AB với $AM = d_1$ và $BM = d_2$. Phương trình sóng tại M do A và B truyền tới là:

$$u_{AM} = a \cos \left(\omega t - \frac{2\pi d_1}{\lambda} \right); u_{BM} = a \cos \left(\omega t - \frac{2\pi d_2}{\lambda} \right)$$

Phương trình sóng tổng hợp tại M là $u_M = u_{AM} + u_{BM} = 2a \cos \left(\frac{\pi(d_2 - d_1)}{\lambda} \right) \cos \left(\omega t - \frac{\pi(d_1 + d_2)}{\lambda} \right)$

Từ đó ta có: $u_M = 2a \cos \left(\frac{\pi(d_2 - d_1)}{\lambda} \right) \cos(\omega t - 11\pi)$

Dựa vào phương trình trên suy ra điểm M là điểm cực đại ngược pha với nguồn khi

$$\cos \left(\frac{\pi(d_2 - d_1)}{\lambda} \right) = -1 \Rightarrow \frac{\pi(d_2 - d_1)}{\lambda} = k2\pi \Leftrightarrow d_2 - d_1 = 2k\lambda$$

Cho M chạy trên AB ta được

$$-AB < d_2 - d_1 = 2k\lambda < AB \Leftrightarrow -\frac{AB}{2\lambda} < k < \frac{AB}{2\lambda} \Leftrightarrow -\frac{11\lambda}{2\lambda} < k < \frac{11\lambda}{2\lambda} \Leftrightarrow -5,5 < k < 5,5$$

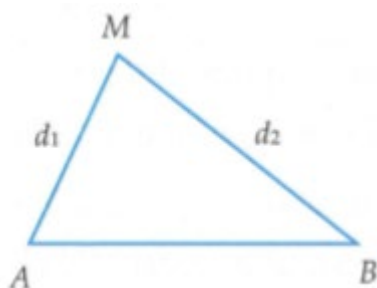
Có 11 giá trị của k nên có 11 điểm cực đại và ngược pha với hai nguồn.

Đáp án C

Ví dụ 2: Ở mặt chất lỏng có hai nguồn sóng A, B cách nhau 19 cm, dao động theo phương thẳng đứng với phương trình là $u_A = u_B = A \cos 20\pi t$ (với t tính bằng s). Tốc độ truyền sóng trên mặt chất lỏng là 40 cm/s. Gọi M là điểm ở mặt chất lỏng gần A nhất sao cho phần tử chất lỏng tại M dao động với biên độ cực đại và cùng pha với nguồn A. Khoảng cách AM là

- A. 5cm B. 2cm C. 4cm D. 22cm

Lời giải



Bước sóng $\lambda = \frac{v}{f} = 4\text{cm}$

Xét điểm M cách 2 nguồn đoạn $AM = d_1$, $BM = d_2$. Phương trình sóng tại M là

$$u_M = a \cos \left(20\pi t - \frac{2\pi d_1}{\lambda} \right) + a \cos \left(20\pi t - \frac{2\pi d_2}{\lambda} \right) = 2a \cos \left(\frac{\pi(d_2 - d_1)}{\lambda} \right) \cos \left(20\pi t - \frac{\pi(d_1 + d_2)}{\lambda} \right)$$

Điểm M dao động với biên độ cực đại, cùng pha với nguồn A khi:

$$\begin{cases} \cos\left(\frac{\pi(d_2 - d_1)}{\lambda}\right) = 1 \\ \frac{\pi(d_1 + d_2)}{\lambda} = 2k\pi \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} d_2 - d_1 = 2k'\lambda \\ d_1 + d_2 = 2k\lambda \end{cases} \Rightarrow |k - k'| = \lambda$$

Điểm M gần A nhất ứng với $k - k' = 1 \Rightarrow d_{1\min} = \lambda = 4(\text{cm})$

Đáp án C

Ví dụ 3: Trên mặt chất lỏng có hai nguồn sóng kết hợp phát ra hai dao động $u_1 = A \cos \omega t$; $u_2 = A \sin \omega t$ khoảng cách giữa hai nguồn là $S_1S_2 = 3,25\lambda$. Hỏi trên đoạn S_1S_2 có mấy điểm cực đại dao động cùng pha với u_2 ?

A. 3 điểm.

B. 4 điểm.

C. 5 điểm.

D. 6 điểm.

Lời giải

Ta có $\begin{cases} u_1 = A \cos \omega t \\ u_2 = A \sin \omega t = A \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) \end{cases}$ Xét điểm M trên S_1S_2 .

Đặt $S_1M = d_1$; $S_2M = d_2$ Khi đó: $\begin{cases} u_{1M} = A \cos\left(\omega t - \frac{2\pi d_1}{\lambda}\right) \\ u_{2M} = A \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2} - \frac{2\pi d_2}{\lambda}\right) \end{cases}$

Phương trình tổng hợp tại M là

$$\begin{aligned} u_M &= 2A \cos\left(\frac{\pi(d_2 - d_1)}{\lambda} + \frac{\pi}{4}\right) \cos\left(\omega t - \frac{\pi(d_2 + d_1)}{\lambda} - \frac{\pi}{4}\right) \\ &= 2A \cos\left(\frac{\pi(d_2 - d_1)}{\lambda} + \frac{\pi}{4}\right) \cos(\omega t - 3,5\pi) \\ &= 2A \cos\left(\frac{\pi(d_2 - d_1)}{\lambda} + \frac{\pi}{4}\right) \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) \\ &= -2A \cos\left(\frac{\pi(d_2 - d_1)}{\lambda} + \frac{\pi}{4}\right) \sin \omega t \end{aligned}$$

Để cùng pha với u_2 thì

$$\cos\left(\frac{\pi(d_2 - d_1)}{\lambda} + \frac{\pi}{4}\right) = -1 \Leftrightarrow \left(\frac{\pi(d_2 - d_1)}{\lambda} + \frac{\pi}{4}\right) = \pi + k2\pi \Leftrightarrow d_2 - d_1 = \left(2k + \frac{3}{4}\right)\lambda$$

Cho điểm M chạy trên S_1S_2 thì ta có

$$-S_1S_2 < d_2 - d_1 = \left(2k + \frac{3}{4}\right)\lambda < S_1S_2 \Leftrightarrow -3,25\lambda < \left(2k + \frac{3}{4}\right)\lambda < 3,25\lambda \Leftrightarrow -2 < k < 1,25$$

Có 3 giá trị của k nên có 3 điểm cực đại dao động cùng pha với u_2

Đáp án A

Ví dụ 4: Hai nguồn phát sóng kết hợp A và B trên mặt chất lỏng dao động theo phương trình: $u_A = a \cos 100\pi t$; $u_B = b \cos 100\pi t$ Tốc độ truyền sóng trên mặt chất lỏng là 1 m/s. I là trung điểm của AB. M là điểm nằm trên đoạn AI, N là điểm nằm trên đoạn IB. Biết $IM = 5\text{cm}$ và $IN = 6,5\text{cm}$. Số điểm nằm trên đoạn MN có biên độ cực đại và cùng pha với I là:

A. 7

B. 4

C. 5

D. 6

Lời giải



$$\text{Bước sóng } \lambda = \frac{v}{f} = \frac{1}{50} = 0,02\text{m} = 2\text{cm}$$

Xét điểm C trên AB cách I khoảng $IC = d$. Chọn gốc tại I và chiều dương từ I đến B. Khi đó $-5 \leq d \leq 6$

Phương trình sóng tại C do A và B truyền tới là

$$\begin{cases} u_{AC} = a \cos\left(100\pi t - \frac{2\pi d_1}{\lambda}\right) = a \cos\left(100\pi t - \frac{2\pi\left(\frac{AB}{2} + d\right)}{\lambda}\right) = a \cos\left(100\pi t - \pi d - \frac{\pi AB}{2}\right) \\ u_{BC} = b \cos\left(100\pi t - \frac{2\pi d_2}{\lambda}\right) = b \cos\left(100\pi t - \frac{2\pi\left(\frac{AB}{2} + d\right)}{\lambda}\right) = b \cos\left(100\pi t + \pi d - \frac{\pi AB}{2}\right) \end{cases}$$

Phương trình sóng tổng hợp tại C là

$$u_C = u_{AC} + u_{BC} = a \cos\left(100\pi t - \pi d - \frac{\pi AB}{2}\right) + b \cos\left(100\pi t + \pi d - \frac{\pi AB}{2}\right)$$

Phương trình sóng tại I ứng với $d = 0$, nên ta có

$$u_I = a \cos\left(100\pi t - \frac{\pi AB}{2}\right) + b \cos\left(100\pi t - \frac{\pi AB}{2}\right) = (a + b) \cos\left(100\pi t - \frac{\pi AB}{2}\right)$$

Vậy điểm I đang dao động với biên độ cực đại.

Để điểm C dao động với biên độ cực đại và cùng pha với I, thì dựa vào phương trình tổng hợp của I và C ta có điều kiện là $\pi d = k2\pi \Leftrightarrow d = 2k \Leftrightarrow -5 \leq 2k \leq 6 \Leftrightarrow -2,5 \leq k \leq 3$

Có 6 giá trị của k thỏa mãn nên trên MN có 6 điểm có biên độ cực đại và cùng pha với I (tính cả I). Vậy có 5 điểm thỏa mãn yêu cầu bài toán

Đáp án C

5. Bài toán cực trị trong giao thoa

5.1. Phương pháp

Bài toán cực trị trong giao thoa là bài toán liên quan đến vị trí của các điểm cực đại, cực tiểu sao cho khoảng cách từ điểm đó đến một điểm khác, hoặc đến một đoạn nào đó là gần nhất (nhỏ nhất), xa nhất (lớn nhất).

Phương pháp chung là từ giả thiết của đề bài, biểu diễn các khoảng cách đó theo k . Sau đó chặn k và suy ra k để khoảng cách đó lớn nhất hay nhỏ nhất. Từ đó suy ra kết quả bài toán.

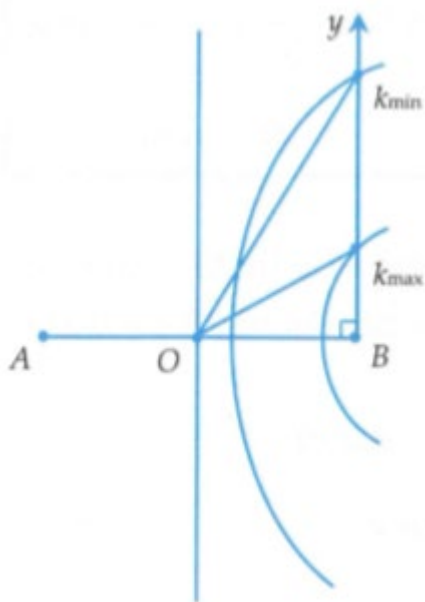
Ta sẽ xét những ví dụ minh họa để hiểu hơn.

Chú ý

Trong bài toán dạng này, thường sử dụng các hệ thức lượng trong tam giác để tính toán.

Ví dụ 1: Tại hai điểm A và B trên mặt thoáng của chất lỏng có hai nguồn phát sóng kết hợp dao động cùng pha, với tần số 10 Hz. Coi biên độ sóng không đổi trong quá trình truyền sóng. Biết tốc độ truyền sóng $v = 2 \text{ m/s}$ và $AB = 100 \text{ cm}$. Xét các điểm ở mặt chất lỏng nằm trên đường thẳng By vuông góc với AB tại B và dao động với biên độ cực đại, điểm cách B xa nhất và gần nhất lần lượt là bao nhiêu?

Lời giải



Để thấy bước sóng $\lambda = \frac{v}{f} = 20 \text{ cm}$

- Giả sử điểm p nằm trên By dao động với biên độ cực đại và cách nguồn A khoảng $d_1 = AP$, cách nguồn B khoảng $d_2 = BP$. Yêu cầu bài toán tương đương việc tìm giá trị lớn nhất, nhỏ nhất của d_2

- Vì hai nguồn cùng pha nên P dao động với biên độ cực đại khi $d_2 - d_1 = k\lambda$

- Rõ ràng từ phương trình trên, ta chỉ cần tính k để d_2 cực đại (cực tiểu) sau đó kết hợp với định lý Pytago $d_1 = \sqrt{d_2^2 + AB^2}$, giải hệ là bài toán được giải quyết.

- Bây giờ, ta sẽ đi tìm k để d_1 cực đại, cực tiểu. Ta có

$$d_2 - d_1 = k\lambda < 0 \Rightarrow d_2 - \sqrt{d_2^2 + AB^2} = k\lambda < 0 \Leftrightarrow \frac{AB^2}{d_2 + \sqrt{d_2^2 + AB^2}} = -k\lambda, k < 0 \Rightarrow \frac{AB^2}{d_2 + \sqrt{d_2^2 + AB^2}} = |k|\lambda$$

- Nếu d_2 càng lớn thì về trái càng nhỏ, $|k|$ càng nhỏ. Tức là d_2 lớn nhất khi $|k|$ nhỏ nhất, hay P thuộc cực đại bậc nhỏ nhất.

- Nếu d_2 càng nhỏ thì về trái càng lớn, $|k|$ càng lớn. Tức là d_2 nhỏ nhất khi $|k|$ lớn nhất, hay P thuộc cực đại bậc lớn nhất.

Điểm cách B xa nhất:

- d_2 lớn nhất khi P thuộc cực đại bậc nhỏ nhất.

- Với 2 nguồn cùng pha thì cực đại có bậc nhỏ nhất (không phải trung trực) là cực đại bậc 1. Do đó ta có:

$$d_2 - d_1 = k\lambda = -1.20 = -20$$

Mặt khác, theo Pytago thì

$$d_2^2 + AB^2 = d_1^2 \Rightarrow d_2^2 + 100^2 = (d_2 + 20)^2 \Leftrightarrow d_2^2 + 100^2 = d_2^2 + 40d_2 + 20^2 \Leftrightarrow d_2 = 240$$

Vậy cực đại trên By cách B xa nhất một đoạn 240 cm.

Điểm cách B gần nhất:

- d_2 nhỏ nhất khi P thuộc cực đại bậc lớn nhất.

- Đường cực đại bậc k sẽ cắt AB tại điểm cực đại bậc k. Xét trên AB thì ta

$$\text{có } |k| \leq \frac{AB}{\lambda} = \frac{100}{20} = 5 \Rightarrow |k|_{\max} = 5$$

Vậy đường cực đại xa trung trực nhất (gần B nhất) có bậc là 4. Do đó ta có $d_2 - d_1 = k\lambda = -4.20 = -80$

Mặt khác, theo Pitago thì

$$d_2^2 + AB^2 = d_1^2 + 100^2 = (d_2 + 80)^2 \Leftrightarrow d_2^2 + 100^2 = d_2^2 + 2.80d_2 + 80^2 \Leftrightarrow d_2 = 22,5 \text{ cm}$$

Vậy cực đại trên By cách B gần nhất một đoạn 22,5 cm.

Ví dụ 2: Tại hai điểm A và B trên mặt chất lỏng có nguồn phát sóng cơ cùng pha cách nhau $AB = 8 \text{ cm}$, dao động với tần số $f = 20 \text{ Hz}$ và pha ban đầu bằng 0. Một điểm M trên mặt nước, cách A một khoảng 25 cm và cách B một khoảng 20,5 cm, dao động với biên độ cực đại. Giữa M và đường trung trực của AB có hai vân giao thoa cực đại. Coi biên độ sóng truyền đi không giảm. Điểm Q cách A khoảng l thỏa mãn AQ và AB vuông góc. Tính giá trị cực đại của l để điểm Q dao động với biên độ cực đại?

A. 20,6 cm.

B. 20,1 cm.

C. 10,6 cm.

D. 16 cm.

Lời giải

- Vì hai nguồn cùng pha và M dao động với biên độ cực đại, và giữa M và đường trung trực có hai vân giao thoa cực đại, nên M thuộc vân cực đại bậc 3. Do đó ta có $MA - MB = 3\lambda \Rightarrow 25 - 20,5 = 3\lambda \Rightarrow \lambda = 1,5$

- Vì l lớn nhất nên Q xa A nhất, do đó Q thuộc đường cực đại bậc 1.

$$\text{Khi đó ta có } \begin{cases} QB - 1 = 1\lambda = 1,5 \\ QB = \sqrt{8^2 + l^2} \end{cases} \Rightarrow \sqrt{8^2 + l^2} - 1 = 1,5 \Rightarrow l = 20,6$$

Ví dụ 3: Trên mặt thoáng chất lỏng, tại A và B cách nhau 20 cm, người ta bố trí hai nguồn đồng bộ có tần số 20 Hz. 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?

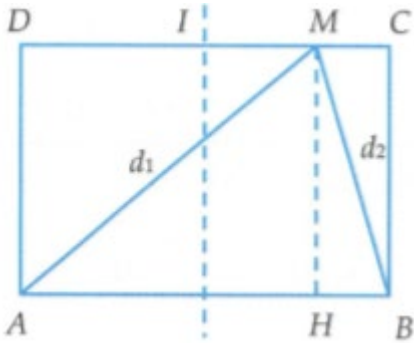
A. 1,25 cm.

B. 2,8 cm.

C. 2,5 cm.

D. 3,7 cm.

Lời giải



Bước sóng $\lambda = \frac{v}{f} = 2,5$

Xét điểm M trên CD, M gần I nhất dao động với biên độ cực đại khi M thuộc cực đại bậc 1. Khi đó ta có $d_1 - d_2 = \lambda = 2,5(\text{cm})(*)$. Đặt $x = IM$ ta có

$$\begin{cases} d_1^2 = MH^2 + \left(\frac{AB}{2} + x\right)^2 \\ d_2^2 = MH^2 + \left(\frac{AB}{2} - x\right)^2 \end{cases} \Rightarrow d_1^2 - d_2^2 = 2ABx = 40x \Rightarrow d_1 - d_2 = \frac{40x}{d_1 - d_2} = \frac{40x}{2,5} = 16x(**)$$

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

Từ đó ta có $d_1^2 = (8x + 1,25)^2 = 20^2 + (10 + x)^2 \Rightarrow x = 2,813\text{cm}$

Đáp án B

Ví dụ 4: Hai nguồn sóng kết hợp đặt tại A và B cách nhau 20 cm dao động theo phương trình $u = a \cos \omega t$ trên mặt nước, coi biên độ sóng không đổi, bước sóng $\lambda = 3$. Gọi O là trung điểm của AB. Một điểm nằm trên đường trung trực AB, dao động cùng pha với các nguồn A và B, cách A hoặc B một đoạn nhỏ nhất là:

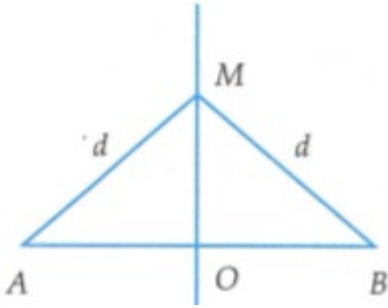
A. 12 cm

B. 10 cm

C. 13.5 cm.

D. 15 cm.

Lời giải



Biểu thức sóng tại A, B $u = a \cos \omega t$

Từ đó suy ra biểu thức sóng tại M là $u_M = 2a \cos \left(\omega t - \frac{2\pi d}{\lambda} \right)$

Xét điểm M trên trung trực của AB: $AM = BM = d \geq AO = 10\text{cm}$

Điểm M dao động cùng pha với nguồn khi $\frac{2\pi d}{\lambda} = 2k\pi \Rightarrow d = k\lambda = 3k$ Để AM nhỏ nhất thì k nguyên phải nhỏ nhất. Vì $d \geq 10$ nên ta có $k \geq 3,33$. Suy ra $k_{\min} = 3$

Khi đó: $d = d_{\min} = 4.3 = 12(\text{cm})$

Đáp án A

Ví dụ 5: Giao thoa sóng nước với hai nguồn giống hệt nhau A, B cách nhau 20 cm có tần số 50 Hz. Tốc độ truyền sóng trên mặt nước là 1,5 m/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. 18,67 mm B. 17,96 mm C. 19,97 mm D. 15,34 mm

Lời giải

Bước sóng $\lambda = \frac{v}{f} = 3$; $AM = AB = 20\text{cm}$

$$AM - BM = k\lambda \Rightarrow BM = 20 - 3k. \text{ Ta có } -\frac{AB}{\lambda} < k < \frac{AB}{\lambda} \approx 6,7 \Rightarrow k_{\max} = 6 \Rightarrow BM_{\min} = 2\text{cm}$$

Ta có ΔAMB cân $AM = AB = 200\text{mm}$; $BM = 20\text{mm}$

Khoảng cách từ M đến AB là đường cao MH của ΔAMB :

$$h = \frac{2\sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}}{a}; p = \frac{a+b+c}{2} = 21\text{cm}$$

$$\text{Từ đó ta có } h = \frac{2\sqrt{21 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 19}}{20} \approx 1,997\text{cm} = 19,97\text{mm}$$

Đáp án C

STUDY TIP

Diện tích tam giác: $S = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}$

$$S = \frac{1}{2}ah$$

p là nửa chu vi tam giác

Ví dụ 6: Có hai nguồn dao động kết hợp S_1 và S_2 trên mặt nước cách nhau 8 cm có phương trình dao động lần lượt là $u_{S_1} = 2 \cos\left(10\pi t - \frac{\pi}{4}\right)$ mm; $u_{S_2} = 2 \cos\left(10\pi t + \frac{\pi}{4}\right)$ mm. Tốc độ truyền sóng trên mặt nước là 10 cm/s. Xem biên độ của sóng không đổi trong quá trình truyền đi. Điểm M trên mặt nước cách S_1 khoảng $S_1M = 10$ cm và S_2 khoảng $S_2M = 6$ cm. Điểm dao động cực đại trên S_2M xa S_2 nhất là:

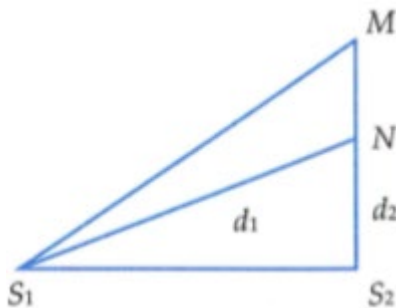
A. 3,07 cm.

B. 2,33 cm.

C. 3,57 cm.

D. 6 cm.

Lời giải



Bước sóng $\lambda = \frac{v}{f} = 2$ cm

Xét điểm N trên S_2M với $S_1N = d_1$; $S_2N = d_2$ ($0 \leq d_2 \leq 6$)

Tam giác S_1S_2M là tam giác vuông tại S_2 .

Sóng truyền từ S_1 ; S_2 đến N có phương trình

$$\begin{cases} u_{1N} = 2 \cos\left(10\pi t - \frac{\pi}{4} - \frac{2\pi d_1}{\lambda}\right) \\ u_{2N} = 2 \cos\left(10\pi t + \frac{\pi}{4} - \frac{2\pi d_2}{\lambda}\right) \end{cases}$$

Phương trình dao động tổng hợp tại N là $u_N = 4 \cos\left(\frac{\pi(d_1 - d_2)}{\lambda} - \frac{\pi}{4}\right) \cos\left(10\pi t - \frac{\pi(d_1 + d_2)}{\lambda}\right)$

N là điểm có biên độ cực đại: $\cos\left(\frac{\pi(d_1 - d_2)}{\lambda} - \frac{\pi}{4}\right) = \pm 1 \Rightarrow \left(\frac{\pi(d_1 - d_2)}{\lambda} - \frac{\pi}{4}\right) = k\pi$

$$\Rightarrow \frac{d_1 - d_2}{\lambda} - \frac{1}{4} = k \Rightarrow d_1 - d_2 = \frac{4k - 1}{2} \quad (1)$$

Mặt khác ta có $d_1^2 - d_2^2 = S_1S_2^2 = 64 \Rightarrow d_1 + d_2 = \frac{64}{d_1 - d_2} = \frac{128}{4k - 1} \quad (2)$

Lấy (2) - (1) $d_2 = \frac{64}{4k - 1} - \frac{4k - 1}{4} = \frac{256 - (4k - 1)^2}{4(4k - 1)}$ (k nguyên dương)

Mà ta có $0 \leq d_2 \leq 6$ nên do đó $0 \leq d_2 = \frac{256 - (4k - 1)^2}{4(4k - 1)} \leq 6$

$$\text{Đặt } X = 4k - 1 \Rightarrow 0 \leq \frac{256 - X^2}{4X} \leq 6 \Rightarrow X \geq 8 \Rightarrow 4k - 1 \geq 8 \Rightarrow k \geq 2,25$$

Điểm N có biên độ cực đại xa S_2 nhất ứng với giá trị nhỏ nhất của k: $k_{\min} = 3$

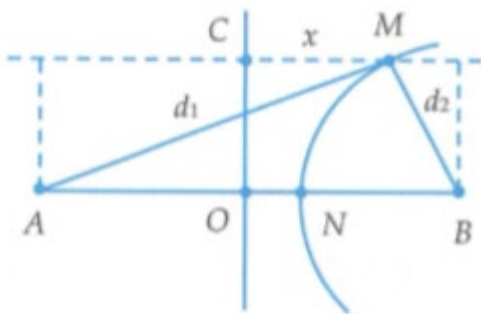
$$\text{Khi đó } d_2 = \frac{256 - (4k - 1)^2}{4(4k - 1)} = \frac{256 - 11^2}{44} = 3,068 \approx 3,07(\text{cm})$$

Đáp án A

Ví dụ 7: Trong thí nghiệm giao thoa trên mặt chất lỏng với 2 nguồn A, B phát sóng kết hợp ngược pha nhau. Khoảng cách giữa 2 nguồn là $AB = 16\text{cm}$. Hai sóng truyền đi có bước sóng là 4cm . Trên đường thẳng xx' song song với AB, cách AB một đoạn 8cm , 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 đại nằm trên xx' là

- A. 1,42 cm B. 1,50 cm C. 2,15 cm. D. 2,25 cm.

