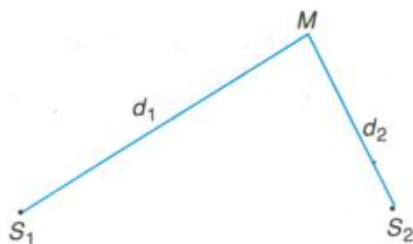


Trong bài này, ta sẽ khảo sát một hiện tượng đặc trưng khác của sóng, đó là hiện tượng giao thoa sóng.

C1 Dựa trên việc quan sát hiện tượng sóng dừng trên dây, ta có thể xác định được những đặc điểm gì của sóng ?



Hình 16.1 Đường truyền của hai sóng từ hai nguồn dao động S_1 và S_2 đến M .

Trong thí nghiệm ở Hình 16.3, dao động điều hoà của đầu cần rung được truyền đến hai quả cầu nhỏ luôn chạm vào mặt nước. Hai quả cầu là hai nguồn dao động cùng tần số, tạo ra hai sóng cùng tần số, cùng bước sóng lan truyền trên mặt nước.

1. Sự giao thoa của hai sóng mặt nước

a) Dự đoán hiện tượng

Ta xét xem có hiện tượng gì xảy ra khi có sự giao nhau giữa hai sóng nước xuất phát từ hai nguồn dao động. Để cho đơn giản, ta xét trường hợp hai nguồn dao động S_1 và S_2 có cùng tần số, cùng pha. Như vậy hai sóng tạo thành cũng sẽ có cùng bước sóng.

Xét một điểm M trên mặt nước cách S_1 một đoạn $S_1M = d_1$ và cách S_2 một đoạn $S_2M = d_2$.

Các nguồn S_1 và S_2 dao động theo phương trình :

$$u_1 = u_2 = A \cos \omega t = A \cos \frac{2\pi}{T} t$$

Giả thiết rằng, biên độ dao động bằng nhau và không thay đổi trong quá trình truyền sóng, thì theo công thức (15.4), dao động u_1 truyền đến M sẽ có phương trình :

$$u_{1M} = A \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{d_1}{\lambda} \right)$$

u_2 truyền đến M sẽ có phương trình :

$$u_{2M} = A \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{d_2}{\lambda} \right)$$

Tại M hai dao động có độ lệch pha là :

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

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}(d_2 - d_1) \quad (16.1)$$

Dao động tại M là tổng hợp hai dao động từ S_1 và S_2 truyền đến :

$$u_M = u_{1M} + u_{2M}$$

Biên độ dao động tại M phụ thuộc vào độ lệch pha giữa hai dao động và có giá trị là :

$$\begin{aligned} A_M^2 &= A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos \Delta\varphi \\ &= 2A^2 + 2A^2 \cos \Delta\varphi \end{aligned}$$

$$A_M^2 = 2A^2(1 + \cos \Delta\varphi)$$

$$A_M = 2A \left| \cos \frac{\Delta\varphi}{2} \right| \quad (16.2)$$

• Nếu hai dao động cùng pha $\Delta\varphi = 2k\pi$ thì biên độ dao động cực đại, bằng tổng hai biên độ của dao động thành phần. Ta có :

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

với $k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$

$$\text{Suy ra : } d_2 - d_1 = k\lambda \quad (16.3)$$

Như vậy, ở những điểm mà hiệu số đường đi bằng một số nguyên lần bước sóng thì dao động tổng hợp có biên độ cực đại.

• Nếu hai dao động ngược pha : $\Delta\varphi = (2k + 1)\pi$ thì biên độ dao động cực tiểu, bằng hiệu hai biên độ của hai dao động thành phần. Ta có :

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}(d_2 - d_1) = (2k + 1)\pi$$

với $k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$

$$d_2 - d_1 = \left(k + \frac{1}{2}\right)\lambda \quad (16.4)$$

C2 Một phần tử tại điểm M trên mặt nước sẽ dao động thế nào nếu cùng một lúc :

- Gợn lồi gặp gợn lồi ?
- Gợn lồi gặp gợn lõm ?
- Gợn lồi gặp gợn lồi ?

