

14 SÓNG CƠ PHƯƠNG TRÌNH SÓNG

I - MỤC TIÊU

- Nêu được định nghĩa sóng cơ. Phân biệt được sóng dọc và sóng ngang.
- Giải thích được nguyên nhân tạo thành sóng cơ.
- Nêu được ý nghĩa của các đại lượng đặc trưng cho sóng cơ (biên độ, chu kì, tần số, bước sóng, tốc độ truyền sóng).
- Viết được phương trình sóng và dựa vào phương trình này, nêu được tính tuần hoàn theo không gian và theo thời gian của sóng.

II - CHUẨN BỊ

- Chậu nước có đường kính 50 cm.
- Lò xo để làm TN sóng ngang và sóng dọc.
- Hình vẽ phóng to các phân tử của sóng ngang và sóng dọc ở các thời điểm khác nhau.

III - NHỮNG ĐIỀU CẦN LUU Ý

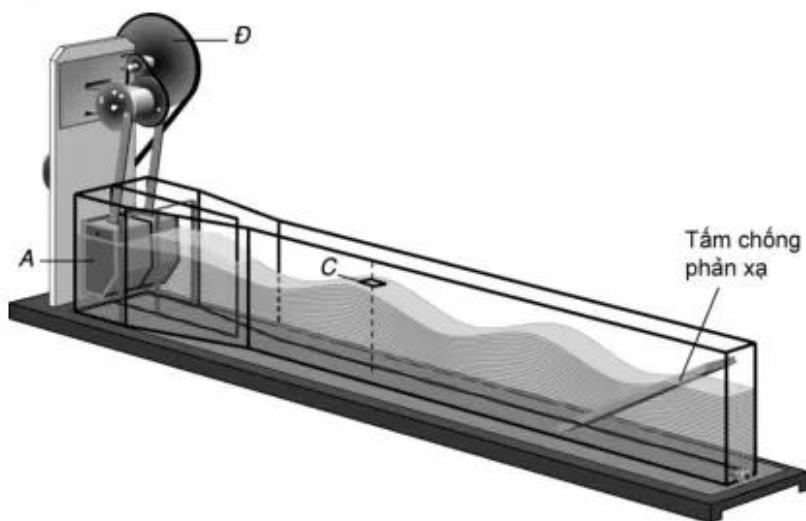
1. Sóng cơ chỉ có thể truyền được trong môi trường chất đàn hồi. Vì thế, sóng cơ không thể truyền được trong chân không. Sau này HS sẽ biết sóng điện từ có thể truyền được trong chân không. Tuy nhiên, nhiều quy luật của sóng cơ cũng đúng cho các loại sóng khác. Ví dụ như tính tuần hoàn theo không gian và thời gian, sự phản xạ, sự giao thoa, nhiễu xạ, sự tạo thành sóng dừng, sự truyền năng lượng...

Có hai loại sóng cơ : sóng ngang và sóng dọc. Mọi trường nào xuất hiện lực đàn hồi khi có biến dạng lệch thì có thể truyền được sóng ngang, ví dụ như mặt chất lỏng, chất rắn. Mặt nước truyền được dao động nhờ hợp lực của lực căng bề mặt và trọng lực có tác dụng như lực đàn hồi. Hợp lực này xuất hiện khi mặt nước có biến dạng lệch, vì vậy, sóng trên mặt nước là sóng ngang. Mọi trường nào xuất hiện lực đàn hồi khi có biến dạng nén – dãn thì truyền được sóng dọc, ví dụ như rắn, lỏng, khí. Ngoài sự khác nhau về phương dao động của các phân

tử sóng và tốc độ truyền sóng còn có tính chất khác của hai loại sóng đều giống nhau. Có thể nghiên cứu trên một loại sóng rồi áp dụng kết quả cho loại thứ hai. Ví dụ như những kết quả nghiên cứu về giao thoa và sóng dừng của sóng ngang (sóng mặt nước, sóng trên dây đàn) có thể áp dụng cho sóng âm là sóng dọc.

