

Tại sao một ống tre lại có thể tạo ra nốt nhạc trong trèo?

Khi gõ vào miệng các ống của đàn K'lông pút, chúng ta nghe thấy những **âm thanh có cao độ riêng biệt, trong trèo**. Đó là những nốt nhạc. Nhưng tại sao lại là một **nốt nhạc cụ thể** mà không phải là một chuỗi tạp âm hỗn loạn? **Bí mật nào của vật lý** ẩn sau giai điệu?



Bí ẩn này không chỉ của riêng cây sáo...

Từ những sợi dây rung của đàn guitar, violin, đến cột không khí trong một cây sáo, tất cả đều tuân theo cùng một quy luật vật lý để tạo ra âm thanh có nhạc tính.

Để hiểu được quy luật này, chúng ta cần đi vào phòng thí nghiệm và tái tạo lại hiện tượng cốt lõi: **sóng dừng**.



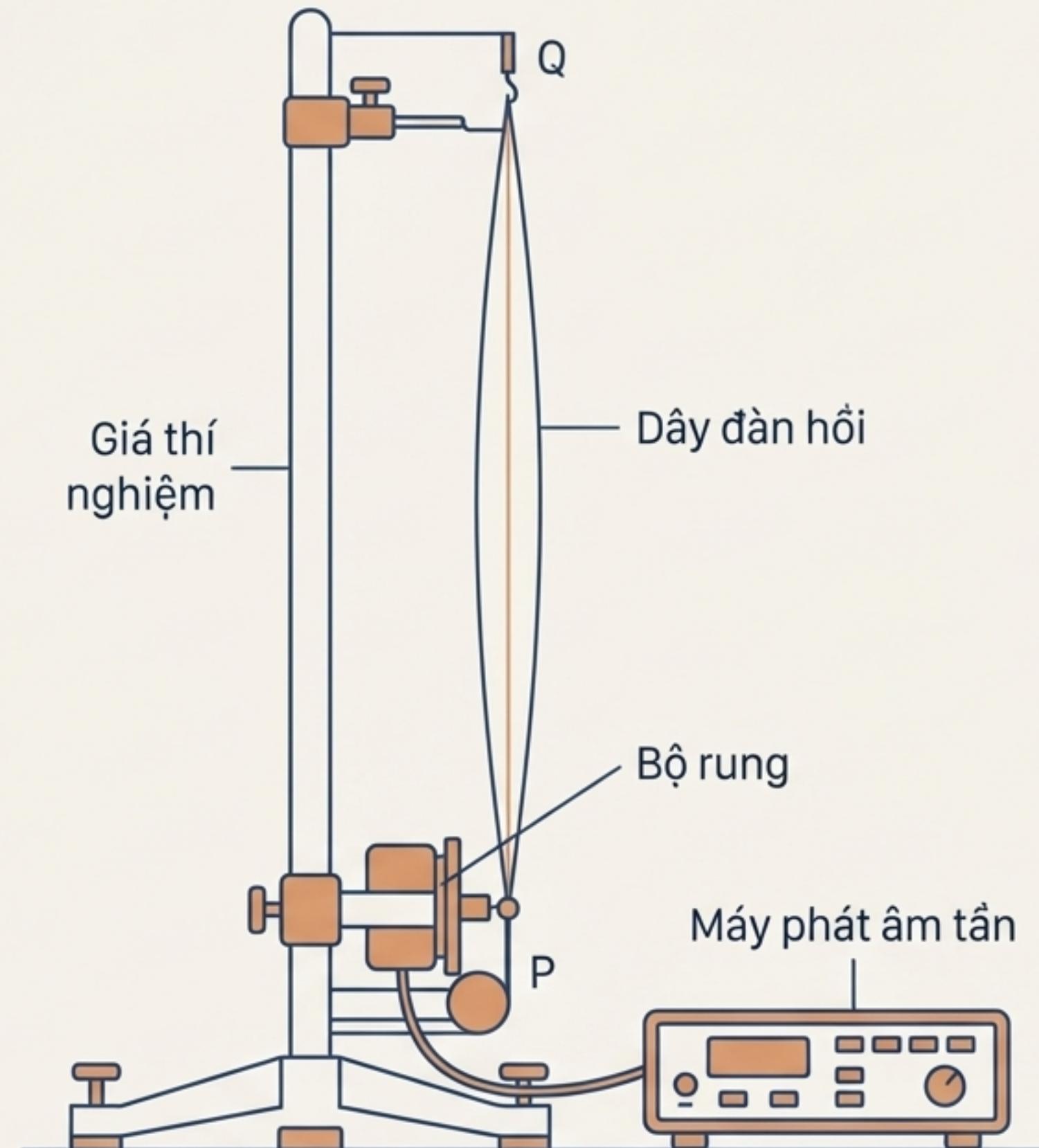
