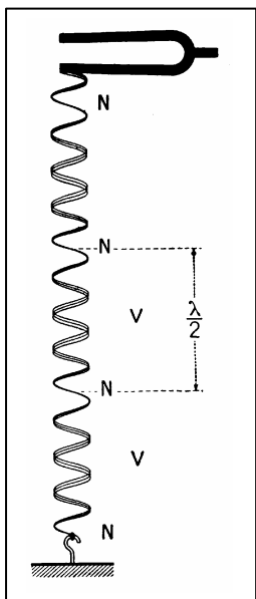


Chương II : SÓNG CƠ HỌC. ÂM HỌC

- Hiện tượng sóng trong cơ học
- Sóng âm
- Giao thoa sóng cơ học



9. SONG CƠ HỌC

- 1) Nêu các định nghĩa của : sóng cơ học, sóng dọc, sóng ngang.
- 2) Nêu các định nghĩa của các đại lượng đặc trưng cho sóng : chu kì của sóng, tần số của sóng, bước sóng, vận tốc truyền sóng, biên độ sóng.
- 3) Thành lập phương trình dao động của một điểm nằm trên phương truyền sóng, có nhận xét gì về tính chất của hàm sóng đó ?
- 4) Vì sao quá trình truyền sóng cơ là quá trình truyền năng lượng ?

1. Nền tảng

- Sóng cơ học là những dao động lan truyền trong môi trường vật chất theo thời gian.
- Sóng ngang là sóng cơ có phương dao động vuông góc với phương truyền sóng.
- Sóng dọc là sóng cơ có phương dao động trùng với phương truyền sóng.

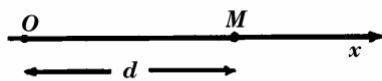
2. Các đại lượng đặc trưng cho sóng

- Chu kì của sóng là chu kì dao động chung của các phần tử vật chất có sóng truyền qua và bằng chu kì dao động của nguồn sóng.
- Tần số của sóng là nghịch đảo của chu kì : $f = \frac{1}{T}$
- Bước sóng λ là khoảng cách gần nhất giữa 2 điểm dao động cùng pha trên cùng một phương truyền sóng, nó cũng là quãng đường mà sóng truyền đi được trong một chu kì của sóng.
- Vận tốc truyền sóng v là vận tốc truyền pha dao động.
- Biên độ sóng A tại một điểm là biên độ dao động của các phần tử vật chất tại điểm đó khi sóng truyền qua.
- Giữa chu kì T , tần số f , vận tốc v và bước sóng λ có hệ thức :

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

3. Lập phương trình dao động của một điểm trên phương truyền sóng

- Xét một điểm M nằm trên phương truyền sóng và cách nguồn sóng O một khoảng $OM = d$.
- Giả sử nguồn O dao động với phương trình : $u = a \sin \omega t$
- Gọi v là vận tốc truyền sóng thì thời gian để sóng truyền từ O đến M là $\frac{d}{v}$.
- Dao động của M tại thời điểm t cùng pha với dao động tại O vào thời điểm $(t - \frac{d}{v})$, tức là :



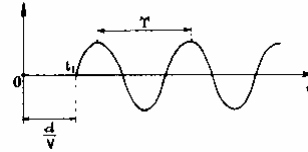
$$u_M(t) = u_O(t - \frac{d}{v}) ; \quad \text{với : } \lambda = vT = \frac{v}{f}$$

$$u_M = a \sin \omega(t - \frac{d}{v}) = a \sin(2\pi t - \frac{2\pi d}{\lambda})$$

(*) Tính tuần hoàn theo thời gian và theo không gian của quá trình truyền sóng.

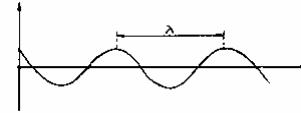
- Khi $d = d_0 = \text{const.}$

$\Rightarrow u_M(t) = a \sin(2\pi t - \frac{2pd_0}{l})$ là hàm tuần hoàn theo t , chu kỳ $T = \frac{2p}{w}$. Ta có **hiệu ứng sin thời gian**.



- Khi $t = t_0 = \text{const.}$

$\Rightarrow u_M(x, t_0) = a \sin(2\pi t_0 - \frac{2px}{l})$ là hàm tuần hoàn theo x , chu kỳ λ . Ta có **hiệu ứng sin không gian**.



