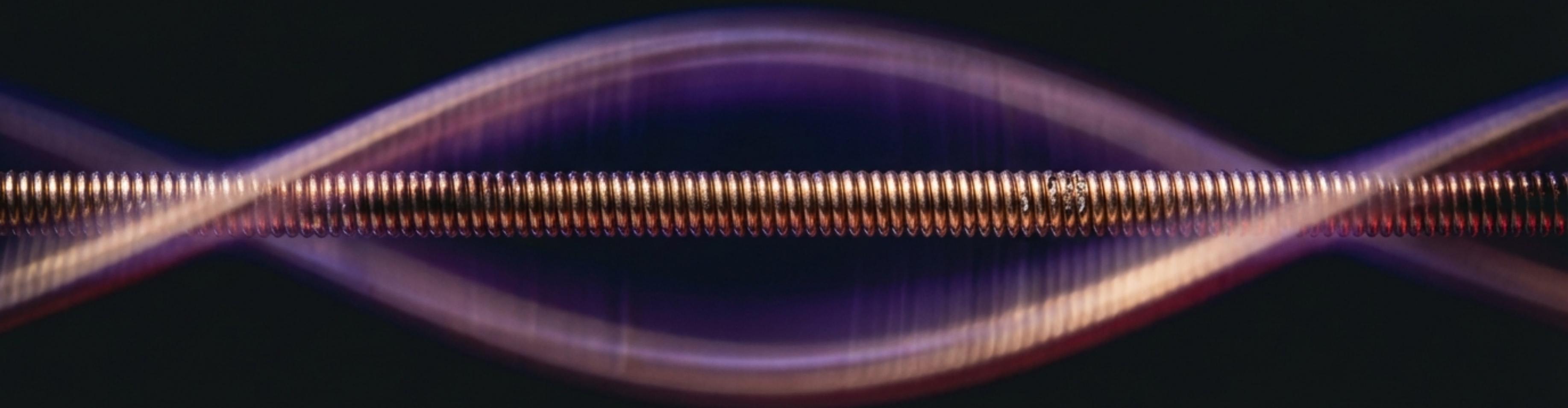


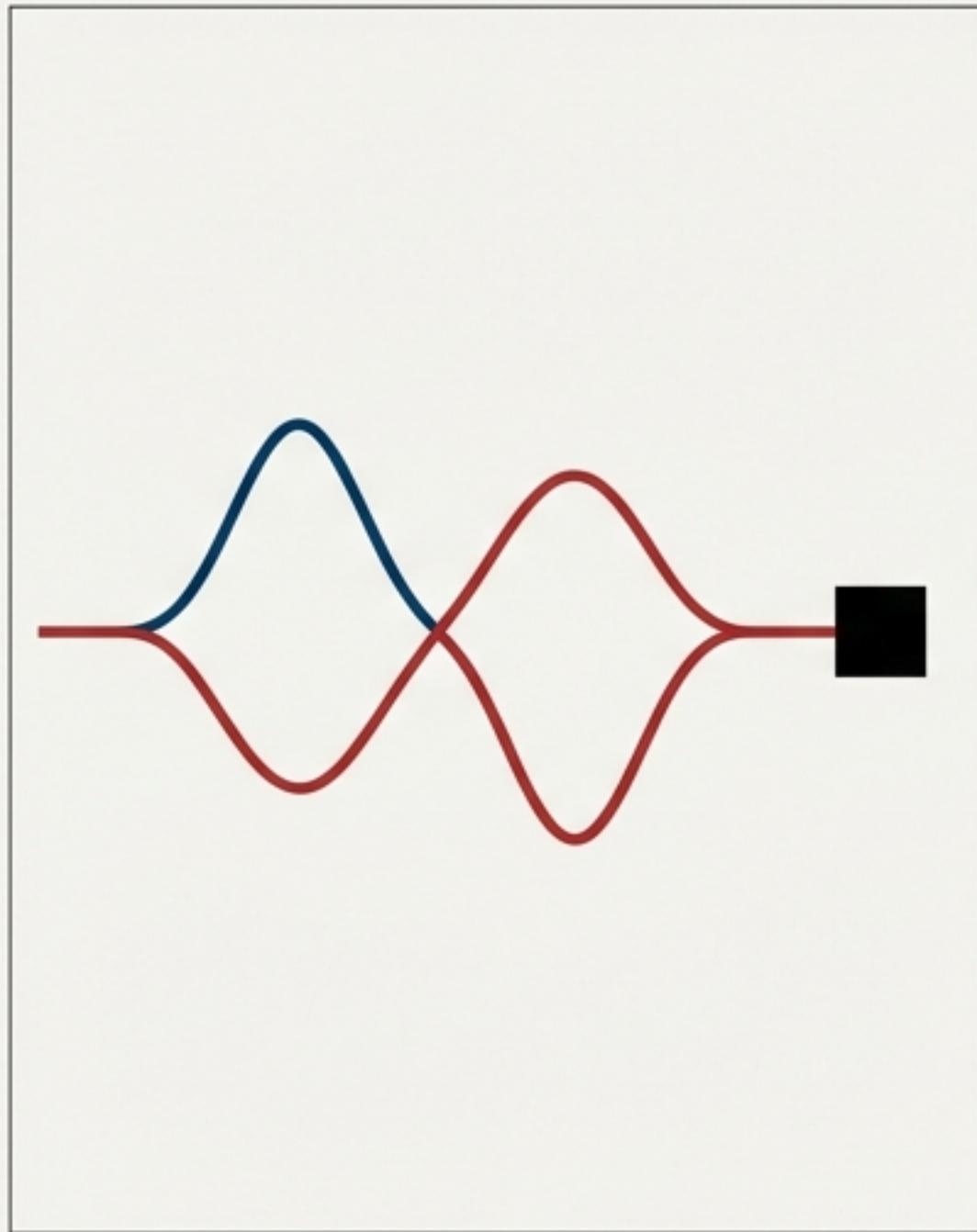
Tại Sao Dây Đàn Chỉ Rung Ở Một Số Tần Số Nhất Định?