Tái tạo âm nhạc trong phòng thí nghiệm

Mục đích: Tạo ra và quan sát sóng dừng trên một sợi dây đàn hồi.

Thiết bị chính:

- Dây đàn hồi PQ
- Máy phát âm tần
- Bộ rung.

Tiến hành: Cho một đầu dây P gắn vào bộ rung, đầu Q cố định. Thay đổi tần số của máy phát cho đến khi quan sát được hiện tượng đặc biệt trên dây.



Một hình ảnh ổn định xuất hiện từ hai sóng chuyển động



Khi điều chỉnh đến một tần số phù hợp, trên dây xuất hiện những điểm đứng yên xen kẽ với những điểm dao động với biên độ cực đại.

Hiện tượng này được gọi là **sóng dừng**.

Nút sóng: những điểm luôn đứng yên.

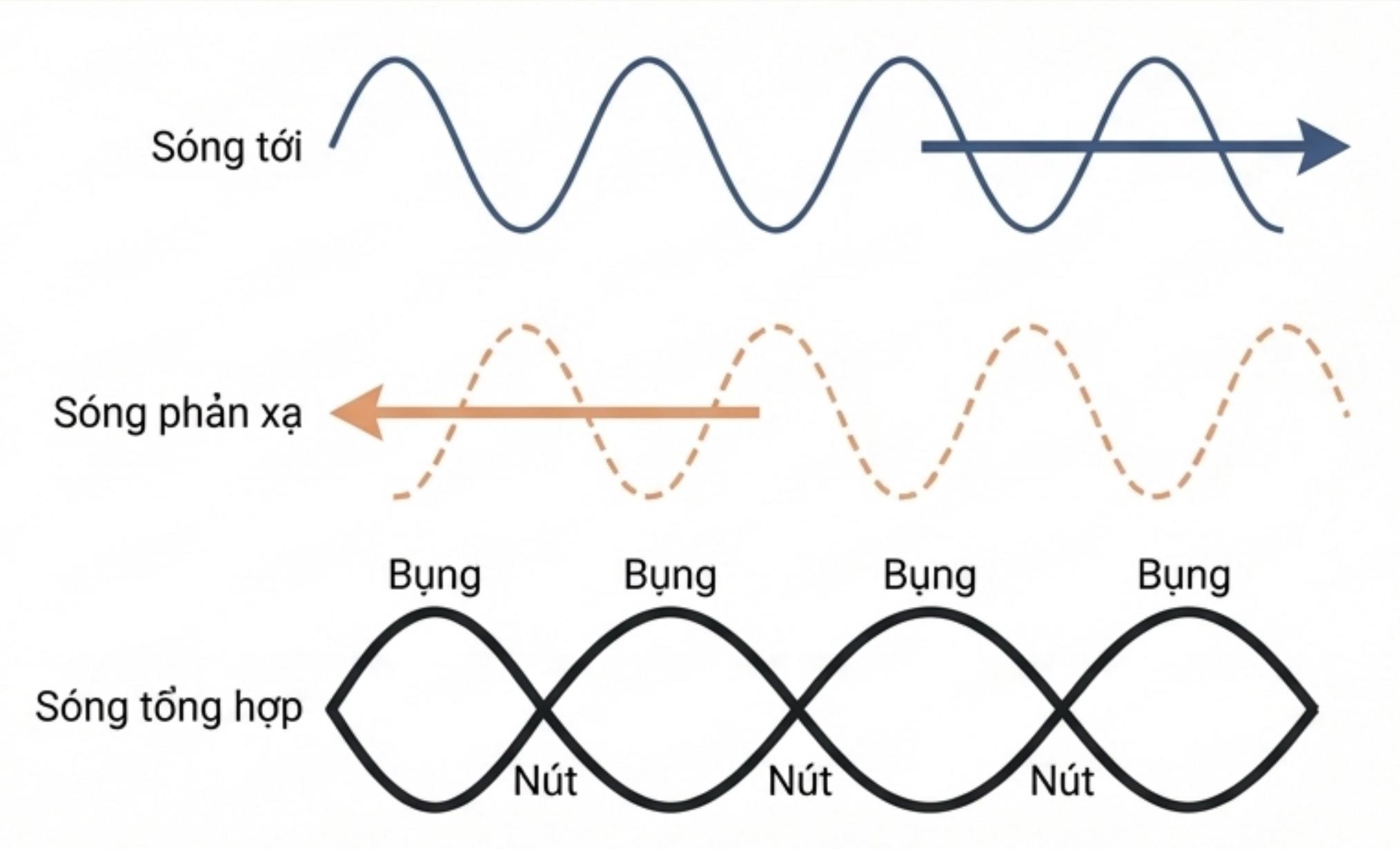
Bụng sóng: những điểm dao động với biên độ cực đại.