4. Vì sao quá trình truyền sóng cơ là quá trình truyền năng lượng?

- Năng lượng sóng tại một điểm tại nơi với bình phương của biên độ sóng tại đó. Vì vậy : Sóng truyền nên điểm nào thì làm cho các phần tử vật chất của môi trường tại điểm đó dao động với một biên độ nhất định, tức là truyền cho các phần tử đó một năng lượng. **Vậy quá trình truyền sóng cũng là một quá trình truyền năng lượng.**

10. SÓNG AM

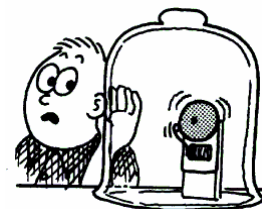
- 1) Thế nào là dao động âm, sóng âm. Sóng âm và sóng siêu âm giống và khác nhau ở chỗ nào?
- 2) Sự truyền âm. Vận tốc âm.
- 3) Trình bày về các đặc tính sinh lý của âm : **độ cao, độ to, âm sắc**. Hãy giải thích vì sao cường độ âm không đủ đặc trưng độ to của âm.
- 4) Bầu đàn trong chiếc đàn dây (chẳng hạn đàn ghita) có vai trò gì?

1) Dao động âm là các sóng dọc cơ học truyền trong môi trường vật chất cơ rắn lỏng khí trong khoảng 16Hz — 20.000 Hz.

- Sóng âm** cơ rắn lỏng khí trong khoảng 16Hz — 20.000 Hz thì gây ra cảm giác âm. Tai người không nghe được các sóng hạ âm ($f < 16\text{Hz}$) và sóng siêu âm ($f > 20.000\text{Hz}$).
- Sóng âm (nghe được) và sóng siêu âm **không phải là các dao động âm**; tai người không cảm thụ được sóng siêu âm.

2. Sự truyền âm. Vận tốc âm

- Sóng âm truyền được trong cả ba môi trường rắn, lỏng và khí, nhưng không truyền được trong chân không.
- Vận tốc truyền của sóng âm phụ thuộc vào tính đàn hồi và mật độ của môi trường.
 - Vận tốc âm trong chất rắn lớn hơn trong chất lỏng, và trong chất lỏng lớn hơn trong chất khí.
 - Vận tốc âm thay đổi theo nhiệt độ.

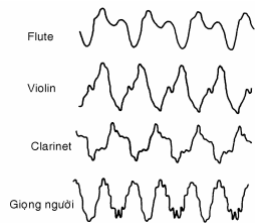


3. Các đặc tính sinh lý của âm

a. Độ cao của âm **phụ thuộc vào tần số của âm**.

- Âm có tần số càng lớn thì càng cao. Âm có tần số càng nhỏ thì càng thấp (càng trầm).

b. Âm sắc **phụ thuộc vào tần số âm, biên độ sóng âm và các thành phần cấu tạo của âm**.

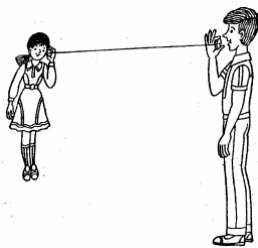


- Sóng âm do một nhạc cụ phát ra là sóng tổng hợp của nhiều sóng âm riêng biệt phát ra cùng một lúc. Các sóng này có các tần số là $f, 2f, 3f, 4f \dots$ và có các biên độ là $A_1, A_2, A_3, A_4 \dots$ rất khác nhau. Âm có tần số f gọi là âm cơ bản; các âm có tần số $2f, 3f, 4f \dots$ gọi là các họa âm thứ hai, thứ ba, thứ tư v.v... Hòa âm nào có biên độ mạnh nhất sẽ quyết định nốt cao của âm mà nhạc cụ phát ra.

Biểu đồ biểu diễn của dao động âm tổng hợp không phải là một đồ thị hình sin mà là một đồ thị có tính chất tuần hoàn, những có hình dạng phức tạp. Mỗi dao động âm tổng hợp đều ứng với một âm sắc nhất định. Chính vì vậy mà hai nhạc cụ khác nhau (đàn và kèn chẳng hạn) có thể phát ra hai âm có cùng nốt cao (cùng tần số) nhưng có âm sắc hoàn toàn khác nhau. Tóm lại âm sắc phụ thuộc vào số các họa âm và cường độ của các họa âm.