2. Hiện tượng sóng là loại hiện tượng động, diễn biến khá nhanh, khó hình dung bằng hình vẽ hay tưởng tượng. Cần có TN hay mô hình.

a) Sóng mặt nước rất phổ biến trong đời sống, dễ tạo ra. Tuy nhiên, thông thường ta chỉ quan sát được mặt của sóng cho nên nhiều khi không thấy rõ hiện tượng. Ví dụ như khi quan sát sóng mặt nước, ta chỉ nhìn thấy gợn lồi, gợn lõm (đều là các đỉnh sóng) mà không thấy được những điểm nằm yên trên mặt nước cân bằng. Nhưng khi quan sát vân giao thoa sóng mặt nước thì vân lồi là quy tích của những điểm dao động với biên độ cực đại còn vân lõm lại chính là quy tích của những điểm dao động với biên độ cực tiểu hay đứng yên trên mặt nước.



Hình 14.1

Để tránh sự nhầm lẫn ấy ta có thể dùng một thiết bị gọi là kênh sóng nước (Hình 14.1). Nước màu được đựng trong một bình hình khối chữ nhật, mặt trên có kích thước $5\text{ cm} \times 50\text{ cm}$. Khi cho nguồn dao động hoạt động để tạo sóng nước, nhìn qua thành bên thẳng đứng của bình ta quan sát được mặt cắt theo phương vuông góc với mặt nước. Có thể dùng kênh sóng nước này để khảo sát sự truyền sóng, tổng hợp hai sóng giao nhau, hiện tượng sóng dừng.

b) Tạo sóng trên dây lò xo

Cần phải dùng lò xo có khối lượng nhỏ, đàn hồi tốt, có hệ số đàn hồi nhỏ, đường kính vòng lò xo khoảng 5 cm. Có thể dùng lò xo đồ chơi trẻ em bằng nhựa gồm khoảng 100 vòng, bình thường các vòng lò xo sít vào nhau. Khi kéo dãn lò xo có thể dài đến 2 m. Có thể cho lò xo nằm trên mặt bàn hay trên sàn nhà nhẵn

để làm TN vì lực ma sát giữa dây lò xo với sàn nhà hay mặt bàn không đáng kể. Nếu cầm hai đầu lò xo để lò xo treo lơ lửng thì lò xo hơi bị võng xuống. Có thể dùng mươi sợi dây chỉ treo cho lò xo nằm ngang. Khi làm TN, giữ cố định một đầu lò xo, cầm đầu kia kéo dãn ra.

3. Mật độ năng lượng của sóng

Khi sóng lan truyền trong một môi trường đàn hồi thì các phần tử của môi trường chuyển động, đồng thời do có biến dạng nên xuất hiện lực đàn hồi liên kết giữa các phần tử đó. Như vậy, các phần tử của môi trường có cả động năng và thế năng. Khi sóng lan truyền thì các phần tử của sóng không di chuyển theo sóng nhưng năng lượng được truyền đi theo phương truyền sóng. Để xác định năng lượng của sóng người ta đưa ra khái niệm mật độ năng lượng.

Xét một phần tử ví mô của trường có thể tích ΔV vào thời điểm ban đầu. Khi sóng truyền qua, phần tử có vận tốc v_1 , độ biến dạng tỉ đối ε . Gọi ρ là mật độ (khối lượng riêng của môi trường) giả thiết được coi như không đổi khi sóng truyền qua.

Gọi ΔW_d là động năng của phần tử môi trường có thể tích ΔV : Mật độ thể tích của động năng sẽ là :

$$\omega_d = \frac{\Delta W_d}{\Delta V} = \frac{1}{2} \rho v_1^2$$

Mật độ thể tích của thế năng là :

$$\omega_t = \frac{\Delta W_t}{\Delta V}$$

trong đó ΔW_t là thế năng của phần tử môi trường. Người ta chứng minh được rằng :

$$\omega_t = \frac{1}{2} \rho v^2 \varepsilon^2$$

trong đó v là vận tốc pha của môi trường.

Suy ra công thức của mật độ năng lượng ω của sóng :

$$\omega = \omega_d + \omega_t = \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \frac{1}{2} \rho v^2 \varepsilon^2$$

$$\omega = \frac{1}{2} \rho (v_1^2 + v^2 \varepsilon^2)$$

Ở trường THPT, ta chỉ nói sóng mang năng lượng chứ không đưa ra khái niệm mật độ năng lượng sóng.