Giải thích Sóng Dừng: Sự giao thoa của sóng tới và sóng phản xạ

Sóng dừng được tạo thành do sự giao thoa của hai sóng kết hợp, truyền theo hai hướng ngược nhau.

Trên sợi dây, sóng từ bộ rung truyền tới đầu cố định Q (sóng tới), rồi phản xạ ngược trở lại (sóng phản xạ).

Sự tổng hợp của hai sóng này tạo ra hình ảnh sóng dừng với các nút và bụng sóng cố định.



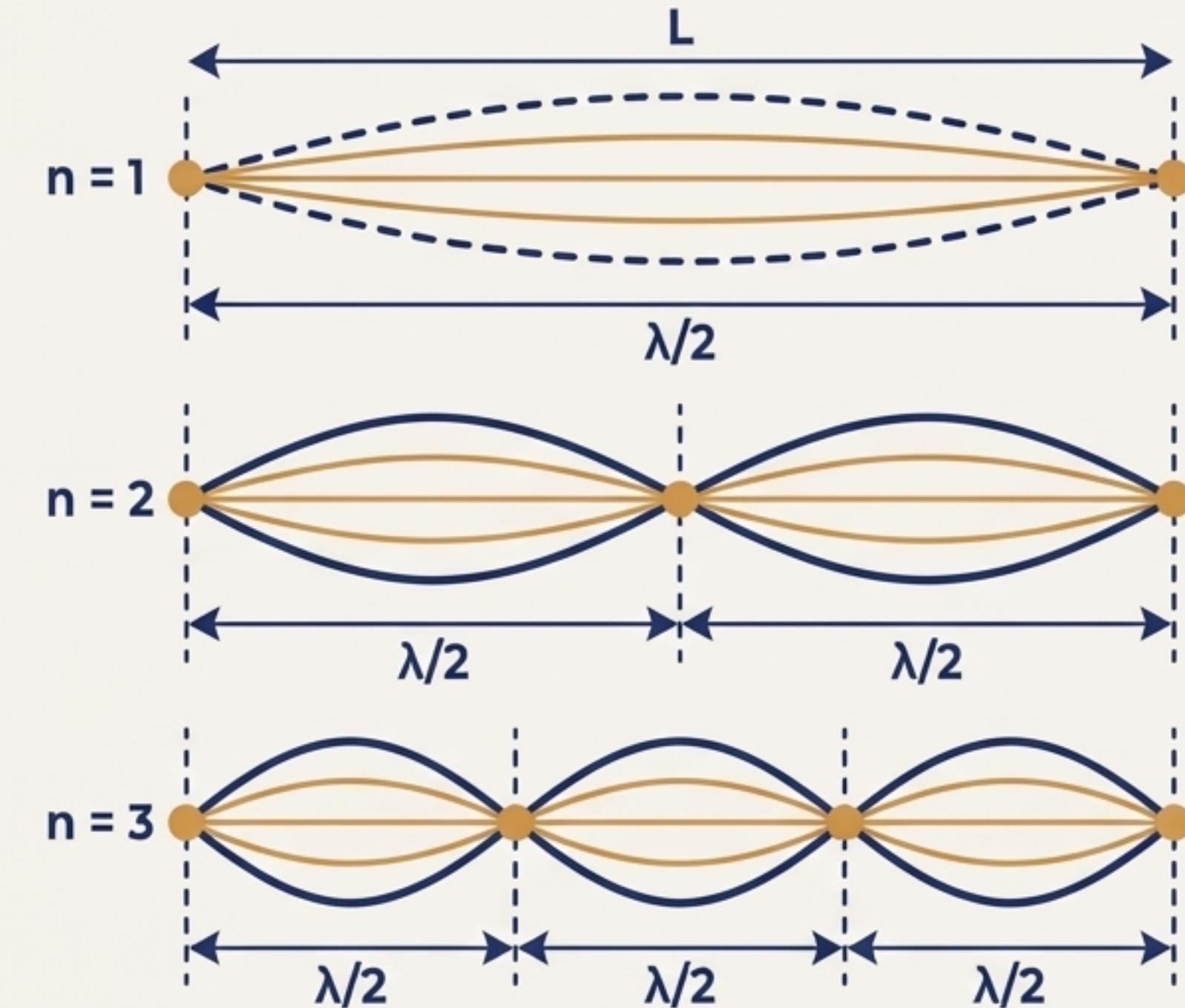
Quy luật của Sóng Dừng: Không phải sóng nào cũng "vừa vặn"