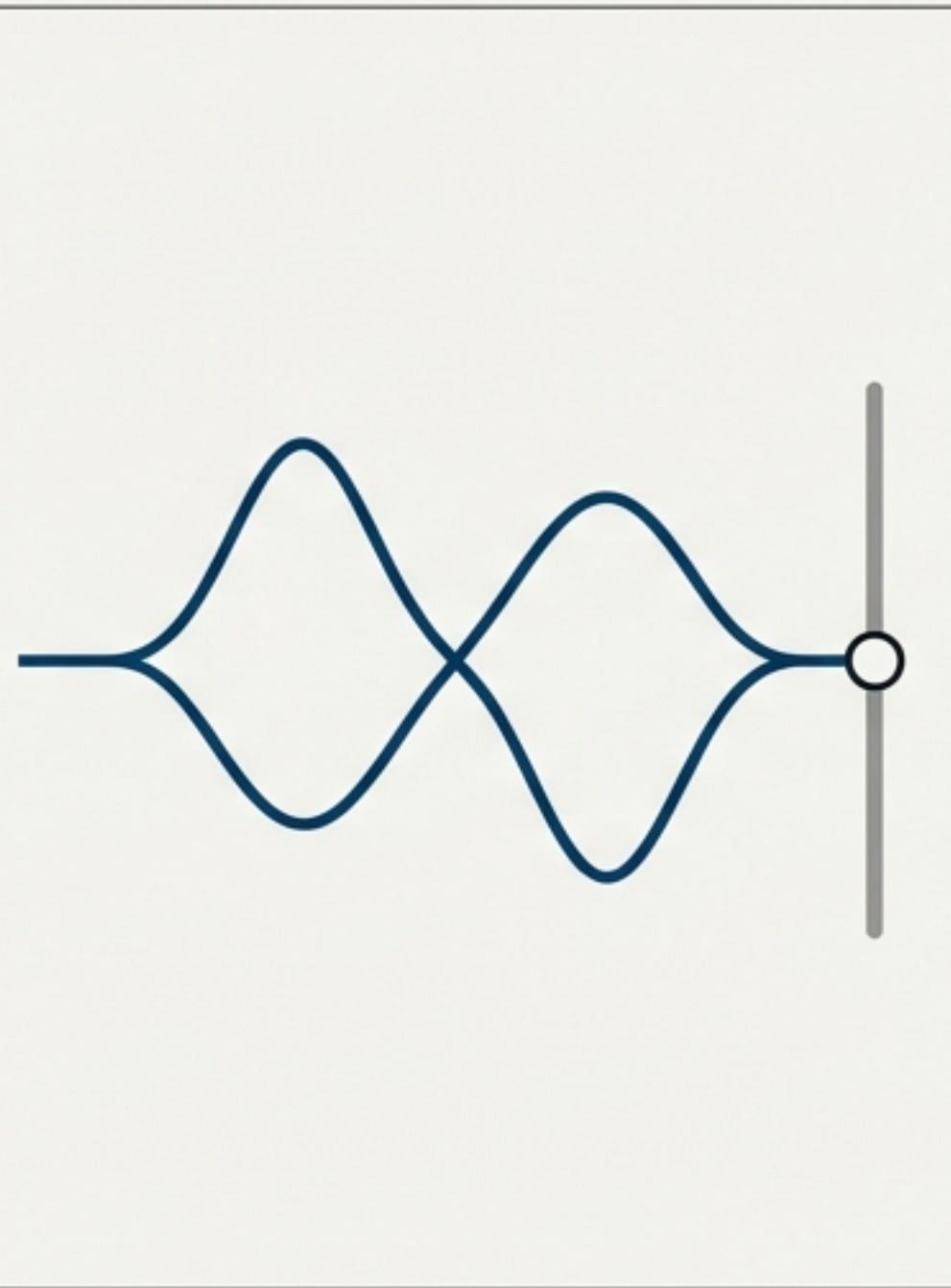
Một hiện tượng quen thuộc: Năng lượng không truyền đi, mà bị “giam giữ” lại, tạo ra những âm thanh và hình thái dao động riêng biệt. Trong bài trình bày này, chúng ta sẽ khám phá cơ chế vật lý đằng sau hiện tượng này: **Sóng Dừng**.

Mọi Chuyện Bắt Đầu Khi Sóng Gặp Chướng Ngại Vật

Đầu cố định



Đầu tự do

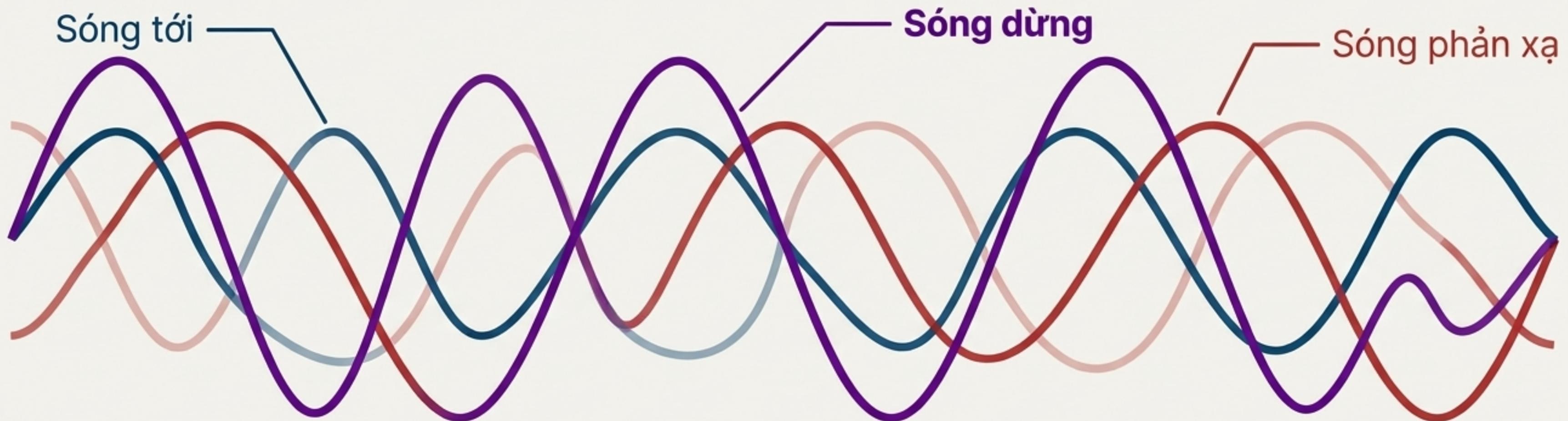


Sóng tới gặp vật cản sẽ bị phản xạ và truyền ngược trở lại.

- Tính chất của sóng phản xạ phụ thuộc vào điểm phản xạ:
 - **Đầu cố định:** Sóng phản xạ **ngược pha** với sóng tới.
 - **Đầu tự do:** Sóng phản xạ **cùng pha** với sóng tới.