Lời giải



Cách 1:

$$\text{Vì 2 nguồn ngược pha nên điểm M thuộc } xx' \text{ dao động với biên độ cực đại khi } d_1 - d_2 = \frac{(2k+1)\lambda}{2}$$

$$\text{Do M là điểm cực đại gần C nhất nên M nằm trên đường cực đại thứ nhất } k = 0, \text{ khi đó } d_1 - d_2 = \frac{\lambda}{2} = \frac{4}{2}$$

Mặt khác nhìn hình vẽ ta có:

$$\begin{cases} d_1^2 = (8+x)^2 + 8^2 \\ d_2^2 = (8-x)^2 + 8^2 \end{cases} \Rightarrow d_1 - d_2 = \sqrt{(8+x)^2 + 8^2} - \sqrt{(8-x)^2 + 8^2} = 2$$

Giải phương trình ta được $x = 1,42\text{ cm}$.

$$\text{Cách 2: Ta có phương trình hypecbol: } \left(\frac{x}{a}\right)^2 - \left(\frac{y}{b}\right)^2 = 1$$

Trong đó: N là đỉnh hypecbol với đường cực tiểu gần trung trực nhất \Rightarrow với nguồn cùng pha nên:

$$ON = a = \frac{\lambda}{4} = \frac{4}{4} = 1(\text{cm})$$

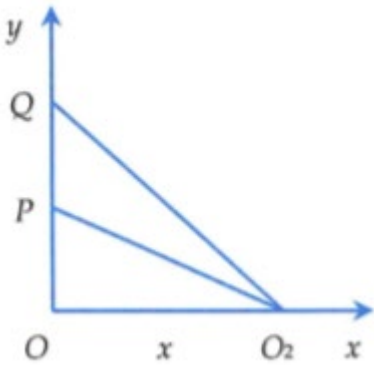
$$b^2 = c^2 - a^2 \text{ với } c \text{ là tiêu điểm và } c = OB = OA = \frac{AB}{2} = \frac{16}{2} = 8(\text{cm}) \Rightarrow b^2 = 63$$

Suy ra $x = 1,42(\text{cm})$

Ví dụ 8: 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



Đặt $OO_2 = x$

Xét ΔPQO_2 , sử dụng định lí hàm sin và bất đẳng thức Cauchy - Schwarz, ta có: $\frac{PQ}{\sin \alpha} = \frac{PO_2}{\sin \widehat{OQO_2}}$

$$= \frac{\sqrt{OP^2 + x^2}}{x} = \frac{\sqrt{(OP^2 + x^2)(OQ^2 + x^2)}}{x} \geq \frac{OPx + OQx}{x} = OP + OQ = 12,5$$

Suy ra $\sin \alpha \leq \frac{3,5}{12,5} = \frac{7}{25}$. Vì $\alpha \in \left(0; \frac{\pi}{2}\right)$ nên $\sin \alpha \leq \frac{7}{25} \Leftrightarrow \alpha \leq \arcsin \frac{7}{25}$

Đẳng thức xảy ra khi và chỉ khi $\frac{OP}{x} = \frac{x}{OQ} \Leftrightarrow x = \sqrt{OP \cdot OQ} = \sqrt{4,5 \cdot 8} = 6\text{cm}$

Giả sử tại Q là cực đại bậc k thuộc hypebol cực đại bậc k . Vì giữa P và Q không có cực đại nào khác, nên Q là cực tiểu gây ra bởi hypebol cực tiểu gần hypebol cực đại bậc k nhất (gần về phía điểm O), hypebol cực tiểu này có bậc cũng là k .

Ta có:

$$\begin{cases} O_2Q - OQ = k\lambda \\ O_2P - OP = (2k+1)\frac{\lambda}{2} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \sqrt{OQ^2 + x^2} - OQ = k\lambda \\ \sqrt{OP^2 + x^2} - OP = (2k+1)\frac{\lambda}{2} \end{cases} \Leftrightarrow \frac{k\lambda}{(2k+1)\frac{\lambda}{2}} = \frac{\sqrt{6^2 + 8^2} - 8}{\sqrt{4,5^2 + 6^2} - 4,5} = \frac{2}{3} \Leftrightarrow k = 1$$

Từ đó suy ra $\lambda = 2\text{ cm}$.

Bây giờ giả sử một điểm M nào đó thuộc OP và cách O một đoạn y .

Để điểm M dao động với biên độ cực đại, và gần P nhất thì M phải thuộc cực đại bậc $k + 1 = 2$.

Khi đó ta có: $O_2M - y = 2\lambda$, tương đương với $\sqrt{y^2 + 6^2} - y = 4 \Leftrightarrow y = 2,5\text{cm}$

Đến đây nhiều bạn tính được bằng 2,5 cm nhìn đáp án thấy cũng có 2,5 cm và khoan luôn 2,5 cm, và bạn đã sai.

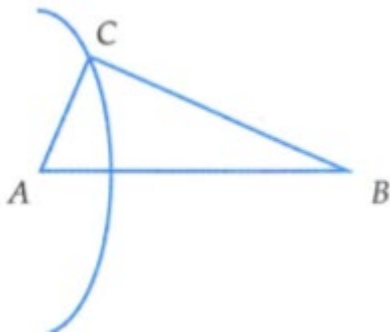
Vì đề bài người ta hỏi là khoảng cách giữa điểm đó và P nên đáp án đúng là $4,5 - 2,5 = 2\text{ cm}$.

Đáp án B

Ví dụ 9: Tại mặt nước, hai nguồn kết hợp được đặt ở A và B cách nhau 68 mm, dao động điều hòa cùng tần số, cùng pha, theo phương vuông góc với mặt nước. Trên đoạn AB, hai phần tử nước dao động với biên độ cực đại có vị trí cân bằng cách nhau một đoạn ngắn nhất là 10 mm. Điểm C là vị trí cân bằng của phần tử ở mặt nước sao cho $AC \perp BC$. Phần tử nước ở C dao động với biên độ cực đại. Khoảng cách BC lớn nhất bằng

- A. 37,6 mm. B. 67,6 mm C. 64,0 mm D. 68,5 mm.

Lời giải



- Hai phần tử nước dao động với biên độ cực đại có vị trí cách nhau một đoạn ngắn nhất là 10 mm chính là khoảng cách giữa hai điểm cực đại liên tiếp nằm trên đoạn AB. Khi đó ta có $\frac{\lambda}{2} = 10 \Rightarrow \lambda = 20(\text{mm})$

- Để BC lớn nhất thì C phải thuộc cực đại xa B nhất (gần A nhất).

- Ta có: $|k| \leq \frac{AB}{\lambda} = \frac{68}{20} = 3,4$ nên $k_{\max} = 3$ suy ra C thuộc cực đại bậc 3. Do đó

$$\begin{cases} CB - CA = 3\lambda = 60 \\ CB^2 + CA^2 = AB^2 = 68^2 \end{cases} \Rightarrow CB^2 + (CB - 60)^2 = 68^2 \Leftrightarrow \begin{cases} CB = 67,6 \\ CB = -7,6 \end{cases}$$

- Vì $CB > 0$ nên $CB = 67,6\text{ mm}$.

Đáp án B

Ví dụ 10: 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 đoạn 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

- Bước sóng $\lambda = \frac{v}{f} = 0,5\text{cm}$

- Giả sử phương trình dao động của hai nguồn là $u = a \cos \omega t$

- Ta sẽ tìm điểm N_1 thỏa mãn yêu cầu bài toán, nằm phía trên điểm M; tìm điểm N_2 thỏa mãn yêu cầu bài toán, nằm phía dưới điểm M, sau đó so sánh N_1M và N_2M .

- Xét hai điểm điểm N_1, N_2 lần lượt nằm trên M và nằm dưới M, thuộc d, cách S_1 một khoảng là $d_1 > S_1M$ và $d_2 < S_2M$.

- Phương trình sóng tại M do hai nguồn cùng pha truyền tới là: $u_M = 2a \cos\left(\omega t - \frac{2\pi d_1 M S_1}{\lambda}\right)$

- Phương trình sóng tại N_1, N_2 do hai nguồn cùng pha truyền tới là:

$$u_{N_1} = 2a \cos\left(\omega t - \frac{2\pi d_1}{\lambda}\right)$$

$$u_{N_2} = 2a \cos\left(\omega t - \frac{2\pi d_2}{\lambda}\right)$$

Để N_1, N_2 dao động cùng pha với M thì độ lệch pha phải bằng $k2\pi$. Ta có:

$$\begin{cases} \frac{2\pi d_1}{\lambda} - \frac{2\pi S_1 M}{\lambda} = k_1 2\pi \\ \frac{2\pi d_2}{\lambda} - \frac{2\pi S_2 M}{\lambda} = k_2 2\pi \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} d_1 = S_1 M + k_1 \lambda > S_1 M \\ d_2 = S_2 M + k_2 \lambda > S_2 M \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} k_1 > 0 \\ k_2 < 0 \end{cases}$$

- Vì N_1 và N_2 là điểm gần M nhất, nên $k_1 = 1$ và $k_2 = -1$. Từ đó ta có:

$$\text{- Suy ra } \begin{cases} N_1 M = \sqrt{10,5^2 - 8^2} - \sqrt{10^2 - 8^2} \approx 0,8\text{cm} \\ N_2 M = \sqrt{10,5^2 - 8^2} - \sqrt{9,5^2 - 8^2} \approx 0,88\text{cm} \end{cases}$$

- Vì $N_1 M < N_2 M$ nên điểm N gần M nhất dao động cùng pha với M cách M một khoảng nhỏ nhất bằng 8 mm.

Đáp án A

Ví dụ 11: Ở mặt chất lỏng có 2 nguồn kết hợp đặt tại A và B dao động điều hòa, cùng pha theo phương thẳng đứng. Ax là nửa đường thẳng nằm ở mặt chất lỏng và vuông góc với AB. Trên Ax có những điểm mà các phần tử ở đó dao động với biên độ cực đại, trong đó M là điểm xa A nhất, N là điểm kế tiếp với M, P là điểm kế tiếp với N và Q là điểm gần A nhất. Biết $MN = 22,25$ cm; $NP = 8,75$ cm. Độ dài đoạn QA gần nhất với giá trị nào sau đây?

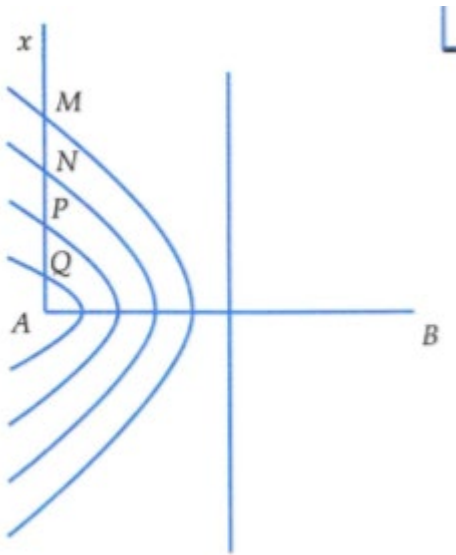
A. 1,2 cm.

B. 4,2 cm.

C. 2,1 cm.

D. 3,1 cm.

Lời giải



Theo bài ra, M là điểm xa A nhất nên M thuộc cực đại bậc 1, N thuộc cực đại bậc 2, P thuộc cực đại bậc 3. Vì hai nguồn cùng pha, nên ta có

$$\begin{cases} MB - MA = \lambda \\ NB - NA = 2\lambda \\ PB - PA = 3\lambda \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \sqrt{a^2 + (m + 22,25 + 8,75)^2} - (m + 22,25 + 8,75) = \lambda \\ \sqrt{a^2 + (m + 8,75)^2} - (m + 8,75) = 2\lambda \\ \sqrt{a^2 + m^2} - m = 3\lambda \end{cases} \quad (1)$$

Trong đó $a = AB$, $PA = m$. Ta có

$$\begin{aligned} \sqrt{a^2 + m^2} - m = 3\lambda &\Rightarrow \frac{(\sqrt{a^2 + m^2} - m)(\sqrt{a^2 + m^2} + m)}{\sqrt{a^2 + m^2} + m} = 3\lambda \Leftrightarrow \frac{a^2}{\sqrt{a^2 + m^2} + m} = 3\lambda \\ \Rightarrow \begin{cases} \sqrt{a^2 + m^2} - m \\ \sqrt{a^2 + m^2} + m = \frac{a^2}{3\lambda} \end{cases} &\Rightarrow 2m = \frac{a^2}{3\lambda} - 3\lambda \end{aligned}$$

Tương tự, hệ (I) của ta sẽ trở thành

$$\begin{cases} 2(m + 31) = \frac{a^2}{\lambda} - \lambda \\ 2(m + 8,75) = \frac{a^2}{2\lambda} - 2\lambda \\ 2m = \frac{a^2}{3\lambda} - 3\lambda \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} m = 7,5 \\ a = 18 \\ \lambda = 4 \end{cases}$$

Xét trên đoạn OA (O là trung điểm AB), ta có $\frac{OA}{\frac{\lambda}{2}} = \frac{2OA}{\lambda} = \frac{AB}{\lambda} = \frac{AB}{\lambda} = \frac{18}{4} = 4,5$

nên suy ra cực đại lớn nhất trong đoạn OA là cực đại bậc 4. Vì Q thuộc Ax và gần A nhất nên Q phải thuộc cực đại bậc 4.

$$\text{Vậy } QB - QA = 4\lambda \Leftrightarrow \sqrt{a^2 - QA^2} - QA = 4\lambda \Leftrightarrow 2QA = \frac{a^2}{4\lambda} - 4\lambda \Leftrightarrow QA = \frac{a^2}{8\lambda} - 2\lambda = \frac{18^2}{8 \cdot 4} - 2 \cdot 4 = 2,125$$

6. Bài tập tự luyện

Câu 1: Dao động tại hai điểm S_1, S_2 cách nhau 10,4 cm trên mặt chất lỏng có biểu thức: $s = a \cos 80\pi t$, vận tốc truyền sóng trên mặt chất lỏng là 0,64 m/s. Số hypebol mà tại đó chất lỏng dao động mạnh nhất giữa hai điểm S_1 và S_2 là:

- A. $n = 9$ B. $n = 13$ C. $n = 15$ D. $n = 26$

Câu 2: Trên mặt một chất lỏng có hai nguồn kết hợp S_1 và S_2 dao động với tần số $f = 25$ Hz. Giữa S_1, S_2 có 10 hypebol là quỹ tích của các điểm đứng yên. Khoảng cách giữa đỉnh của hai hypebol ngoài cùng là 18 cm. Tốc độ truyền sóng trên mặt nước là:

- A. $v = 0,25$ m/s. B. $v = 0,8$ m/s. C. $v = 0,75$ m/s. D. $v = 1$ m/s.

Câu 3: Trong một thí nghiệm về giao thoa sóng trên mặt nước, hai nguồn kết hợp A và B dao động với tần số 15Hz và cùng pha. Tại một điểm M cách nguồn A và B những khoảng $d_1 = 16$ cm và $d_2 = 20$ cm, sóng có biên độ cực tiểu. Giữa M và đường trung trực của AB có hai dãy cực đại. Tốc độ truyền sóng trên mặt nước là

- A. 24 cm/s B. 48 cm/s. C. 40 cm/s. D. 20 cm/s.

Câu 4: Hai nguồn sóng kết hợp cùng pha A và B trên mặt nước có tần số 15 Hz. Tại điểm M trên mặt nước cách các nguồn đoạn 14,5 cm và 17,5 cm sóng có biên độ cực đại. Giữa M và trung trực của AB có hai dãy cực đại khác. Vận tốc truyền sóng trên mặt nước là

- A. 15 cm/s. B. 22,5 cm/s. C. 5 cm/s. D. 20 m/s.

Câu 5: Trên mặt nước nằm ngang, tại hai điểm S_1, S_2 cách nhau 8,2 cm, người ta đặt hai nguồn sóng cơ kết hợp, dao động điều hòa theo phương thẳng đứng có tần số 15 Hz và luôn dao động cùng pha. Biết tốc độ truyền sóng trên mặt nước là 30 cm/s và coi biên độ sóng không đổi khi truyền đi. Số điểm dao động với biên độ cực đại trên đoạn S_1S_2 là:

- A. 11 B. 8 C. 5 D. 9

Câu 6: Hai nguồn S_1 và S_2 trên mặt nước cách nhau 13cm cùng dao động theo phương trình $u = 2 \cos 40\pi t$ (cm) Biết tốc độ truyền sóng trên mặt chất lỏng là 0,8 m/s. Biên độ sóng không đổi. Số điểm cực đại trên đoạn S_1S_2 là:

- A. 7 B. 9 C. 11 D. 5

Câu 7: Hai điểm S_1, S_2 trên mặt một chất lỏng, cách nhau 18 cm, dao động cùng pha với biên độ a và tần số $f = 20$ Hz. Tốc độ truyền sóng trên mặt chất lỏng là $v = 1,2$ m/s. Nếu không tính đường trung trực của S_1S_2 thì số gợn sóng hình hypebol thu được là:

- A. 2 gợn. B. 8 gợn. C. 4 gợn. D. 16 gợn.

Câu 8: Hai nguồn sóng kết hợp A và B dao động ngược pha với tần số $f = 40$ Hz, vận tốc truyền sóng $v = 60$ cm/s. Khoảng cách giữa hai nguồn sóng là 7cm. Số điểm dao động với biên độ cực đại giữa A và B là:

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

Câu 9: Tại hai điểm O_1, O_2 cách nhau 48cm trên mặt chất lỏng có hai nguồn phát sóng dao động theo phương thẳng đứng với phương trình: $u_1 = 5 \cos(100\pi t)$ (mm); $u_2 = 5 \cos(100\pi t + \pi)$ (mm) Vận tốc truyền sóng trên mặt chất lỏng là 2m/s. Coi biên độ sóng không đổi trong quá trình truyền sóng. Trên đoạn O_1O_2 có số cực đại giao thoa là

- A. 24 B. 26 C. 25 D. 23

Câu 10: Tại hai điểm A và B trên mặt nước có hai nguồn kết hợp cùng dao động với phương trình $u = a \cos 100\pi t$. Tốc độ truyền sóng trên mặt nước là 40 cm/s. Xét điểm M trên mặt nước có $AM = 9\text{cm}$ và $BM = 7\text{cm}$. Hai dao động tại M do hai sóng từ A và B truyền đến là hai dao động:

- A. cùng pha. B. ngược pha. C. lệch pha $\frac{\pi}{2}$ D. lệch pha $\frac{2\pi}{3}$

Câu 11: Trên mặt nước, hai nguồn kết hợp A, B cách nhau 40cm luôn dao động cùng pha, có bước sóng 6cm. Hai điểm CD nằm trên mặt nước mà ABCD là một hình chữ nhật, $AD = 30\text{ cm}$. Số điểm cực đại và đứng yên trên đoạn CD lần lượt là:

- A. 5 và 6. B. 7 và 6 C. 13 và 12 D. 11 và 10

Câu 12: Tại 2 điểm A, B cách nhau 13cm trên mặt nước có 2 nguồn sóng đồng bộ, tạo ra sóng mặt nước có bước sóng là 1,2cm. M là điểm trên mặt nước cách A và B lần lượt là 12cm và 5cm. N đối xứng với M qua AB. Số hyperbol cực đại cắt đoạn MN là:

- A. 0 B. 3 C. 2 D. 4

Câu 13: Ở mặt thoáng của một chất lỏng có hai nguồn kết hợp A và B cách nhau 20 (cm) dao động theo phương thẳng đứng với phương trình: $u_A = 2 \cos(40\pi t)$ (mm); $u_B = 2 \cos(40\pi t + \pi)$ (mm) Biết tốc độ truyền sóng trên mặt chất lỏng là 30(cm/s). Xét hình vuông ABCD thuộc mặt chất lỏng. Số điểm dao động với biên độ cực đại trên đoạn BD là:

- A. 17 B. 18 C. 19 D. 20

Câu 14: Trong thí nghiệm giao thoa sóng nước, hai viên bi nhỏ S_1, S_2 gắn ở cần rung cách nhau 2cm và chạm nhẹ vào mặt nước. Khi cần rung dao động theo phương thẳng đứng với tần số $f = 100\text{ Hz}$ thì tạo ra sóng truyền trên mặt nước với vận tốc $v = 60\text{cm/s}$. Một điểm M nằm trong miền giao thoa và cách S_1, S_2 các khoảng $d_1 = 2,4\text{cm}$, $d_2 = 1,2\text{cm}$. Xác định số điểm dao động với biên độ cực đại trên đoạn MS_1 .

- A. 7 B. 5 C. 6 D. 8

Câu 15: Cho 2 nguồn sóng kết hợp đồng pha dao động với chu kỳ $T = 0,02$ trên mặt nước, khoảng cách giữa 2 nguồn $S_1S_2 = 20\text{ m}$. Vận tốc truyền sóng trong môi trường là 40m/s. Hai điểm M, N tạo với S_1 và S_2 thành hình chữ nhật S_1MNS_2 có $MS_1 = 10\text{ m}$. Trên MS_1 có số điểm cực đại giao thoa là

- A. 10 điểm B. 12 điểm C. 9 điểm D. 11 điểm

Câu 16: Trên mặt nước nằm ngang có hai nguồn sóng kết hợp cùng pha A và B cách nhau 6,5 cm, bước sóng $\lambda = 1\text{ cm}$. Xét điểm M có $MA = 7,5\text{ cm}$, $MB = 10\text{ cm}$. Số điểm dao động với biên độ cực tiểu trên đoạn MB là

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

Câu 17: Trong thí nghiệm giao thoa sóng trên mặt chất lỏng, hai nguồn AB dao động ngược pha nhau với tần số $f = 20\text{ Hz}$, vận tốc truyền sóng trên mặt chất lỏng $v = 40\text{ cm/s}$. Hai điểm M, N trên mặt chất lỏng có $MA = 18\text{ cm}$, $MB = 14\text{ cm}$, $NA = 15\text{ cm}$, $NB = 31\text{ cm}$. Số đường dao động có biên độ cực đại giữa hai điểm M, N là

- A. 9 đường B. 10 đường C. 11 đường. D. 8 đường.

Câu 18: Hai nguồn kết hợp A,B cách nhau 16cm đang cùng dao động vuông góc với mặt nước theo phương trình: $x = a \cos 50\pi t$ (cm). C là một điểm trên mặt nước thuộc vân giao thoa cực tiểu, giữa C và trung trực của AB có một vân giao thoa cực đại. Biết $AC = 17,2\text{ cm}$, $BC = 13,6\text{ cm}$. Số vân giao thoa cực đại đi qua cạnh AC là

- A. 16 đường. B. 6 đường. C. 7 đường. D. 8 đường.

Câu 19: Tại hai điểm trên mặt nước, có hai nguồn phát sóng A và B có phương trình $u = a \cos(40\pi t)$ (cm), vận tốc truyền sóng là 50(cm/s), A và B cách nhau 11(cm). Gọi M là điểm trên mặt nước có MA = 10 (cm) và MB = 5 (cm). Số điểm dao động cực đại trên đoạn AM là

- A. 6 B. 2 C. 9 D. 7

Câu 20: Tại hai điểm A, B trên mặt chất lỏng có hai nguồn phát sóng dao động điều hòa theo phương trình $u_1 = u_2 = a \cos(100\pi t)$ (mm) . AB = 13 cm, một điểm C trên mặt chất lỏng cách điểm B một khoảng BC = 13 cm và hợp với AB một góc 120° , tốc độ truyền sóng trên mặt chất lỏng là 1 m/s. Trên cạnh AC có số điểm dao động với biên độ cực đại là

- A. 11 B. 13 C. 9 D. 10

Câu 21: Ở mặt thoáng của một chất lỏng có hai nguồn kết hợp A và B cách nhau 20(cm) dao động theo phương thẳng đứng với phương trình $u_A = 2 \cos(40\pi t)$ (mm); $u_B = 2 \cos(40\pi t + \pi)$ (mm) . Biết tốc độ truyền sóng trên mặt chất lỏng là 30 (cm/s). Xét hình vuông ABCD thuộc mặt chất lỏng. Số điểm dao động với biên độ cực đại trên đoạn AC là:

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

Câu 22: Tại hai điểm S_1 và S_2 trên mặt nước cách nhau 20(cm) có hai nguồn phát sóng dao động theo phương thẳng đứng với các phương trình lần lượt là $u_1 = 2 \cos(50\pi t)$ (cm); $u_2 = 3 \cos(50\pi t - \pi)$ (cm) , tốc độ truyền sóng trên mặt nước là 1 (m/s). Điểm M trên mặt nước cách hai nguồn sóng S_1, S_2 lần lượt 12 (cm) và 16 (cm). Số điểm dao động với biên độ cực đại trên đoạn S_2M là

- A. 4 B. 5 C. 6 D. 7

Câu 23: Trên mặt nước có hai nguồn sóng nước A, B giống hệt nhau cách nhau một khoảng $AB = 4,8\lambda$. Trên đường tròn nằm trên mặt nước có tâm là trung điểm O của đoạn AB có bán kính $R = 5\lambda$ sẽ có số điểm dao động với biên độ cực đại là

- A. 9 B. 16 C. 18 D. 14

Câu 24: Hai nguồn sóng kết hợp giống hệt nhau được đặt cách nhau một khoảng cách x trên đường kính của một vòng tròn bán kính R ($x < R$) và đối xứng qua tâm của vòng tròn. Biết rằng mỗi nguồn đều phát sóng có bước sóng λ và $x = 6\lambda$. Số điểm dao động cực đại trên vòng tròn là

- A. 26 B. 24 C. 22 D. 20

Câu 25: Trên bề mặt chất lỏng cho 2 nguồn dao động vuông góc với bề mặt chất lỏng có phương trình dao động $u_A = 3 \cos 10\pi t$ (cm); $u_B = 5 \cos\left(10\pi t + \frac{\pi}{3}\right)$ (cm) Tốc độ truyền sóng trên dây là $v = 50$ cm/s.

