

## PHẦN 4

### PHƯƠNG PHÁP GIẢI TOÁN VỀ SỰ TRUYỀN SÓNG CƠ HỌC , GIAO THOA SÓNG, SÓNG DỪNG, SÓNG ÂM

**CHỦ ĐỀ 1.** Tìm độ lệch pha giữa hai điểm cách nhau  $d$  trên một phương truyền sóng? Tìm bước sóng khi biết độ lệch pha và giới hạn của bước sóng, ( tần số, vận tốc truyền sóng). Viết phương trình sóng tại một điểm :

**Phương pháp:**

**1. Tìm độ lệch pha giữa hai điểm cách nhau  $d$  trên một phương truyền sóng:**

- Độ lệch pha giữa hai điểm ở hai thời điểm khác nhau:

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{T}\Delta t = \omega\Delta t$$

- Độ lệch pha giữa hai điểm cách nhau  $d$  trên một phương truyền sóng

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}d \quad \text{Với} \quad \begin{cases} \text{Hai dao động cùng pha} & \Delta\varphi = 2k\pi; \quad k \in \mathbb{Z} \\ \text{Hai dao động ngược pha} & \Delta\varphi = (2k+1)\pi; \quad k \in \mathbb{Z} \end{cases}$$

**2. Tìm bước sóng khi biết độ lệch pha và giới hạn của bước sóng, ( tần số, vận tốc truyền sóng):**

Giả sử xét hai dao động cùng pha  $\Delta\varphi = 2k\pi$ , so sánh với công thức về độ lệch pha:

Từ đó suy ra được bước sóng  $\lambda$  theo  $k$ :  $\lambda = \frac{d}{k}$

Nếu cho giới hạn của  $\lambda$ : ta được:  $\lambda_1 \leq \frac{d}{k} \leq \lambda_2$ , có bao giá trị nguyên của  $k$  thay vào ta suy ra được bước sóng hay tần số, vận tốc.

Nếu bài toán cho giới hạn của tần số hay vận tốc, áp dụng công thức:  $\lambda = V.T = \frac{V}{f}$ .

Từ đó suy ra các giá trị nguyên của  $k$ , suy ra được đại lượng cần tìm.

**Chú ý:** Nếu biết lực căng dây  $F$ , và khối lượng trên mỗi mét chiều dài  $\rho$ , ta có:  $V = \sqrt{\frac{F}{\rho}}$

**3. Viết phương trình sóng tại một điểm trên phương truyền sóng:**

Giả sử sóng truyền từ  $O$  đến  $M$ :  $OM = d$ , giả sử sóng tại  $O$  có dạng:  $u_O = a \sin \omega t$  (cm).

Sóng tại  $M$  trễ pha  $\frac{2\pi}{\lambda}d$  so với  $O$ . Phương trình sóng tại  $M$ :  $u_M = a \sin(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda}d)$  (cm)

với  $t \geq \frac{d}{V}$

**4. Vận tốc dao động của sóng:**

Vận tốc dao động:  $v = \frac{du_M}{dt} = \omega a \cos(\omega t + \frac{2\pi}{\lambda}d)$  (cm/s)

**CHỦ ĐỀ 2. Vẽ đồ thị biểu diễn quá trình truyền sóng theo thời gian và theo không gian:**

**Phương pháp:**

**1. Vẽ đồ thị biểu diễn quá trình truyền sóng theo thời gian:**

Xem yếu tố không gian là không đổi.

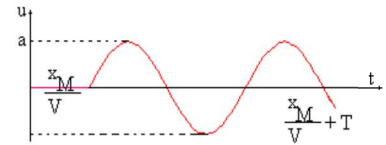
- Cách 1: (Vẽ trực tiếp)

Ở gốc  $O$ :  $u_O = a \sin \omega t = a \sin \frac{2\pi}{T} t$

Xét điểm  $M(x_M = OM = \text{const})$ :  $u_M = a \sin(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda} x_M)$  điều kiện  $t \geq \frac{x_M}{V}$

Lập bảng biến thiên:

t	0	$\frac{T}{4}$	$\frac{T}{2}$	$\frac{3T}{4}$	T
$u_M$	$a \sin \frac{2\pi}{\lambda} x_M$	X	0	X	X