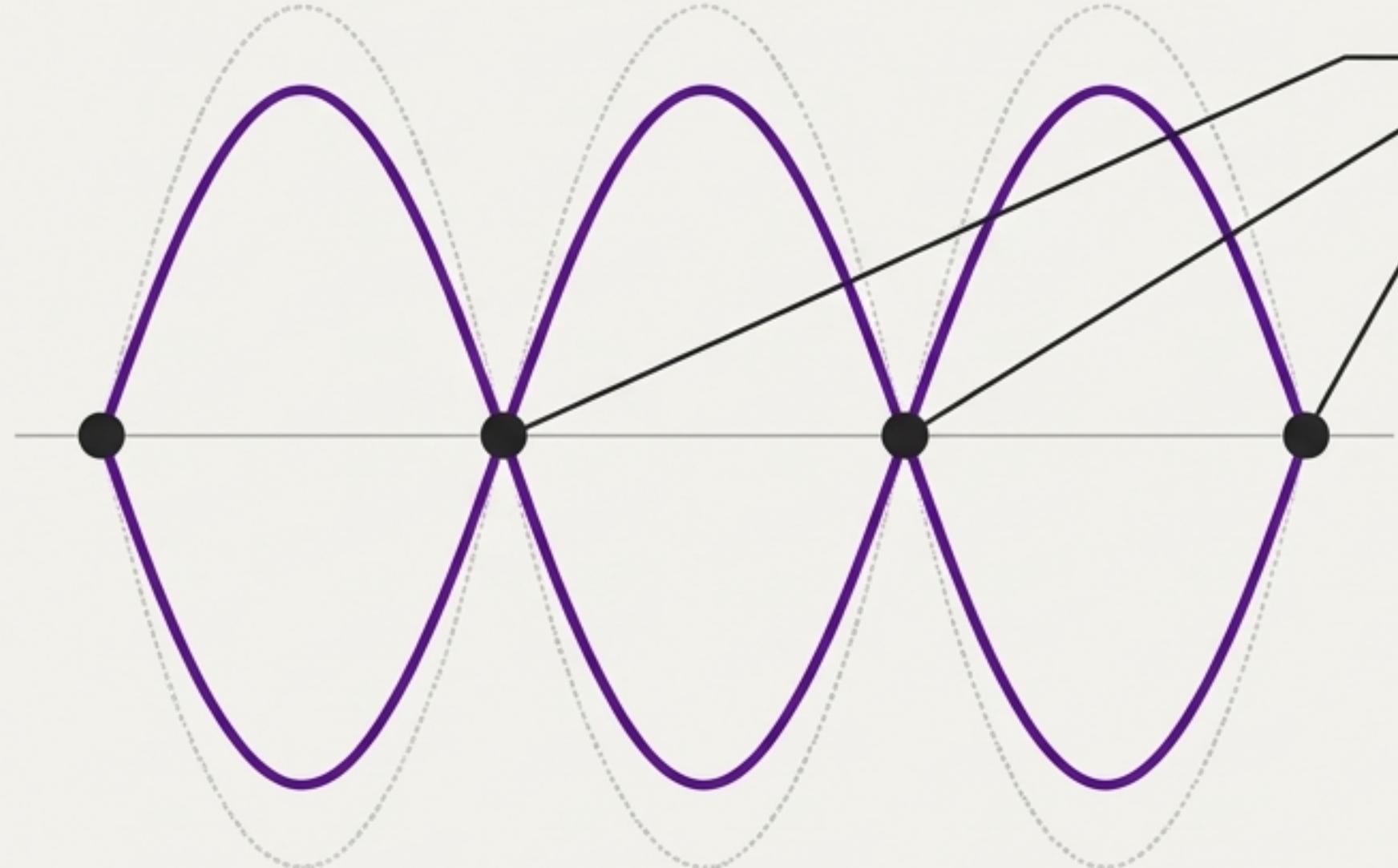
Đây là tiền đề quan trọng cho sự hình thành sóng dừng.

Khi Sóng Gặp Chính Mình: Sự Giao Thoa Của Sóng Tới và Sóng Phản Xạ



Sóng dừng là kết quả của sự **giao thoa** (hay chồng chất) giữa **sóng tới** và **sóng phản xạ** khi chúng truyền ngược chiều nhau trên cùng một phương. Kết quả không phải là một sóng truyền đi, mà là một trạng thái dao động đặc biệt, **ổn định trong không gian**.