AB = 30 cm. Cho điểm C trên đoạn AB, cách A khoảng 18 cm và cách B 12 cm. Vẽ vòng tròn đường kính 10 cm, tâm tại C. Số điểm dao động cực đại trên đường tròn là

- A. 7 B. 6 C. 8 D. 4

Câu 26: 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 A và M dao động với biên độ cực đại. Đoạn AM có giá trị lớn nhất là:

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

Câu 27: 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 A và M dao động với biên độ cực đại. Đoạn AM có giá trị nhỏ nhất là:

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

Câu 28: 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

Câu 29: 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/s. 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

Câu 30: Trên mặt thoáng chất lỏng, tại A và B cách nhau 20 cm, người ta bố trí hai nguồn đồng bộ có tần số 20 Hz. Tốc độ truyền sóng trên mặt thoáng chất lỏng $v = 50$ 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. 1,25 cm B. 2,8 cm C. 2,5 cm D. 3,7 cm

Câu 31: Trong một thí nghiệm giao thoa với hai nguồn phát sóng giống nhau tại A và B trên mặt nước. Khoảng cách $AB = 16$ cm. Hai sóng truyền đi có bước sóng $\lambda = 4$ 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. 2,25 cm B. 1,42 cm C. 1,5 cm D. 2,15 cm

Câu 32: Hai điểm A và B trên mặt nước cách nhau 12 cm phát ra hai sóng kết hợp có phương trình: $u_1 = u_2 = a \cos 40\pi t$ (cm), tốc độ truyền sóng trên mặt nước là 30 cm/s. Xét đoạn thẳng $CD = 6$ 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. 6,8 cm.

Câu 33: Giao thoa sóng nước với hai nguồn giống hệt nhau A, B cách nhau 20cm có tần số 50 Hz. Tốc độ truyền sóng trên mặt nước là 1,5 m/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. 18,67 mm. B. 17,96 mm. C. 19,97 mm. D. 15,34 mm.

Câu 34: Hai nguồn sóng AB cách nhau 1m dao động cùng Pha với bước sóng 0,5 m. I là trung điểm AB. H là điểm nằm trên đường trung trực của AB cách I một đoạn 100 m. Gọi d là đường thẳng qua H và song song với AB. Tìm điểm M thuộc d và gần H nhất, dao động với biên độ cực đại. Tìm khoảng cách MH

- A. 22,67 m B. 30,45 m C. 42,7 m D. 57,73 m.

Câu 35: Trong thí nghiệm giao thoa trên mặt nước, hai nguồn sóng kết hợp A và B dao động cùng pha, cùng tần số, cách nhau $AB = 8$ cm tạo ra hai sóng kết hợp có bước sóng $\lambda = 2$ cm. Trên đường thẳng (Δ) song song với AB và cách AB một khoảng là 2cm, khoảng cách ngắn nhất từ giao điểm C của (Δ) với đường trung trực của AB đến điểm M trên đường thẳng (Δ) dao động với biên độ cực tiểu là

- A. 0,43 cm B. 0,50 cm C. 0,56 cm D. 0,64 cm

Câu 36: Tại hai điểm A và B trên mặt chất lỏng có hai nguồn phát sóng cùng pha cách nhau $AB = 8$ cm, dao động với tần số $f = 20$ Hz và pha ban đầu bằng 0. Một điểm M trên mặt nước, cách A một khoảng 25 cm và cách B một khoảng 20,5 cm, dao động với biên độ cực đại. Giữa M và đường trung trực của AB có

hai vân giao thoa cực đại. Coi biên độ sóng truyền đi không giảm. Điểm Q cách A khoảng L thỏa mãn $AQ \perp AB$. Tính giá trị cực đại của L để điểm Q dao động với biên độ cực đại.

- A. 20,6 cm B. 20,1 cm C. 10,6 cm D. 16 cm

Câu 37: Tại hai điểm A và B trên mặt nước cách nhau 8 cm có hai nguồn kết hợp dao động với phương trình: $u_1 = u_2 = a \cos 40\pi t$ (cm), tốc độ truyền sóng trên mặt nước là 30 cm/s. Xét đoạn thẳng $CD = 4$ 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 3 điểm dao động với biên độ cực đại là:

- A. 3,3 cm B. 6 cm C. 8,9 cm D. 9,7 cm

Câu 38: Có hai nguồn dao động kết hợp S_1 và S_2 trên mặt nước cách nhau 8 cm có phương trình dao động lần lượt là: $u_{S_1} = 2 \cos\left(10\pi t - \frac{\pi}{4}\right)$ mm và $u_{S_2} = 2 \cos\left(10\pi t + \frac{\pi}{4}\right)$ mm. Tốc độ truyền sóng trên mặt nước là 10 cm/s. Xem biên độ của sóng không đổi trong quá trình truyền đi. Điểm M trên mặt nước cách S_1 khoảng $S_1M = 10$ cm và S_2 khoảng $S_2M = 6$ cm. Điểm dao động cực đại trên S_2M xa S_2 nhất là

- A. 3,07 cm. B. 2,33 cm C. 3,57 cm D. 6,00 cm

Câu 39: Tại hai điểm A và B trên mặt nước cách nhau 8 cm có hai nguồn kết hợp dao động với phương trình $u_1 = u_2 = a \cos 40\pi t$ (cm) tốc độ truyền sóng trên mặt nước là 30 cm/s. Xét đoạn thẳng $CD = 4$ 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 3 điểm dao động với biên độ cực đại là:

- A. 3,3 cm B. 6 cm. C. 8,9 cm. D. 9,7 cm.

Câu 40: Trên mặt nước tại hai điểm S_1 và S_2 người ta đặt hai nguồn sóng kết hợp, dao động điều hòa theo phương thẳng đứng với phương trình $u_A = 6 \cos 40\pi t$ và $u_B = 8 \cos 40\pi t$ trong đó $u_A; u_B$ tính bằng mm, t tính bằng giây. Biết tốc độ truyền sóng trên mặt nước là 40cm/s, coi biên độ sóng không đổi theo thời gian. Trên đoạn thẳng S_1S_2 , điểm dao động với biên độ 1cm và cách trung điểm đoạn S_1S_2 một đoạn gần nhất là:

- A. 0,25 cm B. 0,5 cm C. 0,75 cm D. 1 cm.

Câu 41: Người ta tạo ra giao thoa sóng trên mặt nước hai nguồn A, B dao động với phương trình $u_A = u_B = 5 \cos(10\pi t)$ (cm) Tốc độ truyền sóng trên mặt nước là 20 cm/s. Một điểm N trên mặt nước với $AN - BN = -10$ cm nằm trên đường cực đại hay cực tiểu thứ mấy, kể từ đường trung trực của AB?

- A. Cực tiểu thứ 3 về phía A. B. Cực tiểu thứ 4 về phía A
C. Cực tiểu thứ 4 về phía B. D. Cực đại thứ 4 về phía A.

Câu 42: Cho hai nguồn sóng S_1 và S_2 cách nhau 8 cm. Về một phía của S_1S_2 lấy thêm hai điểm S_3 và S_4 sao cho $S_1S_2 = 4$ và hợp thành hình thang cân $S_1S_2S_3S_4$. Biết bước sóng là 1 cm. Hỏi đường cao hình thang lớn nhất là bao nhiêu để trên S_3S_4 có 5 điểm cực đại:

- A. $2\sqrt{2}$ cm B. $3\sqrt{5}$ cm C. 4cm D. $6\sqrt{2}$ cm

Câu 43: Biết A và B là 2 nguồn sóng nước giống nhau cách nhau 4cm. C là một điểm trên mặt nước, sao cho $AC \perp AB$. Giá trị lớn nhất của đoạn AC để C nằm trên đường cực đại giao thoa là 4,2 cm. Bước sóng có giá trị bằng bao nhiêu?

- A. 2,4 cm B. 3,2 cm C. 1,6 cm D. 0,8 cm

Câu 44: Hai nguồn phát sóng kết hợp S_1, S_2 trên mặt nước cách nhau 30 cm phát ra hai dao động điều hoà cùng phương, cùng tần số $f = 50$ Hz và pha ban đầu bằng không. Biết tốc độ truyền sóng trên mặt

chất lỏng $v = 6 \text{ m/s}$. Những điểm nằm trên đường trung trực của đoạn S_1S_2 mà sóng tổng hợp tại đó luôn dao động ngược pha với sóng tổng hợp tại O (O là trung điểm của S_1S_2) cách O một khoảng nhỏ nhất là:

- A. $5\sqrt{6}\text{cm}$ B. $6\sqrt{6}\text{cm}$ C. $4\sqrt{6}\text{cm}$ D. $2\sqrt{6}\text{cm}$

Câu 45: Hai nguồn kết hợp S_1, S_2 cách nhau một khoảng là 50 mm đều dao động theo phương trình $u = a \cos(200\pi t)\text{mm}$ trên mặt nước. Biết vận tốc truyền sóng trên mặt nước $v = 0,8 \text{ m/s}$ và biên độ sóng không đổi khi truyền đi. Điểm gần nhất dao động cùng pha với nguồn trên đường trung trực của S_1S_2 cách nguồn S_1 là

- A. 32 mm B. 28 mm C. 24 mm D. 12 mm

ĐÁP ÁN

1-B	2-D	3-A	4-A	5-D	6-A	7-C	8-C	9-A	10-B
11-B	12-C	13-C	14-C	15-C	16-B	17-A	18-D	19-D	20-A
21-C	22-C	23-C	24-C	25-D	26-B	27-B	28-C	29-C	30-B
31-B	32-A	33-C	34-D	35-C	36-A	37-D	38-A	39-D	40-A
41-A	42-B	43-C	44-B	45-A					

III. BÀI TẬP SÓNG DỪNG

Để làm tốt những bài tập về sóng dừng, bạn đọc hãy đọc kỹ phần lí thuyết đã được tác giả hệ thống và lưu ý lại toàn bộ kiến thức. Tác giả sẽ không nhắc lại kiến thức ở đây nữa mà đi vào bài tập cụ thể để minh họa.

1. Bài tập đại cương về sóng dừng

Ví dụ 1: Trên một sợi dây đàn hồi dài 1m, hai đầu cố định, đang có sóng dừng với 5 nút sóng (kể cả hai đầu dây). Bước sóng của sóng truyền trên dây là:

- A. 0,5 m. B. 2m C. 1m D. 1,5m.

Lời giải



Sóng dừng trên sợi dây hai đầu cố định nên chiều dài dây thỏa mãn $l = k \frac{\lambda}{2}$

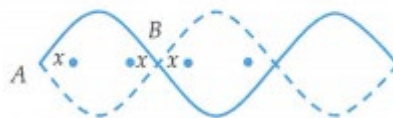
Vì trên dây có 5 nút sóng kể cả 2 đầu nên $k = 4$ do đó $l = 4 \frac{\lambda}{2} \Rightarrow \lambda = 0,5m$

Đáp án A.

Ví dụ 2: Một sợi dây đàn hồi đang có sóng dừng. Trên dây, những điểm dao động với cùng biên độ A_1 có vị trí cân bằng liên tiếp cách đều nhau một đoạn d_1 và những điểm dao động với cùng biên độ A_2 có vị trí cân bằng liên tiếp cách đều nhau một đoạn d_2 . Biết $A_1 > A_2 > 0$. Biểu thức nào sau đây đúng?

- A. $d_1 = 0,5d_2$ B. $d_1 = 4d_2$ C. $d_1 = 0,25d_2$ D. $d_1 = 2d_2$

Lời giải



- Các điểm dao động cùng biên độ khi các điểm đó cách nút một khoảng như nhau.
- Giả sử những điểm dao động cùng biên độ cách nút một khoảng x , $x \leq \frac{\lambda}{4}$.
- Vì các điểm này có vị trí cân bằng liên tiếp và cách đều nhau, nên từ hình vẽ, ta có:

$$\begin{cases} x + d + x = \frac{\lambda}{2} \\ x + x = d \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} d = \frac{\lambda}{4} \\ x = \frac{\lambda}{8} \end{cases}$$

Vì $A_1 > A_2 > 0$ nên ta có

+ Khi $x = \frac{\lambda}{8}$ thì ta có những điểm có cùng biên độ A_2 và có vị trí cân bằng cách đều nhau một khoảng

$$d_2 = \frac{\lambda}{4}$$

Khi $x = \frac{\lambda}{4}$ thì ta có những điểm cùng biên độ A_1 (điểm bụng) và có vị trí cân bằng cách đều nhau một

khoảng $d_1 = 2x = \frac{\lambda}{2}$

$$\begin{cases} d_1 = \frac{\lambda}{2} \\ d_2 = \frac{\lambda}{4} \end{cases} \Rightarrow \frac{d_1}{d_2} = \frac{\frac{\lambda}{2}}{\frac{\lambda}{4}} = 2 \Rightarrow d_1 = 2d_2$$

Đáp án D.

Ví dụ 3: M, N, P là 3 điểm liên tiếp nhau trên một sợi dây mang sóng dừng có cùng biên độ 4 mm, dao động tại N ngược pha với dao động tại M $MN = \frac{NP}{2} = 1$ cm. Cứ sau khoảng thời gian ngắn nhất là 0,04 s sợi dây có dạng một đoạn thẳng. Tốc độ dao động của phần tử vật chất tại điểm bụng khi qua vị trí cân bằng (lấy $\pi = 3,14$)

- A. 375 mm/s B. 363 mm/s C. 314 mm/s D. 628 mm/s

Lời giải

Vì M và N dao động ngược pha nên M và N đối xứng với nhau qua nút Q nào đó, còn N và P đối xứng nhau qua bụng. Gọi nút gần P nhất là R.

Do 3 điểm này cùng biên độ nên từ công thức biên độ $A = 2a \left| \sin \frac{2\pi d}{\lambda} \right|$ (d là khoảng cách từ điểm xét tới nút) ta suy ra $QM = QN = PR = \frac{MN}{2} = 0,5$ cm .

Mặt khác ta có khoảng cách giữa hai nút QR là

$$QR = \frac{\lambda}{2} \Rightarrow QN + NP + PR = \frac{\lambda}{2} \Rightarrow \frac{\lambda}{2} \Rightarrow 0,5 + 2 + 0,5 = \frac{\lambda}{2} \Rightarrow \lambda = 6$$

Khoảng thời gian giữa hai lần sợi dây duỗi thẳng là $\frac{T}{2} = 0,04 \Rightarrow T = 0,08$

$$\Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0,08} \Rightarrow v_{\max} = A\omega = 8 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{2\pi}{0,08} = 0,628 \text{ m/s} = 628 \text{ mm/s}$$

Đáp án D.

Ví dụ 4: Cho sợi dây có chiều dài l , hai đầu dây cố định, vận tốc truyền sóng trên sợi dây không đổi. Khi tần số sóng là $f_1 = 50$ Hz trên sợi dây xuất hiện $n_1 = 16$ nút sóng. Khi tần số sóng là f_2 , trên sợi dây xuất hiện $n_2 = 10$ nút sóng. Tính tần số f_2 .

- A. $f_2 = 30$ Hz B. $f_2 = 20$ Hz C. $f_2 = 10$ Hz D. $f_2 = 15$ Hz

Lời giải

$$\text{Khi tần số là } f_1 \text{ thì: } l = (n_1 - 1) \frac{\lambda_1}{2} = (n_1 - 1) \frac{v}{2f_1} \quad (1)$$

$$\text{Khi tần số là } f_2 \text{ thì: } l = (n_2 - 1) \frac{\lambda_2}{2} = (n_2 - 1) \frac{v}{2f_2} \quad (2)$$

$$\text{Từ (1) và (2) ta có: } l = (n_1 - 1) \frac{\lambda_2}{2f_1} = (n_2 - 1) \frac{v}{2f_2} \Leftrightarrow \frac{(n_1 - 1)}{f_1} = \frac{(n_2 - 1)}{f_2}$$

$$\text{Thay số ta được } \frac{16-1}{50} = \frac{10-1}{f_2} \Rightarrow f_2 = 30\text{Hz.}$$

Đáp án A.

Ví dụ 5: Quan sát hiện tượng sóng dừng trên một sợi dây có chiều dài 36 cm, người ta thấy trên sợi dây hình thành ra 5 nút sóng, trong đó có 2 nút nằm tại hai đầu sợi dây. Khoảng thời gian giữa hai lần gần nhất mà sợi dây duỗi thẳng là 0,6 s. Vận tốc truyền sóng trên sợi dây là:

A. $v = 5\text{cm/s.}$

B. $v = 10\text{cm/s.}$

C. $v = 15\text{cm/s.}$

D. $v = 20\text{cm/s.}$

Lời giải

Trong phần lí thuyết ta đã chứng minh khoảng thời gian giữa hai lần sợi dây duỗi thẳng là:

$$\frac{T}{2} = 0,6 \Rightarrow T = 1,2\text{s}$$

Trên sợi dây hình thành ra 5 nút sóng, trong đó có 2 nút nằm tại hai đầu sợi dây, vì vậy có 4 bụng sóng trên sợi dây và chiều dài sợi dây là:

$$l = 4 \frac{\lambda}{2} = 36\text{cm} \Rightarrow \lambda = 18\text{cm}$$

$$\text{Vận tốc truyền sóng trên sợi dây là: } v = \frac{\lambda}{T} = \frac{18}{1,2} = 15\text{cm/s}$$

Đáp án C.

Ví dụ 6: Làm thí nghiệm giao thoa về sóng dừng trên sợi dây có chiều dài l , hai đầu cố định, tần số thay đổi được. Khi tần số là $f_1 = 45\text{Hz}$ thì trên dây có hiện tượng sóng dừng. Khi tăng tần số của nguồn sóng, tới khi tần số là $f_2 = 54\text{Hz}$ thì trên sợi dây mới lại xuất hiện sóng dừng. Hỏi tần số của nguồn nhỏ nhất bằng bao nhiêu thì trên sợi dây bắt đầu có sóng dừng? Cho biết vận tốc truyền sóng trên sợi dây không đổi

A. $f = 9\text{Hz}$

B. $f = 18\text{Hz}$

C. $f = 36\text{Hz}$

D. $f = 27\text{Hz}$

Lời giải

Gọi vận tốc truyền sóng trên sợi dây là v , do hai đầu dây cố định nên ta có:

$$\text{Khi tần số là } f_1, \text{ trên dây xuất hiện } n_1 \text{ bó sóng nên } l = n_1 \frac{\lambda_1}{2} = n_1 \frac{v}{2f_1} \quad (1)$$

Khi tần số là f_2 , trên dây xuất hiện n_2 bó sóng nên $l = n_2 \frac{\lambda_2}{2} = n_2 \frac{v}{2f_2}$ (2)

Từ (1) và (2) ta có: $l = n_1 \frac{\lambda_1}{2} = n_2 \frac{\lambda_2}{2} \Leftrightarrow \frac{f_1}{f_2} = \frac{n_1}{n_2} \Leftrightarrow \frac{45}{54} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{5}{6}$ (3)

Do f_1 và f_2 là hai tần số liên tiếp xảy ra sóng dừng trên sợi dây, nên số bó sóng trong hai trường hợp chỉ hơn kém nhau 1 đơn vị (tức n_1, n_2 là hai số nguyên liên tiếp). Từ (3) suy ra $n_1 = 5$ bó sóng; $n_2 = 6$ bó sóng.

Giả sử với tần số f thì lúc đó sợi dây xuất hiện n bó sóng, khi đó: $l = n \frac{\lambda}{2} = n \frac{v}{2f}$ (4)

Từ (1) và (4), ta có: $l = n \frac{v}{2f_1} = n \frac{v}{2f} \Leftrightarrow \frac{n_1}{f_1} = \frac{n}{f} \Rightarrow f = \frac{nf_1}{n_1} = \frac{n \cdot 45}{5} = 9n$

Để tần số f nhỏ nhất thì n nguyên nhỏ nhất, suy ra $n = 1$, ta có $f_{min} = 9 \cdot 1 = 9$ Hz.

Đáp án A.

Ví dụ 7: Làm thí nghiệm giao thoa về sóng dừng trên sợi dây có chiều dài l với một đầu cố định, một đầu là bụng sóng, tần số thay đổi được. Khi tần số là $f_1 = 40$ Hz thì trên dây có hiện tượng sóng dừng. Khi tăng tần số của nguồn sóng thì khi tần số là $f_2 = 56$ Hz thì trên sợi dây mới lại xuất hiện sóng dừng. Hỏi tần số của nguồn nhỏ nhất bằng bao nhiêu thì trên dây bắt đầu có sóng dừng? Cho biết vận tốc truyền sóng trên sợi dây không đổi.

A. $f = 8$ Hz.

B. $f = 16$ Hz.

C. $f = 24$ Hz.

D. $f = 12$ Hz.

Lời giải

Gọi vận tốc truyền sóng trên sợi dây là v , do một đầu dây cố định, một đầu bụng nên ta có:

Khi tần số là f_1 , trên dây xuất hiện n_1 bụng sóng thì:

$$l = (2n_1 - 1) \frac{\lambda_1}{4} = l = (2n_1 - 1) \frac{v}{4f_1} \quad (1)$$

Khi tần số là f_2 , trên dây xuất hiện n_2 bụng sóng thì:

$$l = (2n_2 - 1) \frac{\lambda_2}{4} = l = (2n_2 - 1) \frac{v}{4f_2} \quad (2)$$

Từ (1) và (2), ta có: $l = (2n_1 - 1) \frac{v}{4f_1} = (2n_2 - 1) \frac{v}{4f_2} \Leftrightarrow \frac{f_2}{f_1} = \frac{n_1}{n_2} \Leftrightarrow \frac{40}{56} = \frac{(2n_1 - 1)}{(2n_2 - 1)} = \frac{5}{7}$ (3)

Do f_1 và f_2 là hai tần số liên tiếp xảy ra sóng dừng trên sợi dây, nên $(2n_1 - 1)$ và $(2n_2 - 1)$ là hai số nguyên lẻ liên tiếp

Từ (3) suy ra $2n_1 - 1 = 5$ và $2n_2 - 1 = 7$

Giả sử với tần số f thì lúc đó sợi dây xuất hiện n bó sóng, khi đó

$$l = (2n_1 - 1) \frac{v}{4f_1} = (2n_1 - 1) \frac{v}{4f} \quad (4)$$

Từ (1) và (4), ta có: $l = (2n_1 - 1) \frac{v}{4f_1} = (2n_1 - 1) \frac{v}{4f} \Leftrightarrow \frac{2n_1 - 1}{f_1} = \frac{2n_1 - 1}{f}$

$$\Rightarrow f = \frac{(2n-1)f_1}{2n_1-1} = \frac{(2n-1)40}{5} = 8(2n-1)$$

Để tần số f nhỏ nhất thì n bé nhất và $n = 1$, ta có: $f_{\min} = 8(2.1-1) = 8\text{Hz}$

Đáp án A

STUDY TIP

Từ hai ví dụ 6 và 7 ta suy ra cách làm nhanh.

+ Nếu sóng dừng trên sợi dây với hai đầu cố định:

Kiểm tra tỉ số nếu thấy $\frac{f_1}{f_2}$ bằng thương của hai số nguyên liên tiếp thì tần số nhỏ nhất để có sóng dừng trên sợi dây $f_{\min} = |f_1 - f_2|$.

+ Nếu sóng dừng trên sợi dây với một đầu nút, một đầu bụng:

Kiểm tra tỉ số nếu thấy $\frac{f_1}{f_2}$ bằng thương của hai số nguyên lẻ liên tiếp thì tần số nhỏ nhất để có sóng dừng trên sợi dây $f_{\min} = \frac{|f_1 - f_2|}{2}$

Ví dụ 8: Một sợi dây AB có chiều dài l , đầu A cố định, đầu B gắn với cần rung với tần số thay đổi được, điểm B được coi là nút sóng. Ban đầu trên dây có sóng dừng, khi tần số tăng thêm 40 Hz thì số nút trên dây tăng thêm 8 nút. Tính thời gian để sóng truyền đi giữa hai đầu dây?

- A. 0,1 s. B. 0,05 s. C. 0,2 s. D. 0,25 s.

Lời giải

Giả sử khi tần số dao động là f_1 thì số nút trên dây là n_1 , khi đó:

$$l = (n_1 - 1) \frac{1}{2} = (n_1 - 1) \frac{v}{2f_1} \quad (1)$$

Tốc độ truyền sóng trên dây: $v = 2l \frac{f_1}{(n_1 - 1)} \quad (2)$

Giả sử khi tần số dao động là f_2 thì số nút trên dây là $n_2 = n_1 - 8$, khi đó:

$$l = (n_2 - 1) \frac{1}{2} = l = (n_2 - 1) \frac{v}{2f_2} \quad (3)$$

Từ (1) và (3), ta có:

$$l = (n_1 - 1) \frac{v}{2f_1} = (n_2 - 1) \frac{v}{2f_2} \Leftrightarrow \frac{n_1 - 1}{f_1} = \frac{n_2 - 1}{f_2} = \frac{(n_2 - 1)(n_1 - 1)}{f_2 - f_1} = \frac{n_2 - n_1}{f_2 - f_1} = \frac{8}{40} = \frac{1}{5}$$

Thay vào (2) ta được: $v = 2l \frac{f_1}{(n_1 - 1)} = 2l.5 = 10l$

Thời gian sóng truyền đi giữa hai đầu dây: $t = \frac{l}{v} = \frac{l}{10l} = 0,1\text{s}$

Đáp án A.

Ví dụ 9: Xét sóng dừng trên một sợi dây với một đầu dây buộc vào điểm cố định, đầu còn lại gắn với cần rung có tần số $f = 20\text{Hz}$. Tốc độ truyền sóng trên dây là $v = 120\text{cm/s}$. Tìm số nút và bụng sóng trên một đoạn dây nằm sát đầu cố định và có chiều dài $l = 22,1\text{cm}$.

- A. Có 6 bụng sóng và 7 nút sóng. B. Có 6 bụng sóng và 6 nút sóng .
C. Có 7 bụng sóng và 8 nút sóng. D. Có 7 bụng sóng và 7 nút sóng.

Lời giải

Bước sóng: $\lambda = \frac{v}{f} = \frac{120}{20} \text{cm}$

Xét một điểm M trên sợi dây, cách đầu dây một đoạn x , tại M có bụng sóng khi:

$$0 \leq x = (2k+1)\frac{\lambda}{4} \leq l \Leftrightarrow 0 \leq 2k+1 \leq \frac{4l}{\lambda} = \frac{4 \cdot 22,1}{6} = 14,73 \Leftrightarrow -\frac{1}{2} \leq k \leq 6,87$$

$$\Rightarrow k = 0; 1; 2; 3; 4; 5; 6$$

Có 7 giá trị của k nên có 7 điểm bụng trên sợi dây.