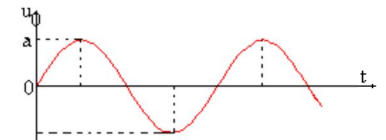


Vẽ đồ thị biểu diễn, chỉ lấy phần biểu diễn trong giới hạn  $t \geq \frac{x_M}{V}$

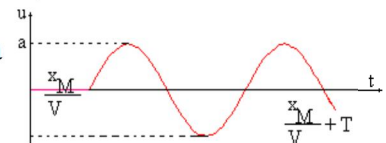
- Cách 2: (Vẽ gián tiếp)

-Vẽ đồ thị :  $u_0$

t	0	$\frac{T}{4}$	$\frac{T}{2}$	$\frac{3T}{4}$	T
$u_0$	0	A	0	-A	0



Tịnh tiến đồ thị  $u_0(t)$  theo chiều dương một đoạn  $\theta = \frac{x_M}{V}$  ta được đồ thị biểu diễn đường sin thời gian.



**Chú ý:** Thường lập tỉ số:  $k = \frac{\theta}{T}$

**2. Vẽ đồ thị biểu diễn quá trình truyền sóng theo không gian ( dạng của môi trường...):**

Xem yếu tố thời gian là không đổi.

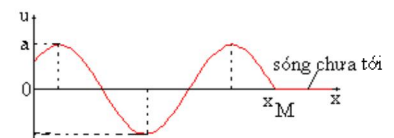
Với  $M$  thuộc dây:  $OM = x_M$ ,  $t_0$  là thời điểm đang xét  $t_0 = \text{const}$

Biểu thức sóng:  $u_M = a \sin(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda} x)$  (cm), với chu kỳ:  $\lambda$

Đường sin không gian là đường biểu diễn  $u$  theo  $x$ . Giả sử tại  $t_0$ , sóng truyền được một đoạn  $x_M = V.t_0$ , điều kiện  $x \leq x_M$ . **Chú ý:** Thường lập tỉ số:  $k = \frac{x_M}{\lambda}$ .

Lập bảng biến thiên:

x	0	$\frac{\lambda}{4}$	$\frac{\lambda}{2}$	$\frac{3\lambda}{4}$	$\lambda$
$u$	$a \sin \omega t_0$	X	X	X	X



**CHỦ ĐỀ 3. Xác định tính chất sóng tại một điểm M trên miền giao thoa:**

**Phương pháp:**

$$\forall M : MS_1 = d_1; MS_2 = d_2$$

Tìm hiệu đường đi:  $\delta = d_2 - d_1$  và tìm bước sóng:  $\lambda = V.T = \frac{V}{f}$

Lập tỉ số:

$$k = \frac{\delta}{\lambda} \begin{cases} \bullet \text{Nếu } p = k \text{ (nguyên)} \Leftrightarrow \delta = k\lambda & \Rightarrow M \text{ dao động cực đại} \\ \bullet \text{Nếu } p = k + \frac{1}{2} \text{ (bán nguyên)} \Leftrightarrow \delta = (k + \frac{1}{2})\lambda & \Rightarrow M \text{ dao động cực tiểu} \end{cases}$$

**CHỦ ĐỀ 4. Viết phương trình sóng tại điểm M trên miền giao thoa:****Phương pháp:**

Giả sử:  $u_1 = u_2 = a \sin \omega t$  (cm)

Sóng truyền từ  $S_1$  đến  $M$ : sóng tại  $M$  trễ pha  $\frac{2\pi}{\lambda}d_1$  so với  $S_1$ :  $u_1 = a \sin(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda}d_1)$  (cm)

Sóng truyền từ  $S_2$  đến  $M$ : sóng tại  $M$  trễ pha  $\frac{2\pi}{\lambda}d_2$  so với  $S_2$ :  $u_2 = a \sin(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda}d_2)$  (cm)

Sóng tại  $M$ :  $u_M = u_1 + u_2$ , thay vào, áp dụng công thức:  $\sin p + \sin q = 2 \sin \frac{p+q}{2} \cos \frac{p-q}{2}$

Cuối cùng ta được: 
$$u_M = 2a \cos \frac{\pi}{\lambda}(d_2 - d_1) \sin \left[ \omega t - \frac{\pi}{\lambda}(d_2 + d_1) \right] \quad (*)$$