Để có sóng dừng trên một sợi dây có hai đầu cố định, chiều dài của dây phải bằng một số nguyên lần nửa bước sóng.

Điều kiện sóng dừng (hai đầu cố định):

$$L = n * \frac{\lambda}{2} \text{ với } n = 1, 2, 3, \dots$$

Đây là lý do tại sao chỉ có một số tần số nhất định mới tạo ra được sóng dừng ổn định. Những tần số này tương ứng với các nốt nhạc mà chúng ta nghe được.



Ứng dụng 1: Bí mật của những sợi dây đàn

Đối với các nhạc cụ dây như đàn guitar, violin, đàn tranh, hai đầu dây gần như được giữ cố định. Chúng tuân theo điều kiện $L = n * (\lambda / 2)$.

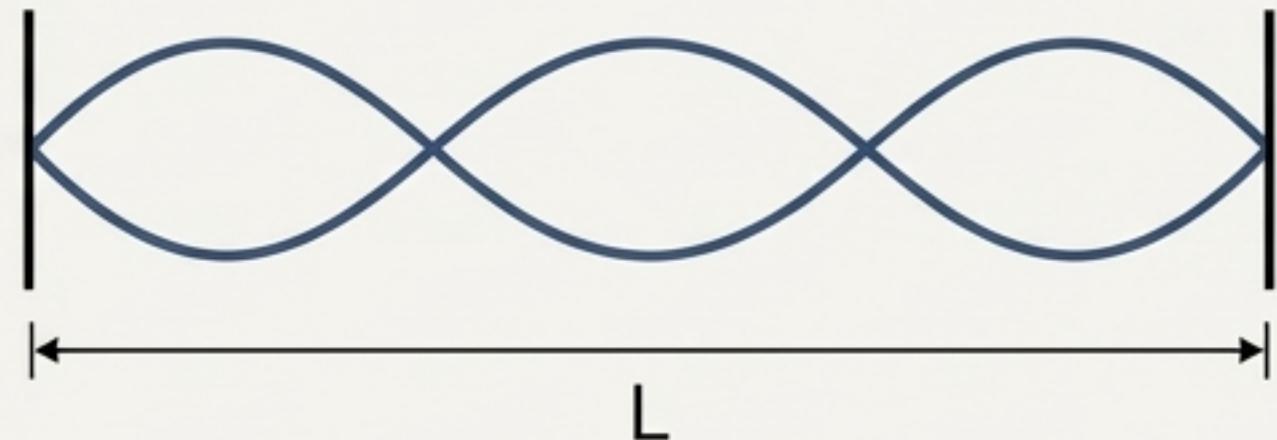
Khi người chơi đàn bấm ngón tay vào các phím khác nhau, họ đang thay đổi chiều dài hiệu dụng L của sợi dây.

Việc thay đổi L sẽ thay đổi bước sóng λ và tần số của sóng dừng được phép tồn tại, từ đó tạo ra các nốt nhạc cao, thấp khác nhau.