Giải Phẫu Một Sóng Dừng: Những Điểm Hoàn Toàn Bất Động



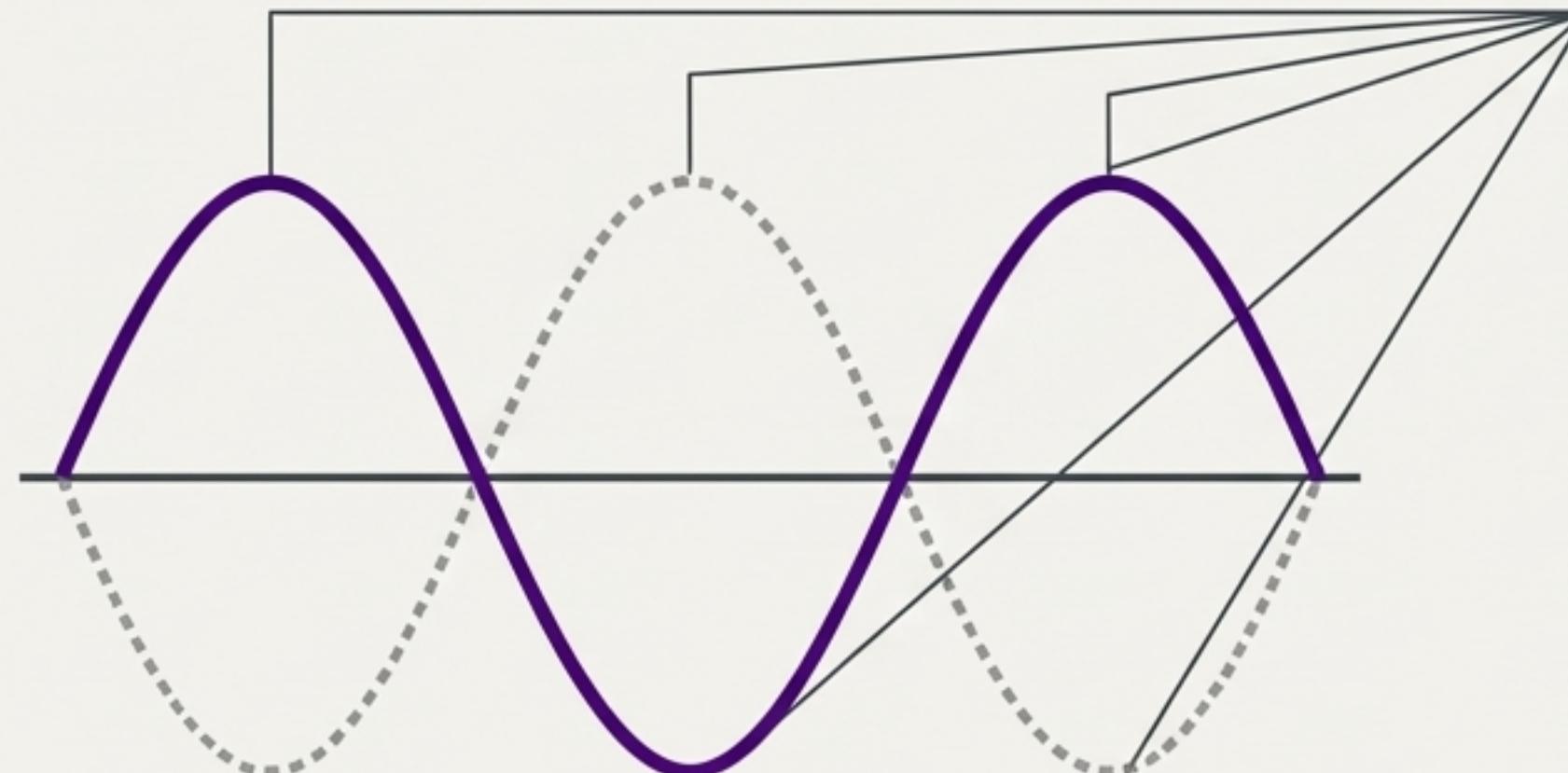
Nút Sóng

- Là những điểm luôn đứng yên, có biên độ dao động bằng không ($A_m = 0$).
- Tại các **nút**, **sóng tới và sóng phản xạ** luôn **ngược pha** và **triệt tiêu nhau hoàn toàn**.

Ghi chú kỹ thuật:

$d = k \frac{\lambda}{2}$ (với $k = 0, 1, 2, \dots$ và d là khoảng cách đến điểm gốc).

Giải Phẫu Một Sóng Dừng: Những Điểm Dao Động Cực Đại



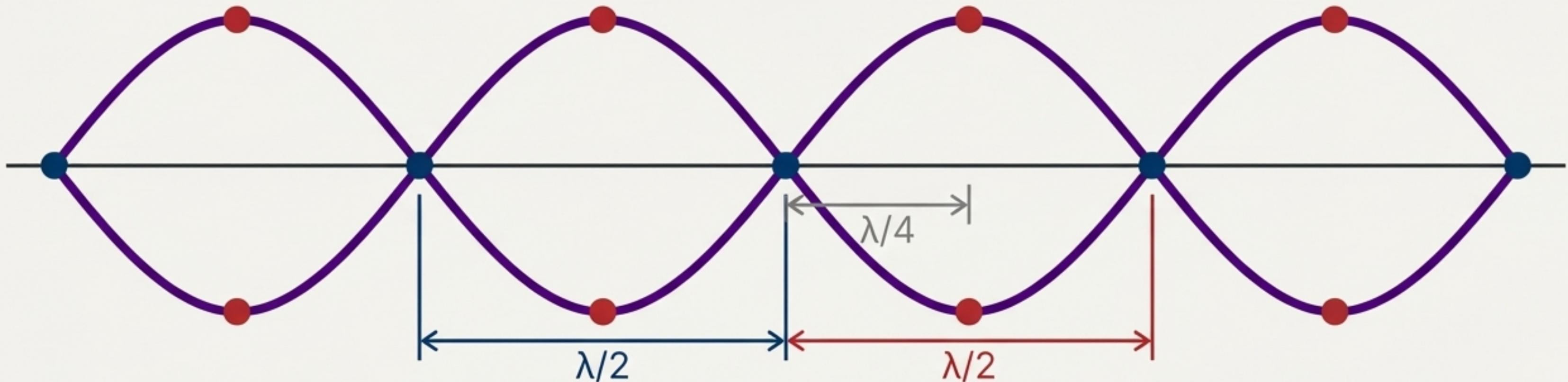
Bụng Sóng

- Là những điểm dao động với biên độ cực đại, $A_m = 2A$ (với A là biên độ của sóng tới).
- Tại các bụng, sóng tới và sóng phản xạ luôn cùng pha và **tăng cường nhau** tối đa.

Ghi chú kỹ thuật

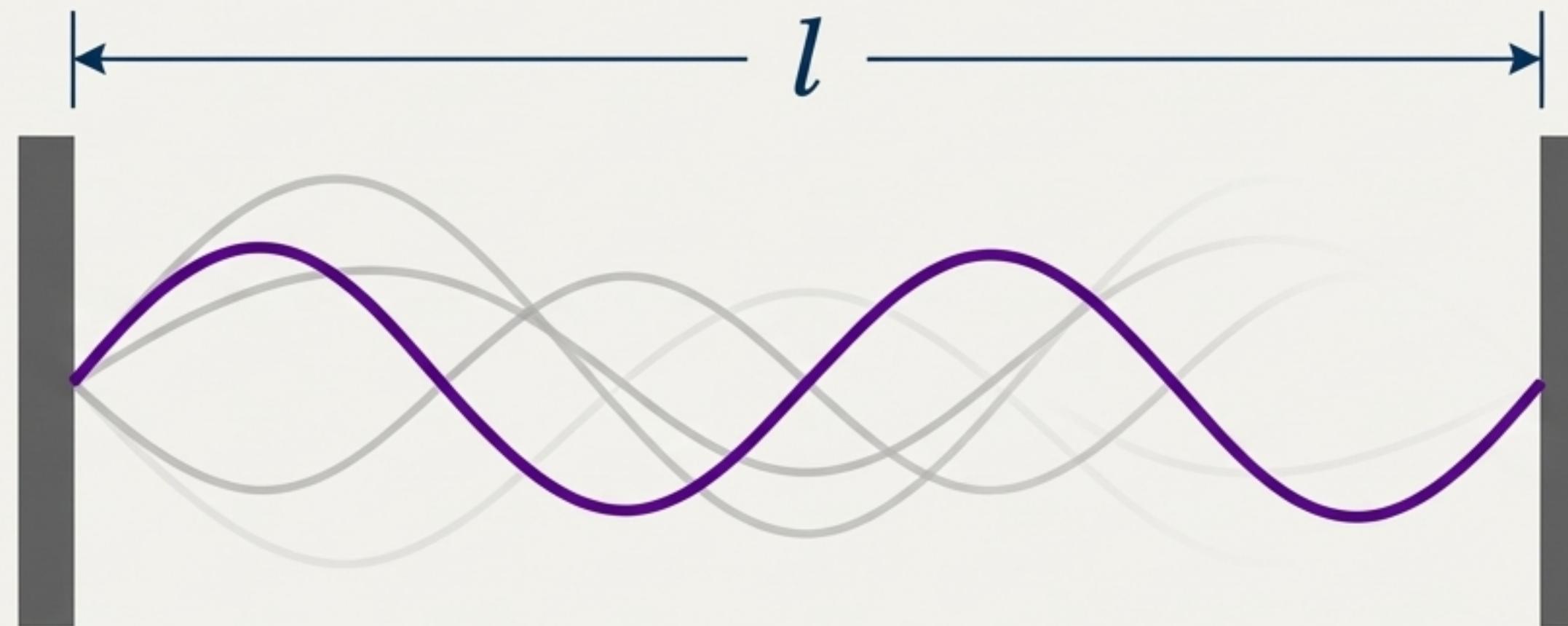
$$d = \left(k + \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda}{2} \text{ (với } k = 0, 1, 2, \dots\text{)}.$$