IV - GỢI Ý VỀ PHƯƠNG PHÁP VÀ TỔ CHỨC HOẠT ĐỘNG DẠY HỌC

1. Hình thành khái niệm sóng dựa trên quan sát thí nghiệm

GV biểu diễn TN sóng trên mặt nước và sóng trên dây lò xo. Yêu cầu HS đưa ra nhận xét phân biệt chuyển động của mỗi phần tử của môi trường và chuyển động lan truyền của sóng.

Nêu ra định nghĩa sóng cơ. Phân biệt sóng dọc và sóng ngang.

C1 Mỗi vòng lò xo chuyển động xung quanh một vị trí cân bằng xác định.

2. Giải thích sự tạo thành sóng

Dựa trên hình vẽ mô hình các phân tử sóng (Hình 14.3 và Hình 14.4 SGK) để mô tả sự truyền dao động giữa các phân tử của môi trường. Nêu rõ nguyên nhân hình thành chuyển động sóng : nhờ lực đàn hồi mà dao động được truyền từ phân tử này của môi trường sang phân tử khác, các phân tử càng ở xa tâm dao động thì càng trễ pha hơn.

Yêu cầu HS dùng những mũi tên nhỏ để chỉ ra hướng chuyển động của mỗi phân tử sóng trên Hình 14.3 và Hình 14.4 SGK ở những thời điểm khác nhau để thấy rõ sự lan truyền của dao động.

Dựa trên phân tích nguyên nhân của chuyển động sóng ở trên, yêu cầu HS xác định xem môi trường nào thì truyền được sóng ngang, môi trường nào thì truyền được sóng dọc ?

C2 Dùng các mũi tên nhỏ vẽ lên các vòng tròn nhỏ để biểu thị hướng chuyển động của các phân tử sóng trên Hình 14.3 SGK.

Lúc $t = \frac{T}{2}$, phân tử số 6 ở vị trí cân bằng, hướng đi lên, phân tử số 12 ở vị trí cân bằng, đứng yên.

Lúc $t = \frac{3T}{4}$, phân tử số 6 ở vị trí cao nhất, đứng yên, phân tử số 12 ở vị trí cân bằng, đứng yên.

Lúc $t = T$, phân tử số 6 ở vị trí cân bằng, hướng đi xuống, phân tử số 12 ở vị trí cân bằng, bắt đầu đi lên.

Lúc $t = \frac{5T}{4}$, phân tử số 6 ở vị trí thấp nhất, bắt đầu đi lên, phân tử số 12 ở vị trí cao nhất, bắt đầu đi xuống.

C3 Giống như ở **C2** nhưng mũi tên nằm ngang, hướng sang trái hoặc sang phải.

3. Tìm hiểu những đại lượng đặc trưng của chuyển động sóng

a) Đối với các đại lượng biên độ, chu kì, tần số, HS đã biết khi học dao động điều hoà nên để cho HS tự tìm hiểu trong SGK rồi nhắc lại.

b) Đối với các đại lượng bước sóng, tốc độ truyền sóng là những đại lượng mới gấp, GV cần trợ giúp.

– Phân tích Hình vẽ 14.3 và 14.4 SGK có thể nhận thấy sau một chu kì dao động, sóng truyền đi được một khoảng không đổi gọi là bước sóng. Chú ý rằng, tất cả những điểm cách nhau một bước sóng đều cách vị trí cân bằng một khoảng bằng nhau (cùng li độ) và chuyển động về cùng một phía, nghĩa là dao động cùng pha. Bởi vậy có thể nói bước sóng là khoảng cách giữa hai điểm gần nhau nhất của sóng dao động cùng pha.

– Tốc độ truyền sóng. Cân nhấn mạnh (dựa trên phân tích Hình 14.3 SGK) rằng các phần tử của môi trường không chuyển động theo sóng, chỉ có dao động được truyền đi. Bởi vậy, khi nói tốc độ sóng là nói tốc độ truyền sóng hay nói chât chẽ hơn là tốc độ truyền pha dao động.