Có thể tính dao động tổng hợp tại một điểm M bằng cách dùng công thức lượng giác, tương tự như đã làm với sóng dừng.

Giả sử như có hai sóng xuất phát từ hai nguồn S_1 và S_2 truyền tới M (Hình 16.1) có phương trình là :

$$u_1 = A \cos 2\pi \left(ft - \frac{d_1}{\lambda} \right)$$

$$u_2 = A \cos 2\pi \left(ft - \frac{d_2}{\lambda} \right)$$

dao động tổng hợp ở M có công thức :

$$u = u_1 + u_2$$

$$= A \cos 2\pi \left(ft - \frac{d_1}{\lambda} \right) + A \cos 2\pi \left(ft - \frac{d_2}{\lambda} \right)$$

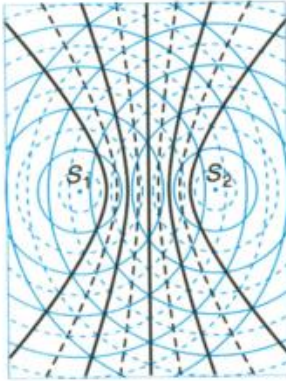
Biến đổi tổng cosin thành tích, ta được :

$$u = 2A \cos \frac{\pi(d_2 - d_1)}{\lambda} \cos 2\pi \left(ft - \frac{d_1 + d_2}{2\lambda} \right)$$

$$u = A_M \cos 2\pi \left(ft - \frac{d_1 + d_2}{2\lambda} \right)$$

với $A_M = \left| 2A \cos \frac{\pi(d_2 - d_1)}{\lambda} \right|$ (16.5)

hay $A_M = 2A \left| \cos \frac{\Delta\varphi}{2} \right|$.



Hình 16.2 Hình ảnh vân giao thoa khi hai sóng mặt nước giao nhau.

Trên Hình 16.2, các vòng tròn liền nét biểu diễn các gợn lồi (đỉnh sóng), các vòng tròn đứt nét biểu diễn các gợn lõm (hõm sóng). Chỗ gợn lồi gặp gợn lồi hoặc gợn lõm gặp gợn lõm là những điểm dao động với biên độ cực đại. Còn những điểm ở đó gợn lồi gặp gợn lõm thì dao động có biên độ cực tiểu. Khi hai sóng lan truyền thì các điểm có biên độ cực đại nằm trên những đường hypebol liền nét, còn những điểm có biên độ cực tiểu thì nằm trên những đường hypebol đứt nét.

Ở những điểm mà hiệu số đường đi là một số bán nguyên lần bước sóng thì biên độ dao động tổng hợp cực tiểu.

Bây giờ ta xét xem các điểm ở đó có biên độ cực đại phân bố như thế nào trên mặt nước. Theo (16.3), nếu lấy $k = 1$, ta có :

$$d_2 - d_1 = S_2M - S_1M = \lambda = \text{hằng số}$$

Toán học cho biết, quỹ tích của những điểm M mà hiệu số khoảng cách từ M đến hai điểm cố định S_1, S_2 cho trước bằng một hằng số là một đường hypebol liền nét (Hình 16.2).

Vậy đường nối liền những điểm tại đó phần tử sóng dao động với biên độ cực đại ứng với $k = 1$ là một đường hypebol.

Cũng như thế, đường nối những điểm tại đó phần tử sóng dao động với biên độ cực tiểu ứng với $d_2 - d_1 = \frac{3}{2}\lambda$ cũng là một đường hypebol đứt nét.

Lần lượt cho k những giá trị $\pm 1, \pm 2, \pm 3 \dots$ vào các công thức (16.3) và (16.4), ta sẽ xác định được một họ đường hypebol của những điểm có dao động với biên độ cực đại xen kẽ với họ các đường hypebol của những điểm có dao động với biên độ cực tiểu. Những cực đại ứng với $k = 0$ nằm trên đường thẳng là đường trung trực của S_1S_2 .

b) Thí nghiệm kiểm tra

Bố trí thí nghiệm như Hình 16.3.