Xét một điểm M trên sợi dây, cách đầu dây một đoạn x , tại M có nút sóng khi:

$$0 \leq x = k\frac{\lambda}{2} \leq l \Leftrightarrow 0 \leq k \leq \frac{2l}{\lambda} = \frac{2 \cdot 22,1}{6} = 7,37 \Rightarrow k = 0; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7$$

Có 8 giá trị của k nên có 8 điểm nút trên sợi dây.

Đáp án C.

Ví dụ 10: Sóng dừng trên sợi dây có chiều dài l , bước sóng $\lambda = 16\text{cm}$. Xét điểm O trùng với một nút sóng, các điểm M, N, P, Q nằm về một phía của điểm O cách O những đoạn tương ứng là: 59 cm; 87 cm; 106 cm; 143 cm. Pha dao động của các điểm trên có tính chất gì?

- A. M và N đồng pha với nhau và ngược pha với các điểm P và Q.
B. M và P đồng pha với nhau và ngược pha với các điểm N và Q.
C. M, N, P và Q đều đồng pha với nhau.
D. M, N và P đồng pha với nhau và ngược pha với Q.

Lời giải

Đối với sóng dừng, trừ những điểm nút đứng yên không dao động, những điểm dao động còn lại sẽ hoặc đồng pha với nhau và ngược pha với những điểm còn lại. Cụ thể những điểm nằm bên trên vị trí cân bằng thì luôn đồng pha với nhau và ngược pha với những điểm nằm bên dưới vị trí cân bằng. Chọn trục tọa độ trùng với sợi dây, gốc tọa độ trùng vào điểm O, chiều dương hướng sang phải.

Xét những điểm nằm về một phía của điểm O, những điểm có tọa độ $2k\frac{\lambda}{2} \leq x \leq (2k+1)\frac{\lambda}{2}$ thì luôn dao động đồng pha với nhau và ngược pha với những điểm có tọa độ $(2k+1)\frac{\lambda}{2} \leq x \leq 2k\frac{\lambda}{2}$

Kiểm tra tọa độ của các điểm, ta có:

$$\text{Điểm M có: } 7\frac{\lambda}{2} \leq x_M = 59 = 7,375\frac{\lambda}{2} \leq 8\frac{\lambda}{2}$$

$$\text{Điểm N có: } 10\frac{\lambda}{2} \leq x_N = 87 = 10,875\frac{\lambda}{2} \leq 11\frac{\lambda}{2}$$

$$\text{Điểm P có: } 13\frac{\lambda}{2} \leq x_P = 106 = 13,25\frac{\lambda}{2} \leq 14\frac{\lambda}{2}$$

$$\text{Điểm Q có: } 18\frac{\lambda}{2} \leq x_Q = 147 = 18,375\frac{\lambda}{2} \leq 19\frac{\lambda}{2}$$

Kết luận: Các điểm M và P đồng pha với nhau và ngược pha với các điểm N và Q.

STUDY TIP

Có thể giải nhanh bài toán như sau:

Lập tỉ số tọa độ của mỗi điểm cho $\frac{\lambda}{2}$, so sánh phần nguyên của các tỉ số đó, các điểm mà tỉ số trên có phần nguyên là số chẵn thì luôn đồng pha với nhau và ngược pha với những điểm mà tỉ số trên có phần nguyên là số lẻ.

Đáp án B.

Nhận xét: Lời giải trên chỉ áp dụng cho những điểm nằm về một phía so với điểm gốc O, còn với những điểm nằm về hai phía của gốc O thì kết quả lại khác. Ta xét ví dụ tiếp theo

Ví dụ 11: Sóng dừng trên sợi dây có chiều dài l , bước sóng $\lambda = 16\text{cm}$. Xét điểm O trùng với một nút sóng, các điểm M, N, P, Q cách O những đoạn tương ứng là: 59 cm; 87 cm; 106 cm; 143 cm. Biết các điểm M và P nằm về bên trái điểm O, các điểm N và Q nằm về bên phải điểm O. Pha dao động của các điểm trên có tính chất gì?

- A. M và N đồng pha với nhau và ngược pha với các điểm P và Q.
- B. M và P đồng pha với nhau và ngược pha với các điểm N và Q.
- C. M, N, P và Q đều đồng pha với nhau.
- D. M, N và P đồng pha với nhau và ngược pha với Q

Lời giải

Chọn trục tọa độ trùng với sợi dây, gốc tọa độ trùng vào điểm O, chiều dương hướng sang phải.

Xét những điểm nằm về một phía của điểm O, những điểm có tọa độ $2k\frac{\lambda}{2} \leq x \leq (2k+1)\frac{\lambda}{2}$ thì luôn dao

động đồng pha với nhau và ngược pha với những điểm có tọa độ $(2k+1)\frac{\lambda}{2} \leq x \leq 2k\frac{\lambda}{2}$

+ Với hai điểm M và P nằm bên trái điểm O, ta có:

$$\text{Điểm M có: } 7\frac{\lambda}{2} \leq x_M = 59 = 7,375\frac{\lambda}{2} \leq 8\frac{\lambda}{2}$$

Điểm P có: $13\frac{\lambda}{2} \leq x_P = 106 = 13,25\frac{\lambda}{2} \leq 14\frac{\lambda}{2}$

Như vậy điểm M đồng pha với điểm P.

+ Với hai điểm N và Q nằm bên phải điểm O, ta có:

Điểm N có: $-10\frac{\lambda}{2} \leq x_N = -87 = -10,875\frac{\lambda}{2} \leq -11\frac{\lambda}{2}$

Điểm Q có: $-18\frac{\lambda}{2} \leq x_Q = -147 = -18,375\frac{\lambda}{2} \leq -19\frac{\lambda}{2}$

Như vậy điểm N đồng pha với điểm Q.

Xét hai điểm dao động nằm về hai phía của điểm nút O, nếu có tọa độ cùng thỏa mãn

$2k\frac{\lambda}{2} \leq x \leq (2k+1)\frac{\lambda}{2}$ hoặc $(2k+1)\frac{\lambda}{2} \leq x \leq 2k\frac{\lambda}{2}$ thì luôn dao động ngược pha

Ngược lại nếu một điểm có tọa độ $2k\frac{\lambda}{2} \leq x \leq (2k+1)\frac{\lambda}{2}$ điểm còn lại có tọa độ $(2k+1)\frac{\lambda}{2} \leq x \leq 2k\frac{\lambda}{2}$ thì

hai điểm này đồng pha

Như vậy có thể khẳng định M và N đồng pha, suy ra cả bốn điểm M, N, P, Q đều đồng pha

Đáp án C.

Ví dụ 12: Một sợi dây đàn hồi có sóng dừng, biên độ tại bụng sóng là A_0 , vận tốc truyền sóng trên dây

$v = 240 \text{ cm/s}$. Điểm M trên dây có phương trình dao động $u_M = \frac{A_0}{\sqrt{2}} \cos\left(20\pi t + \frac{\pi}{4}\right) \text{ cm}$ thì điểm N cách M

một đoạn 11 cm dao động với phương trình:

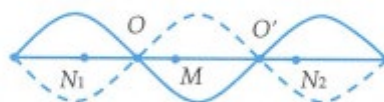
A. $u_M = \frac{A_0}{2} \cos\left(20\pi t + \frac{\pi}{4}\right) \text{ cm}; u_N = \frac{A_0}{\sqrt{2}} \cos\left(20\pi t - \frac{3\pi}{4}\right) \text{ cm}$

B. $u_M = \frac{A_0\sqrt{3}}{2} \cos\left(20\pi t - \frac{3\pi}{4}\right) \text{ cm}; u_N = \frac{A_0}{2} \cos\left(20\pi t - \frac{3\pi}{4}\right) \text{ cm}$

C. $u_M = \frac{A_0}{2} \cos\left(20\pi t + \frac{\pi}{4}\right) \text{ cm}; u_N = \frac{A_0\sqrt{3}}{2} \cos\left(20\pi t - \frac{3\pi}{4}\right) \text{ cm}$

D. $u_M = \frac{A_0}{2} \cos\left(20\pi t - \frac{3\pi}{4}\right) \text{ cm}; u_N = \frac{A_0}{\sqrt{2}} \cos\left(20\pi t + \frac{\pi}{4}\right) \text{ cm}$

Lời giải



Tần số dao động: $f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{20\pi}{2\pi} = 10\text{Hz}$

Bước sóng: $\lambda = \frac{v}{f} = \frac{240}{10} = 24\text{cm}$

Xét bốn điểm thuộc 3 bó sóng liên tiếp theo thứ tự: Điểm N_1 thuộc bó sóng thứ nhất - nút O - điểm M gần O nhất thuộc bó sóng thứ 2 - nút O' - điểm N_2 thuộc bó sóng thứ ba (hình vẽ).

Do biên độ dao động tại M là $A_M = \frac{A_0}{\sqrt{2}}$ nên khoảng cách ngắn nhất từ M tới nút O là: $MO = \frac{\lambda}{8} = 3\text{cm}$

Với điểm N_1 nằm bên trái điểm M , ta có $N_1O = N_1M - MO = 11 - 3 = 8\text{cm}$:

$$A_{N_1} = \left| A_0 \sin 2\pi \frac{N_1O}{\lambda} \right| = \left| A_0 \sin 2\pi \frac{8}{24} \right| = \frac{A_0\sqrt{3}}{2}$$

Điểm N_1 đồng pha với điểm M nên phương trình dao động của điểm N_1 là:

$$u_{N_1} = \frac{A_0\sqrt{3}}{2} \cos\left(20\pi t + \frac{\pi}{4} - \pi\right) = \frac{A_0\sqrt{3}}{2} \cos\left(20\pi t - \frac{3\pi}{4}\right)$$

Với điểm N_2 nằm bên phải điểm M , ta có: $N_2O' = N_2M - MO' = 11 - 9 = 2\text{cm}$

$$A_{N_2} = \left| A_0 \sin 2\pi \frac{N_2O'}{\lambda} \right| = \left| A_0 \sin 2\pi \frac{2}{24} \right| = \frac{A_0}{2}$$

Điểm N_2 đồng pha với điểm M nên phương trình dao động của điểm N_2 là:

$$u_{N_2} = \frac{A_0}{2} \cos\left(20\pi t - \frac{3\pi}{4}\right)$$

Đáp án B.

Ví dụ 13: Cho sợi dây một đầu cố định, một đầu còn lại gắn với cần rung phát sóng dao động với phương trình $u_0 = a \cos(\omega t + \varphi)$ cm. Trên dây có sóng dừng ổn định với bước sóng λ . Hai điểm M và N trên dây cách nhau $3,75\lambda$ có biên độ lần lượt là $A_M = 6\text{cm}$; $A_N = 8\text{cm}$. Tìm biên độ của nguồn phát ra sóng đó?

- A. $a = 10\text{cm}$. B. $a = 7,5\text{cm}$. C. $a = 15\text{cm}$. D. $a = 5\text{cm}$.

Lời giải

Gọi x_1, x_2 là khoảng cách từ M và N tới đầu nút cố định, ta có:

$$x_1 - x_2 = 3,75\lambda \Rightarrow x_1 = x_2 + 3,75\lambda$$

Gọi $A_0 = 2a$ là biên độ tại bụng sóng, biên độ sóng dừng tại M và N tương ứng là:

$$A_M = \left| A_0 \sin 2\pi \frac{x_1}{\lambda} \right| \Rightarrow \left| \sin 2\pi \frac{x_1}{\lambda} \right| = \frac{A_M}{A_0}$$

$$A_N = \left| A_0 \sin 2\pi \frac{x_1 - 3,75\lambda}{\lambda} \right| = \left| A_0 \sin \left(2\pi \frac{x_1}{\lambda} - 7,5\pi \right) \right| = \left| A_0 \cos \left(2\pi \frac{x_1}{\lambda} \right) \right|$$

$$\Rightarrow \left| \cos\left(2\pi \frac{x_1}{\lambda}\right) \right| = \frac{A_N}{A_0}$$

$$\text{Do đó ta có } \sin 2\pi \frac{x_1}{\lambda} + \cos^2 2\pi \frac{x_1}{\lambda} = \left(\frac{A_M}{A_0}\right)^2 + \left(\frac{A_N}{A_0}\right)^2 = \frac{A_M^2 + A_N^2}{A_0^2} = 1$$

$$\Rightarrow A_0 = 2a = \sqrt{A_M^2 + A_N^2} = \sqrt{6^2 + 8^2} = 10 \Rightarrow a = 5 \text{ cm}$$

Đáp án D.

Ví dụ 14: Ba điểm A, B, C là ba điểm liên tiếp trên một sợi dây có sóng dừng với cùng biên độ $4\sqrt{3}$ cm. Điểm A dao động ngược pha với điểm B và $AB = 2BC$. Cứ sau những khoảng thời gian liên tiếp là 0,25 s thì sợi dây có dạng một đoạn thẳng. Tìm tốc độ dao động cực đại của điểm M là trung điểm của AC?

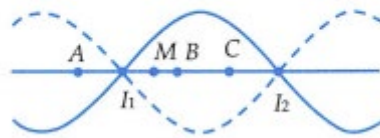
A. $16\pi\sqrt{3} \text{ cm/s}$

B. $16\pi\sqrt{2} \text{ cm/s}$

C. $16\pi \text{ cm/s}$

D. $32\pi \text{ cm/s}$

Lời giải



Theo bài ra vị trí của ba điểm A, B, C được thể hiện như hình vẽ.

Do biên độ của ba điểm A, B, C bằng nhau nên khoảng cách từ mỗi điểm này đến mỗi nút gần nó nhất phải bằng nhau. Ta có:

$$\begin{cases} AI_1 = BI_1 = CI_2 \\ AC = AI_1 + I_1C = CI_2 + I_1C = I_1I_2 = \frac{\lambda}{2} \end{cases}$$

$$\text{Ta có: } AC = AB + BC = AB + \frac{AB}{2} = \frac{3AB}{2} = \frac{\lambda}{2} \Rightarrow \begin{cases} AB = \frac{\lambda}{3} \\ AI_1 = \frac{\lambda}{6} \end{cases}$$

Gọi $A_0 = 2a$ là biên độ tại bụng sóng, biên độ dao động tại điểm A là:

$$A_A = \left| A_0 \sin 2\pi \frac{\frac{\lambda}{6}}{\lambda} \right| = \left| A_0 \sin \frac{\pi}{3} \right| = \frac{A_0\sqrt{3}}{2} = 4\sqrt{3} \Rightarrow A_0 = 8$$

$$\text{Khoảng cách từ M tới điểm nút } I_1 \text{ là: } MI_1 = MA - I_1A = \frac{AC}{2} - I_1A = \frac{\lambda}{4} - \frac{\lambda}{6} = \frac{\lambda}{12}$$

Biên độ dao động tại điểm M là: $A_M = \left| A_0 \sin 2\pi \frac{12}{\lambda} \right| = \left| A_0 \sin \frac{\pi}{6} \right| = \frac{A_0}{2} = 4\text{cm}$

Cứ sau những khoảng thời gian liên tiếp $\frac{T}{2}$ thì sợi dây duỗi thẳng.

Ta có: $\frac{T}{2} = 0,25 \Rightarrow T = 0,5 \Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{T} = 4\pi$

Tốc độ dao động cực đại của điểm M là: $v_{M_{\max}} = A_M \cdot \omega = 4 \cdot 4\pi = 16\pi \text{cm/s}$

Đáp án C.

Ví dụ 15: Một dây đàn hồi AB đầu A được rung nhờ một dụng cụ để tạo thành sóng dừng trên dây. Biết phương trình dao động tại đầu A là $u_A = a \cos 100\pi t$. Quan sát sóng dừng trên sợi dây ta thấy trên dây có những điểm không phải là điểm bụng dao động với biên độ b ($b \neq 0$) cách đều nhau và cách nhau khoảng 1 m. Giá trị của b và tốc truyền sóng trên sợi dây lần lượt là:

A. $a\sqrt{2}; v = 200\text{m/s}$

B. $a\sqrt{3}; v = 150\text{m/s}$

C. $a; v = 300\text{m/s}$

D. $a\sqrt{2}; v = 100\text{m/s}$

Lời giải



Các điểm B, C, E, F dao động cùng biên độ b sẽ cách nút gần nó nhất những khoảng bằng nhau:

$$AB = CD = DE = FG$$

Mặt khác, các điểm B, C, E, F cách đều nhau khoảng 1m nên ta có

$$BC = CE = EF = 1\text{m}$$

Từ hình vẽ, ta có:
$$\begin{cases} CE = CD + DE \\ CD = DE \end{cases} \Rightarrow CE = 2CD \Rightarrow BC = 2CD \Rightarrow BC = AB + CD$$

Mặt khác $AB + BC + CD = \frac{\lambda}{2} \Rightarrow 2BC = \frac{\lambda}{2} \Rightarrow \lambda = 2 \cdot 2 \cdot 1 = 4\text{m} \Rightarrow \lambda f = 4 \cdot 50 = 200$

Biên độ là $b = 2a \left| \sin \frac{2\pi AB}{\lambda} \right| = 2a \left| \sin \frac{2\pi \frac{AD}{4}}{\lambda} \right| = 2a \left| \sin \frac{2\pi \frac{\lambda}{8}}{\lambda} \right| = a\sqrt{2}$

Đáp án A.

Ví dụ 16: Một sợi dây đàn hồi căng ngang, đang có sóng dừng ổn định. Trên dây A là một điểm nút, B là một điểm bụng gần A nhất, $AB = 14 \text{ cm}$, gọi C là một điểm trong khoảng AB có biên độ bằng một nửa biên độ của B. Khoảng cách AC là:

- A. B. 7 C. 3,5. D. 1,75

Lời giải

Xét điểm C cách A với $CA = d$. Biên độ của sóng dừng tại C: $A_c = 2a \left| \sin \frac{2\pi d}{\lambda} \right|$

Để $a_c = a$ (bằng nửa biên độ của B là bụng sóng):

$$A_c = a \Leftrightarrow a = 2a \left| \sin \frac{2\pi d}{\lambda} \right| \Leftrightarrow \left| \sin \frac{2\pi d}{\lambda} \right| = \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{2\pi d}{\lambda} = \frac{\pi}{6} + k2\pi$$

$$\Rightarrow d = \left(\frac{1}{12} + k \right) \lambda \text{ với } \lambda = 4AB = 56 \text{ cm}$$

$$\text{Điểm C gần A nhất ứng với } k = 0 \Rightarrow AV = \frac{\lambda}{12} = \frac{56}{12} = \frac{14}{3} (\text{cm})$$

Đáp án A.

Ví dụ 17: Một sợi dây AB đàn hồi căng ngang dài $l = 120 \text{ cm}$, hai đầu cố định đang có sóng dừng ổn định. Bề rộng của bụng sóng là $4a$. Khoảng cách gần nhất giữa hai điểm dao động cùng pha có cùng biên độ bằng a là 20 cm . Số bụng sóng trên AB là

- A. 10 B. 4 C. 8 D. 6

Lời giải

Bề rộng của bụng là $4a$ thì biên độ của một điểm trên dây khi có sóng dừng

$$A = 2a \left| \cos \frac{2\pi d}{\lambda} \right|$$

Trong đó d là khoảng cách từ một điểm trên dây đến điểm bụng gần nó nhất.

Các điểm có cùng biên độ và cùng pha sẽ đối xứng với nhau qua điểm bụng. Mà khoảng cách gần nhất giữa hai điểm dao động cùng pha cùng biên độ a là 20 cm nên khoảng cách từ một điểm đến bụng là 10 cm . Do đó ta có

$$a = 2a \left| \cos \frac{2\pi \cdot 10}{\lambda} \right| \Leftrightarrow \left| \cos \frac{2\pi \cdot 10}{\lambda} \right| = \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{2\pi \cdot 10}{\lambda} = \frac{\pi}{3} \Rightarrow \lambda = 60 \text{ cm}.$$

Vì hai đầu cố định nên $l = k \frac{\lambda}{2} \Rightarrow k = 4$. Vậy có 4 bụng trên AB

Đáp án B.

Ví dụ 18: Một sợi dây sắt, mảnh, dài 120 cm căng ngang, có hai đầu cố định. Ở phía trên, gần sợi dây có một nam châm điện được nuôi bằng nguồn điện xoay chiều có tần số 50 Hz . Trên dây xuất hiện sóng dừng với 2 bụng sóng. Tốc độ truyền sóng trên dây là

- A. 120 m/s . B. 60 m/s . C. 180 m/s . D. 24.0 m/s

Lời giải

Vì 1 chu kì dòng điện đổi chiều 2 lần nên nam châm hút dây 2 lần, do đó tần số sóng dừng trên dây là $f' = 2f = 100\text{Hz}$

Ta có $f' = \frac{kv}{2l} = \frac{v}{l}$ (do có 2 bụng sóng) nên suy ra $v = 100 \cdot 1,2 = 120 \text{ m/s}$.

Đáp án A.

Ví dụ 19: Một sợi dây đàn hồi dài 30 cm có hai đầu cố định. Trên dây đang có sóng dừng. Biết sóng truyền trên dây với bước sóng 20 cm và biên độ dao động của điểm bụng là 2 cm. Số điểm trên dây mà phần tử tại đó dao động với biên độ 6 mm là

A. 8

B. 6

C. 3

D. 4

Lời giải

Khi có sóng dừng, số bó sóng trên dây: $\frac{2l}{\lambda} = \frac{2 \cdot 30}{20} = 3$ (bó)

Trên mỗi bó có 2 điểm dao động với biên độ 6mm. Suy ra số điểm trên dây mà phần tử tại đó dao động với biên độ 6 mm là $2 \cdot 3 = 6$ điểm

Đáp án B.

2. Bài toán về độ lệch pha giữa các phần tử trong sóng dừng

2.1. Phương pháp

Phương pháp chung giải bài toán dạng này là

- Xác định độ lệch pha giữa hai điểm để biết được điểm nào sớm (trễ) pha hơn.
- Dùng đường tròn suy ra kết quả bài toán.

Chú ý: Trong sóng dừng, các điểm đối xứng với nhau qua một nút thì ngược pha, đối xứng nhau qua một bụng thì cùng pha.

2.1. Ví dụ minh họa

Ví dụ 1: Một sợi dây đàn hồi căng ngang, đang có sóng dừng ổn định. Trên dây, A là điểm nút, B là điểm bụng gần A nhất, C là trung điểm của AB với AB bằng 10 cm. Biết khoảng thời gian ngắn nhất giữa hai lần mà li độ dao động của phần tử tại B bằng biên độ dao động của các phần tử tại C là 0,2 s.

Tốc độ truyền sóng trên dây là:

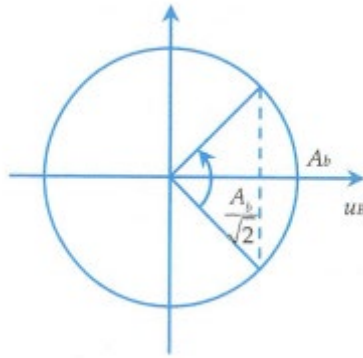
A. $v = 0,25 \text{ m/s}$.

B. $v = 2 \text{ m/s}$.

C. $v = 0,5 \text{ m/s}$.

D. $v = 1 \text{ m/s}$.

Lời giải



Ta có: $AB = \frac{\lambda}{4} = 10\text{cm} \Rightarrow \lambda = 40\text{cm}$

Giả sử điểm bụng B dao động với biên độ A_b .

Điểm C là trung điểm của AB, suy ra khoảng cách từ C đến đầu nút A là $AC = \frac{\lambda}{8}$

\Rightarrow Biên độ của điểm C là: $A_C = A_b \left| \sin \frac{2\pi AC}{\lambda} \right| = \frac{A_b}{\sqrt{2}}$

Thời gian ngắn nhất giữa hai lần liên tiếp li độ của điểm B bằng biên độ của điểm C, tức là

$$x_B = A_C = \frac{A_b}{\sqrt{2}}.$$

Dựa vào đường tròn ta thấy ngay thời gian này ứng với thời gian điểm B dao động từ $\frac{A_b}{\sqrt{2}}$ đến A_b rồi

quay lại $\frac{A_b}{\sqrt{2}}$. Thời gian này là 0,2 s nên ta có

$$\frac{T}{8} + \frac{T}{8} = \frac{T}{4} = 0,2 \Rightarrow T = 0,8$$

Vận tốc truyền sóng trên dây: $v = \frac{\lambda}{T} = \frac{40}{0,8} = 50\text{cm/s} = 0,5\text{m/s}$

Đáp án C.

Ví dụ 2: Sóng dừng xuất hiện trên sợi dây với tần số $f = 5\text{ Hz}$. Thứ tự các điểm trên dây lần lượt là P, M, N, O sao cho P là điểm nút, O là điểm bụng gần P nhất (M, N thuộc đoạn OP). Thời gian ngắn nhất giữa hai lần liên tiếp để giá trị li độ của điểm P bằng biên độ dao động của điểm M là $\frac{1}{20}\text{ s}$. Thời gian ngắn nhất giữa hai lần liên tiếp để giá trị li độ của điểm O bằng biên độ dao động của điểm N là $\frac{1}{30}\text{ s}$. Biết khoảng cách giữa hai điểm M, N là 2 cm. Tìm vận tốc truyền sóng trên dây?

