

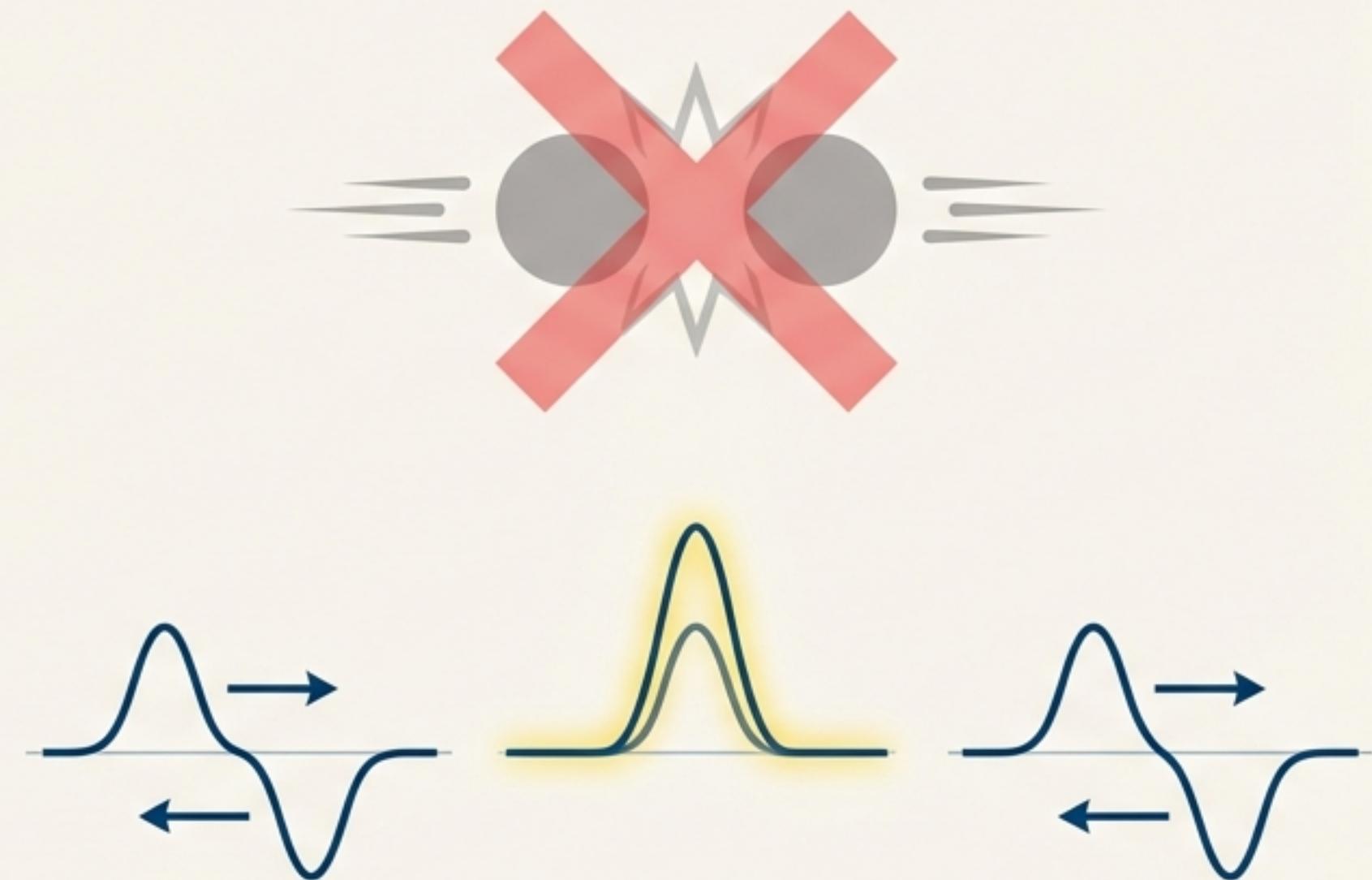


# Khi Sóng Gặp Sóng: Câu Chuyện Về Giao Thoa và Bản Chất Của Ánh Sáng

Một nguyên lý vật lý phổ quát, từ những gợn nước đến thí nghiệm làm thay đổi lịch sử.