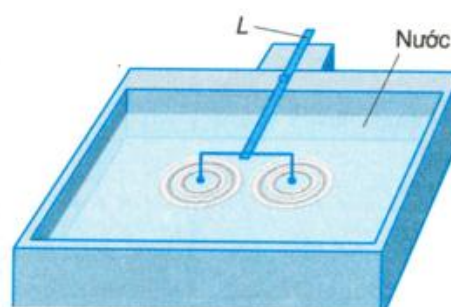
Dùng một thanh thép đàn hồi L giữ một đầu cố định. Ta gắn vào đầu kia của thanh thép một đoạn dây kim loại cứng hình chữ U , ở đầu hai nhánh chữ U có hai quả cầu nhỏ. Bố trí cho hai quả cầu chạm vào mặt nước trong khay. Bật nhẹ cho thanh thép dao động. Hai quả cầu dao động theo và truyền cho mặt nước hai dao động cùng tần số, cùng phương, cùng pha, cùng biên độ, tạo ra hai sóng cùng tần số, cùng bước sóng.

Quan sát mặt nước, ta thấy trên đó xuất hiện các đường hypebol (Hình 16.4) đúng như dự đoán.

Hai nguồn dao động có cùng tần số và có độ lệch

pha không đổi theo thời gian gọi là hai *nguồn kết hợp*. Hai sóng do hai nguồn kết hợp tạo ra gọi là hai *sóng kết hợp*.

Hiện tượng hai sóng kết hợp, khi gặp nhau tại những điểm xác định, luôn luôn hoặc tăng cường nhau, hoặc làm yếu nhau được gọi là hiện tượng giao thoa của sóng.



Hình 16.3 Thí nghiệm tạo giao thoa sóng mặt nước.

C3 Làm thí nghiệm và quan sát kĩ để chỉ ra đường nào là đường nối các điểm dao động với biên độ cực đại, đường nào là đường nối các điểm dao động với biên độ cực tiểu.

2. Điều kiện để có hiện tượng giao thoa

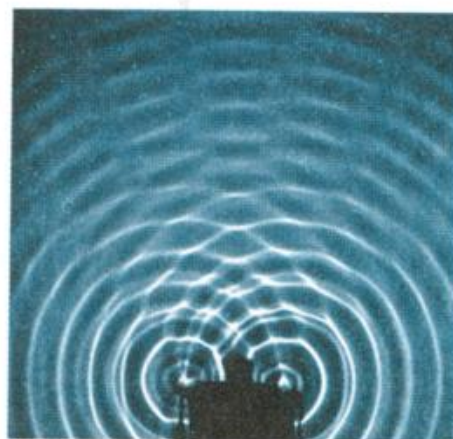
Trong phần trên, ta đã biết khi có hai sóng giao nhau xuất phát từ hai nguồn dao động cùng phương cùng tần số, có hiệu số pha $\Delta\varphi$ không đổi, thì xảy ra hiện tượng giao thoa. Khi đó xuất hiện những đường cong cố định trên mặt nước nối các điểm có biên độ dao động cực đại hoặc cực tiểu gọi là *vân giao thoa*.

Nếu $\Delta\varphi$ luôn biến đổi thì vị trí của các điểm có biên độ dao động với biên độ cực đại hay cực tiểu luôn thay đổi, và ta không quan sát được các vân giao thoa.

Vậy, điều kiện để có hiện tượng giao thoa là hai sóng phải xuất phát từ *hai nguồn dao động có cùng tần số, cùng phương dao động và có độ lệch pha không đổi theo thời gian*.

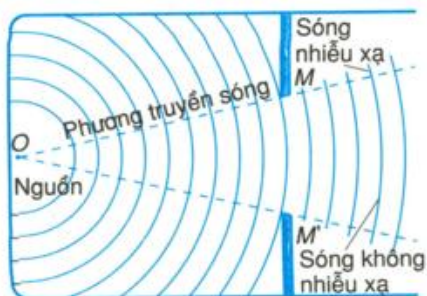
3. Ứng dụng

Giao thoa là hiện tượng rất đặc trưng của sóng. Giao thoa xảy ra ở mọi quá trình sóng có bản chất khác nhau. Nhiều khi vì những lí do khác nhau, ta không quan sát được quá trình sóng, nhưng nếu ta phát hiện ra hiện tượng giao thoa thì có thể kết



Hình 16.4 Ảnh chụp mặt nước nhìn từ trên xuống khi có giao thoa của hai sóng.