Một Cấu Trúc Hoàn Hảo: Quy Luật Về Vị Trí Các Nút và Bụng Sóng



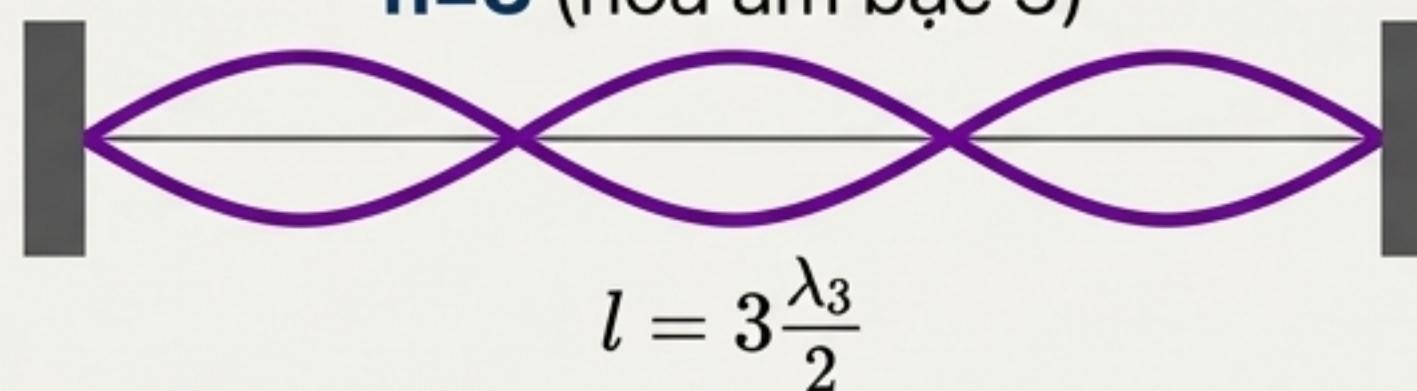
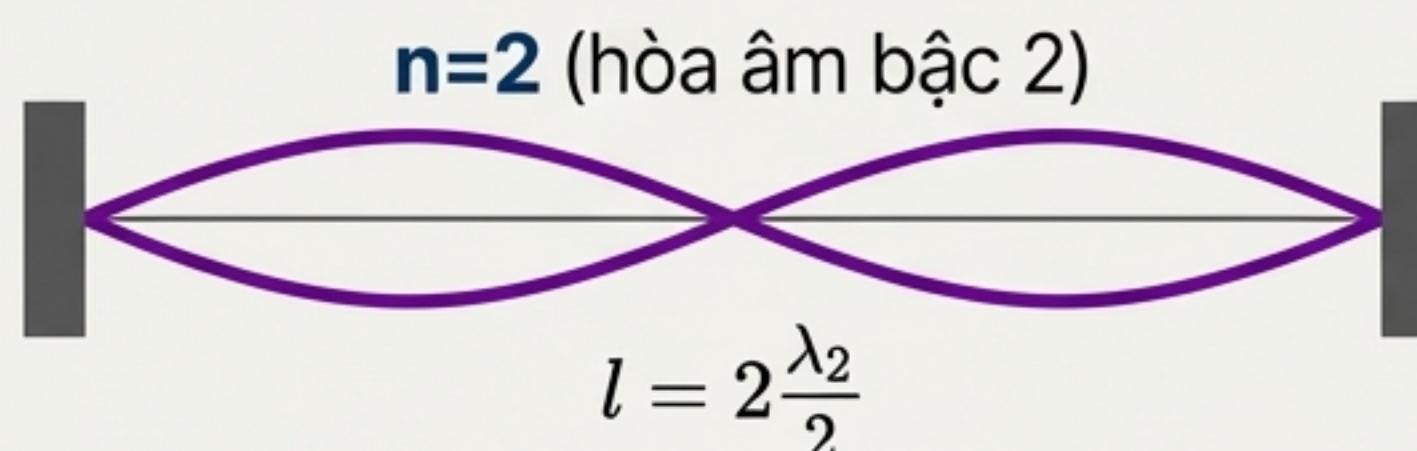
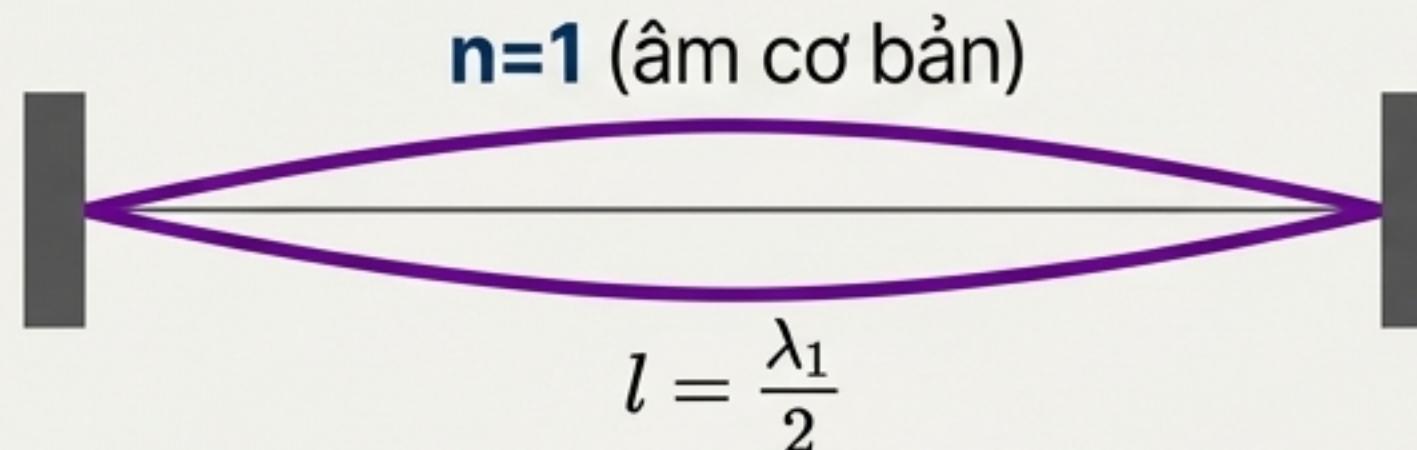
- Nút sóng và bụng sóng nằm xen kẽ và cách đều nhau.
- Khoảng cách giữa **hai nút liên tiếp** bằng một nửa bước sóng ($\frac{\lambda}{2}$).
- Khoảng cách giữa **hai bụng liên tiếp** cũng bằng một nửa bước sóng ($\frac{\lambda}{2}$).
- Đây là "ADN" cấu trúc của mọi sóng dừng.