# Điều gì xảy ra khi hai sóng gặp nhau trong không gian?

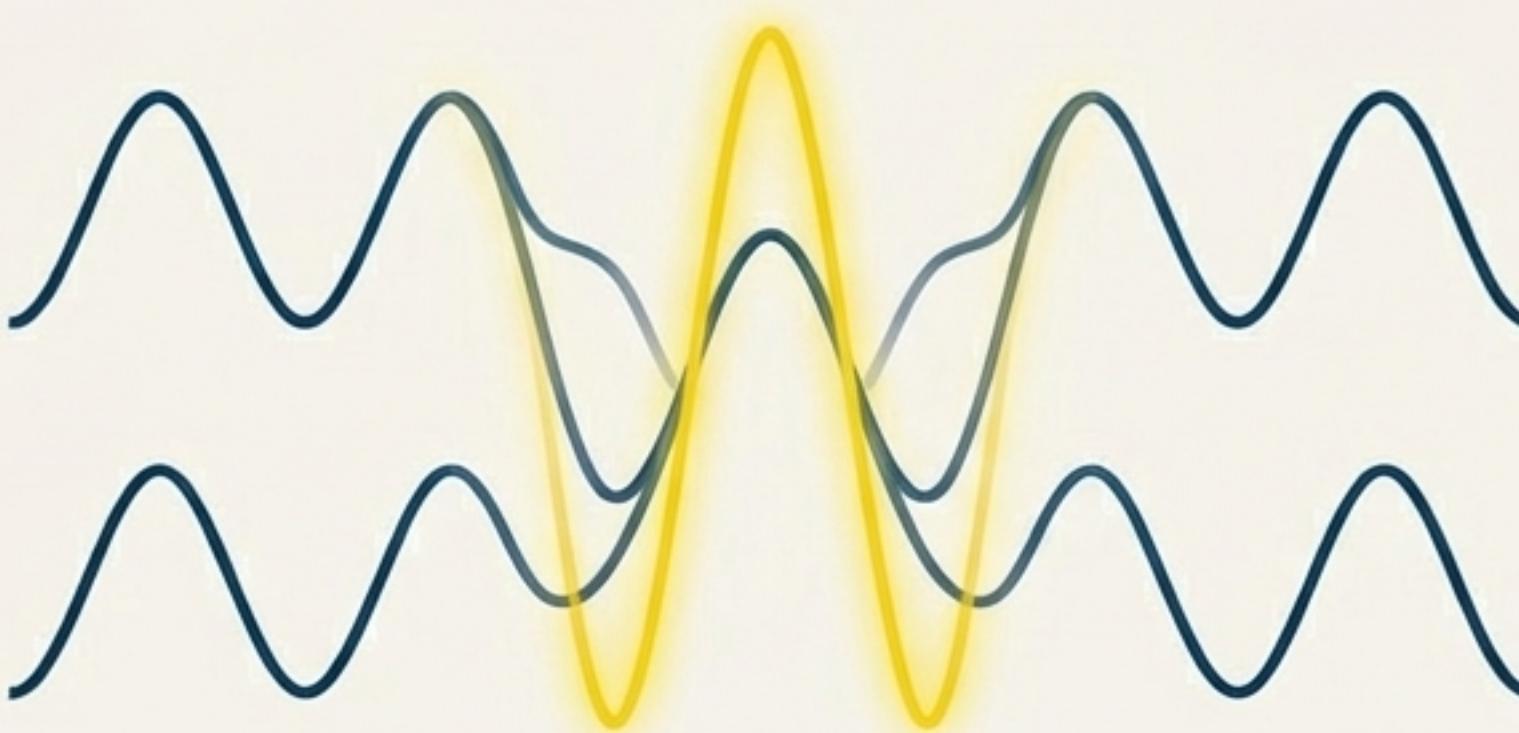
- Chúng không va chạm rồi bặt ra như những vật thể rắn.
- Chúng cũng không đơn giản là đi xuyên qua nhau mà không bị ảnh hưởng.
- Khi hai sóng gặp nhau, chúng kết hợp lại tại mỗi điểm để tạo ra một sóng sóng hoàn toàn mới. Hiện tượng này được gọi là **giao thoa**.