A. $v = 1,2\text{ m/s}$.

B. $v = 3,6\text{ m/s}$.

C. $v = 1,6\text{ m/s}$.

D. $v = 2,4\text{ m/s}$.

Lời giải

Gọi A_0 là biên độ tại bụng sóng, ta có:

Thời gian ngắn nhất giữa hai li độ của O bằng biên độ của điểm M là $\Delta t_1 = \frac{1}{20}$ nên ta có góc quét:

$$\Delta\varphi_1 = \frac{\pi}{2} \Rightarrow A_N = A_0 \cos \frac{\pi}{4} = \frac{A_0}{\sqrt{2}}$$

Thời gian ngắn nhất giữa hai li độ của O bằng biên độ của điểm N là $\Delta t_2 = \frac{1}{30}$ nên ta có góc quét:

$$\Delta\varphi_2 = 10\pi \cdot \frac{1}{30} = \frac{\pi}{3} \Rightarrow A_N = A_0 \cos \frac{\pi}{6} = \frac{A_0\sqrt{3}}{2}$$

$$\text{Ta có } \begin{cases} A_M = \frac{A_0}{\sqrt{2}} \\ A_N = \frac{A_0\sqrt{3}}{2} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} A_0 \left| \sin \frac{2\pi PM}{\lambda} \right| = \frac{A_0}{\sqrt{2}} \\ A_0 \left| \sin \frac{2\pi PN}{\lambda} \right| = \frac{A_0\sqrt{3}}{2} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \frac{2\pi PM}{\lambda} = \frac{\pi}{4} \\ \frac{2\pi PN}{\lambda} = \frac{\pi}{3} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} PM = \frac{\lambda}{8} \\ PN = \frac{\lambda}{6} \end{cases}$$

Vì khoảng cách giữa hai điểm M và N là 2 cm nên ta có

$$PN - PM = 2 \Leftrightarrow \frac{\lambda}{6} - \frac{\lambda}{8} = 2 \Leftrightarrow \lambda = 48 \text{ cm}$$

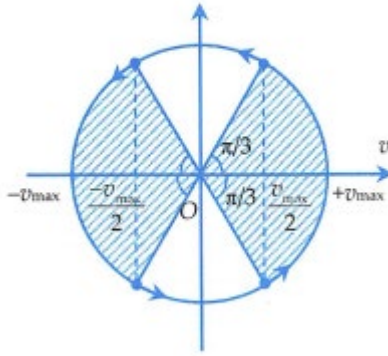
Vận tốc truyền sóng trên dây $v = \lambda \cdot f = 48 \cdot 5 = 240 \text{ cm/s} = 2,4 \text{ m/s}$

Đáp án D.

Ví dụ 3: Một sợi dây đàn hồi căng ngang, đang có sóng dừng cố định. Trên dây, A là một điểm nút, B là điểm bụng gần A nhất với $AB = 15 \text{ cm}$. M là một điểm trên dây cách B là 10 cm. Biết rằng trong một chu kỳ sóng, khoảng thời gian mà độ lớn vận tốc dao động của phần tử B nhỏ hơn vận tốc cực đại của phần tử M là $\frac{1}{3} \text{ s}$. Tốc độ truyền sóng trên dây là

- A. 240 cm/s. B. 120 cm/s. C. 90 cm/s. D. 60 cm/s.

Lời giải



Ta có: $AB = \frac{\lambda}{4} = 15\text{cm} \Rightarrow \lambda = 60\text{cm}$

Khoảng cách từ M đến nút A là: $MA = AB - MB = 15 - 10 = 5\text{cm}$.

Gọi $A_0 = 2a$ là biên độ tại bụng sóng, biên độ sóng tại M:

$$A_M = \left| A_0 \sin 2\pi \frac{5}{60} \right| = \left| A_0 \sin \frac{\pi}{6} \right| = \frac{A_0}{2}$$

Tốc độ dao động cực đại M: $v_M^{\max} = A_M \omega = \frac{A_0 \omega}{2} = \frac{v_B^{\max}}{2}$

Bài toán trở thành: Trong một chu kì, thời gian tốc độ dao động của B nhỏ hơn tốc độ dao động cực đại của M $|v_B| \leq \frac{v_B^{\max}}{2}$ là bao nhiêu? Đây là bài toán quen thuộc trong chương giao động cơ. Sử dụng

đường tròn để thấy tổng góc quét được $\Delta\varphi = 2 \cdot \frac{\pi}{3} = \frac{2\pi}{3} \Rightarrow \Delta t = \frac{T}{3} = \frac{1}{3}\text{s} \Rightarrow T = 1$

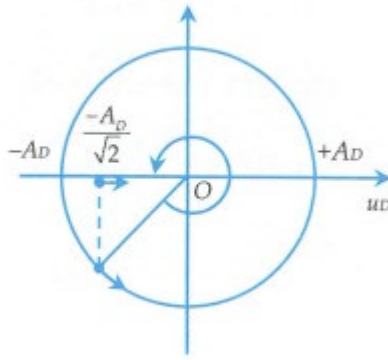
Tốc độ truyền sóng trên dây: $v = \frac{\lambda}{T} = \frac{60}{1} = 60\text{cm/s}$

Đáp án D.

Ví dụ 4: Trên một sợi dây đàn hồi đang có sóng dừng ổn định với khoảng cách giữa hai nút sóng liên tiếp là 6 cm. Trên dây có những phần tử sóng dao động với tần số 5 Hz. Và biên độ lớn nhất là 3 cm. Gọi N là vị trí của một nút sóng; C và D là hai phần tử trên dây ở hai bên của N và có vị trí cân bằng cách N lần lượt là 10,5 cm và 7 cm. Tại thời điểm t_1 , phần tử C có li độ 1,5 cm và đang hướng về vị trí cân bằng. Vào thời điểm $t_2 = t_1 + \frac{79}{40}$ phần tử D có li độ là:

- A. -0,75 cm. B. 1,50 cm. C. -1,50 cm. D. 0,75 cm.

Lời giải



– Khoảng cách giữa hai nút sóng liên tiếp là 6 cm nên $\frac{\lambda}{2} = 6\text{ cm}$, suy ra $\lambda = 12\text{ cm}$.

– Biên độ của bụng $2A = 3\text{ cm}$.

– Biên độ của phần tử tại C và D là:

$$A_C = 2A \left| \sin \frac{2\pi d_C}{\lambda} \right| = 3 \cdot \left| \sin \frac{2\pi \cdot 10,5}{12} \right| = \frac{3}{\sqrt{2}} \text{ cm}$$

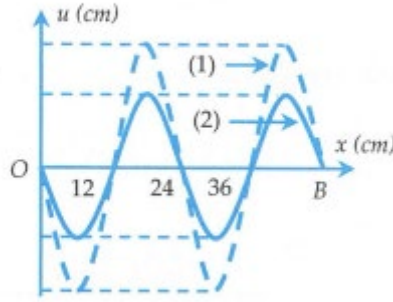
$$A_D = 2A \left| \sin \frac{2\pi d_D}{\lambda} \right| = 3 \cdot \left| \sin \frac{2\pi \cdot 7}{12} \right| = \frac{3}{2} \text{ cm}$$

– Phần tử tại C và D ở hai bó sóng đối xứng nhau qua nút N nên chúng dao động ngược pha với nhau. Tại thời điểm ta có $u_C = 1,5\text{ cm}$ và hướng về vị trí cân bằng nên $\cos\left(\omega t_1 - \frac{\pi}{2}\right) = \frac{1}{\sqrt{2}}$. Khi đó $u_D = -A_D \cos\left(\omega t_1 - \frac{\pi}{2}\right) = -\frac{A_D}{\sqrt{2}}$ và cũng đang hướng về vị trí cân bằng.

– Tại thời điểm $t_2 = t_1 + \frac{79}{40} = t_1 + 9T + \frac{7T}{8}$, dựa vào đường tròn ta thấy, chất điểm tương ứng trên đường tròn quét thêm được góc $9 \cdot 2\pi + \pi + \frac{\pi}{4} \text{ rad}$, khi đó phần tử tại D đang ở biên âm, tức là $u_D = -1,5\text{ cm}$

Đáp án C.

Ví dụ 5: Trên một sợi dây OB căng ngang, hai đầu cố định đang có sóng dừng với tần số f xác định. Gọi M, N và P là ba điểm trên dây có vị trí cân bằng cách B lần lượt là 4 cm, 6 cm và 38 cm. Hình vẽ mô tả hình dạng sợi dây tại thời điểm t_1 (đường 1) và $t_2 = t_1 + \frac{11}{12f}$ (đường 2). Tại thời điểm t_1 , li độ của phần tử dây ở N bằng biên độ của phần tử dây ở M và tốc độ của phần tử dây ở M là 60 cm/s. Tại thời điểm t_2 , vận tốc của phần tử dây ở P là



- A. $20\sqrt{3} \text{ cm/s}$ B. 60 cm/s C. $-20\sqrt{3} \text{ cm/s}$ D. -60 cm/s

Lời giải

- Từ đồ thị ta có $\frac{\lambda}{2} = 12 \Rightarrow \lambda = 24 \text{ cm}$
- Vì M, N và P là ba điểm trên dây có vị trí cân bằng cách B lần lượt là 4 cm, 6 cm và 38 cm nên nếu gọi A là biên độ của bụng thì A chính là biên độ của N (vì $BN = 6 = \frac{\lambda}{4}$). Ta có

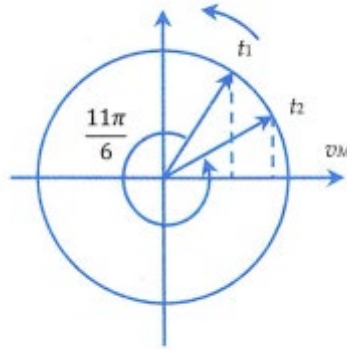
$$\begin{cases} A_N = A \\ A_M = A \left| \sin \frac{2\pi BM}{\lambda} \right| = A \left| \sin \frac{2\pi \cdot 4}{12} \right| = \frac{3}{\sqrt{2}} A \\ A_P = A \left| \sin \frac{2\pi PM}{\lambda} \right| = A \left| \sin \frac{2\pi \cdot 38}{12} \right| = \frac{1}{2} A \end{cases}$$

- Mặt khác, vì M và N thuộc cùng một bó sóng, nên M và N cùng pha. P thuộc bó sóng thứ 4 kể từ bó sóng chứa M nên P ngược pha với M. Vậy M và N cùng pha và ngược pha với P. Khi đó ta có

$$\begin{cases} \frac{S_M}{x_N} = \frac{A_M}{A_N} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2} A}{A} \\ \frac{v_P}{v_M} = -\frac{v_{\max P}}{v_{\max M}} = -\frac{\omega A_P}{\omega A_M} = -\frac{\frac{1}{2} A}{\frac{\sqrt{3}}{2} A} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x_N = \frac{\sqrt{3}}{2} x_M \\ v_P = \frac{1}{\sqrt{3}} v_M \end{cases}$$

- Như vậy, để tính được v_P tại thời điểm t_2 thì ta sẽ tính v_M tại thời điểm t_2 . Ta sẽ sử dụng đường tròn để tính vận tốc v_M tại thời điểm t_2 , muốn tính được thì ta phải biết tại thời điểm t_1 và v_M có giá trị là bao nhiêu (âm hay dương), đang tăng hay đang giảm. Đồ thị sẽ cho ta xác định được điều này.

- Nhìn đồ thị ta thấy, tại thời điểm t_1 , hình dạng sợi dây là (1), nếu phần tử tại M đang đi xuống thì sau $\Delta t = t_2 - t_1 = \frac{11}{12f} = \frac{11T}{12}$, tức là sau gần 1 chu kỳ hình dạng sóng không thể là (2). Vậy M phải đi lên, tức là tại thời điểm t_1 M đang đi lên với vận tốc $v_M = +60 \text{ cm/s}$ và đang giảm.



- Tại thời điểm t_1 ta có: $x_N = A_M \Rightarrow x_M = \frac{\sqrt{3}}{2} x_N = \frac{\sqrt{3}}{2} A_M$

Mà $\left(\frac{x_M}{A_M}\right)^2 + \left(\frac{v_M}{x_{M \max}}\right)^2 = 1 \Rightarrow \left(\frac{v_M}{v_{M \max}}\right)^2 = 1 - \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2 \Rightarrow v_{M \max} = 2|v_M| = 120 \text{ (cm/s)}$

- Tại thời điểm $t_2 = t_1 + \frac{11}{12f}$ thì vector $\overrightarrow{v_{M \max}}$ quét được thêm góc $\frac{11}{12f} \cdot 2\pi f = \frac{11\pi}{6}$, sử dụng đường tròn ta có như hình vẽ bên.

- Tại thời điểm t_2 thì $v_M = v_{M \max} \cdot \cos\left(\frac{\pi}{6}\right) = 120 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 60\sqrt{3} \text{ (cm/s)}$

- Từ đó suy ra $v_P = -\frac{1}{\sqrt{3}} v_M = -\frac{1}{\sqrt{3}} \cdot 60\sqrt{3} = -60 \text{ (cm/s)}$

Đáp án D.

Ví dụ 6: Một sóng dừng trên dây có bước sóng λ và N là một nút sóng. Hai điểm P và Q nằm về hai phía của N có vị trí cân bằng cách N những đoạn lần lượt là $\frac{\lambda}{12}$ và $\frac{\lambda}{3}$. Ở vị trí có li độ khác không thì tỉ số giữa li độ của P so với Q là

- A. $\frac{-1}{\sqrt{3}}$ B. $\frac{1}{\sqrt{3}}$ C. -1 D. $-\sqrt{3}$

Lời giải

Vì hai điểm P và Q nằm về hai phía của N (là nút) có vị trí cân bằng cách N những đoạn lần lượt là

$\frac{\lambda}{12}$ và $\frac{\lambda}{3}$ nên hai điểm này thuộc 2 bó liên tiếp, suy ra chúng dao động ngược pha. Khi đó ta có:

$$\frac{u_P}{u_Q} = -\frac{A_P}{A_Q} = -\frac{A_B \left| \sin \frac{2\pi PN}{\lambda} \right|}{A_B \left| \sin \frac{2\pi QN}{\lambda} \right|} = -\frac{A_B \left| \sin \frac{2\pi \frac{\lambda}{12}}{\lambda} \right|}{A_B \left| \sin \frac{2\pi \frac{\lambda}{3}}{\lambda} \right|} = -\frac{1}{\sqrt{3}}$$

Đáp án A.

Ví dụ 7: Trên một sợi dây căng ngang có sóng dừng. Xét 3 điểm A, B, C với B là trung điểm của đoạn AC. Biết điểm bụng A cách điểm nút C gần nhất 10 cm. Khoảng thời gian ngắn nhất là giữa hai lần liên tiếp để điểm A có li độ bằng biên độ dao động của điểm B là 0,2 s. Tốc độ truyền sóng trên dây là

- A. 0,5 m/s B. 0,4 m/s. C. 0,6 m/s. D. 1,0 m/s.

Lời giải

Ta có bước sóng $\lambda = 4.AC = 40\text{cm}$. Ta có $d = CB = 5\text{ cm}$.

Biên độ sóng tại B: $A_B = A_A \left| \sin \frac{2\pi d}{\lambda} \right| = A_A \left| \sin \frac{2\pi \cdot 5}{40} \right| = \frac{A_A}{\sqrt{2}}$

Khoảng thời gian ngắn nhất để hai lần liên tiếp điểm A có $x_A = A_B = \frac{A_A}{\sqrt{2}}$ (bài toán cơ bản phần dao động cơ, sử dụng đường tròn).

Từ đó ta có $\frac{T}{4} = 0,2 \Rightarrow T = 0,8$

Do đó tốc độ truyền sóng trên dây $v = \frac{\lambda}{f} = \frac{40}{0,8} = 50\text{cm/s} = 0,5\text{m/s}$

Đáp án A.

Ví dụ 8: Một sợi dây đang có sóng dừng ổn định. Sóng truyền trên dây có tần số 10 Hz và bước sóng 6 cm. Trên dây, hai phần tử M và N có vị trí cân bằng cách nhau 8 cm, M thuộc một bụng sóng dao động điều hòa với biên độ 6 mm. Lấy $\pi^2 = 10$. Tại thời điểm t, phần tử M đang chuyển động với tốc độ (cm/s) thì phần tử N chuyển động với gia tốc có độ lớn là

- A. $6\sqrt{3}\text{m/s}^2$ B. $6\sqrt{2}\text{m/s}^2$ C. 6m/s^2 D. 3m/s^2

Lời giải

Ta thấy $MN = 8 = 5\frac{\lambda}{4} + \frac{\lambda}{12}$ nên vẽ hình ra ta sẽ thấy: N cách nút một khoảng $\frac{\lambda}{12}$ và N dao động ngược pha với M.

Biên độ dao động của N là $A_N = A_M \left| \sin \frac{2\pi \cdot \frac{\lambda}{12}}{\lambda} \right| = \frac{A_M}{2} = 3\text{mm}$

Vì N dao động ngược pha với M nên tỉ số tốc độ là $\frac{|v_N|}{|v_M|} = \frac{A_N}{A_M} = \frac{3}{6} = \frac{1}{2}$

Khi $|v_M| = 6\pi\text{cm/s}$ thì từ biểu thức trên suy ra $|v_N| = 3\pi\text{cm/s}$. Độ lớn gia tốc điểm n lúc này xác định

bởi $\left(\frac{v_N}{\omega A_N} \right)^2 + \left(\frac{a_N}{\omega^2 A_N} \right)^2 = 1$

Thay số với $|v_N| = 3\pi \cdot 10^{-2}\text{m/s}$, $\omega = 2\pi f = 20\pi\text{rad/s}$, $A_N = 3 \cdot 10^{-3}\text{m}$ ta tính được $a_N = 6\sqrt{3}\text{(m/s}^2\text{)}$

Đáp án A

IV. BÀI TẬP SÓNG ÂM

1. Bài toán liên quan đến cường độ âm, mức cường độ âm

1.1. Phương pháp

Để làm các bài tập về sóng âm, ta cần nhớ một số kiến thức sau đây:

- Cường độ âm tại một điểm cách nguồn một khoảng r là (coi nguồn phát âm đẳng hướng trong không gian, hai nguồn điểm phát sóng cầu với công suất P)

$$I = \frac{P}{S} = \frac{P}{4\pi r^2} \text{W/m}^2$$

- Mức cường độ âm: $L = \log \frac{I}{I_0}$

IV. BÀI TẬP SÓNG ÂM.

1. Bài toán liên quan đến cường độ âm, mức cường độ âm

1.1. Phương pháp

Để làm các bài tập về sóng âm, ta cần nhớ một số kiến thức sau đây:

- Cường độ âm tại một điểm cách nguồn một khoảng r là (coi nguồn phát âm đẳng hướng trong không gian, hay nguồn điểm phát sóng cầu với công suất P)

$$I = \frac{P}{S} = \frac{P}{4\pi r^2} \quad (\text{đơn vị: W / m}^2)$$

- Mức cường độ âm: $L = \log \frac{I}{I_0}$

* Một số công thức hệ quả hay dùng:

Giả sử điểm A cách nguồn âm khoảng r_A có mức cường độ âm L_A ; điểm B cách nguồn âm khoảng r_B có mức cường độ âm L_B .

- Hệ quả 1

Xét hai điểm A và B . Đối với nguồn âm không thay đổi công suất P ta có

$$L_A - L_B = 20 \log \frac{r_B}{r_A} \text{ (dB)}$$

Chứng minh: $L_A - L_B = 10 \log \frac{I_A}{I_0} - 10 \log \frac{I_B}{I_0} = 10 \log \frac{I_A}{I_B} = 10 \log \frac{\frac{P}{4\pi r_A^2}}{\frac{P}{4\pi r_B^2}}$

$$= 10 \log \frac{4\pi r_B^2}{4\pi r_A^2} = 10 \log \left(\frac{r_B}{r_A} \right)^2 = 20 \log \frac{r_B}{r_A}$$

- Hệ quả 2

Xét hai điểm A và B .

Giả sử ban đầu nguồn âm có công suất P_t , mức cường độ âm tại A và B lần lượt là L_{At} và L_{Bt} .

Lúc sau thay bằng nguồn âm có công suất P_s , khi đó mức cường độ âm tại A và B lần lượt là L_A và L_B .

Ta có $L_{At} - L_{Bs} = 20 \log \frac{r_B}{r_A} + 10 \log \frac{P_t}{P_s} \text{ (dB)}$

Chứng minh: $L_{At} - L_{Bs} = 10 \log \frac{I_{At}}{I_0} - 10 \log \frac{I_{Bs}}{I_0} = 10 \log \frac{I_{At}}{I_{Bs}} = 10 \log \frac{\frac{P_t}{4\pi r_A^2}}{\frac{P_s}{4\pi r_B^2}}$

$$= 10 \log \frac{\frac{P_t}{4\pi r_A^2}}{\frac{P_s}{4\pi r_B^2}} = 10 \log \left[\left(\frac{r_B}{r_A} \right)^2 \cdot \frac{P_t}{P_s} \right] = 20 \log \frac{r_B}{r_A} + 10 \log \frac{P_t}{P_s}$$

Chú ý

Học Vật lí không nên nhớ công thức mà nên học bản chất vì sao có công thức đó. Tuy nhiên, đối với những bài toán sóng âm thì hai hệ quả bên ta nên nhớ để vận dụng nhanh vào bài tập. Ta qua các ví dụ cụ thể để hiểu hơn.

1.2 Ví dụ minh họa

Ví dụ 1: Một máy bay bay ở độ cao $h_1 = 100$ m, gây ra ở mặt đất ngay phía dưới một tiếng ồn có mức cường độ âm $L_1 = 120$ dB. Muốn giảm tiếng ồn tới mức chịu được $L_2 = 100$ dB thì máy bay phải bay ở độ cao:

- A. 316 m B. 500 m. C. 1000 m. D. 700 m.

Lời giải

Sóng âm do máy bay phát ra là sóng cầu, nên ta có: $\frac{I_2}{I_1} = \left(\frac{h_1}{h_2} \right)^2$

Mặt khác, ta có $L_2 - L_1 = 10 \left(\log \frac{I_2}{I_0} - \log \frac{I_1}{I_0} \right) = 10 \log \frac{I_2}{I_1} (dB)$

Áp dụng vào bài, ta được: $L_2 - L_1 = -20 (dB) \Rightarrow \log \frac{I_2}{I_1} = -2 \Rightarrow \frac{I_2}{I_1} = \frac{1}{100} = \left(\frac{h_1}{h_2} \right)^2$

$\Rightarrow \frac{h_2}{h_1} = 10 \Rightarrow h_2 = 10h_1 = 10 \cdot 100 = 1000 (m)$

Đáp án C

STUDY TIP

Nếu bài này nhớ công thức hệ quả 1 thì sẽ suy nhanh ra kết quả bài toán.

Ví dụ 2: Chọn câu trả lời đúng. Cường độ âm tại một điểm trong môi trường truyền âm là $10^{-5} W / m^2$.

Biết cường độ âm chuẩn là $I_0 = 10^{-12} W / m^2$. Mức cường độ âm tại điểm đó bằng

- A. 60 dB. B. 80 dB. C. 70 dB. D. 50 dB.

Lời giải

Mức cường độ âm tại điểm đó tính theo đơn vị dB là

$$L(\text{dB}) = 10 \log \frac{I}{I_0} = 10 \log \frac{10^{-5}}{10^{-12}} = 70(\text{dB})$$

Đáp án C.

Ví dụ 3: Một sóng âm có dạng hình cầu được phát ra từ nguồn có công suất 1 W. Giả sử rằng năng lượng phát ra được bảo toàn. Hỏi cường độ âm tại điểm cách nguồn âm lần lượt 1,0 m và 2,5 m là bao nhiêu?

- A. $I_1 \approx 0,07958 \text{ W} / \text{m}^2; I_2 \approx 0,01273 \text{ W} / \text{m}^2$
- B. $I_1 \approx 0,07958 \text{ W} / \text{m}^2; I_2 \approx 0,1273 \text{ W} / \text{m}^2$
- C. $I_1 \approx 0,7958 \text{ W} / \text{m}^2; I_2 \approx 0,01273 \text{ W} / \text{m}^2$
- D. $I_1 \approx 0,7958 \text{ W} / \text{m}^2; I_2 \approx 0,1273 \text{ W} / \text{m}^2$

Lời giải

Đây là bài toán cơ bản chỉ cần nhớ công thức tính cường độ âm do sóng cầu gây ra tại một điểm. Cường độ âm tại các điểm đó là

$$I_1 = \frac{1}{4\pi \cdot 1^2} = 0,079577 \text{ W} / \text{m}^2$$

$$I_2 = \frac{1}{2.5\pi \cdot 2.5^2} = 0,01273 \text{ W} / \text{m}^2$$

Đáp án C.

Ví dụ 4: Gọi I_0 là cường độ âm chuẩn. Nếu mức cường độ âm là 1 (dB) thì cường độ âm

- A. $I_0 = 1,26I$
- B. $I = 1,26 I_0$
- C. $I_0 = 10I$
- D. $I = 10I_0$

Lời giải

Bài toán đơn thuần áp dụng công thức tính mức cường độ âm

$$L = \log \frac{I}{I_0} = 0,1 \Rightarrow I = 10^{0,1} \cdot I_0 = 1,26 \cdot I_0$$

Đáp án B

Ví dụ 5: Hai âm có mức cường độ âm chênh lệch nhau là 40 dB. Tỷ số cường độ âm của chúng là

- A. 10^2
- B. $4 \cdot 10^3$
- C. $4 \cdot 10^2$
- D. 10^4

Lời giải

$$\text{Ta có: } L_A - L_B = 40\text{dB} \Rightarrow 10 \log \frac{I_A}{I_B} - 10 \log \frac{I_B}{I_A} = 40 \Rightarrow \log \frac{I_A}{I_B} = 4 \Rightarrow \frac{I_A}{I_B} = 10^4$$

Đáp án D.

Ví dụ 6: Một nguồn âm được coi là nguồn điểm phát sóng cầu và môi trường không hấp thụ âm. Tại một vị trí sóng âm biên độ 0,12 mm có cường độ âm tại điểm đó bằng $1,80 \text{ Wm}^{-2}$. Hỏi tại vị trí sóng có biên độ bằng 0,36 mm thì sẽ có cường độ âm tại điểm đó bằng bao nhiêu?

- A. $0,60 \text{ Wm}^{-2}$ B. $2,70 \text{ Wm}^{-2}$ C. $5,40 \text{ Wm}^{-2}$ D. $16,2 \text{ Wm}^{-2}$

Lời giải

Năng lượng của sóng âm tỉ lệ với bình phương của biên độ sóng âm.

Ta có: $\frac{W_2}{W_1} = \frac{a_2^2}{a_1^2} = 9$. Cường độ âm tỉ lệ với năng lượng sóng $\frac{I_2}{I_1} = \frac{W_2}{W_1}$

Từ đó $\frac{I_2}{I_1} = \frac{a_2^2}{a_1^2} = 9 \Rightarrow I_2 = 9I_1 = 16,2 (\text{Wm}^{-2})$

Đáp án D.