- Những âm mà dao động của chúng có tính chất tuần hoàn như nói trên gọi là các nhạc âm. Ngoài nhạc âm còn có tạp âm hay tiếng ồn là những âm mà dao động của chúng không có tính chất tuần hoàn; như tiếng đập, gõ, tiếng sấm nổ v.v...

c. Nốt to phụ thuộc mức cường độ âm và tần số âm.



- Mức cường độ nhỏ nhất của một âm để có thể gây ra cảm giác âm gọi là ngưỡng nghe của âm đó. Ngưỡng nghe phụ thuộc tần số của âm. Âm có mức cường độ âm càng cao thì nghe càng to. Mức cường độ của một âm lớn đến mức nào đó sẽ gây ra cảm giác đau trong tai: đó là ngưỡng đau. Nốt to của một âm nằm trong phạm vi từ ngưỡng nghe đến ngưỡng đau.
- Nốt to của âm phụ thuộc tần số âm là vì hai âm có cùng mức cường độ âm, nhưng có tần số khác nhau sẽ gây ra những cảm giác âm to, nhỏ khác nhau.

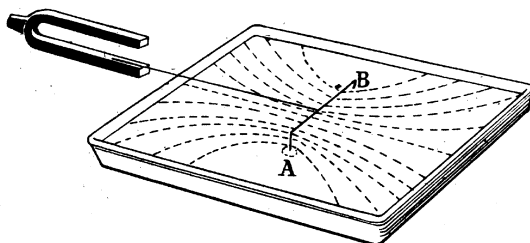
4. Vai trò của dây đàn và bấu đàn trong chiếc đàn ghi ta

- Trong đàn ghi ta, dây đàn đóng vai trò vật phát dao động âm.
- Bấu đàn đóng vai trò hộp cộng hưởng có khả năng cộng hưởng với nhiều tần số khác nhau và tăng cường những âm có các tần số đó.
 - Bấu đàn ghi ta có hình dạng riêng và làm bằng gỗ đặc biệt nên nó có khả năng cộng hưởng và tăng cường một số họa âm xác định, tạo ra âm sắc đặc trưng cho loại đàn này.

11. GIAO THOA SÓNG CƠ

- 1) Trình bày cách tạo ra hiện tượng giao thoa sóng trên mặt nước.
- 2) Giải thích hiện tượng giao thoa sóng trên mặt nước.

1. Giao thoa sóng nước



- **Thí nghiệm** : Dùng một thanh nhẹ có gắn hai hòn bi nhỏ đặt chạm mặt nước. Thanh này nối với một thanh rung làm cho hai hòn bi dao động cùng tần số và cùng pha. Hai hòn bi tạo ra trên mặt nước hai hệ sóng kết hợp lan truyền theo những hướng đồng trục đồng tâm.
- **Mô tả hiện tượng** : Khi hình ảnh sóng ổn định, trên mặt nước xuất hiện các gợn sóng có hình nhỏ sau : một đường thẳng nối trên mặt nước trung với những đường trung trực của đoạn AB, ở hai bên những đường trung trực là những đường hypebol nối trên mặt nước (gọi là các gợn lồi), xen kẽ giữa những đường này là những đường hypebol khác tại đó mặt nước không dao động. Những đường hypebol này nếu nhận A và B là tiêu điểm và ngược lại tại đó.

2. Giải thích hiện tượng giao thoa sóng

Giai thích hình ảnh

Sở dĩ có hình ảnh nhỏ mô tả ở trên là do hai nguồn A và B phát ra các sóng kết hợp (có cùng tần số và cùng pha). Hai sóng này có miền giao nhau nên chúng giao thoa với nhau.

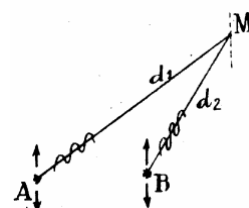
▪ Tại những nơi mà hai sóng tới từ A và B cùng pha, chúng sẽ tăng cường nhau, biên độ dao động tổng hợp đạt cực đại. Quỹ tích của các điểm này tạo thành các gợn lồi, nối trên mặt nước (các đường này là những đường trung trực của đoạn AB và các hypebol nối trên).