Điều Kiện Để Có Sóng Dừng: Khi Không Gian Đặt Ra Luật Chơi



- Để sóng dừng hình thành và duy trì ổn định trên một sợi dây có chiều dài l , bước sóng λ phải có giá trị phù hợp với l và điều kiện ở hai đầu dây.
- Không phải mọi tần số đều có thể tạo ra sóng dừng. Chỉ có một tập hợp các **tần số riêng** (hay **hòa âm**) là được phép.
- Hãy xem xét hai trường hợp phổ biến nhất.

Trường Hợp 1: Dây Đàn Cố Định Ở Hai Đầu



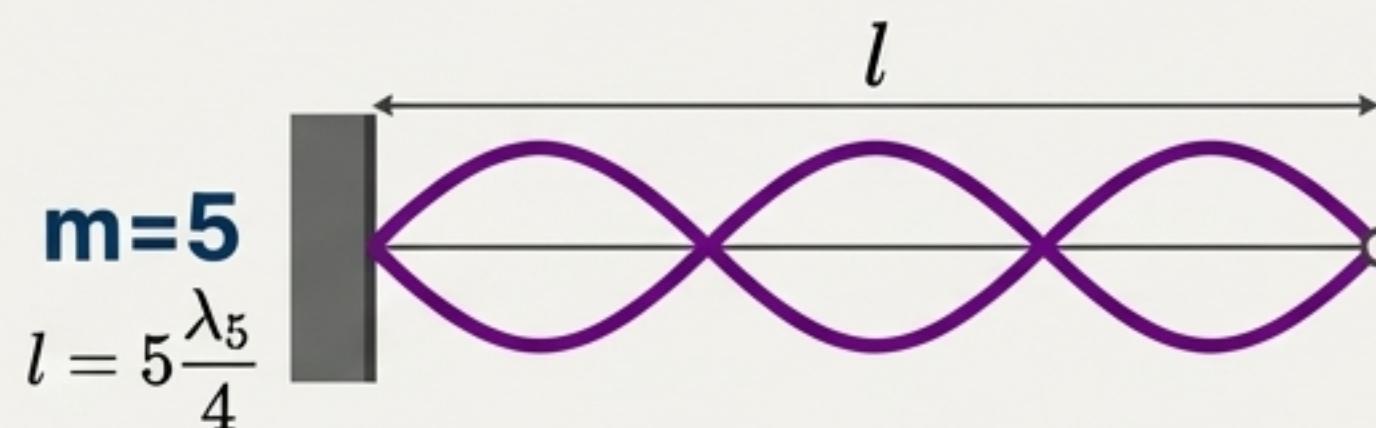
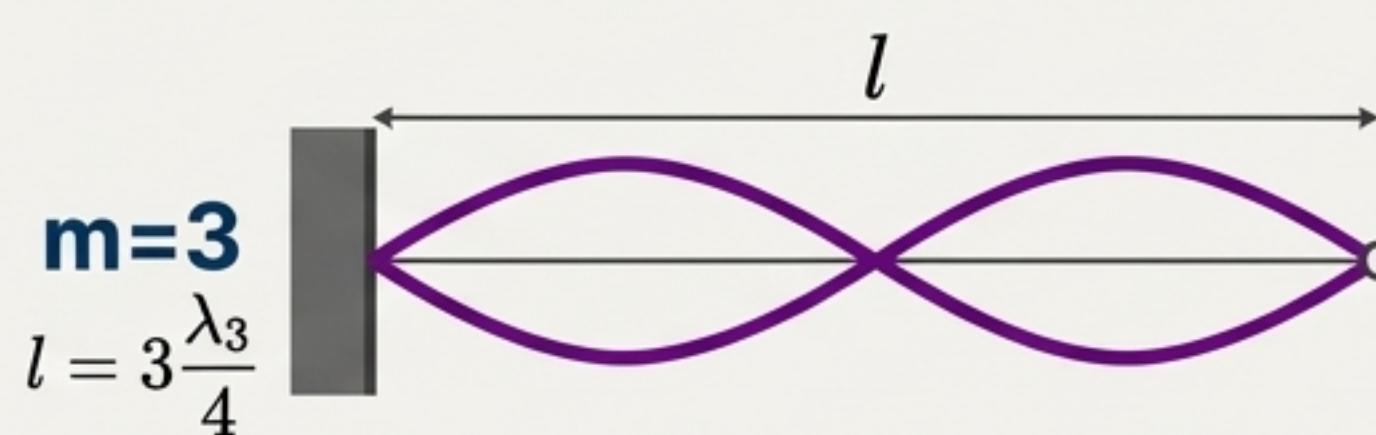
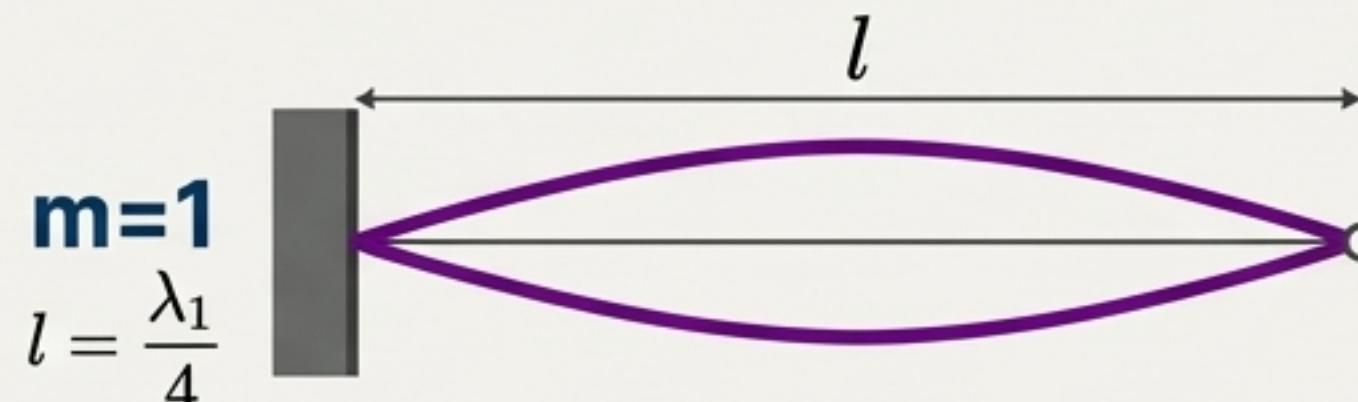
- **Điều kiện:** Chiều dài dây phải bằng một số nguyên lần nửa bước sóng.