C4 Hình 16.4 là ảnh chụp mặt nước khi có giao thoa sóng. Vì sao ở đây các vân giao thoa không phải là những đường liền nét như khi nhìn trực tiếp bằng mắt thường ?



Hình 16.5 Sóng nhiễu xạ qua một khe rộng.

luận quá trình đó là quá trình sóng. Nhận xét này sẽ được áp dụng để khảo sát sóng ánh sáng.

4. Sự nhiễu xạ của sóng

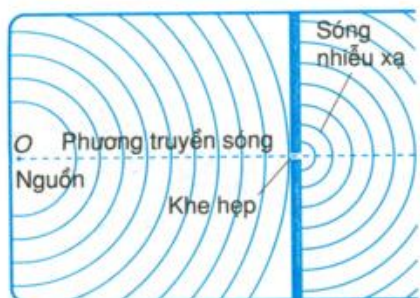
Dùng một cần rung dao động tạo ra một hệ thống sóng hình tròn trong một khay nước rộng (Hình 16.5). Đặt một màn chắn có một khe rộng chặn trên phương truyền sóng. Ta thấy sóng sau khi đi qua khe không đi theo đường thẳng OM nối nguồn với cạnh khe mà hơi lệch sang hai cạnh khe.

Càng thu hẹp khe thì hiện tượng sóng lệch khỏi phương truyền thẳng càng rõ. Nếu khe hở có kích thước nhỏ hơn bước sóng thì sau khi đi qua khe, sóng có dạng hình tròn giống như chính khe đó là một tâm phát sóng mới (Hình 16.6).

Nếu đặt một vật cản lớn trên đường truyền sóng thì sau khi đi qua vật cản hầu như sóng vẫn đi thẳng. Nếu vật cản nhỏ hơn bước sóng thì sóng sẽ đi vòng ra phía sau vật cản.

Hiện tượng sóng khi gặp vật cản thì đi lệch khỏi phương truyền thẳng của sóng và đi vòng qua vật cản gọi là hiện tượng nhiễu xạ của sóng.

Hiện tượng nhiễu xạ là một đặc tính cố hữu của sóng, giống như hiện tượng giao thoa sóng.



Hình 16.6 Sóng nhiễu xạ qua một khe hẹp.

? CÂU HỎI

1. Hãy giải thích hiện tượng tạo thành vân giao thoa trên mặt nước.
2. Giải thích vì sao hai sóng mặt nước xuất phát từ hai nguồn không kết hợp giao nhau lại không tạo thành vân giao thoa.

BÀI TẬP

- Điều kiện để có giao thoa sóng là
 - hai sóng chuyển động ngược chiều giao nhau.
 - hai sóng cùng tần số và có độ lệch pha không đổi giao nhau.
 - hai sóng có cùng bước sóng giao nhau.
 - hai sóng có cùng biên độ, cùng tốc độ giao nhau.
- Hai sóng kết hợp là
 - hai sóng chuyển động cùng chiều với cùng tốc độ.
 - hai sóng luôn đi kèm với nhau.
 - hai sóng có cùng tần số và có độ lệch pha không đổi theo thời gian.
 - hai sóng cùng bước sóng và có độ lệch pha biến thiên tuần hoàn.
- Khi một sóng mặt nước gặp một khe chắn hẹp có kích thước nhỏ hơn bước sóng thì
 - sóng vẫn tiếp tục truyền thẳng qua khe.
 - sóng gặp khe bị phản xạ lại.
 - sóng truyền qua khe giống như khe là một tâm phát sóng mới.
 - sóng gặp khe sẽ dừng lại.
- Trong một thí nghiệm tạo vân giao thoa của sóng mặt nước, người ta dùng hai nguồn dao động đồng pha có tần số 50 Hz và đo được khoảng cách giữa hai vân cực tiểu liên tiếp nằm trên đường nối liền hai tâm dao động là 2 mm. Tìm bước sóng và tốc độ truyền sóng.