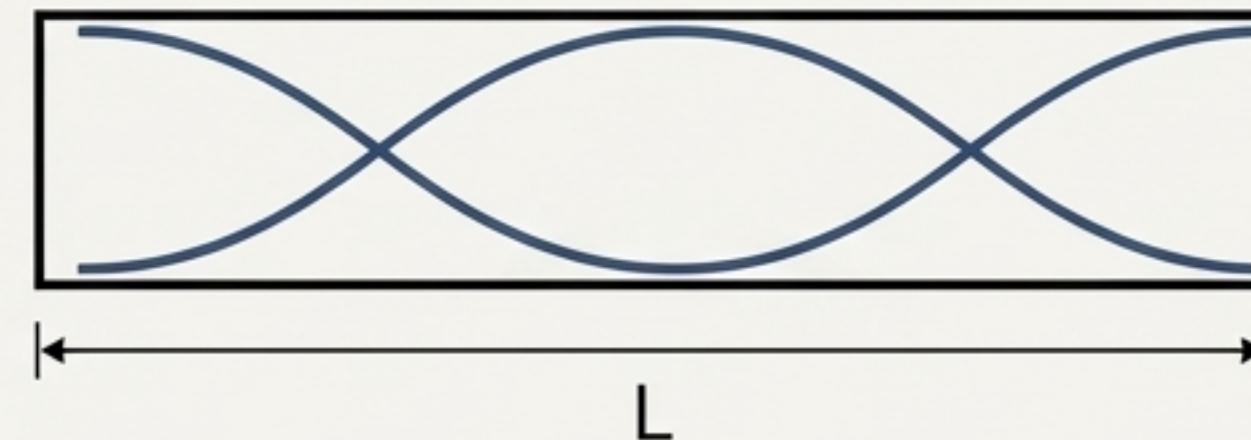


Trường hợp 2: Sóng dừng trong cột khí

Hai đầu cố định



Một đầu cố định, một đầu hở



Đối với các nhạc cụ khí như sáo hay kèn, **cột không khí bên trong ống** dao động. Một đầu có thể là đầu kín (nút sóng), đầu còn lại là đầu hở (bung sóng).

Điều kiện sóng dừng (một đầu cố định, một đầu tự do):

$$L = (2n + 1) \cdot \frac{\lambda}{4} \text{ với } n = 0, 1, 2, \dots$$

Quy luật này giải thích tại sao các nốt nhạc từ nhạc cụ hơi lại có cấu trúc họa âm khác với nhạc cụ dây.

Giải mã Sáo và K'lông pút: Giai điệu từ cột không khí

Trong các loại sáo, chiều dài của cột không khí **L** quyết định nốt nhạc cơ bản được tạo ra. Khi người chơi bịt hoặc mở các lỗ trên thân sáo, họ đang thay đổi chiều dài hiệu dụng **L** của cột không khí, cho phép các sóng dừng với bước sóng khác nhau hình thành. Mỗi chiều dài **L** ứng với một nốt nhạc riêng biệt, tạo nên giai điệu.



Bài tập ví dụ: Tính toán các đặc trưng của sóng dừng

Đề bài (trích từ SGK)

Một dây đàn hồi dài 0,6 m hai đầu cố định dao động với một bụng sóng.

a) Tính bước sóng λ của sóng trên dây.

b) Nếu dây dao động với 3 bụng sóng thì bước sóng là bao nhiêu?

Lời giải

a) Một bụng sóng tương ứng với $n=1$.

Áp dụng công thức $L = n * (\lambda / 2)$:

$$L = 1 * (\lambda / 2) \Rightarrow \lambda = 2L$$

$$\lambda = 2 * 0,6 = 1,2 \text{ m}$$

b) Ba bụng sóng tương ứng với $n=3$.