▪ Tại những nơi mà hai sóng tới từ A và B ngược pha với nhau, chúng sẽ triệt tiêu nhau, biên độ dao động tổng hợp bằng không. Quỹ tích những điểm này là các hypebol tại đó mặt nước không dao động.

Giai thích hình ảnh (dựa vào độ lệch pha)

Gia sử phương trình dao động tại nguồn A và nguồn B có cùng biểu thức :

$$u_A = u_B = a \sin 2\pi f t$$



Phương trình dao động tại M từ nguồn sóng A và từ nguồn B truyền đến :

$$u_{AM} = a \sin(2\pi ft - \frac{2pd_1}{l})$$

$$u_{BM} = a \sin(2\pi ft - \frac{2pd_2}{l})$$

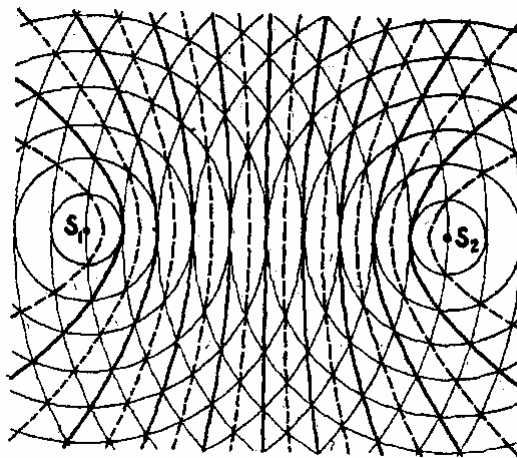
Hệ số pha giữa hai dao động này là :

$$\Delta\varphi = \frac{2p}{l}(d_2 - d_1) = \frac{2p}{l}\Delta d \quad (\text{không phụ thuộc theo thời gian}).$$

Cực đại khi : $\Delta\varphi = k2\pi \rightarrow \Delta d = k\lambda ; k \in \mathbf{Z}$

Cực tiểu khi : $\Delta\varphi = (2k + 1)\pi \rightarrow \Delta d = (2k + 1)\frac{\lambda}{2}$

- Quy tắc của các điểm thỏa $\Delta d = k\lambda$: xác định các đường cong hypebol có biên độ dao động cực đại. Ông với mỗi trị số của k ta có một hypebol. Với $k = 0$, $d_1 - d_2 = 0$, quy tắc là đường trung trực của AB
 - Quy tắc của các điểm thỏa : $\Delta d = (2k + 1)\frac{\lambda}{2}$: xác định các đường cong hypebol có biên độ dao động bằng 0.
- Vậy, giao thoa là sự tổng hợp của hai hay nhiều sóng kết hợp trong không gian, trong đó có những chỗ có hình mà biên độ sóng hoặc tăng cường hoặc giảm bớt.

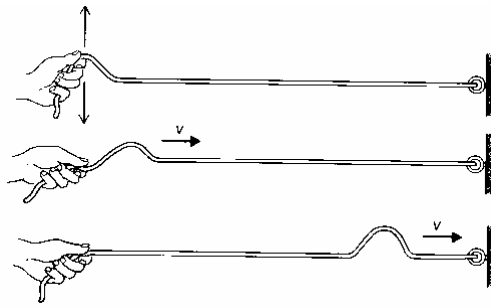


12. SONG DỪNG

- Định nghĩa về sóng dừng.
- Giải thích cách hình thành sóng dừng trên một sợi dây.
- Nêu điều kiện để có sóng dừng cho trường hợp hai đầu sợi dây cố định.
- Cách xác định vận tốc truyền sóng bằng hiện tượng sóng dừng.

a. Nhận định : Sóng dừng là sóng có các nút và các bụng cố định trong không gian.

b. Giải thích cách hình thành sóng dừng trên một sợi dây



Thí nghiệm : Bức nầu B của sợi dây có nình vào tổng và cam nầu A rung mạnh. Thay nời đản nời rung (tốc thay nời tan số đản nờng của nầu A) nờn một lúc nào nời ta thay sợi dây rung on nình trong nời có những chơ rung rất mạnh (**bung song**) và những chơ hàu nhữ không rung (**nut song**). Các nĩm nut và bung có vò trí xác nình, *không di chuyển* trên dây, vì thế hiện tổng này nờc gọi là **song đờng**.