Ví dụ 7: Hai điểm A, B nằm trên cùng một đường thẳng đi qua một nguồn âm và ở hai phía so với nguồn âm. Biết mức cường độ âm tại A và tại trung điểm của AB lần lượt là 50 dB và 44 dB. Mức cường độ âm tại B là:

- A. 28 dB. B. 36 dB. C. 38 dB. D. 47 dB.

Lời giải



Gọi M là trung điểm của AB. Vì $L_A > L_M$ nên $R_A < R_M$ hay O (nguồn) nằm trong đoạn AM, và gần A hơn. Ta có $L_A - L_M = 20 \log \frac{R_M}{R_A} = 50 - 44 = 6 \Rightarrow \log \frac{R_M}{R_A} = 0,3 \Leftrightarrow \frac{R_B}{R_A} = (1 + 2 \cdot 10^{0,3})$

M là trung điểm của AB nên $R_M = OM = \frac{R_B - R_A}{2}$

Từ đó ta có $R_B = R_A + 2R_M = (1 + 2 \cdot 10^{0,3}) R_A \Rightarrow \frac{R_B}{R_A} = (1 + 2 \cdot 10^{0,3})$

Mặt khác $L_A - L_B = 20 \log \frac{R_B}{R_A} = 20 \log (1 + 2 \cdot 10^{0,3}) = 20 \cdot 0,698 = 13,963$

Từ đó ta có $L_B = L_A - 13,963 = 36,037 \approx 36 \text{ dB}$

Đáp án B.

Ví dụ 8: Một nguồn âm là nguồn điểm phát âm đẳng hướng trong không gian. Giả sử không có sự hấp thụ và phản xạ âm. Tại một điểm cách nguồn âm 10 m thì mức cường độ âm là 80 dB. Tại điểm cách nguồn âm 1 m thì mức cường độ âm bằng

A. 90 dB.

B. 110 dB.

C. 120 dB.

D. 100 dB.

Lời giải

$$\text{Ta có: } \frac{I_1}{I_2} = \left(\frac{R_2}{R_1}\right)^2 = \frac{1}{100} \Rightarrow I_2 = 100I_1$$

$$L_2 - L_1 = 100 \log \frac{I_2}{I_1} = 20 \Rightarrow L_2 = L_1 + 20 = 100$$

Đáp án D.

Ví dụ 9: Cho hai nguồn sóng âm kết hợp A, B đặt cách nhau 2 m dao động cùng pha nhau. Trên đoạn AB người ta thấy có 5 vị trí âm có độ to cực đại. Cho biết tốc độ truyền âm trong không khí là 350 m/s. Tần số f của nguồn âm có giá trị

A. $350\text{Hz} \leq f < 525\text{Hz}$

B. $350\text{Hz} < f < 525\text{Hz}$

C. $350\text{Hz} < f < 262,5\text{Hz}$

D. $175\text{Hz} \leq f < 262,5\text{Hz}$

Lời giải

Có 5 vị trí âm cực đại nên có 5 bụng sóng.

Trên sợi dây có 5 bụng thì khoảng cách AB ngắn nhất khi 2 đầu A, B là 2 bụng

$$\text{nên ta có } 4 \frac{\lambda}{2} \leq AB$$

Tuy nhiên ta không lấy bụng ở hai đầu A, B. Do đó $4 \frac{\lambda}{2} < AB$

Khoảng cách AB lớn nhất khi 2 đầu A, B không là bụng, không là nút, khi đó:

$$AB < 4 \frac{\lambda}{2} + 2 \cdot \frac{\lambda}{2}$$

$$\text{Từ đó ta có } 4 \frac{\lambda}{2} < AB < 6 \cdot \frac{\lambda}{2} \Rightarrow 350 \leq f < 525 (\text{Hz})$$

Đáp án B.

Ví dụ 10: Hai nguồn âm nhỏ S_1, S_2 giống nhau (được coi là hai nguồn kết hợp) phát ra âm thanh cùng pha và cùng biên độ. Một người đứng ở điểm N với $S_1N = 3 \text{ m}$ và $S_2N = 3,375 \text{ m}$. Tốc độ truyền âm trong không khí là 330 m/s. Tìm bước sóng dài nhất để người đó ở N không nghe được âm thanh từ hai nguồn S_1, S_2 phát ra

A. $\lambda = 1\text{m}$

B. $\lambda = 0,5\text{m}$

C. $\lambda = 0,4\text{m}$

D. $\lambda = 0,75\text{m}$

Lời giải

Để ở N không nghe được âm thì tại N hai sóng âm truyền đến ngược pha nhau.

Tại N sóng âm có biên độ cực tiểu khi: $d_2 - d_1 = \left(k + \frac{1}{2}\right)\lambda = 0,375\text{m} \Rightarrow \lambda = \frac{0,75}{2k+1}$

$\Rightarrow \lambda$ có giá trị dài nhất khi N ở đường cực tiểu thứ nhất $k = 0 \Rightarrow \lambda_{\max} = 0,75\text{m}$

Đáp án D.

Ví dụ 11: Một nguồn âm được coi là nguồn điểm phát sóng cầu và môi trường không hấp thụ âm. Tại một vị trí sóng âm có biên độ 0,12 mm có cường độ âm tại điểm đó bằng $1,80\text{Wm}^{-2}$. Hỏi tại vị trí sóng có biên độ bằng 0,36 mm thì sẽ có cường độ âm tại điểm đó bằng bao nhiêu?

- A. $0,60\text{Wm}^{-2}$ B. $2,70\text{Wm}^{-2}$ C. $5,40\text{Wm}^{-2}$ D. $16,2\text{Wm}^{-2}$

Lời giải

Năng lượng của sóng âm tỉ lệ với bình phương của biên độ sóng âm $\frac{W_2}{W_1} = \frac{a_2^2}{a_1^2} = 9$

Năng lượng của sóng âm tỉ lệ nghịch với bình phương khoảng cách đến nguồn phát $\frac{W_2}{W_1} = \frac{R_1^2}{R_2^2}$

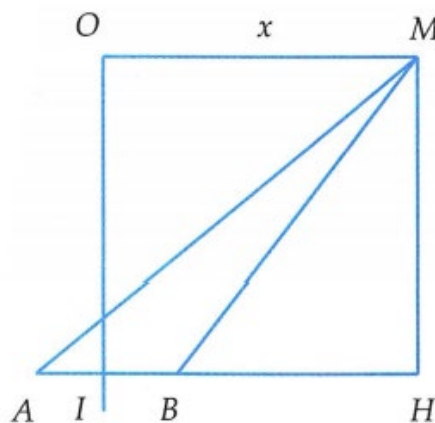
Từ đó ta có $\frac{I_2}{I_1} = \frac{R_1^2}{R_2^2} = \frac{a_2^2}{a_1^2} = 9 \Rightarrow I_2 = 9I_1 = 16,2(\text{Wm}^{-2})$

Đáp án D.

Ví dụ 12: Hai nguồn âm điểm phát sóng cầu đồng bộ với tần số $f = 680\text{ Hz}$ được đặt tại A và B cách nhau 1 m trong không khí. Biết tốc độ truyền âm trong không khí là $v = 340\text{ m/s}$. Bỏ qua sự hấp thụ âm của môi trường. Gọi O là điểm nằm trên đường trung trực của AB cách AB 100 m và M là điểm nằm trên đường thẳng qua O song song với AB, gần O nhất mà tại đó nhận được âm to nhất. Cho rằng $AB \ll OI$ (với I là trung điểm của AB). Khoảng cách OM bằng

- A. 40 m. B. 50 m. C. 60 m. D. 70 m.

Lời giải



Bước sóng: $\lambda = \frac{v}{f} = 0,5m$

Tại M nghe to nhất và gần O nhất thì M nằm trên cực đại $k = 1, MA - MB = \lambda,$

Từ hình vẽ, sử dụng định lí Pitago ta có

$$\begin{cases} MA = \sqrt{MH^2 + AH^2} = \sqrt{100^2 + (x + 0,50)^2} \\ MB = \sqrt{100^2 + (x - 0,5)^2} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \sqrt{100^2 + (x + 0,50)^2} - \sqrt{100^2 + (x - 0,5)^2} = 0,5$$

Dùng máy tính giải phương trình trên tìm được $x = 60$ m.

Đáp án C.

Ví dụ 13: Mức cường độ âm tại vị trí cách loa 1 m là 50 dB. Một người xuất phát từ loa, đi ra xa nó thì thấy: khi cách loa 100 m thì không còn nghe được âm do loa đó phát ra nữa. Lấy cường độ âm chuẩn là $I_0 = 10^{-12} \text{W} / \text{m}^2$, coi sóng âm do loa đó phát ra là sóng cầu. Xác định ngưỡng nghe của tai người này

- A. 25 dB. B. 60 dB. C. 10 dB. D. 100 dB.

Lời giải

Giả sử khi cách loa khoảng $r_2 = 100$ m thì người đó không còn nghe được âm do loa đó phát ra nữa và lúc đó mức cường độ âm là L_2 . Theo hệ quả 1 ta có

$$L_2 - L_1 = 20 \log \frac{r_1}{r_2} \Rightarrow L_2 = L_1 + 20 \log \frac{r_1}{r_2} = 50 + 20 \log \frac{1}{100} = 10$$

Đáp án C.

Ví dụ 14: Một nguồn O phát sóng âm có công suất không đổi trong một môi trường đẳng hướng và không hấp thụ âm. Tại điểm A. mức cường độ âm là 40 dB. Nếu tăng công suất của nguồn âm lên 4 lần nhưng không đổi tần số thì mức cường độ âm tại A là:

- A. 52 dB. B. 67 dB. C. 46 dB. D. 160 dB.

Lời giải

$$\text{Ta có } \begin{cases} L_A = 10 \log \frac{I_A}{I_0} = 10 \log \frac{P}{SI_0} \\ L_{A'} = 20 \log \frac{I_{A'}}{I_0} = 10 \log \frac{P'}{SI_0} \Rightarrow L_{A'} - L_A = 10 \log \frac{P'}{P} \\ P' = 4P \end{cases}$$

$$\Rightarrow L_{A'} = L_A + 10 \log \frac{P'}{P} = 40 + 10 \log 4 \approx 46$$

Đáp án C.

Ví dụ 15: Nguồn âm đặt tại O có công suất truyền âm không đổi. Trên cùng nửa đường thẳng qua O có ba điểm A, B, C theo thứ tự có khoảng cách tới nguồn tăng dần. Mức cường độ âm tại B kém mức cường độ âm tại A là b (B); mức cường độ âm tại B hơn mức cường độ âm tại C là $3b$ (B). Biết $4OA = 3OB$. Coi sóng âm là sóng cầu và môi trường truyền âm đẳng hướng. Tỉ số $\frac{OC}{OA}$ bằng:

- A. $\frac{346}{56}$ B. $\frac{256}{81}$ C. $\frac{276}{21}$ D. $\frac{75}{81}$

Lời giải

$$\text{Ta có: } \begin{cases} L_A - L_B = b \\ L_B - L_C = 3b \\ 4r_A = 3r_B \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} L_A - L_C = b + 3b = 4b \\ L_A - L_B = b \\ 4r_A = 3r_B \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 20 \log \frac{r_C}{r_A} = 4b \\ 20 \log \frac{r_B}{r_A} = b \\ \frac{r_B}{r_A} = \frac{4}{3} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 20 \log \frac{r_C}{r_A} = 4b \\ 20 \log \frac{4}{3} = b \end{cases}$$

$$\Rightarrow 20 \log \frac{r_C}{r_A} = 4 \cdot 20 \log \frac{4}{3} \Leftrightarrow \log \frac{r_C}{r_A} = 4 \log \frac{4}{3} \Leftrightarrow \frac{r_C}{r_A} = \left(\frac{4}{3}\right)^2 = \frac{256}{81}$$

Đáp án B.

Ví dụ 16: Tại điểm O trong môi trường đẳng hướng, không hấp thụ âm, có 2 nguồn âm điểm, giống nhau với công suất phát âm không đổi. Tại điểm A có mức cường độ âm 20 dB. Để tại trung điểm M của đoạn OA có mức cường độ âm là 30 dB thì số nguồn âm giống các nguồn âm trên cần đặt thêm tại O bằng

- A. 4 B. 3 C. 5 D. 7

Lời giải



Gọi P_0 là công suất của một nguồn âm điểm. Giả sử cần đặt thêm n nguồn âm giống nhau tại O để thỏa mãn yêu cầu của bài toán, khi đó công suất của nguồn lúc này là $P_S = (n + 2)P_0$.

Sử dụng hệ quả 2 ta có

$$L_{At} - L_{Ms} = 20 \log \frac{r_M}{r_A} + 10 \log \frac{P_t}{P_s} \Rightarrow 20 - 30 = 20 \log \frac{2}{r_A} + 10 \log \frac{2P_0}{(n+2)P_0}$$

$$\Rightarrow \log \frac{2}{n+2} = -1 - 2 \log \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{2}{n+2} = 10^{-1-2 \log \frac{1}{2}} = \frac{2}{5} \Rightarrow n = 3$$

Đáp án B.

Ví dụ 17: Trong buổi hòa nhạc được tổ chức ở Nhà Hát lớn Hà Nội nhân dịp kỉ niệm 1000 năm Thăng Long. Một người ngồi dưới khán đài nghe được âm do một chiếc đàn giao hưởng phát ra có mức cường độ âm 12 dB. Khi dàn nhạc giao hưởng thực hiện bản hợp xướng người đó cảm nhận được âm là 2,376 B. Hỏi dàn nhạc giao hưởng đó có bao nhiêu người?

- A. 6 B. 18 C. 12 D. 15

Lời giải

Giả sử có n người thực hiện bản hợp xướng, khi đó công suất âm phát ra là nP_0 , với P_0 là công suất âm do một chiếc đàn giao hưởng phát ra. Sử dụng hệ quả 2 ta có ngay $L_{At} - L_{Ms} = 20 \log \frac{r_M}{r_A} + 10 \log \frac{P_t}{P_s}$

$$\Rightarrow 12 - 23,76 = 10 \log \frac{P_0}{nP_0} = 10 \log \frac{1}{n} = -10 \log n \Rightarrow n = 10^{\frac{23,76-12}{10}} \approx 15$$

Đáp án D.

Ví dụ 18: Một nguồn âm S phát ra âm có tần số xác định. Năng lượng âm truyền đi phân phối đều trên mặt cầu tâm S bán kính d . Bỏ qua sự phản xạ của sóng âm trên mặt đất và các vật cản. Tại điểm A cách nguồn âm S 100 m, mức cường độ âm là 20 dB. Xác định vị trí điểm B để tại đó mức cường độ âm bằng 0.

- A. 1000 m. B. 100 m. C. 10 m. D. 1 m.

Lời giải

Sử dụng hệ quả 1 ta có ngay: $L_A - L_B = 20 \log \frac{r_B}{r_A} \Rightarrow L_A = L_B + 20 \log \frac{r_B}{r_A} = 20 \log \frac{r_B}{r_A}$

$$\Rightarrow 20 = 20 \log \frac{r_B}{100} \Rightarrow \frac{r_B}{100} = 10 \Rightarrow r_B = 1000$$

Đáp án A.

Ví dụ 19: Ba điểm A, B, C thuộc nửa đường thẳng từ A. Tại A đặt một nguồn phát âm đẳng hướng có công suất thay đổi. Khi $P = P_1$ thì mức cường độ âm tại B là 60 dB, tại C là 20 dB. Khi $P = P_2$ thì mức cường độ âm tại B là 90 dB và mức cường độ âm tại C là

- A. 50 dB. B. 60 dB. C. 10 dB. D. 40 dB.

Lời giải

Sử dụng hệ quả 1 ta có ngay:
$$\begin{cases} L_{C_1} - L_{B_1} = 20 \log \frac{r_B}{r_C} \\ L_{C_2} - L_{B_2} = 20 \log \frac{r_B}{r_C} \end{cases}$$

$$\Rightarrow L_{C_1} - L_{B_1} = L_{C_2} - L_{B_2} \Rightarrow L_{C_2} = L_{C_1} - L_{B_1} + L_{B_2} = 20 - 60 + 90 = 50$$

Đáp án A.

Ví dụ 20: Tại một điểm nghe được đồng thời hai âm: âm truyền tới có mức cường độ âm là 65 dB, âm phản xạ có mức cường độ âm là 60 dB. Mức cường độ âm toàn phần tại điểm đó là:

- A. 5 dB. B. 125 dB. C. 66,19 dB. D. 62,5 dB.

Lời giải

Gọi I_1 và I_2 là cường độ âm tới và âm phản xạ tại điểm đó.

Khi đó cường độ âm toàn phần là $I = I_1 + I_2$

Theo bài ra ta có
$$\begin{cases} \lg \frac{I_1}{I_0} = 6,5 \Rightarrow I_1 = 10^{6,5} I_0 \\ \lg \frac{I_2}{I_0} = 6 \Rightarrow I_2 = 10^6 I_0 \end{cases}$$

Từ đó ta có mức cường độ âm toàn phần tại điểm đó là:

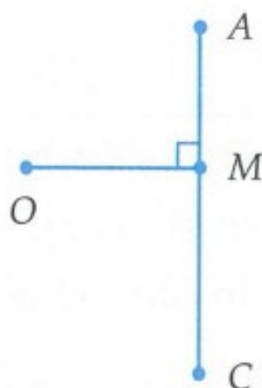
$$L = 10 \lg \frac{I_1 + I_2}{I_0} = 10 \lg (10^{6,5} + 10^6) = 66,19$$

Đáp án C.

Ví dụ 21: Tại O có một nguồn phát âm thanh đẳng hướng với công suất không đổi. Một người đi bộ từ A đến C theo một đường thẳng và lắng nghe âm thanh từ nguồn O thì nghe thấy cường độ âm tăng từ I đến 4I rồi lại giảm xuống I. Khoảng cách AO bằng:

- A. $AC \frac{\sqrt{2}}{2}$ B. $AC \frac{\sqrt{3}}{3}$ C. $\frac{AC}{2}$ D. $\frac{AC}{2}$

Lời giải



Do nguồn phát âm thanh đẳng hướng nên cường độ âm tại điểm cách nguồn khoảng R là $I = \frac{P}{4\pi R^2}$

Giả sử người đi bộ từ A qua M tới C. Theo bài ra ta có:
$$\begin{cases} I_A = I_C = I \Rightarrow OA = OC \\ I_M = 4I \Rightarrow OA = 2OM \end{cases}$$

Khi đi bộ từ A đến C theo đường thẳng AC, cường độ âm tăng từ I đến 4I rồi lại giảm xuống I nên I_M đạt giá trị lớn nhất. Suy ra M gần O nhất \Rightarrow OM vuông góc với AC và M là trung điểm của AC.

Theo định lí Pitago, ta có

$$AO^2 = OM^2 + AM^2 = \frac{AO^2}{4} + \frac{AC^2}{4} \Rightarrow 3AO^2 = AC^2 \Rightarrow AO = \frac{AC\sqrt{3}}{3}$$

Đáp án B.

Ví dụ 22: Ba điểm O, M, N cùng nằm trên một nửa đường thẳng xuất phát từ O. Tại O đặt một nguồn điểm phát sóng âm đẳng hướng ra không gian, môi trường không hấp thụ âm. Mức cường độ âm tại M là 70 dB, tại N là 30 dB. Nếu chuyển nguồn âm đó sang vị trí M thì mức cường độ âm tại trung điểm MN khi đó là

- A. 36,1 dB. B. 41,2 dB. C. 33,4 dB. D. 42,1 dB.

Lời giải

Ban đầu khi chưa chuyển nguồn âm sang vị trí M, ta có

$$L_M - L_N = 20 \log \frac{r_N}{r_M} \Rightarrow 70 - 30 = 20 \log \frac{r_N}{r_M} \Rightarrow r_N = 100r_M$$

Khi chuyển nguồn âm sang vị trí M, gọi I là trung điểm của MN. Ta có

$$\begin{cases} r_I = MI = \frac{1}{2}MN = \frac{1}{2}(r_N - r_M) \\ r_N = 100r_M \end{cases}$$

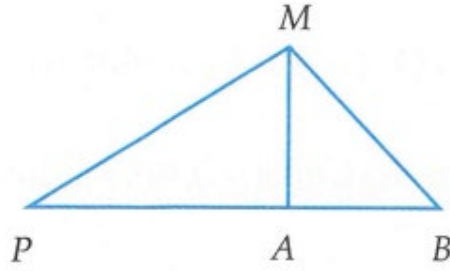
$$\text{Từ đó ta có } L_I - L_M = 20 \log \frac{r_M}{r_I} \Rightarrow L_I = L_M + 20 \log \frac{r_M}{r_I} = 70 + 20 \log \frac{2}{99} = 36,1$$

Đáp án A.

Ví dụ 23: Một nguồn âm P phát ra âm đẳng hướng. Hai điểm A, B nằm cùng trên một phương truyền sóng có mức cường độ âm lần lượt là 40 dB và 30 dB. Điểm M nằm trong môi trường truyền sóng sao cho $\triangle AMB$ vuông cân ở A. Xác định mức cường độ âm tại M?

- A. 37,54 dB. B. 32,46 dB. C. 35,54 dB. D. 38,46 dB.

Lời giải



Ta có $L_A - L_B = 20 \log \frac{r_B}{r_A} \Rightarrow 40 - 30 = 20 \log \frac{r_B}{r_A} \Rightarrow r_B = \sqrt{10} r_A$

Vì tam giác AMB vuông cân tại A nên ta có

$$AM = AB = PB - PA = r_B - r_A = (\sqrt{10} - 1)r_A$$

Theo Pitago ta có $r_M^2 = r_A^2 + AM^2 = r_A^2 \left[1 + (\sqrt{10} - 1)^2 \right]$

Từ đó ta có $L_M - L_A = 20 \log \frac{r_A}{r_M} \Rightarrow L_M = L_A + 20 \log \frac{r_A}{r_M}$

$$\Rightarrow L_M = 40 + 20 \log \frac{1}{\sqrt{1 + (\sqrt{10} - 1)^2}} \approx 32,46$$

Đáp án B.

Ví dụ 24: Công suất âm thanh cực đại của một máy nghe nhạc là 10 W. Cho rằng khi truyền đi thì cứ mỗi 1 m thì năng lượng âm lại bị giảm 5% so với năng lượng ban đầu do sự hấp thụ của môi trường. Biết cường độ âm chuẩn là $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$. Mức cường độ âm lớn nhất ở khoảng cách 6 m gần bằng bao nhiêu?

- A. 10,21 dB. B. 10,21 B. C. 1,21 dB. D. 7,35 dB.

Lời giải

Ta có công suất của nguồn ở khoảng cách n (m) (với n là số nguyên) là

$$P_n = P_0 \cdot 0,95^n$$

Do đó cường độ âm được xác định bởi $I_n = \frac{P_n}{4\pi R_n^2} = \frac{P_0 \cdot (0,95)^n}{4\pi R_n^2}$

Vậy mức cường độ âm ở một điểm cách nguồn khoảng n mét là

$$L_n = \log \frac{I_n}{I_0} = \log \frac{P_0 \cdot (0,95)^n}{4\pi R_n^2 I_0}$$

Với $n = 6$ thì $L = 10,21B$

Đáp án B.

Ví dụ 25: Tại vị trí O trong một nhà máy, một còi báo cháy (xem là nguồn điểm) phát âm với công suất không đổi. Từ bên ngoài, một thiết bị xác định mức cường độ âm chuyển động thẳng từ M hướng đến O theo hai giai đoạn với vận tốc ban đầu bằng không và gia tốc có độ lớn $0,4 \text{ m/s}^2$ cho đến khi dừng lại tại N (cổng nhà máy). Biết $NO = 10 \text{ m}$ và mức cường độ âm (do còi phát ra) tại N lớn hơn mức cường độ âm tại M là 20 dB. Cho rằng môi trường truyền âm đẳng hướng và không hấp thụ âm. Thời gian thiết bị đó chuyển động từ M đến N có giá trị gần giá trị nào nhất sau đây?

A. 27 s.

B. 32 s.

C. 47 s.

D. 25 s.

Lời giải

Đây là một bài có sử dụng kiến thức chuyển động thẳng biến đổi đều lớp 10 đã được học. Sai lầm thường thấy là lời giải sau:



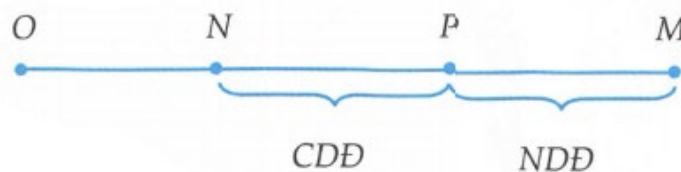
– Ta có: $L_N - L_M = 10 \log \frac{I_N}{I_M} = 10 \log \left(\frac{OM}{ON} \right)^2 \Rightarrow 20 = 10 \log \left(\frac{OM}{ON} \right)^2 \Rightarrow OM = 10.ON = 100(m)$

– Thời gian thiết bị chuyển động từ M đến N với gia tốc có độ lớn $|a| = 0,4 \text{ m/s}^2$ là

$$MN = \frac{|a|t^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2MN}{|a|}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 90}{0,4}} = 21,21(s)$$

– Sai lầm ở đây do việc không đọc kỹ đề bài. Đề bài nói rằng, thiết bị từ M chuyển động với vận tốc ban đầu bằng 0 theo hướng đến O theo hai giai đoạn với gia tốc không đổi, và dừng lại tại N.

– Như vậy, giai đoạn 1, vật chuyển động thẳng nhanh dần đều với vận tốc ban đầu bằng 0, với gia tốc có độ lớn $0,4 \text{ m/s}^2$ đến vị trí P nào đó, khi đó tại P vật có vận tốc là v . Sau đó, giai đoạn 2, thiết bị chuyển động thẳng chậm dần đều từ vị trí P và dừng tại cổng N.



