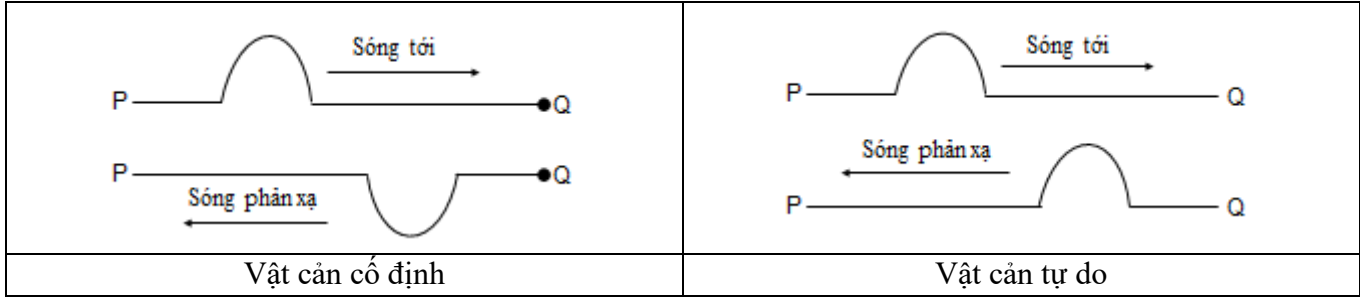


I. Sự phản xạ của sóng

- Sóng phản xạ có **cùng tần số** (hay *chu kỳ*), **tốc độ** và **bước sóng** với sóng tới.

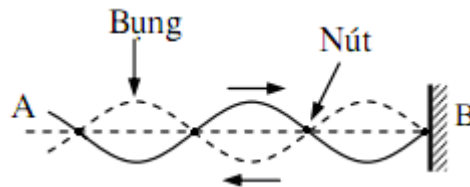
a) **Vật cản cố định:** Sóng phản xạ **ngược pha** với sóng tới ở điểm phản xạ.



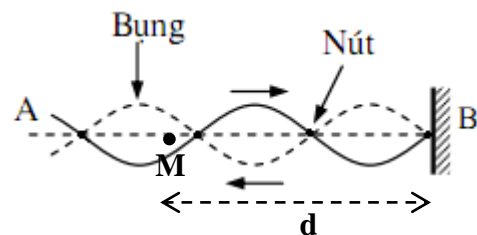
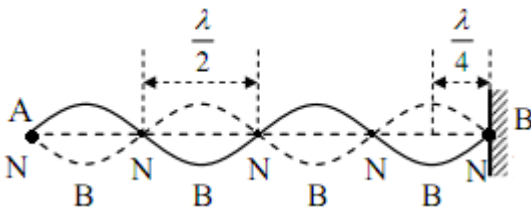
b) **Vật cản tự do:** Sóng phản xạ **cùng pha** với sóng tới ở điểm phản xạ.