Phương trình (\*) là một phương trình dao động điều hòa có dạng:  $u_M = A \sin(\omega t + \Phi)$

Với: 
$$\begin{cases} \text{Biên độ dao động: } A = 2a \left| \cos \frac{\pi}{\lambda}(d_2 - d_1) \right| \\ \text{Pha ban đầu: } \Phi = -\frac{\pi}{\lambda}(d_2 + d_1) \end{cases}$$

**CHỦ ĐỀ 5. Xác định số đường dao động cực đại và cực tiểu trên miền giao thoa:****Phương pháp:**

$$\forall M : MS_1 = d_1; MS_2 = d_2, S_1S_2 = l$$

Xét  $\triangle MS_1S_2$ : ta có:  $|d_2 - d_1| \leq l \Leftrightarrow -l \leq d_2 - d_1 \leq l$  (\*)

• Để  $M$  dao động với biên độ cực đại:  $\delta = d_2 - d_1 = k\lambda \quad k \in Z$

Thay vào (\*), ta được:  $-\frac{l}{\lambda} \leq k \leq \frac{l}{\lambda}$ , có bao nhiêu giá trị nguyên của  $k$  thì có bấy nhiêu đường dao động với biên độ cực đại ( kể cả đường trung trực đoạn  $S_1S_2$  ứng với  $k = 0$ )

• Để  $M$  dao động với biên độ cực tiểu:  $\delta = d_2 - d_1 = \left(k + \frac{1}{2}\right)\lambda \quad k \in Z$

Thay vào (\*), ta được:  $-\frac{l}{\lambda} - \frac{1}{2} \leq k \leq \frac{l}{\lambda} - \frac{1}{2}$ , có bao nhiêu giá trị nguyên của  $k$  thì có bấy nhiêu đường dao động với biên độ cực tiểu.

**CHỦ ĐỀ 6. Xác định điểm dao động với biên độ cực đại ( điểm bụng) và số điểm dao động với biên độ cực tiểu ( điểm nút) trên đoạn  $S_1S_2$ :**

**Phương pháp:**

$$\forall M \in S_1S_2 : MS_1 = d_1; MS_2 = d_2, S_1S_2 = l$$

$$\text{Ta có: } d_1 + d_2 = l \quad (*)$$

$$\bullet \text{ Để } M \text{ dao động với biên độ cực đại: } \delta = d_2 - d_1 = k\lambda \quad k \in Z \quad (1)$$

$$\text{Cộng (1) và (*) ta được: } d_2 = \frac{l}{2} + k\frac{\lambda}{2}, \text{ điều kiện: } 0 \leq d_2 \leq l$$

Vậy ta được:  $\boxed{-\frac{l}{\lambda} \leq k \leq \frac{l}{\lambda}}$ , có bao nhiêu giá trị nguyên của  $k$  thì có bấy nhiêu điểm bụng ( kể cả điểm giữa)

$$\bullet \text{ Để } M \text{ dao động với biên độ cực tiểu: } \delta = d_2 - d_1 = \left(k + \frac{1}{2}\right)\lambda \quad k \in Z \quad (2)$$

$$\text{Cộng (2) và (*) ta được: } d_2 = \frac{l}{2} + \left(k + \frac{1}{2}\right)\frac{\lambda}{2}, \text{ điều kiện: } 0 \leq d_2 \leq l$$

Vậy ta được:  $\boxed{-\frac{l}{\lambda} - \frac{1}{2} \leq k \leq \frac{l}{\lambda} - \frac{1}{2}}$ , có bao nhiêu giá trị nguyên của  $k$  thì có bấy nhiêu điểm nút.