Giai thích nình tính

- Dao nờng tở A truyền theo sợi dây nờn B, đờn đạng một song ngang. Nờn B, song bở phản xạ truyền ngỏc lại A. Mọi nĩm M trên dây nhận nĩc hai song : một song truyền trở tiếp tở A gọi là song tở, một song phản xạ tở B. Hai song này là **song kết hợp**, chúng giao thoa vớ nhau tạo nờn trên dây những nĩm dao nờng vớ biền nờ cởc nải (bung) và những nĩm có biền nờ bằng không (nut).

(*) Giai thích nình lờng (dờa vào sữ tổng hợp của hai song)

(* Phan giai thích nình lờng chừ dung cung cấp thêm kiến thức nờ làm bài tập, học sinh có thể không cần trình bày phan này).

Giai sữ song tại nầu A có biền thức : $u_A = a \sin \omega t$

Song tở tại M : $u_{1M} = a \sin \omega(t - \frac{x}{v})$

Song phản xạ tại M : $u_{2M} = - a \sin \omega(t - \frac{2l-x}{v})$

Song tổng hợp tại M :

$$\begin{aligned} u_M &= u_{1M} + u_{2M} = a \sin \omega(t - \frac{x}{v}) - a \sin \omega(t - \frac{2l-x}{v}) \\ &= 2a \sin (\frac{\omega(l-x)}{v}) \cos (\omega t - \frac{\omega l}{v}) \end{aligned}$$

Nhờ vậy dao nờng tại M là một dao nờng nĩu hoa cùng tần số vớ nguồn, những biền nờ phụ thuộc vào vò trí của nĩm M :

$$A = 2a \left| \sin \frac{\omega}{v}(l-x) \right| = 2a \left| \sin \frac{2p}{l}(l-x) \right|$$

Tại M có bung song khi : $A = 2a$, lúc nời : $\left| \sin \frac{2p}{l}(l-x) \right| = 1$

$$\Rightarrow \frac{2p}{l}(l-x) = (2k+1)\frac{p}{2} ; k \in \mathbf{Z}$$

$$\Rightarrow x = l - \left(\frac{kl}{2} + \frac{l}{4} \right) \quad (a)$$

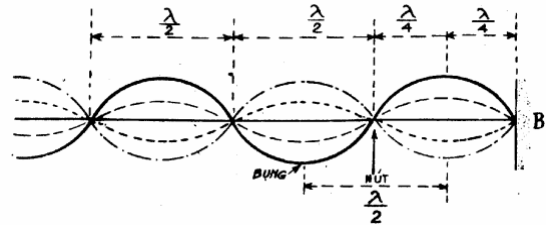
Tại M có nút sóng khi : $A = 0$, lúc đó : $|\sin \frac{2p}{l}(l-x)| = 0$

$$\Rightarrow \frac{2p}{l}(l-x) = k\pi$$

$$\Rightarrow x = l - \frac{kl}{2} \quad (b)$$

▪ **Tính chất của sóng dừng**

- Vị trí của các nút và các bụng là cố định.
- Khoảng cách giữa hai nút hoặc hai bụng kế tiếp nhau đều bằng nửa bước sóng ($\frac{\lambda}{2}$).



c. Điều kiện để có sóng dừng

- Nếu có sóng dừng với hai điểm nút ở hai đầu dây phải có điều kiện : $l = k \frac{\lambda}{2}$ ($k = 1, 2, \dots$) trong đó l là chiều dài của dây.
- Nếu có sóng dừng với một nút ở đầu này và một bụng ở đầu kia, phải có điều kiện : $l = k \frac{\lambda}{2} + \frac{\lambda}{4}$ ($k = 0, 1, 2, \dots$).

d. Cách xác định vận tốc truyền sóng bằng hiện tượng sóng dừng

- Hiện tượng sóng dừng cho phép ta đo được bước sóng λ một cách chính xác. Biết λ và f ta xác định được vận tốc truyền sóng theo hệ thức : $v = \lambda \cdot f$