II. Sóng dừng

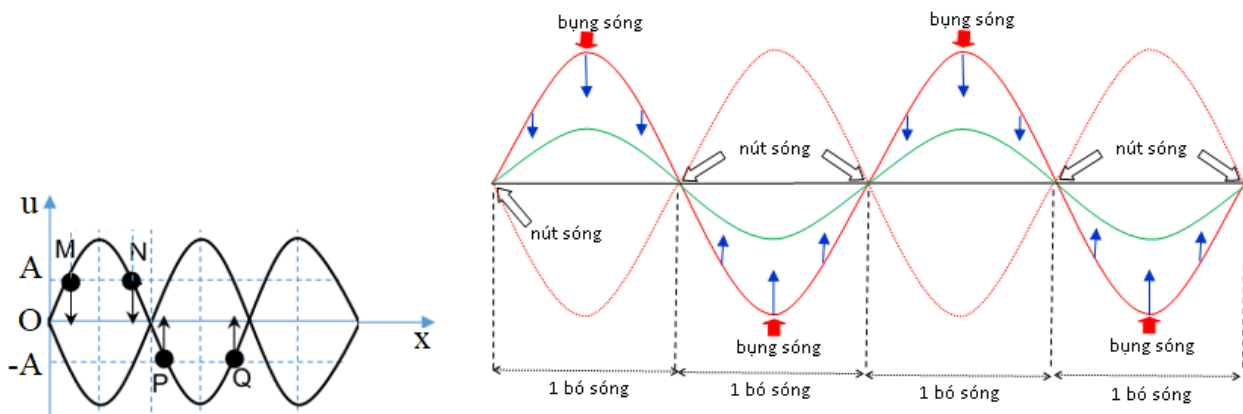
- Sóng dừng là sóng có những điểm đứng yên (điểm nút) và những điểm dao động với biên độ cực đại (điểm bụng) trong không gian.
- Sóng dừng là kết quả của sự giao thoa giữa một sóng tới và sóng phản xạ của nó truyền cùng phương, ngược chiều.



- Khoảng cách giữa hai bụng (hoặc hai nút) liên tiếp bằng nửa bước sóng: $\frac{\lambda}{2}$.
- Khoảng cách giữa một bụng và một nút kề nhau bằng một phần tư bước sóng: $\frac{\lambda}{4}$.
- Khoảng thời gian giữa 2 lần liên tiếp sợi dây duỗi thẳng là: $\frac{T}{2}$.



- Các điểm nằm trên **cùng một bó sóng** (giữa hai nút kề nhau) luôn dao động **cùng pha**.
- Các điểm nằm trên **hai bó sóng kề nhau** luôn dao động **ngược pha**.



- Các điểm nằm trên **các bó sóng cùng lẻ** (1, 3, 5,...) hoặc **cùng chẵn** (2, 4, 6,...) luôn dao động **cùng pha**.
- Các điểm nằm trên **bó sóng lẻ** (1, 3, 5,...) luôn dao động **ngược pha** với các điểm nằm trên **bó sóng chẵn** (2, 4, 6,...).

1. Phương trình sóng dừng

a) Đầu B cố định (B là nút sóng):

- Phương trình sóng tới và sóng phản xạ tại B: $u_B = A \cos \omega t$ và $u'_B = A \cos(\omega t - \pi)$
- **Phương trình sóng dừng** tại điểm M: $u_M = -2A \cdot \sin \frac{2\pi d}{\lambda} \cdot \sin \omega t$ hay

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

- **Biên độ sóng dừng** tại điểm M cách đầu **cố định** B (hoặc cách 1 **nút sóng** bất kì) một khoảng d:

$$A_M = 2A \left| \sin \frac{2\pi d}{\lambda} \right| = A_b \left| \sin \frac{2\pi d}{\lambda} \right| \quad (\text{với } A_b = 2A)$$

b) Đầu B tự do (B là bụng sóng):

- Phương trình sóng tới và sóng phản xạ tại B: $u_B = A \cos \omega t$ và $u'_B = A \cos \omega t$
- **Phương trình sóng dừng** tại điểm M: $u_M = 2A \cdot \cos \frac{2\pi d}{\lambda} \cdot \cos \omega t$
- **Biên độ sóng dừng** tại điểm M cách đầu **tự do** B (hoặc cách 1 **bụng sóng** bất kì) một khoảng d:

