Khi học về hiện tượng giao thoa sóng nước trong sách giáo khoa, chúng ta chỉ thường đề cập đến trường hợp hai nguồn dao động cùng pha. Nhưng trong các kì thi đại học thì lại thường gặp các trường hợp hai nguồn dao động ngược pha. Đây có lẽ là một cách của những người ra đề nhằm chọn được những em có học lực khá giỏi vào các trường đại học. Biết đâu, trong một vài năm tới đây, đề thi còn đề cập đến trường hợp hai nguồn dao động có độ lệch pha bất kì thì khi đó ta làm thế nào?

Trong bài viết này, tôi chỉ xin đề cập đến cách xác định số điểm cực đại, cực tiểu trên đoạn thẳng S_1S_2

Tổng hợp 2 dao động điều hòa cùng phương, cùng tần số và cùng biên độ.

Giả sử có một vật tham gia đồng thời hai dao động điều hòa cùng phương, cùng tần số và cùng biên độ, có các phương trình:

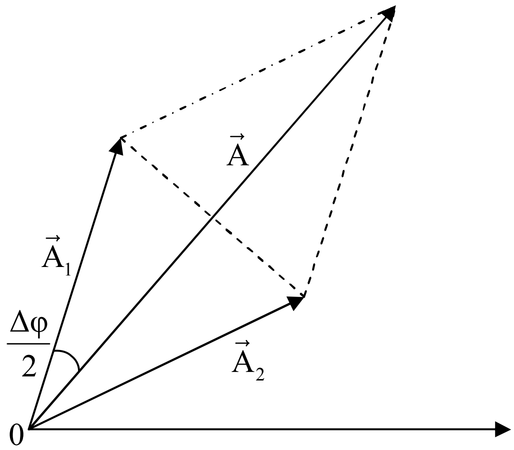
$x_1 = A.\cos(\omega t + \varphi_1)$

$x_2 = A.\cos(\omega t + \varphi_2)$

Để tổng hợp hai dao động này, ta vẽ giản đồ véc tơ như hình vẽ:

Từ hình vẽ ta suy ra biên độ của dao động tổng hợp được tính theo công thức:

$$\boxed{A = 2A_1\left|\cos\frac{\Delta\varphi}{2}\right|}$$



Vận dụng để xác định biên độ tổng hợp của sóng cơ.

Giả sử tại hai nguồn S_1 và S_2, dao động có các phương trình:

$u_1 = A.\cos(\omega t + \varphi_1)$

$u_2 = A.\cos(\omega t + \varphi_2)$

Xét điểm M nằm trên mặt nước và cách S_1, S_2 những đoạn d_1, d_2.

Dao động tại M gồm hai thành phần:

Do sóng từ S_1 gây ra: $u_{1M} = A.\cos\left(\omega t + \varphi_1 - \frac{2\pi d_1}{\lambda}\right)$

Do sóng từ S_2 gây ra: $u_{2M} = A.\cos\left(\omega t + \varphi_2 - \frac{2\pi d_2}{\lambda}\right)$

Hai dao động này có cùng tần số, cùng phương và cùng biên độ. Độ lệch pha của hai dao động là.

$$\Delta\varphi = \left(\varphi_2 - \frac{2\pi d_2}{\lambda}\right) - \left(\varphi_1 - \frac{2\pi d_1}{\lambda}\right) = (\varphi_2 - \varphi_1) - \frac{2\pi(d_2 - d_1)}{\lambda} = \Delta\Phi - \frac{2\pi\Delta d}{\lambda}$$

Trong đó $\Delta\Phi = \varphi_2 - \varphi_1$ là độ lệch pha của dao động giữa hai nguồn.

$\Delta d = d_2 - d_1$ là hiệu đường đi.

Biên độ của dao động tổng hợp tại M là:

$$A_M = 2A.\left|\cos\frac{\Delta\varphi}{2}\right| = 2A.\left|\cos\left(\frac{\Delta\Phi}{2} - \frac{\pi\Delta d}{\lambda}\right)\right| = 2A.\left|\cos\left(\frac{\pi\Delta d}{\lambda} - \frac{\Delta\Phi}{2}\right)\right|$$

Vị trí cực đại và cực tiểu giao thoa.