$$l = n\frac{\lambda}{2} = n\frac{v}{2f} \text{ (với } n = 1, 2, 3, \dots)$$

$$f_n = n\frac{v}{2l} = n.f_1$$

- f_1 được gọi là **âm cơ bản**.
- f_n là **hòa âm bậc n**.

Trường Hợp 2: Một Đầu Cố Định, Một Đầu Tự Do



- **Điều kiện:** Chiều dài dây phải bằng một số lẻ lần một phần tư bước sóng.

- $$l = (2n + 1)\frac{\lambda}{4} = m\frac{\lambda}{4}$$
 (với $m = 1, 3, 5, \dots$)

- $$f_m = m\frac{v}{4l} = m.f_1$$

- Trong trường hợp này, chỉ có các **hòa âm bậc lẻ**.

Tóm Tắt Các Điều Kiện Sóng Dừng

	Hai Đầu Cố Định	Một Đầu Cố Định, Một Đầu Tự Do
Điều kiện chiều dài	$l = n \frac{\lambda}{2}$ ($n = 1, 2, 3, \dots$)	$l = m \frac{\lambda}{4}$ ($m = 1, 3, 5, \dots$)
Tần số cơ bản f_1	$f_1 = \frac{v}{2l}$	$f_1 = \frac{v}{4l}$
Các hòa âm	$f_n = n \cdot f_1$ (Tất cả các hòa âm)	$f_m = m \cdot f_1$ (Chỉ các hòa âm bậc lẻ)
Ví dụ		