Áp dụng công thức $L = n * (\lambda' / 2)$:

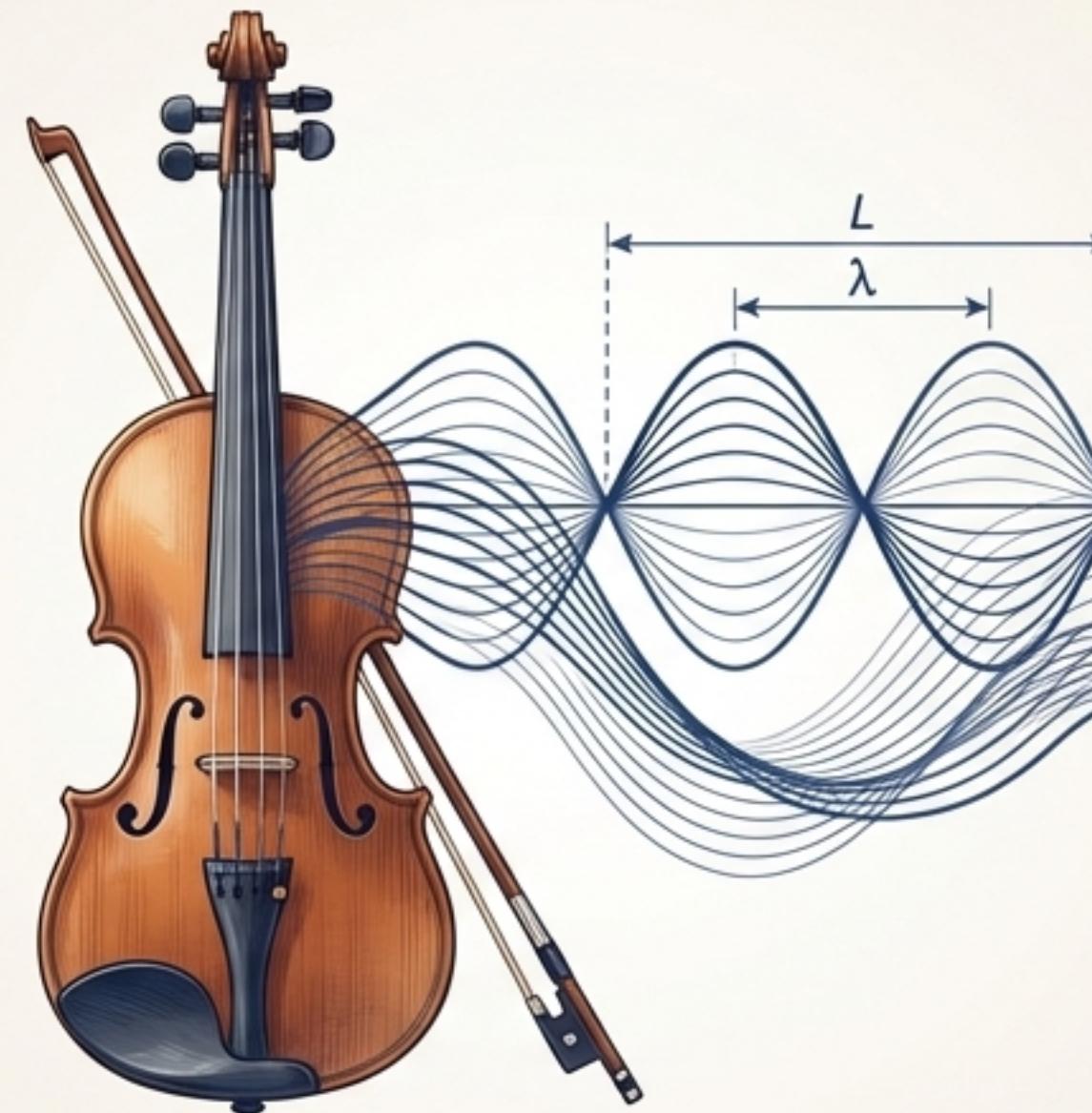
$$L = 3 * (\lambda' / 2) \Rightarrow \lambda' = 2L / 3$$

$$\lambda' = (2 * 0,6) / 3 = 0,4 \text{ m}$$

Từ Giai Điệu đến Vật Lý: Toàn cảnh về Sóng Dừng

Định nghĩa: Sóng dừng là kết quả của sự giao thoa giữa sóng tới và sóng phản xạ, tạo ra các nút (đứng yên) và bụng (dao động cực đại) cố định.

Điều kiện 1 (Hai đầu cố định):
 $L = n * (\lambda / 2)$ - Áp dụng cho nhạc cụ dây.



Kết luận: Các quy luật của sóng dừng chính là nền tảng vật lý tạo nên sự phong phú và trật tự của âm nhạc.

Điều kiện 2 (Một đầu cố định, một đầu hở):
 $L = (2n + 1) * (\lambda / 4)$ - Áp dụng cho nhạc cụ hơi.