C4 Lực cản của không khí, sự lan toả năng lượng ngày càng rộng hơn.

C5 Các cặp 0 – 12, 1 – 13, 2 – 14... các khoảng cách giữa từng cặp phần tử đều bằng nhau và bằng một bước sóng.

4. Tìm hiểu phương trình sóng

GV hướng dẫn HS lập phương trình sóng, phương trình này cho phép ta xác định được vị trí của mỗi phần tử sóng ở một thời điểm xác định. Nếu chọn gốc toạ độ O là điểm sóng đi qua lúc bắt đầu quan sát ($t = 0$) và dao động của phần tử sóng ở O có dạng $u = A \cos \frac{2\pi}{T} t$ thì phương trình sóng có dạng :

$$u_M(t) = A \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$$

Nếu sóng truyền theo chiều ngược với chiều dương của trục Ox thì phương trình sóng có dạng :

$$u_M(t) = A \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda} \right)$$

Lưu ý HS rằng phương trình này có hai biến số x và t , u là một hàm số côsin của cả x và t , có nghĩa là li độ u của sóng vừa hoàn toàn theo thời gian, vừa hoàn toàn theo không gian. Sóng này là một sóng dạng sin. Đó là một sóng lí tưởng có biên độ dao động không bị giảm khi ra xa nguồn dao động. Dưới đây ta chỉ xét những sóng dạng sin lí tưởng này.

5. Tìm hiểu một số tính chất của sóng suy ra từ phương trình sóng

Ta có thể dựa trên phương trình sóng để suy ra tất cả các đại lượng đặc trưng cho một sóng cụ thể nếu viết phương trình sóng dưới các dạng tương đương.

$$\begin{aligned} u &= A \cos \omega \left(t - \frac{x}{v} \right) \\ &= A \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) \\ &= A \cos 2\pi \left(ft - \frac{x}{\lambda} \right) \end{aligned}$$

Đặc biệt chú ý suy từ phương trình sóng ra tính tuần hoàn theo thời gian và theo không gian, vẽ hình tương ứng.

V - HƯỚNG DẪN TRẢ LỜI CÂU HỎI VÀ GIẢI BÀI TẬP

Câu hỏi

1. Dùng Hình 14.3 và 14.4 SGK. Các vòng tròn ở Hình 14.3 và các chấm tròn ở Hình 14.4 biểu thị các phân tử của sợi dây đàn hồi, giữa các phân tử có lực liên kết đàn hồi. Truyền cho phân tử số 0 một dao động điều hoà. Lần lượt xét xem dao động đó được truyền như thế nào đến các phân tử sau (xem mục "Giải thích sự tạo thành sóng cơ" trong SGK).

2. Trong sóng ngang, các phân tử của môi trường dao động theo phương vuông góc với phương truyền sóng, còn trong sóng dọc các phân tử của môi trường dao động theo phương trùng với phương truyền sóng.

3. Phương trình sóng có dạng :

$$u_M(t) = A \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$$

– Ở một thời điểm xác định ($t = t_0$) thì u là một hàm số cosin của x : u biến thiên tuần hoàn theo không gian x .

– Ở một vị trí xác định ($x = d$) thì u là một hàm số cosin của t : u biến thiên tuần hoàn theo thời gian t .

Bài tập

- 1. B.** **2. C.** **3. D.**

$$4. u = 6 \cos(4\pi t + 0,02\pi x) = A \sin 2\pi \left(ft - \frac{x}{\lambda} \right).$$

- a) Biên độ $A = 6$ cm ;
b) $\frac{x}{\lambda} = 0,01x$, $\lambda = 100$ cm ;
c) Tần số $f = 2$ Hz ;
d) Tốc độ $v = \lambda f = 100 \cdot 2 = 200$ cm/s.
e) $u = 6 \cos(4\pi \cdot 4 + 0,02\pi \cdot 16,6)$
 $= 6 \cos(16\pi + 0,33\pi)$
 $u = 6 \cos\left(16\pi + \frac{\pi}{3}\right) = 3$ cm.