Sóng Dừng Trong Bức Tranh Toàn Cảnh Về Sóng

Chương 2: SÓNG

Sự truyền năng lượng

Bài 5: Sóng & Sự Phản Xạ Sóng

Nguyên liệu đầu vào

Bài 8: Giao Thoa Sóng

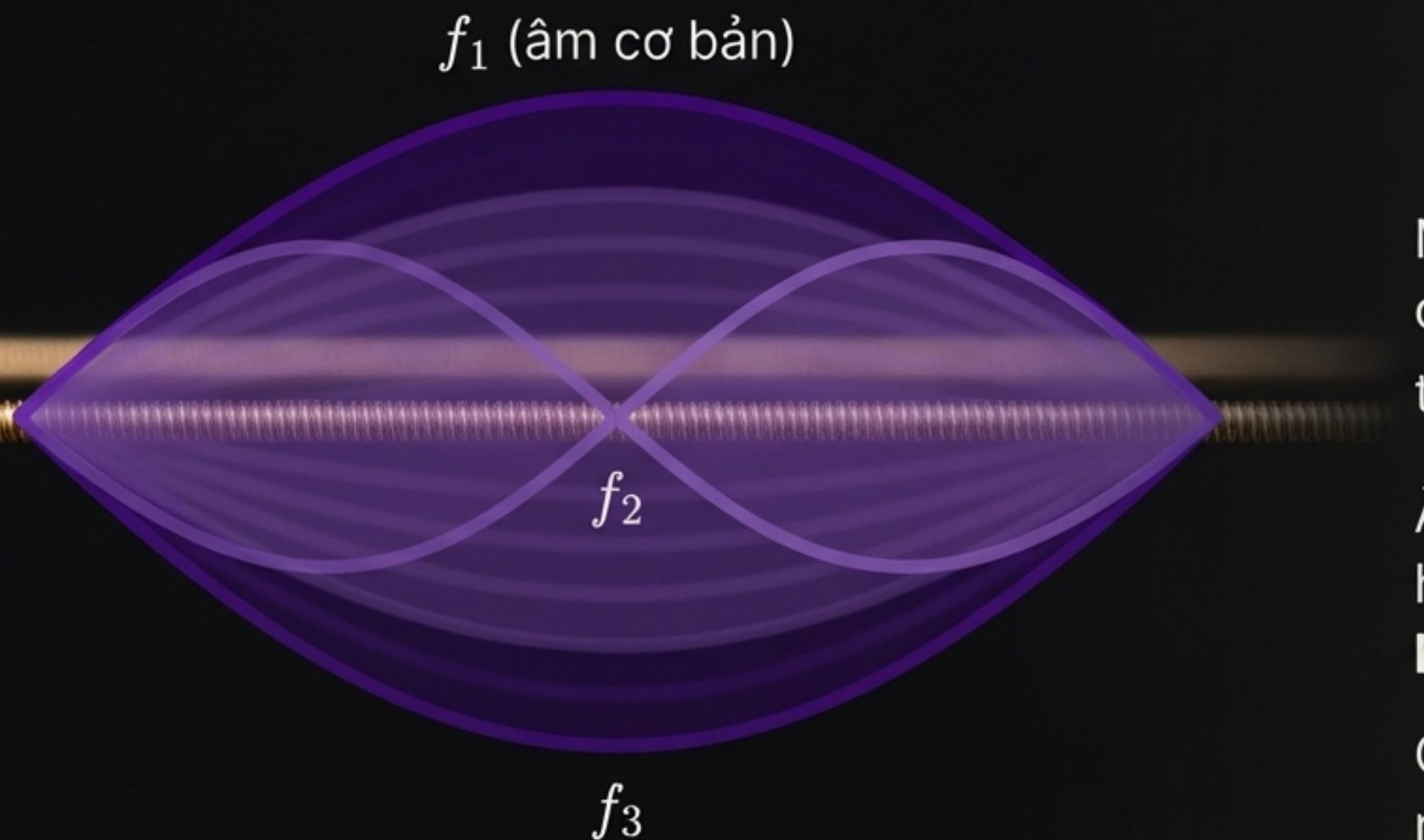
Cơ chế nền tảng

Bài 9: SÓNG DỪNG

Trường hợp đặc biệt của Giao Thoa & Phản Xạ

Sóng dừng không phải là một hiện tượng độc lập. Nó là đỉnh cao của chương Sóng cơ, kết hợp kiến thức về **Phản xạ sóng** và nguyên lý **Giao thoa sóng** để giải thích một trạng thái dao động vô cùng quan trọng và có nhiều ứng dụng thực tế.

Câu Trả Lời: Âm Thanh Của Toán Học

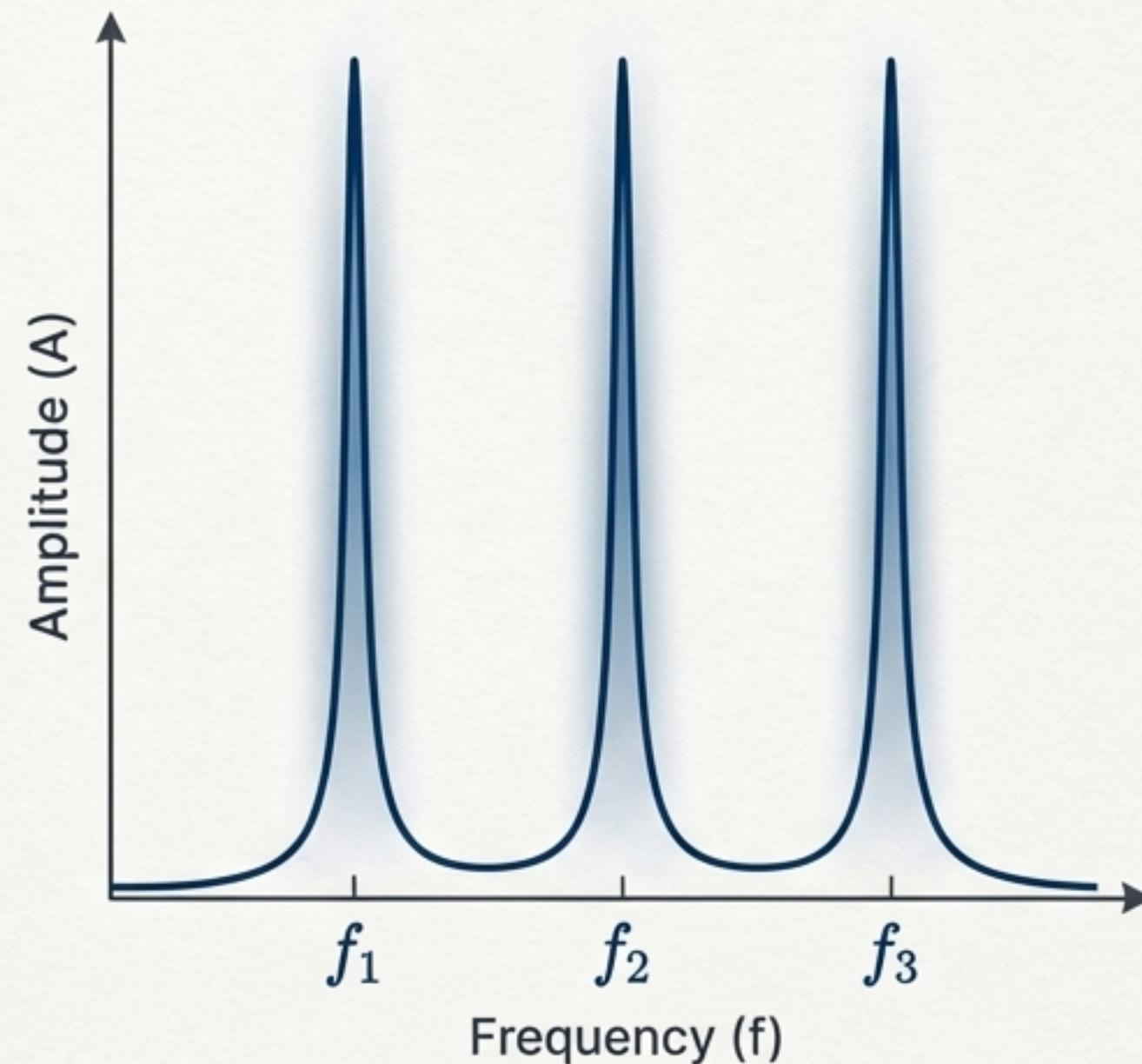


Một dây đàn guitar (hai đầu cố định) chỉ có thể tồn tại các sóng dừng có tần số thỏa mãn $f_n = n \frac{v}{2l}$.

Âm thanh chúng ta nghe được là sự hòa trộn của **âm cơ bản (f_1)** và **các hòa âm (f_2, f_3, \dots)**.

Chính cấu trúc toán học chặt chẽ này đã tạo ra sự **hài hòa và trật tự** trong âm nhạc.

Năng Lượng Bị Giam Giữ: Bản Chất Của Sự Cộng Hưởng



Về bản chất, sóng dừng là một hiện tượng **cộng hưởng**.

Khi tần số dao động khớp với một trong các tần số riêng của hệ, năng lượng được truyền vào không bị mất đi mà được tích lũy lại, tạo ra các dao động có biên độ cực đại.

Từ dây đàn, cột khí trong sáo, đến các phân tử trong lò vi sóng, nguyên lý này chi phối cách năng lượng được lưu trữ và khuếch đại trong tự nhiên.