**Chú ý:** Để tìm vị trí các điểm dao động cực đại ( hay cực tiểu) ta thường lập bảng:

$k$	các giá trị âm	-1	0	1	các giá trị dương
$d_2$	$d_{2i} - \frac{\lambda}{2}$		$d_{20}$		$d_{2i} + \frac{\lambda}{2}$

**CHỦ ĐỀ 7. Tìm quỹ tích những điểm dao động cùng pha (hay ngược pha) với hai nguồn  $S_1, S_2$ :**

**Phương pháp:**

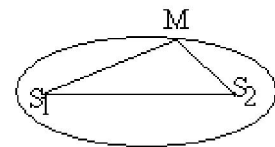
$$\text{Pha ban đầu sóng tại } M: \Phi_M = -\frac{\pi}{\lambda}(d_2 + d_1)$$

$$\text{Pha ban đầu sóng tại } S_1 \text{ (hay } S_2): \varphi = 0$$

$$\text{Độ lệch pha giữa hai điểm: } \Delta\varphi = \varphi - \Phi_M = \frac{\pi}{\lambda}(d_2 + d_1) \quad (*)$$

Để hai điểm dao động cùng pha  $\Delta\varphi = 2k\pi$ , so sánh (\*):  $d_2 + d_1 = 2k\lambda$ . Vậy tập hợp những điểm dao động cùng pha với hai nguồn  $S_1, S_2$  là họ đường Ellip, nhận hai điểm  $S_1, S_2$  làm hai tiêu điểm.

Để hai điểm dao động ngược pha  $\Delta\varphi = (2k + 1)\pi$ , so sánh (\*):  $d_2 + d_1 = (2k + 1)\lambda$ . Vậy tập hợp những điểm dao động ngược pha với hai nguồn  $S_1, S_2$  là họ đường Ellip, nhận hai điểm  $S_1, S_2$  làm hai tiêu điểm ( xen kẽ với họ Ellip nói trên).



**CHỦ ĐỀ 8. Viết biểu thức sóng dừng trên dây đàn hồi:**

**Phương pháp:**

Gọi:  $MC = d, AC = l$  thì  $AM = l - d$ . Các bước thực hiện:

**1. Viết biểu thức sóng tới:**

• Sóng tại A:  $u_A = a \sin \omega t$

• Sóng tại M:

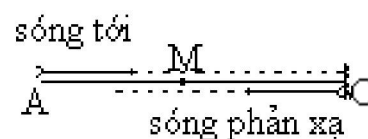
Tại M sóng trễ pha  $\frac{2\pi}{\lambda}(l - d)$  so với A  $u_M = a \sin \left( \omega t - \frac{2\pi}{\lambda}(l - d) \right)$  (1)

Tại C sóng trễ pha  $\frac{2\pi}{\lambda}l$  so với A  $u_C = a \sin \left( \omega t - \frac{2\pi}{\lambda}l \right)$  (2)

**2. Viết biểu thức sóng phản xạ:**

• Sóng tại C:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Nếu ở C cố định} \quad u'_C = -u_C = -a \sin \left( \omega t - \frac{2\pi}{\lambda}l \right) \quad (3) \\ \text{Nếu ở C tự do} \quad u'_C = u_C = a \sin \left( \omega t - \frac{2\pi}{\lambda}l \right) \quad (4) \end{array} \right.$$



• Sóng tại M:

Tại M sóng trễ pha  $\frac{2\pi}{\lambda}d$  so với C:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Nếu ở C cố định} \quad u'_M = -a \sin \left( \omega t - \frac{2\pi}{\lambda}l - \frac{2\pi}{\lambda}d \right) \quad (5) \\ \text{Nếu ở C tự do} \quad u'_M = a \sin \left( \omega t - \frac{2\pi}{\lambda}l - \frac{2\pi}{\lambda}d \right) \quad (6) \end{array} \right.$$

**3. Sóng tại M:**  $u = u_M + u'_M$ , dùng công thức lượng giác suy ra được biểu thức sóng dừng.

**CHỦ ĐỀ 9. Điều kiện để có hiện tượng sóng dừng, từ đó suy ra số bụng và số nút sóng:**

**Phương pháp:**

**1. Hai đầu môi trường ( dây hay cột không khí) là cố định:**

+ Điều kiện về chiều dài: là số nguyên lần nửa sóng:  $l = k \frac{\lambda}{2}$

+ Điều kiện về tần số:  $\lambda = \frac{V}{f} \rightarrow f = k \frac{V}{2l}$

+ Số múi:  $k = \frac{2l}{\lambda}$ , số bụng là  $k$  và số nút là  $k + 1$ .