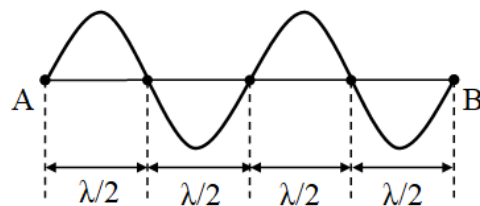
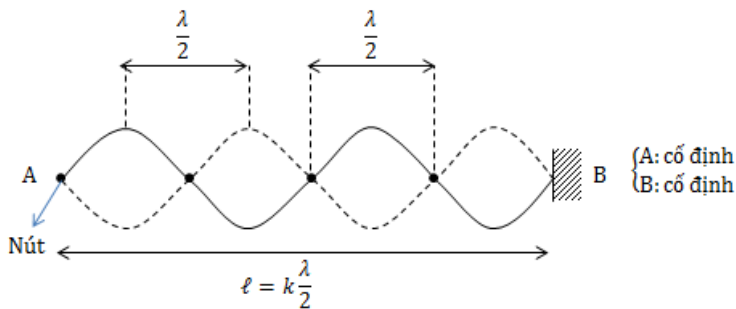
$$A_M = 2A \left| \cos \frac{2\pi d}{\lambda} \right| = A_b \left| \cos \frac{2\pi d}{\lambda} \right| \quad (\text{với } A_b = 2A)$$

♣ Lưu ý:

- Biên độ của bụng sóng $A_b = 2A$.
- Bề rộng của bụng sóng $= 4A$.

2. Điều kiện để có sóng dừng trên sợi dây chiều dài l :

a) Đối với dây có hai đầu cố định (hay một đầu dây cố định và một đầu dây dao động với biên độ nhỏ).

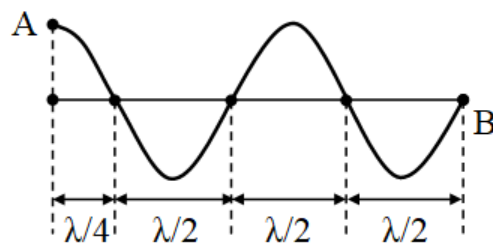
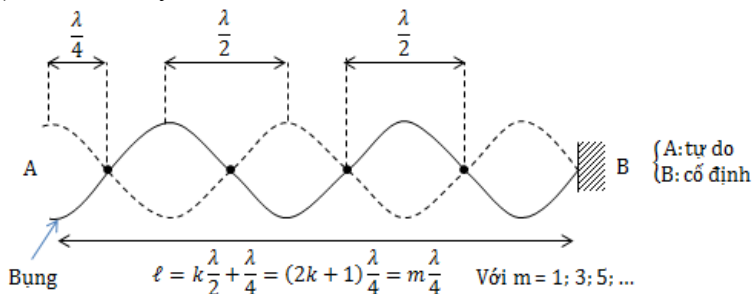


- Hai đầu dây là 2 nút.
- Chiều dài sợi dây: $l = k \frac{\lambda}{2}$, với $k = 1, 2, 3, \dots$

Điều kiện để có sóng dừng trên sợi dây có hai đầu cố định (hay một đầu dây cố định và một đầu dây dao động với biên độ nhỏ) là chiều dài của sợi dây phải bằng một số nguyên lần nửa bước sóng.

- Số bụng = số bó (múi) = k .
- Số nút = $k + 1$ (kể cả 2 nút ở hai đầu dây).

b) Đối với dây có một đầu cố định và một đầu tự do.



- Đầu cố định là nút sóng, đầu tự do là bụng sóng.
- Chiều dài sợi dây: $l = (2k + 1) \frac{\lambda}{4}$, với $k = 0, 1, 2, 3, \dots$

Hoặc có thể viết dưới dạng tương đương:

- Chiều dài sợi dây: $l = m \frac{\lambda}{4}$, với $m = 1, 3, 5, \dots$

Điều kiện để có sóng dừng trên sợi dây có một đầu cố định và một đầu tự do là chiều dài của sợi dây phải bằng một số lẻ lần một phần tư bước sóng.

- Số bụng = số nút = $k + 1 = \frac{m + 1}{2}$ (kể cả 1 nút ở đầu cố định và 1 bụng ở đầu tự do).
- Số bó (múi) nguyên = $k = \frac{m - 1}{2}$.