Tại vị trí cực đại thì hiệu đường đi Δd phải thỏa mãn:

$$\cos\left(\frac{\pi\Delta d}{\lambda} - \frac{\Delta\Phi}{2}\right) = \pm 1 \Leftrightarrow \left(\frac{\pi\Delta d}{\lambda} - \frac{\Delta\Phi}{2}\right) = k\pi. \quad \text{Vậy } \boxed{\Delta d = \left(k + \frac{\Delta\Phi}{2\pi}\right)\lambda}$$

Tại vị trí cực tiểu thì hiệu đường đi phải thỏa mãn:

$$\cos\left(\frac{\pi\Delta d}{\lambda}-\frac{\Delta\Phi}{2}\right)=0 \Leftrightarrow \left(\frac{\pi\Delta d}{\lambda}-\frac{\Delta\Phi}{2}\right)=\frac{\pi}{2}+k\pi . \quad \text{Vậy } \boxed{\Delta d=\left(k+\frac{\Delta\Phi}{2\pi}+\frac{1}{2}\right)\lambda}$$

Xét trên đoạn S_1S_2.

Gọi M là một điểm dao động với biên độ cực đại.

$$\text{Ta có } \begin{cases} d_1+d_2=S_1S_2 \\ d_2-d_1=\left(k+\dfrac{\Delta\Phi}{2\pi}\right)\lambda \end{cases} \qquad \text{Suy ra } k=\frac{2d_2-S_1S_2}{\lambda}-\frac{\Delta\Phi}{2\pi}.$$

Do M nằm trong đoạn S_1S_2 nên $d_{2min} = 0$ và $d_{2max} = S_1S_2$. Do đó

$$\boxed{k_{min}=-\frac{S_1S_2}{\lambda}-\frac{\Delta\Phi}{2\pi}} \qquad \boxed{k_{max}=\frac{S_1S_2}{\lambda}-\frac{\Delta\Phi}{2\pi}}$$

Số điểm cực đại trên đoạn S_1S_2 là số giá trị nguyên của k nằm trong đoạn $[k_{min}, k_{max}]$

Gọi N là một điểm không dao động trên đoạn S_1S_2

$$\text{Ta có: } \begin{cases} d_1+d_2=S_1S_2 \\ d_2-d_1=\left(k'+\dfrac{\Delta\Phi}{2\pi}+\dfrac{1}{2}\right)\lambda \end{cases} \qquad \text{Suy ra } k'=\frac{2d_2-S_1S_2}{\lambda}-\frac{\Delta\Phi}{2\pi}-\frac{1}{2}$$

Giá trị nhỏ nhất và lớn nhất của k' là:

$$\boxed{k'_{min}=-\frac{S_1S_2}{\lambda}-\frac{\Delta\Phi}{2\pi}-\frac{1}{2}} \qquad \boxed{k'_{max}=\frac{S_1S_2}{\lambda}-\frac{\Delta\Phi}{2\pi}-\frac{1}{2}}$$

Số điểm không dao động trên đoạn S_1S_2 là số giá trị nguyên của k' nằm trong đoạn $[k'_{min}, k'_{max}]$

Lưu ý: Ta có nhận xét là $k'_{min} = k_{min} - ½$ và $k'_{max} = k_{max} - ½$. Nên khi làm bài tập chỉ cần tính k_{min}, k_{max}. Tịnh tiến đoạn $[k_{min}, k_{max}]$ sang trái ½ đơn vị thì được đoạn $[k'_{min}, k'_{max}]$

Xét một số trường hợp thường gặp.

1. Hai dao động tại S_1 và S_2 cùng pha.

   Khi đó: $\Delta\Phi=0$

$$\boxed{k_{min}=-\frac{S_1S_2}{\lambda}} \qquad \boxed{k_{max}=\frac{S_1S_2}{\lambda}}$$

2. Hai dao động tại S_1 và S_2 ngược pha.

   Khi đó $\Delta\Phi=\pi \rightarrow \dfrac{\Delta\Phi}{2\pi}=\dfrac{1}{2}$

$$\boxed{k_{min}=-\frac{S_1S_2}{\lambda}-\frac{1}{2}} \qquad \boxed{k_{max}=\frac{S_1S_2}{\lambda}-\frac{1}{2}}$$

3. Hai dao động tại S_1 và S_2 vuông pha

   Khi đó: $\Delta\Phi=\dfrac{\pi}{2} \rightarrow \dfrac{\Delta\Phi}{2\pi}=\dfrac{1}{4}$

$$\boxed{k_{min}=-\frac{S_1S_2}{\lambda}-\frac{1}{4}} \qquad \boxed{k_{max}=\frac{S_1S_2}{\lambda}-\frac{1}{4}}$$