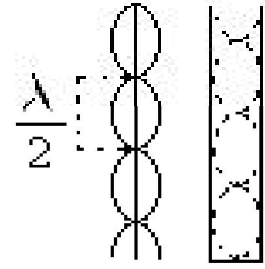
**2. Một đầu môi trường ( dây hay cột không khí) là cố định, đầu kia tự do:**

+ Điều kiện về chiều dài: là số bán nguyên lần nửa sóng:

$$l = \left(k + \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda}{2}$$

+ Điều kiện về tần số:  $\lambda = \frac{v}{f} \rightarrow f = \left(k + \frac{1}{2}\right) \frac{v}{2l}$

+ Số múi:  $k = \frac{2l}{\lambda} - \frac{1}{2}$ , số bụng là  $k + 1$  và số nút là  $k + 1$ .



### 3. Hai đầu môi trường (dây hay cột không khí) là tự do:

+ Điều kiện về chiều dài: là số nguyên lần múi sóng:  $l = k \frac{\lambda}{2}$

+ Điều kiện về tần số:  $\lambda = \frac{v}{f} \rightarrow f = k \frac{v}{2l}$

+ Số múi:  $k = \frac{2l}{\lambda}$ , số bụng là  $k$  và số nút là  $k - 1$ .



**Chú ý:** Cho biết lực căng dây  $F$ , mật độ chiều dài  $\rho$ :  $v = \sqrt{\frac{F}{\rho}}$

Thay vào điều kiện về tần số:  $F = \frac{4l^2 f^2 \rho}{k^2}$

**CHỦ ĐỀ 10. Xác định cường độ âm (I) khi biết mức cường độ âm tại điểm. Xác định công suất của nguồn âm? Độ to của âm:**

#### Phương pháp:

##### 1. Xác định cường độ âm (I) khi biết mức cường độ âm tại điểm:

\* Nếu mức cường độ âm tính theo đơn vị B:  $L = lg \frac{I}{I_0}$

Từ đó:  $I = I_0 \cdot 10^L$

\* Nếu mức cường độ âm tính theo đơn vị dB:  $L = 10lg \frac{I}{I_0}$

Từ đó:  $I = I_0 \cdot 10^{\frac{L}{10}}$

**Chú ý:** Nếu tần số âm  $f = 1000Hz$  thì  $I_0 = 10^{-12} Wm^{-2}$

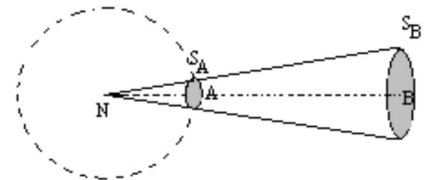
##### 2. Xác định công suất của nguồn âm tại một điểm:

Công suất của nguồn âm tại A là năng lượng truyền qua mặt cầu tâm N bán kính NA trong 1 giây.

Ta có:  $I_A = \frac{W}{S} \rightarrow W = I_A \cdot S$

hay  $P_{nguồn} = I_A \cdot S_A$

Nếu nguồn âm là đẳng hướng:  $S_A = 4\pi NA^2$



Nếu nguồn âm là loa hình nón có nửa góc ở đỉnh là  $\alpha$ :

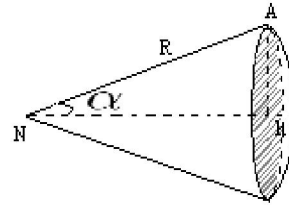
Gọi  $R$  là khoảng cách từ loa đến điểm mà ta xét. Diện tích của chỏm cầu bán kính  $R$  và

chiều cao  $h$  là  $S = 2\pi Rh$

Ta có:  $h = R - R \cos \alpha$ , vậy  $S = 2\pi R^2(1 - \cos \alpha)$

Vậy, công suất của nguồn âm:

$$P = I \cdot 2\pi R^2(1 - \cos \alpha)$$



### 3. Độ to của âm:

Tùy tần số, mỗi âm có một ngưỡng nghe ứng với  $I_{min}$

Độ to của âm:  $\Delta I = I - I_{min}$

Độ to tối thiểu mà tai phân biệt được gọi là 1 phôn

$$\text{Ta có: } \Delta I = 1\text{phôn} \leftrightarrow 10 \lg \frac{I_2}{I_1} = 1\text{dB}$$