– Quá trình chuyển động nhanh dần đều từ M đến P:

$$v_P = v_M + |a|t_{MP} = 0 + |a|t_{MP} \Rightarrow t_{MP} = \frac{v_P}{|a|}$$

- Quá trình chuyển động chậm dần đều từ P đến N:

$$v_N = v_P - |a|t_{PN} \Rightarrow 0 = v_P - |a|t_{PN} \Rightarrow t_{PN} = \frac{v_P}{|a|}$$

- Từ đó suy ra $t_{MP} = t_{PN} = t$.
- Quãng đường thiết bị chuyển động từ M đến N là

$$MN = MP + PN = \frac{1}{2}|a|t_{MP}^2 + \frac{1}{2}|a|t_{PN}^2 = \frac{1}{2}|a|t^2 + \frac{1}{2}|a|t^2 = |a|t^2$$

- Thời gian thiết bị chuyển động từ M đến N là

$$\Delta t = t + t = 2t = 2\sqrt{\frac{MN}{|a|}} = 2\sqrt{\frac{90}{0,4}} = 30(s)$$

Đáp án B.

Ví dụ 26: Trong môi trường đẳng hướng và không hấp thụ âm, có 3 điểm thẳng hàng theo đúng thứ tự A; B; C với $AB = 100$ m, $AC = 250$ m. Khi đặt tại A một nguồn điểm phát âm công suất P thì mức cường độ âm tại B là 100 dB. Bỏ nguồn âm tại A, đặt tại B một nguồn điểm phát âm công suất 2P thì mức cường độ âm tại A và C là

- | | |
|------------------------------|------------------------------|
| A. 103 dB và 99,5 dB. | B. 100 dB và 96,5 dB. |
| C. 103 dB và 96,5 dB. | D. 100 dB và 99,5 dB. |

Lời giải

- Ban đầu, đặt tại A một nguồn điểm phát âm công suất P, ta có

$$L_B = 10 \log \frac{I}{I_0} = 10 \log \frac{P}{4\pi AB^2 I_0} = 100dB$$

- Lúc sau, bỏ nguồn âm tại A, đặt tại B một nguồn điểm phát âm công suất 2P thì mức cường độ âm tại điểm A là:

$$L_A = 10 \log \frac{2P}{4\pi AB^2 I_0} = 10 \log 2 + 10 \log \frac{P}{4\pi AB^2 I_0} = 103dB.$$

- Mức cường độ âm tại C là:

$$L_C = L_A + 10 \log \frac{AB^2}{BC^2} = 99,5 \text{ dB}$$

Đáp án A.

BÀI TẬP RÈN LUYỆN KĨ NĂNG

Câu 1: Nguồn âm tại O có công suất không đổi. Trên cùng đường thẳng qua O có ba điểm A, B, C cùng nằm về một phía của O và theo thứ tự xa có khoảng cách tới nguồn tăng dần. Mức cường độ âm tại B kém mức cường độ âm tại A là a (dB), mức cường độ âm tại B hơn mức cường độ âm tại C là 3a (dB).

Biết $OA = \frac{2}{3}OB$. Tính tỉ số $\frac{OC}{OA}$

- A. $\frac{81}{16}$ B. $\frac{9}{4}$ C. $\frac{27}{8}$ D. $\frac{32}{27}$

Câu 2: Mức cường độ của một âm là $L = 30 \text{ dB}$. Hãy tính cường độ của âm này theo đơn vị W / m^2 . Biết cường độ âm chuẩn là $I_0 = 10^{-12} W / m^2$. Mức cường độ âm tính theo đơn vị (dB) là:

- A. $10^{-18} W / m^2$ B. $10^{-9} W / m^2$
C. $10^{-3} W / m^2$ D. $10^{-4} W / m^2$

Câu 3: Hai điểm nằm cùng một phía của nguồn âm, trên cùng một phương truyền âm cách nhau một khoảng bằng a, có mức cường độ âm lần lượt là $L_M = 30 \text{ dB}$ và $L_N = 10 \text{ dB}$. Biết nguồn âm là đẳng hướng. Nếu nguồn âm đó đặt tại điểm M thì mức cường độ âm tại N là

- A. 12 dB. B. 7 dB. C. 11 dB. D. 9 dB.

Câu 4: Tại một phòng nghe nhạc, tại một vị trí: mức cường độ âm tạo ra từ nguồn là 75dB, mức cường độ âm phản xạ ở bức tường phía sau là 72dB. Mức cường độ âm toàn phần tại vị trí đó là bao nhiêu? (bức tường không hấp thụ âm)

- A. 77 dB. B. 79 dB. C. 81 dB. D. 83 dB.

Câu 5: Hai điểm M và N nằm cùng một phía của nguồn âm, trên cùng một phương truyền âm có $L_M = 30 \text{ dB}$, $L_N = 10 \text{ dB}$, nếu nguồn âm đó đặt tại M thì mức cường độ âm tại N khi đó là:

- A. 12 B. 7 C. 9 D. 11

Câu 6: Cho 3 điểm A, B, C thẳng hàng, theo thứ tự xa dần nguồn âm. Mức cường độ âm tại A, B, C lần lượt là 40 dB; 35,9 dB và 30 dB. Khoảng cách giữa AB là 30 m và khoảng cách giữa BC là:

- A. 78 m. B. 108 m. C. 40 m. D. 65 m.

Câu 7: Trong một ban hợp ca, coi mọi ca sĩ đều hát với cùng cường độ âm và cùng tần số. Khi một ca sĩ hát thì mức cường độ âm là 68 dB. Khi cả ban hợp ca cùng hát thì đo được mức cường độ âm là 80 dB. Số ca sĩ có trong ban hợp ca là:

A. 16 người

B. 12 người.

C. 10 người.

D. 18 người.

Câu 8: Một người đứng giữa hai loa A và B. Khi loa A bật thì người đó nghe được âm có mức cường độ 76 dB. Khi loa B bật thì nghe được âm có mức cường độ 80 dB. Nếu bật cả hai loa thì nghe được âm có mức cường độ bao nhiêu?

A. 156 dB.

B. 4 dB.

C. 81,46 dB.

D. 110 dB.

Câu 9: Công suất âm thanh cực đại của một máy nghe nhạc gia đình là 10 W. Cho rằng cứ truyền trên khoảng cách 1 m, năng lượng âm bị giảm 5% so với lần đầu do sự hấp thụ của môi trường truyền âm. Biết $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$. Nếu mở to hết cỡ thì mức cường độ âm ở khoảng cách 6 m là:

A. 98 dB.

B. 89 dB.

C. 107 dB.

D. 102 dB.

ĐÁP ÁN

1-A	2-B	3-C	4-A	5-D	6-A	7-A	8-C	9-D
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

2. Bài toán liên quan đến dây đàn, sáo

Để làm bài toán liên quan đến dây đàn, sáo cần chú ý đến điều kiện để có sóng dừng trên dây đàn, trong ống sáo (xem lại phần lí thuyết).

Ví dụ 1: Trên sợi dây đàn 65 cm sóng ngang truyền với tốc độ 572 m/s. Dây đàn phát ra bao nhiêu họa âm (kể cả âm cơ bản) trong vùng âm nghe được

A. 45.

B. 22.

C. 30.

D. 37.

Lời giải

Dây đàn có hai đầu lag nút, chiều dài dây thỏa mãn

$$l = n \frac{\lambda}{2} = n \frac{v}{2f} \Rightarrow f = n \frac{v}{2l} = 440n$$

Để dây đàn phát ra họa âm trong vùng nghe được thì $16 \leq f \leq 20000$, tức là ta có

$$16 \leq 440n \leq 20000 \Leftrightarrow 0,036 \leq n \leq 45,45$$

Có 45 giá trị nguyên thỏa mãn.

Đáp án A.

Ví dụ 2: Một ống khí có một đầu bịt kín, một đầu hở tạo ra âm cơ bản có tần số 112 Hz. Biết tốc độ truyền âm trong không khí là 336 m/s. Bước sóng dài nhất của các họa âm mà ống này tạo ra bằng:

A. 1 m.

B. 0,8 m.

C. 0,2 m.

D. 2 m.

Lời giải

Điều kiện để có sóng dừng trong ống:

$$l = (2k + 1) \cdot \frac{\lambda}{4} \Rightarrow \lambda = \frac{4l}{2k + 1} (*)$$

(l là chiều dài của cột khí trong ống, đầu kín là nút đầu hở là bụng của sóng dừng trong ống khí). Từ đó ta có

$$f = \frac{v}{\lambda} = (2k + 1) \cdot \frac{v}{4l} = (2k + 1) \cdot f_0 \quad \left(f_0 = \frac{v}{4l} \right)$$

(f_0 : tần số âm cơ bản). Theo bài ra ta có:

$$f_0 = 112 \text{ Hz} \Rightarrow \frac{v}{4l} = 112 \Rightarrow l = \frac{v}{4 \cdot 112} = 0,75 \text{ (m)}$$

Từ (*) ta thấy các họa âm có λ_{\max} khi $(2k + 1)_{\min}$, suy ra $(2k + 1) = 3$ (với $k = 1$)

$$\text{Vậy } \lambda_{\max} = \frac{4l}{3} = 1 \text{ (m)}$$

Đáp án A.

Ví dụ 3: Một ống sáo dài 80 cm, một đầu bịt kín một đầu hở, biết vận tốc truyền âm trong không khí là 340 m/s. Xác định tần số lớn nhất mà ống sáo phát ra mà một người bình thường có thể nghe được?

- A. 19,87 kHz. B. 19,98 kHz. C. 18,95 kHz. D. 19,66 kHz.

Lời giải

Ống sáo một đầu khí một đầu hở nên chiều dài ống sáo thỏa mãn.

$$l = (2k + 1) \frac{\lambda}{4} = (2k + 1) \cdot \frac{v}{4f} \Rightarrow f = (2k + 1) \cdot \frac{v}{4l}$$

Để người bình thường có thể nghe được thì $f \leq 20000 \text{ Hz}$. Từ đó ta có

$$(2k + 1) \cdot \frac{v}{4l} \leq 20000 \Rightarrow k \leq 93,6; k \in \mathbb{Z} \Rightarrow k_{\max} = 93 \Rightarrow f_{\max} \approx 19,87 \cdot 10^3 \text{ Hz}$$

Đáp án A.

Ví dụ 4: Cột khí trong ống thủy tinh có độ cao l có thể thay đổi được nhờ điều chỉnh mực nước trong ống. Đặt một âm thoa trên miệng ống thủy tinh đó. Khi âm thoa dao động, nó phát ra âm cơ bản, ta thấy trong cột khí có một sóng dừng ổn định. Khi độ cao của cột khí nhỏ nhất $l_0 = 13 \text{ cm}$ ta nghe được âm to nhất, biết đầu A hở là một bụng sóng, đầu B là nút, tốc độ truyền âm là 340 m/s. Tần số âm do âm thoa phát ra là:

- A. 563,8 Hz. B. 658 Hz. C. 653,8 Hz. D. 365,8 Hz.

Lời giải

Khi ta nghe được âm to nhất thì ống thủy tinh có đáy là nút, đầu hở là bụng nên chiều dài cột lúc này thỏa

mãn $l = (2k + 1)\frac{\lambda}{4}$. Theo bài ra ta có khi độ cao cột khí là nhỏ nhất thì ta nghe được âm to nhất, tức là ta có $k = 0$.

$$\text{Do đó } l_0 = \frac{\lambda}{4} = 13\text{cm} \Rightarrow \lambda = 52\text{cm} = 0,52\text{m}$$

$$\text{Suy ra tần số do âm thoa phát ra là } f = \frac{v}{\lambda} = \frac{340}{0,52} = 653,8\text{Hz}$$

Đáp án C.

Ví dụ 5: Một âm thoa có tần số dao động riêng 850 Hz được đặt sát miệng một ống nghiệm hình trụ đáy kín đặt thẳng đứng cao 80 cm. Đổ dần nước vào ống nghiệm đến độ cao 30 cm thì thấy âm được khuếch đại lên rất mạnh. Biết tốc độ truyền âm trong không khí có giá trị nằm trong khoảng $300\text{m/s} \leq v \leq 350\text{m/s}$. Hỏi khi tiếp tục đổ nước thêm vào ống thì có thêm mấy vị trí của mực nước cho âm được khuếch đại?

A. 1

B. 2

C. 3

D. 4

Lời giải

- Khi đổ dần nước vào ống nghiệm đến độ cao 30 cm thì thấy âm được khuếch đại rất mạnh, có nghĩa là khi đó hiện tượng sóng dừng xảy ra, âm nghe được to nhất do tại đáy ống hình thành một nút sóng, miệng ống hình thành một bụng sóng. Mặt khác, nước cao 30 cm thì cột không khí cao 50 cm. Từ đó ta có

$$300 \left(\frac{1}{4.850} + k \frac{1}{2.850} \right) \leq 0,5 = \frac{\lambda}{4} + k \frac{\lambda}{2} = v \left(\frac{1}{4f} + k \frac{1}{2f} \right) \leq 350 \left(\frac{1}{4.850} + k \frac{1}{2.850} \right)$$

$$\Rightarrow v = \frac{0,5}{\frac{1}{4.850} + 2 \frac{1}{2.850}} = 340$$

- Từ đó dễ thấy $\lambda = 40\text{cm}$.
- Khi tiếp tục đổ nước vào ống thì chiều dài cột khí giảm dần, và để âm khuếch đại mạnh thì chiều dài cột khí phải thỏa mãn

$$0 < l = \frac{\lambda}{4} + k \frac{\lambda}{2} = 10 + k.20 < 50 \Rightarrow -0,5 < k < 2 \Rightarrow k = 0; 1$$

Vậy khi đổ thêm nước vào thì có thêm 2 vị trí làm cho âm khuếch đại rất mạnh

Đáp án B.

Ví dụ 6: Trong âm nhạc, khoảng cách giữa hai nốt nhạc trong một quãng được tính bằng cung và nửa cung (nc). Mỗi quãng tám được chia thành 12 nc. Hai nốt nhạc cách nhau nc thì hai âm (cao, thấp) tương ứng với hai nốt nhạc này có tần số thỏa mãn $f_c^{12} = 2f_t^{12}$. Tập hợp tất cả các âm trong một quãng tám gọi

là một gam (âm giai). Xét một gam với khoảng cách từ nốt Đồ đến các nốt tiếp theo Rê, Mi, Fa, Sol, La, Si, Đô tương ứng là 2 nc, 4 nc, 5 nc, 7 nc, 9 nc, 11 nc, 12 nc. Trong gam này, nếu âm ứng với nốt La có tần số 440 Hz thì âm ứng với nốt Sol có tần số là

A. 330 Hz.

B. 392 Hz.

C. 494 Hz.

D. 415 Hz.

Lời giải

- Trong âm nhạc, ta biết cao độ tăng dần: Đồ Rê Mi Fa Sol La Si Đô.
- Gọi tần số ứng với nốt Sol là f_7 và ứng với nốt La là f_8 . Hai nốt này cách nhau 2 nc.
- Theo bài ra, hai nốt nhạc cách nhau nửa cung thì hai âm (cao, thấp) tương ứng với hai nốt nhạc này
- Sử dụng công thức này ta được $f_8 = \sqrt[12]{2} f_7 = (\sqrt[12]{2})^2 f_7$
- Từ đó suy ra âm ứng với nốt Sol có tần số là $f_7 = \frac{440}{(\sqrt[12]{2})^2} = 392 \text{ Hz}$

Đáp án B.

ĐỀ KIỂM TRA CHƯƠNG 2: SÓNG CƠ

Câu 1: Chọn phát biểu đúng khi nói về sóng vô tuyến?

- A. Bước sóng càng dài thì năng lượng sóng càng lớn.
- B. Sóng dài bị nước hấp thụ rất mạnh.
- C. Sóng ngắn có năng lượng nhỏ hơn sóng trung.
- D. Ban đêm sóng trung truyền xa hơn ban ngày.

Câu 2: Trong các kết luận sau, tìm kết luận sai:

- A. Âm sắc là một đặc tính sinh lý của âm phụ thuộc vào các đặc tính vật lý là tần số và biên độ.
- B. Độ cao là một đặc tính sinh lý của âm phụ thuộc vào các đặc tính vật lý là tần số và năng lượng âm
- C. Độ to là một đặc tính sinh lý của âm phụ thuộc vào các đặc tính vật lý là mức cường độ âm và tần số âm.
- D. Nhạc âm là những âm có tần số xác định. Tạp âm là những âm không có tần số xác định.

Câu 3: Phát biểu nào sau đây là đúng? Hiện tượng giao thoa sóng xảy ra khi có sự gặp nhau của

- A. hai sóng xuất phát từ hai nguồn dao động cùng pha, cùng biên độ.
- B. hai sóng xuất phát từ hai nguồn dao động cùng phương, cùng tần số và có độ lệch pha không đổi.
- C. hai dao động cùng chiều, cùng pha.
- D. hai sóng chuyển động ngược chiều nhau.

Câu 4: Âm do một chiếc đàn bầu phát ra

- A. nghe càng cao khi mức cường độ âm càng lớn.
- B. có độ cao phụ thuộc vào hình dạng và kích thước hộp cộng hưởng.
- C. nghe càng trầm khi biên độ càng nhỏ và tần số âm càng lớn.
- D. có âm sắc phụ thuộc vào dạng đồ thị dao động của âm.

Câu 5: Hai âm thanh có âm sắc khác nhau là do chúng

- A. khác nhau về tần số và biên độ của các họa âm.
- B. khác nhau về đồ thị dao động âm.
- C. khác nhau về tần số.
- D. khác nhau về chu kỳ của sóng âm.

Câu 6: Sóng dọc

- A. chỉ truyền được trong chất rắn.
- B. là sóng có phương dao động của các phần tử vật chất trong môi trường luôn hướng theo phương thẳng đứng.
- C. không truyền được trong chất rắn.
- D. truyền được trong chất rắn, lỏng, khí.

Câu 7: Chọn phát biểu sai về sóng âm:

- A. Sóng âm trong không khí là sóng cơ học.
- B. Thiết bị tạo ra âm sắc trong các nhạc cụ là hộp cộng hưởng.
- C. Độ cao của âm là đặc trưng sinh lý của âm gắn liền với tần số âm.
- D. Đồ thị âm do đàn Ghita phát ra có dạng đường sin.

Câu 8: Khi nói về sự phản xạ của sóng cơ trên vật cản cố định, phát biểu nào sau đây là đúng?

-
- A. Tần số của sóng phản xạ luôn lớn hơn tần số của sóng tới.
 - B. Tần số của sóng phản xạ luôn nhỏ hơn tần số của sóng tới.
 - C. Sóng phản xạ luôn cùng pha với sóng tới ở điểm phản xạ.
 - D. Sóng phản xạ luôn ngược pha với sóng tới ở điểm phản xạ.

Câu 9: Đặc điểm nào sau đây đúng với nhạc âm?

- A. Tần số luôn thay đổi theo thời gian.
- B. Đồ thị dao động âm luôn là hình sin.
- C. Biên độ dao động âm không đổi theo thời gian.
- D. Đồ thị dao động âm là những đường tuần hoàn có tần số xác định.

Câu 10: Khi nói về sóng âm, phát biểu nào sau đây là sai?

- A. Sóng truyền âm được trong các môi trường rắn, lỏng và khí.
- B. Sóng âm ở trong không khí là sóng ngang.
- C. Ở cùng một nhiệt độ, tốc độ truyền sóng âm trong không khí nhỏ hơn tốc độ truyền sóng âm trong nước.
- D. Sóng âm trong không khí là sóng dọc.

Câu 11: Sóng dọc truyền được trong các môi trường

- A. rắn, lỏng và chân không.
- B. khí, rắn và chân không.
- C. rắn, lỏng và khí.
- D. rắn và trên bề mặt chất lỏng.

Câu 12: Ở mặt trước có hai nguồn sóng dao động theo phương vuông góc với mặt nước, có cùng phương trình $u = A \cos(\omega t)$. Trong miền gặp nhau của hai sóng, những điểm mà ở đó các phần tử nước dao động với biên độ cực đại sẽ có hiệu đường đi của sóng từ hai nguồn đến đó bằng

- A. một số lẻ lần nửa bước sóng.
- B. một số lẻ lần bước sóng.
- C. một số nguyên lần nửa bước sóng.
- D. một số nguyên lần bước sóng.

Câu 13: Khi nói về sóng âm, phát biểu nào sau đây là sai?

- A. Sóng âm truyền được trong các môi trường rắn, lỏng và khí.
- B. Sóng âm trong không khí là sóng dọc.
- C. Ở cùng một nhiệt độ, tốc độ truyền sóng âm trong không khí nhỏ hơn tốc độ truyền sóng âm trong nước.
- D. Sóng âm trong không khí là sóng ngang.

Câu 14: Khi sóng âm truyền từ môi trường không khí vào môi trường nước thì

- A. tần số của sóng không thay đổi.
- B. chu kì của nó tăng.
- C. bước sóng của nó giảm.
- D. bước sóng của nó không thay đổi.

Câu 15: Tại một điểm, đại lượng đo bằng năng lượng mà sóng âm truyền qua một đơn vị diện tích đặt tại điểm đó, vuông góc với phương truyền sóng một đơn vị thời gian là

A. cường độ âm.

B. độ cao của âm.

C. độ to của âm.

D. mức cường độ âm.

Câu 16: Khi nói về sóng cơ, phát biểu nào sau đây sai?

A. Bước sóng là khoảng cách giữa hai điểm gần nhau nhất trên cùng một phương truyền sóng mà dao động tại hai điểm đó ngược pha nhau.

B. Sóng trong đó các phần tử của môi trường dao động theo phương trùng với phương truyền sóng gọi là sóng dọc.

C. Sóng trong đó các phần tử của môi trường dao động theo phương vuông góc với phương truyền sóng gọi là sóng ngang.

D. Tại một điểm của môi trường có sóng truyền qua, biên độ của sóng là biên độ dao động của phần tử môi trường.

Câu 17: Một âm có tần số xác minh truyền lần lượt trong nhôm, nước, không khí với tốc độ tương ứng là v_1, v_2, v_3 . Nhận định nào sau đây đúng?

A. $v_2 > v_1 > v_3$.

B. $v_1 > v_2 > v_3$.

C. $v_3 > v_2 > v_1$.

D. $v_1 > v_3 > v_2$.

Câu 18: Tại một vị trí trong môi trường truyền âm, một sóng âm có cường độ âm I. Biết cường độ âm chuẩn là I_0 . Mức cường độ âm L của sóng âm này tại vị trí đó được tính bằng công thức.

A. $L(dB) = 10 \lg \frac{I}{I_0}$.

B. $L(dB) = 10 \lg \frac{I_0}{I}$.

C. $L(dB) = \lg \frac{I}{I_0}$.

D. $L(dB) = \lg \frac{I_0}{I}$.

Câu 19: Khi nói về siêu âm, phát biểu nào sau đây sai?

A. Siêu âm có thể truyền được trong chất rắn.

B. Siêu âm có tần số lớn hơn 20 kHz.

C. Siêu âm có thể truyền được trong chân không.

D. Siêu âm có thể bị phản xạ khi gặp vật cản.

Câu 20: Cho các chất sau: không khí ở 0° , không khí ở $25^\circ C$, nước và sắt. Sóng âm truyền nhanh nhất trong

A. không khí ở $25^\circ C$.

B. nước.

C. không khí ở 0° .

D. sắt.

Câu 21: Sóng truyền trên một sợi dây có một đầu cố định, một đầu tự do. Muốn có sóng dừng trên dây thì chiều dài sợi dây phải bằng

A. một số chẵn lần một phần tư bước sóng.

B. một số lẻ lần nửa bước sóng.

C. một số nguyên lần bước sóng.

D. một số lẻ lần một phần tư bước sóng.

Câu 22: Sóng âm không truyền được trong

A. chân không.

B. chất rắn.

C. chất lỏng.

D. chất khí.

Câu 23: Trên mặt nước có hai nguồn kết hợp dao động điều hòa cùng pha theo phương thẳng đứng. Coi biên độ sóng không đổi khi sóng truyền. Trên mặt nước, trong vùng giao thoa, phần tử tại M dao động với biên độ cực đại khi hiệu đường đi của hai sóng từ hai nguồn truyền tới M bằng

- A. một số nguyên lần bước sóng.
- B. một số nguyên lần nửa bước sóng.
- C. một số lẻ lần nửa bước sóng.
- D. một số lẻ lần một phần tư bước sóng.

Câu 24: Trên một sợi dây đàn hồi đang có sóng dừng. Khoảng cách từ một nút đến một bụng kề nó bằng

- A. một nửa bước sóng.
- B. hai bước sóng.
- C. một phần tư bước sóng.
- D. một bước sóng.

Câu 25: Âm sắc là một đặc tính sinh lý của âm được hình thành dựa vào các đặc tính của âm là

- A. Biên độ và tần số.
- B. Tần số và bước sóng.
- C. Biên độ và bước sóng.
- D. Cường độ và tần số.

Câu 26: Một sóng cơ lan truyền trong một môi trường. Hai điểm trên cùng một phương truyền sóng, cách nhau một khoảng bằng bước sóng có dao động

- A. cùng pha.
- B. ngược pha.
- C. lệch pha $\frac{\pi}{2}$.
- D. lệch pha $\frac{\pi}{4}$.

Câu 27: Một nguồn điểm O phát sóng âm có công suất không đổi trong một môi trường truyền âm đẳng hướng và không hấp thụ âm. Hai điểm A, B cách nguồn âm lần lượt là r_1 và r_2 . Biết cường độ âm tại A

gấp 4 lần cường độ âm tại B. Tỉ số $\frac{r_2}{r_1}$ bằng

- A. 2.
- B. $\frac{1}{2}$.
- C. 4.
- D. $\frac{1}{4}$.

Câu 28: Phát biểu nào sau đây là đúng khi nói về sóng cơ?

- A. Bước sóng là khoảng cách giữa hai điểm gần nhau nhất trên cùng một phương truyền sóng mà dao động tại hai điểm đó cùng pha.
- B. Sóng cơ truyền trong chất lỏng luôn là sóng ngang.
- C. Sóng cơ truyền trong chất rắn luôn là sóng dọc.
- D. Bước sóng là khoảng cách giữa hai điểm trên cùng một phương truyền sóng mà dao động tại hai điểm đó cùng pha.

Câu 29: Trên một sợi dây có sóng dừng với bước sóng là λ . Khoảng cách giữa hai nút sóng liền kề là

- A. $\frac{\lambda}{4}$.
- B. λ .
- C. $\frac{\lambda}{2}$.
- D. 2λ .

Câu 30: Một nguồn âm điểm truyền sóng âm đẳng hướng vào trong không khí với tốc độ truyền âm là v . Khoảng cách giữa 2 điểm gần nhau nhất trên cùng hướng truyền sóng âm dao động ngược pha nhau là d . Tần số của âm là

- A. $\frac{v}{4d}$.
- B. $\frac{v}{2d}$.
- C. $\frac{2v}{d}$.
- D. $\frac{v}{d}$.

Câu 31: Xét điểm M ở trong môi trường đàn hồi có sóng âm truyền qua. Mức cường độ âm tại M là L (dB). Nếu cường độ âm tại điểm M tăng lên 100 lần thì mức cường độ âm tại điểm đó bằng

- A. $L + 20$ (dB). B. $L + 100$ (dB). C. $100L$ (dB). D. $20L$ (dB).

Câu 32: Một nguồn âm có công suất không đổi đặt tại O trong môi trường đẳng hướng, không hấp thụ âm. Hai điểm M và N trong môi trường tạo với O thành tam giác vuông tại O. Biết $OM = 3\text{ cm}$, $ON = 4\text{ cm}$. Một máy thu bắt đầu chuyển động nhanh dần đều không vận tốc từ M hướng về N với gia tốc có độ lớn bằng $0,1\text{ m/s}^2$. Mức cường độ âm mà máy thu được ở M là 30 dB. Hỏi sau 6 s kể từ khi bắt đầu chuyển động từ M, mức cường độ âm mà máy thu được là bao nhiêu?

- A. 30,97 dB. B. 31,94 dB. C. 18,06 dB. D. 19,03 dB.

Câu 33: Tại điểm O đặt tại hai nguồn âm điểm giống hệt nhau phát ra âm đẳng hướng có công suất không đổi. Điểm A cách O một đoạn (m) có mức cường độ âm là $L_A = 40\text{ dB}$. Trên tia vuông góc với OA tại A lấy điểm B cách A một khoảng 6 m. Điểm M thuộc đoạn AB sao cho $AM = 4,5\text{ m}$ và góc MOB có giá trị lớn nhất. Để mức cường độ âm tại M là 50 dB thì cần đặt thêm tại O bao nhiêu nguồn âm nữa?

- A. 35. B. 33. C. 25. D. 15.

Câu 34: Trên mặt nước cho hai nguồn sóng kết hợp S_1, S_2 có phương trình $u_1 = u_2 = a \cos(\omega t)\text{ cm}$, bước sóng 9 cm. Coi biên độ sóng không đổi trong quá trình truyền. Trên mặt nước, xét elip nhận S_1 và S_2 là hai tiêu điểm, có hai điểm M và N sao cho: tại M hiệu đường đi của hai sóng từ hai nguồn S_1 và S_2 đến M là $\Delta d_M = d_{1M} - d_{2M} = 2,25\text{ cm}$, tại N ta có $\Delta d_N = d_{1N} - d_{2N} = 6,75\text{ cm}$. Tại thời điểm t thì vận tốc dao động của M là $v_M = -20\sqrt{3}\text{ cm/s}$, khi đó vận tốc dao động tại N là

- A. $40\sqrt{3}\text{ cm/s}$. B. $-20\sqrt{3}\text{ cm/s}$. C. $-40\sqrt{3}\text{ cm/s}$. D. $20\sqrt{3}\text{ cm/s}$.

Câu 35: Tại hai điểm A, B trên mặt nước cách nhau 16 cm có hai nguồn phát sóng giống nhau. Điểm M nằm trên mặt nước và trên đường trung trực của AB cách trung điểm I của AB một khoảng nhỏ nhất bằng $4\sqrt{5}\text{ cm}$ luôn dao động cùng 1 với I. Điểm N nằm trên mặt nước và nằm trên đường thẳng vuông góc với AB tại A, cách A một khoảng nhỏ nhất bằng bao nhiêu để N dao động với biên độ cực tiểu

- A. 9,22 cm. B. 8,75 cm. C. 2,14 cm. D. 8,57 cm.

Câu 36: Tại mặt thoáng của một chất lỏng có hai nguồn kết hợp A và B cách nhau 8 cm. Cho A, B dao động điều hòa, cùng pha, theo phương vuông góc với mặt chất lỏng. Bước sóng của sóng trên mặt chất lỏng là 1 cm. Gọi M, N là hai điểm thuộc mặt chất lỏng sao cho $MN = 4\text{ cm}$ và AMNB là hình thang cân. Để trên MN có đúng 5 điểm dao động với biên độ cực đại thì diện tích lớn nhất của AMNB là

- A. $9\sqrt{5}\text{ cm}^2$. B. $18\sqrt{5}\text{ cm}^2$. C. $9\sqrt{3}\text{ cm}^2$. D. $18\sqrt{3}\text{ cm}^2$.

Câu 37: Trong thí nghiệm giao thoa sóng nước, hai nguồn sóng S_1 và S_2 cách nhau 11 cm dao động theo phương vuông góc với mặt nước với cùng phương trình $u_1 = u_2 = 5 \cos(100\pi t)\text{ mm}$. Tốc độ truyền sóng $v = 0,5\text{ m/s}$ và biên độ sóng không đổi trong quá trình truyền đi. Chọn hệ trục xOy thuộc mặt phẳng nước khi yên lặng, gốc O trùng với S_1 , Ox trùng với S_1S_2 . Trong không gian, phía trên mặt nước có một chất điểm chuyển động với phương trình quỹ đạo $y = x + 2$ và có tốc độ $v_1 = 5\sqrt{2}\text{ cm/s}$. Trong thời gian $t = 2\text{ s}$ kể từ lúc P có tọa độ $x_p = 0$ thì P cắt bao nhiêu vân cực đại trong vùng giao thoa sóng?

- A. 13. B. 14. C. 22. D. 15.

Câu 38: Một người định đầu tư một phòng hát Karaoke hình hộp chữ nhật có diện tích sàn khoảng 18 m^2 , cao 3 m. Dàn âm thanh 4 loa có công suất như nhau đặt tại các góc dưới A, B và các góc A', B' ngay trên

A, B. Màn hình gắn trên tường $ABA'B'$. Bỏ qua kích thước của người và loa, coi rằng loa phát âm đẳng hướng và tường hấp thụ âm tốt. Phòng có thiết kế để công suất đến tại người ngồi hát tại M là trung điểm của CD đối diện cạnh AB là lớn nhất. Tại người chịu được cường độ âm tối đa bằng 10 W/m^2 . Công suất lớn nhất của mỗi loa mà tai người còn chịu được xấp xỉ:

- A. 796 W. B. 723 W. C. 678 W. D. 535 W.

Câu 39: Một nguồn phát sóng âm có công suất không đổi trong một môi trường truyền âm đẳng hướng và không hấp thụ âm. Một người đứng ở A cách nguồn âm một khoảng d thì nghe thấy âm có cường độ là I . Người đó lần lượt di chuyển theo hai hướng khác nhau, khi theo hướng AB thì người đó nghe thấy âm to nhất $4I$ và khi theo hướng AC thì người đó nghe được âm to nhất có cường độ $9I$. Góc BAC có giá trị xấp xỉ bằng

- A. 49° . B. 131° . C. 90° . D. 51° .

Câu 40: Trong môi trường đẳng hướng và không hấp thụ âm, có ba điểm theo thứ tự A, B, C thẳng hàng. Một nguồn âm điểm phát âm với công suất là P và đặt tại O thì mức cường độ âm tại A và C là 30dB . Bỏ nguồn âm tại O đặt tại B một nguồn âm điểm phát âm với công suất $10P/3$ thì thấy mức cường độ âm tại O và C bằng nhau và bằng 40dB , khi đó mức cường độ âm tại A gần với giá trị nào nhất sau đây?

- A. 29dB . B. 34dB . C. 39dB . D. 27dB .

ĐÁP ÁN

1-B	2-D	3-A	4-A	5-D	6-A	7-C	8-C	9-A	10-B
11-B	12-C	13-C	14-C	15-C	16-B	17-A	18-D	19-D	20-A
21-C	22-C	23-C	24-C	25-D	26-B	27-B	28-C	29-C	30-B
31-A	32-A	33-C	34-D	35-C	36-A	37-D	38-C	39-D	40-A

HƯỚNG DẪN GIẢI CHI TIẾT

Câu 1: Đáp án D.

Câu 2: Đáp án B.

Độ cao là một đặc tính sinh lý của âm chỉ phụ thuộc vào đặc tính vật lý là tần số âm.

Câu 3: Đáp án B.

Hiện tượng giao thoa sóng xảy ra khi có sự gặp nhau của hai sóng kết hợp, đó là 2 sóng xuất phát từ hai nguồn dao động cùng phương, cùng tần số và có độ lệch pha không đổi.

Câu 4: Đáp án D.

Câu 5: Đáp án B.

Âm sắc phụ thuộc vào đồ thị dao động âm.

Câu 6: Đáp án D.

Sóng dọc truyền được trong chất rắn, lỏng và khí (môi trường vật chất), không truyền được trong môi trường chân không.

Câu 7: Đáp án D.

Đồ thị âm do đàn Ghi ta phát ra có dạng là đường phức tạp, khó xác định được dạng đồ thị.

Câu 8: Đáp án D.

Tần số của sóng phản xạ luôn bằng tần số của sóng tới.

Vật cản cố định thì sóng phản xạ luôn ngược pha với sóng tới ở điểm phản xạ.

Vật cản tự do thì sóng phản xạ luôn cùng pha với sóng tới ở điểm phản xạ.

Câu 9: Đáp án D.

Nhạc âm có đồ thị dao động âm là những đường tuần hoàn có tần số xác định.

Câu 10: Đáp án B.

Sóng âm trong không khí là sóng dọc.

Câu 11: Đáp án C.

Sóng dọc có bản chất là sóng cơ nên chỉ truyền được trong môi trường rắn, lỏng và khí.

Câu 12: Đáp án D.

Do 2 nguồn cùng pha nên tại điểm cực đại thì $d_1 - d_2 = k\lambda$, k là số nguyên.

Câu 13: Đáp án D.

Sóng âm trong không khí là sóng dọc.

Câu 14: Đáp án A.

Khi truyền sóng từ môi trường này sang môi trường khác thì tần số luôn không đổi nên chu kì sóng cũng không đổi còn bước sóng thay đổi, tăng hay giảm còn tùy thuộc chiết suất của môi trường đối với sóng đó.

Câu 15: Đáp án A.

Đại lượng vật lí đo bằng năng lượng mà sóng âm truyền qua một đơn vị diện tích đặt tại điểm đó, vuông góc với phương truyền sóng trong một đơn vị thời gian là cường độ âm.

Câu 16: Đáp án A.

Theo định nghĩa: Bước sóng là khoảng cách giữa hai điểm gần nhau nhất trên cùng một phương truyền sóng mà dao động tại hai điểm đó **cùng pha** nhau.

Câu 17: Đáp án B.

Vận tốc của âm có tần số xác định truyền trong chất rắn là lớn nhất, sau đó đến chất lỏng và nhỏ nhất trong chất khí, vì thế vận tốc âm sẽ lớn nhất trong nhôm v_1 và nhỏ nhất trong không khí v_3 , nên ta có $v_1 > v_2 > v_3$.

Câu 18: Đáp án A.

Câu 19: Đáp án C.

Siêu âm là một loại sóng cơ học chỉ có thể lan truyền trong một môi trường vật chất nên không thể truyền được trong chân không.

Câu 20: Đáp án D.

Sóng âm truyền nhanh nhất trong chất rắn rồi đến chất lỏng và cuối cùng là chất khí. Vậy trong các chất trên thì trong sắt âm truyền nhanh nhất.

Câu 21: Đáp án D.

Sóng truyền trên một sợi dây có một đầu cố định, một đầu tự do. Muốn có sóng dừng trên dây thì chiều dài của sợi dây phải bằng $L = (2k + 1)\frac{\lambda}{4}$ nghĩa là bằng một số lẻ lần một phần tư bước sóng.

Câu 22: Đáp án A.

Sóng âm chỉ truyền được trong một trường vật chất khí, rắn, lỏng, không truyền được trong chân không.

Câu 23: Đáp án A.

Trên mặt nước có hai nguồn kết hợp dao động điều hòa cùng pha theo phương thẳng đứng. Coi biên độ sóng không đổi khi sóng truyền. Trên mặt nước, trong vùng giao thoa, phần tử tại M dao động với biên độ cực đại khi hiệu đường đi của hai sóng từ hai nguồn truyền tới M bằng một số nguyên lần bước sóng.

Câu 24: Đáp án C.

Khoảng cách giữa nút và bụng kề nó là $\frac{\lambda}{4}$.

Câu 25: Đáp án A.

Âm sắc là một đặc tính sinh lý của âm được hình thành dựa vào các đặc tính của âm là biên độ và tần số.

Câu 26: Đáp án A.

Hai điểm cách nhau một khoảng bằng bước sóng thì cùng pha.

Câu 27: Đáp án A.

$$\text{Ta có } \frac{I_A}{I_B} = \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2 \Rightarrow \frac{r_2}{r_1} = 2$$

Câu 28: Đáp án A.

Bước sóng là khoảng cách giữa hai điểm gần nhau nhất trên cùng một phương truyền sóng mà dao động tại hai điểm đó cùng pha.

Câu 29: Đáp án C.

Khoảng cách giữa 2 nút sóng liền kề là $\frac{\lambda}{2}$.

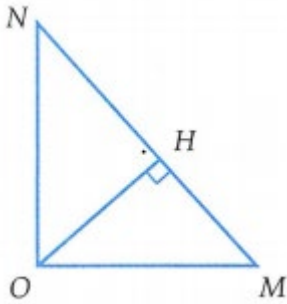
Câu 30: Đáp án B.

$$d = \frac{\lambda}{2} = \frac{v}{2f} \text{ nên từ đó ta có } f = \frac{v}{2d}.$$

Câu 31: Đáp án A.

$$L_2 - L = 10 \log \frac{I_2}{I_1} = 20 \text{dB}.$$

Câu 32: Đáp án B.



Quãng đường mà máy thu đi được trong 6 s:

$$S = \frac{1}{2}at^2 = 1,8 \text{ cm}$$

Áp dụng hệ thức lượng trong tam giác

$$\frac{1}{OH^2} = \frac{1}{OM^2} + \frac{1}{ON^2} \Rightarrow OH = 2,4 \text{ cm}$$

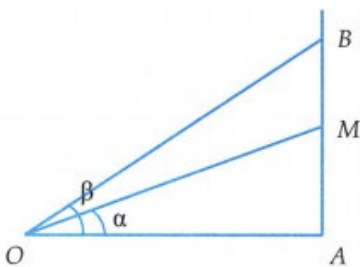
Dễ thấy rằng $MH = 1,8 \text{ cm}$

Vậy H chính là vị trí mà máy thu đi qua sau 6 s

$$\text{Ta có } \begin{cases} L_M = 10 \log \frac{P}{I_0 4\pi OM^2} \\ L_H = 10 \log \frac{P}{I_0 4\pi OH^2} \end{cases}$$

$$\Rightarrow L_H - L_M = 20 \log \frac{OM}{OH} \Rightarrow L_H = 31,94 \text{ dB}$$

Câu 33: Đáp án B.



$$\text{Ta có } \tan \alpha = \frac{AM}{d}, \tan \beta = \frac{AB}{d}$$

$$\Rightarrow \tan \widehat{MOB} = \frac{AB - AM}{d + \frac{AM \cdot AB}{d}} \leq \frac{AB - AM}{2\sqrt{AM \cdot AB}}$$

$$\widehat{MOB} \text{ lớn nhất khi } d = \sqrt{AM \cdot AB} = 3\sqrt{3} \text{ m}$$

Tính được khoảng cách từ nguồn âm O đến điểm M là:

$$OM = \frac{3\sqrt{21}}{2} \text{ cm}$$

$$\text{Mức cường độ âm tại A do hai nguồn âm công suất P gây ra: } L_A = 10 \log \frac{2P}{I_0 4\pi d^2}$$

Mức cường độ âm tại M do n nguồn âm công suất P gây ra: $L_M = 10 \log \frac{nP}{I_0 4\pi OM^2}$

$$\text{Từ đó } L_B - L_A = 10 \log \frac{nd^2}{OM^2} \Leftrightarrow \frac{nd^2}{OM^2} = 10 \Rightarrow n = 33$$

Vậy cần phải đặt thêm 33 nguồn âm khác nữa.

Câu 34: Đáp án D.

Phương trình dao động của các điểm M và N được xác định bởi

$$u_M = 2a \cos\left(\pi \frac{d_{1M} - d_{2M}}{\lambda}\right) \cos\left(\omega t + \pi \frac{d_{1M} + d_{2M}}{\lambda}\right)$$

$$= \sqrt{2}a \cos\left(\omega t + \pi \frac{d_{1M} + d_{2M}}{\lambda}\right)$$

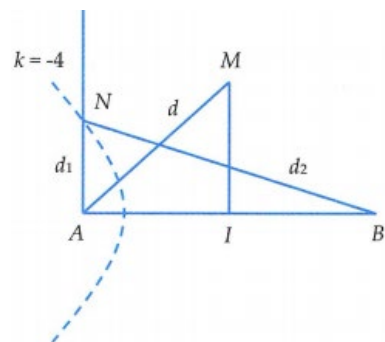
$$u_N = 2a \cos\left(\pi \frac{d_{1N} - d_{2N}}{\lambda}\right) \cos\left(\omega t + \pi \frac{d_{1N} + d_{2N}}{\lambda}\right)$$

$$= -\sqrt{2}a \cos\left(\omega t + \pi \frac{d_{1N} + d_{2N}}{\lambda}\right)$$

Các điểm nằm trên cùng elip nên $d_{1M} + d_{2M} = d_{1N} + d_{2N}$

$$\frac{v_M}{v_N} = -1 \Rightarrow v_N = 20\sqrt{3} \text{ cm/s}$$

Câu 35: Đáp án C.



Để M dao động cùng pha và gần I nhất thì $d - \frac{AB}{2} = \lambda$

$$\text{Mặt khác } d = \sqrt{\left(\frac{AB}{2}\right)^2 + IM^2} = 12 \text{ cm}$$

Ta thu được $\lambda = 4 \text{ cm}$

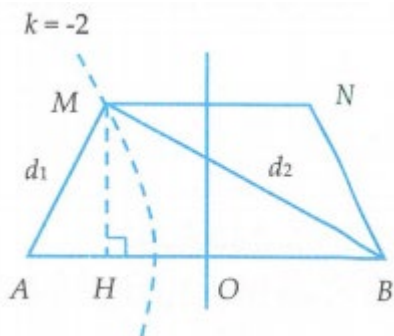
Số điểm dao động với biên độ cực tiểu trên đoạn AB

$$-\frac{1}{2} - \frac{AB}{2} \leq k \leq \frac{AB}{2} - \frac{1}{2} \Rightarrow -4,5 \leq k \leq 3,5$$

Để N là một điểm cực tiểu và gần A nhất thì N phải nằm trên hypebol cực tiểu $k = -4$

$$\begin{cases} d_1 = d_2 = -3,5\lambda \\ d_2^2 = d_1^2 + AB^2 \end{cases} \Rightarrow d_1 = 2,14 \text{ cm}$$

Câu 36: Đáp án B



Số điểm dao động với biên độ cực đại trên AB

$$-\frac{AB}{\lambda} \leq k \leq \frac{AB}{\lambda} \Leftrightarrow -8 \leq k \leq 8$$

Để diện tích AMNB là lớn nhất thì M phải nằm trên cực đại ứng với $k = -2$

$$d_1 - d_2 = -2\lambda = -2 \text{ cm}$$

Mặt khác

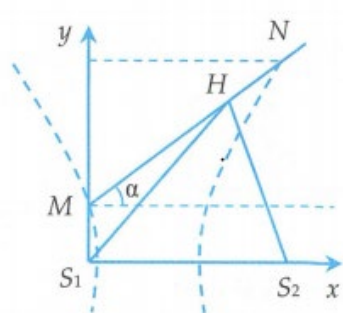
$$\begin{cases} d_1^2 = AH^2 + MH^2 \\ d_2^2 = BH^2 + MH^2 \end{cases} \Rightarrow d_1 + d_2 = \frac{BH^2 - AH^2}{2} = 16 \text{ cm}$$

Ta tính được $d_1 = 7 \text{ cm}$, từ đó suy ra $MH = 2\sqrt{5} \text{ cm}$

Diện tích hình thang

$$S_{AMNB} = \frac{1}{2}(AB + MN)MH = 18\sqrt{5} \text{ cm}^2$$

Câu 37: Đáp án A.



Bước sóng của sóng $\lambda = Tv = 1 \text{ cm}$

Số điểm dao động với biên độ cực đại trên đoạn thẳng nối hai nguồn

Quãng đường mà P đi được trong khoảng thời gian 2 s

$$x = (v_1 \cos \alpha)t = 10 \text{ cm}, y = (v_1 \sin \alpha)t = 10 \text{ cm}$$

Gọi H là một điểm bất kì nằm trên đường thẳng $y = x + 2$

Để thấy rằng để M là cực đại thì $d_1 - d_2 = k\lambda$

Với khoảng giá trị của $d_1 - d_2$ là

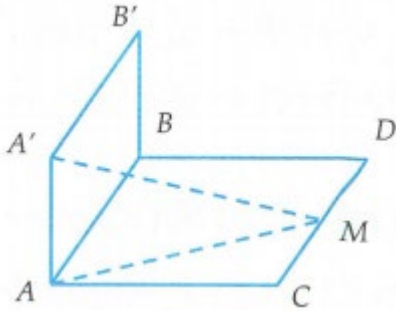
$$MS_1 - MS_2 \leq d_1 - d_2 \leq NS_1 - NS_2$$

Từ hình vẽ ta có:

$$\begin{cases} MS_1 - MS_2 = 2 - \sqrt{2^2 + 11^2} = -9,18 \text{ cm} \\ MS_1 - MS_2 = \sqrt{10^2 + 12^2} - \sqrt{1^2 + 12^2} \approx 3,57 \text{ cm} \end{cases}$$

Ta thu được $-9,1 \leq d_1 - d_2 \leq 3,58$. Có tất cả 13 điểm.

Câu 38: Đáp án C.



Cường độ âm do các loa truyền đến điểm M:

$$I_M = (I_A + I_{A'}) = \frac{P}{2\pi} \left(\frac{1}{a^2 + \frac{b^2}{4}} + \frac{1}{a^2 + \frac{b^2}{4} + h^2} \right)$$

Để I_M là lớn nhất thì biểu thức dưới mẫu phải nhỏ nhất.

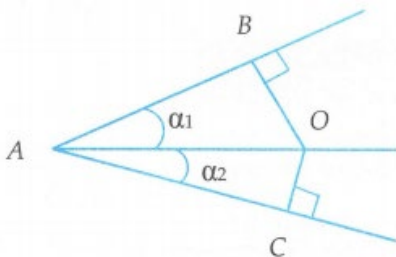
Ta có:

$$a^2 + \frac{b^2}{4} \geq \sqrt{ab}, \text{ dấu bằng xảy ra khi } a = \frac{b}{2} \Rightarrow \begin{cases} a = 3 \\ b = 6 \end{cases}$$

Giá trị cường độ âm khi đó

$$(I_M)_{\max} = \frac{5P_{\max}}{108\pi} = 10 \Rightarrow P_{\max} = 678 \text{ W}$$

Câu 39: Đáp án A.

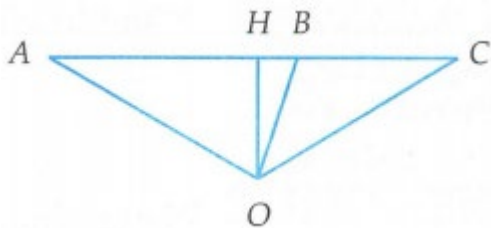


Cường độ âm khi người đó ở các vị trí A, B, C lần lượt là:

$$\begin{cases} I = \frac{P}{4\pi OA^2} \\ 4I = \frac{P}{4\pi OB^2} \\ 9I = \frac{P}{4\pi OC^2} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \frac{OB}{OA} = \frac{1}{2} = \sin \alpha_1 \\ \frac{OC}{OA} = \frac{1}{3} = \sin \alpha_2 \end{cases}$$

Góc BAC: $\angle(BAC) = \alpha_1 + \alpha_2 = 30 + \arcsin\left(\frac{1}{3}\right) = 49,47^\circ$

Câu 40: Đáp án B.



Khi đặt nguồn âm tại O thì:

$$L_A = L_C = OA = OC \Rightarrow \Delta OAC \text{ cân tại O.}$$

$$\text{Suy ra: } \frac{P}{4\pi I_0 OA^2} = \frac{P}{4\pi I_0 OC^2} = 10^{L_A} = 10^{L_C} = 10^3 \quad (1)$$

Khi đặt nguồn âm tại B thì:

$$L_O = L_C \Rightarrow BC = BO \Rightarrow \Delta BOC \text{ cân tại B}$$

$$\text{Suy ra: } \frac{10P}{3.4\pi BO^2 I_0} = \frac{10P}{3.4\pi BC^2 I_0} = 10^{L_O} = 10^{L_C} = 10^4 \quad (2)$$

Từ (1) và (2) suy ra $OA^2 = 3OB^2$, chuẩn hóa $OB = 1 = BC \Rightarrow OA = \sqrt{3} = OC$

Ta có ΔOAC đồng dạng ΔBOC suy ra

$$\frac{OA}{AC} = \frac{BO}{OC} \Leftrightarrow \frac{\sqrt{3}}{AC} = \frac{1}{\sqrt{3}}$$

$$\Rightarrow AC = 3 \Rightarrow BA = AC - BC = 2$$

Mức cường độ âm tại A lúc này là:

$$L_A = L_B + \log\left(\frac{BC}{BA}\right)^2 = 4 + \log\left(\frac{1}{2}\right)^2 \approx 3,4(\text{B}) = 34(\text{dB}).$$