# Giao thoa tạo ra hai kết quả: Tăng cường hoặc Triệt tiêu

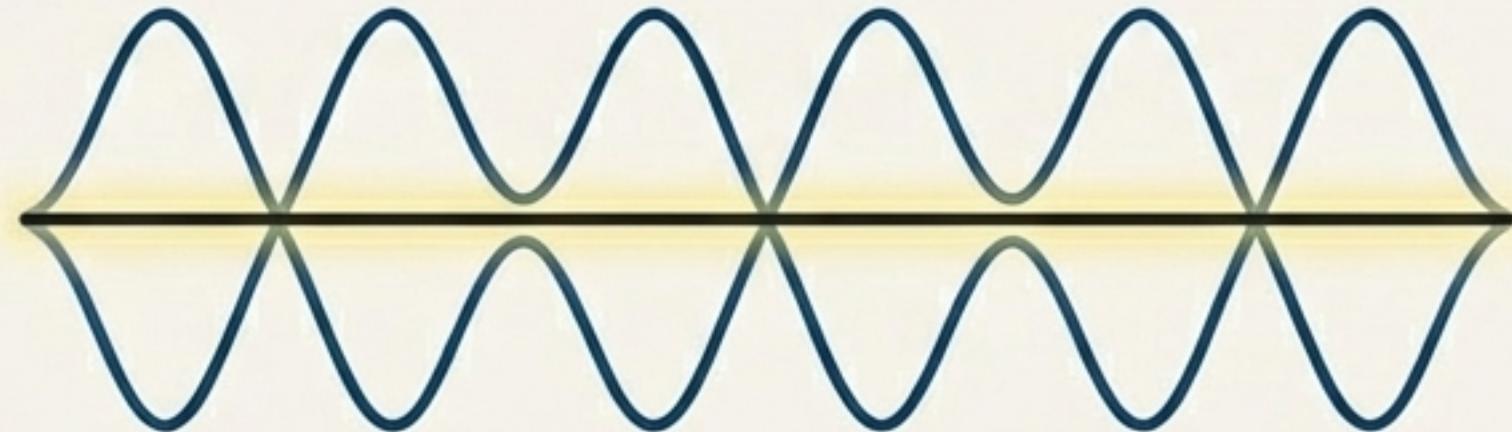
## **Giao Thoa Tăng Cường (Cực Đại)**

Khi hai sóng 'cùng pha' (đỉnh sóng gặp đỉnh sóng) gặp nhau, biên độ của chúng cộng lại, tạo ra một sóng có biên độ lớn hơn.



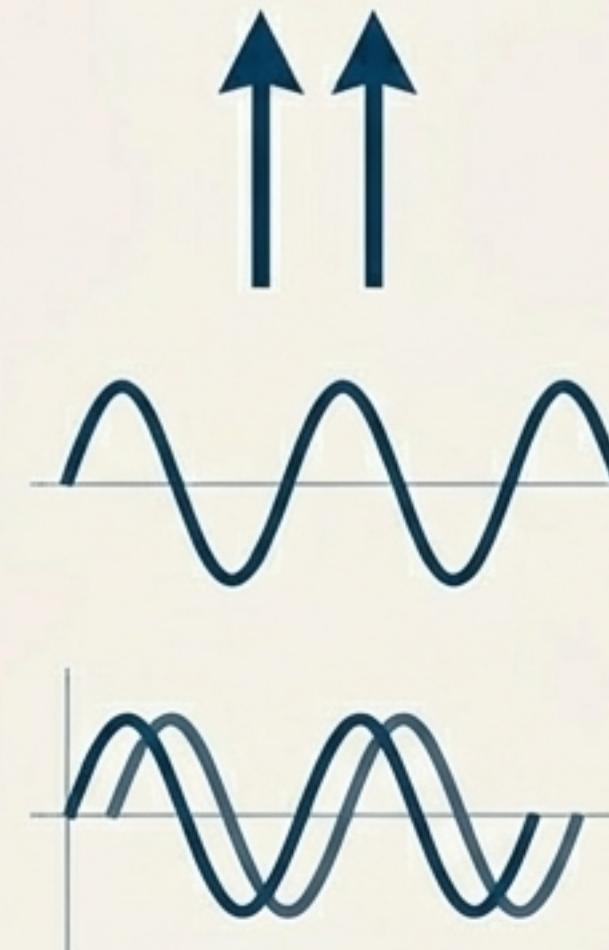
## **Giao Thoa Triệt Tiêu (Cực Tiểu)**

Khi hai sóng 'ngược pha' (đỉnh sóng gặp đáy sóng) gặp nhau, biên độ của chúng triệt tiêu lẫn nhau, tạo ra một vùng dao động yếu hơn hoặc đứng yên.



# Điều kiện để tạo ra một hình ảnh giao thoa rõ nét: Các nguồn kết hợp

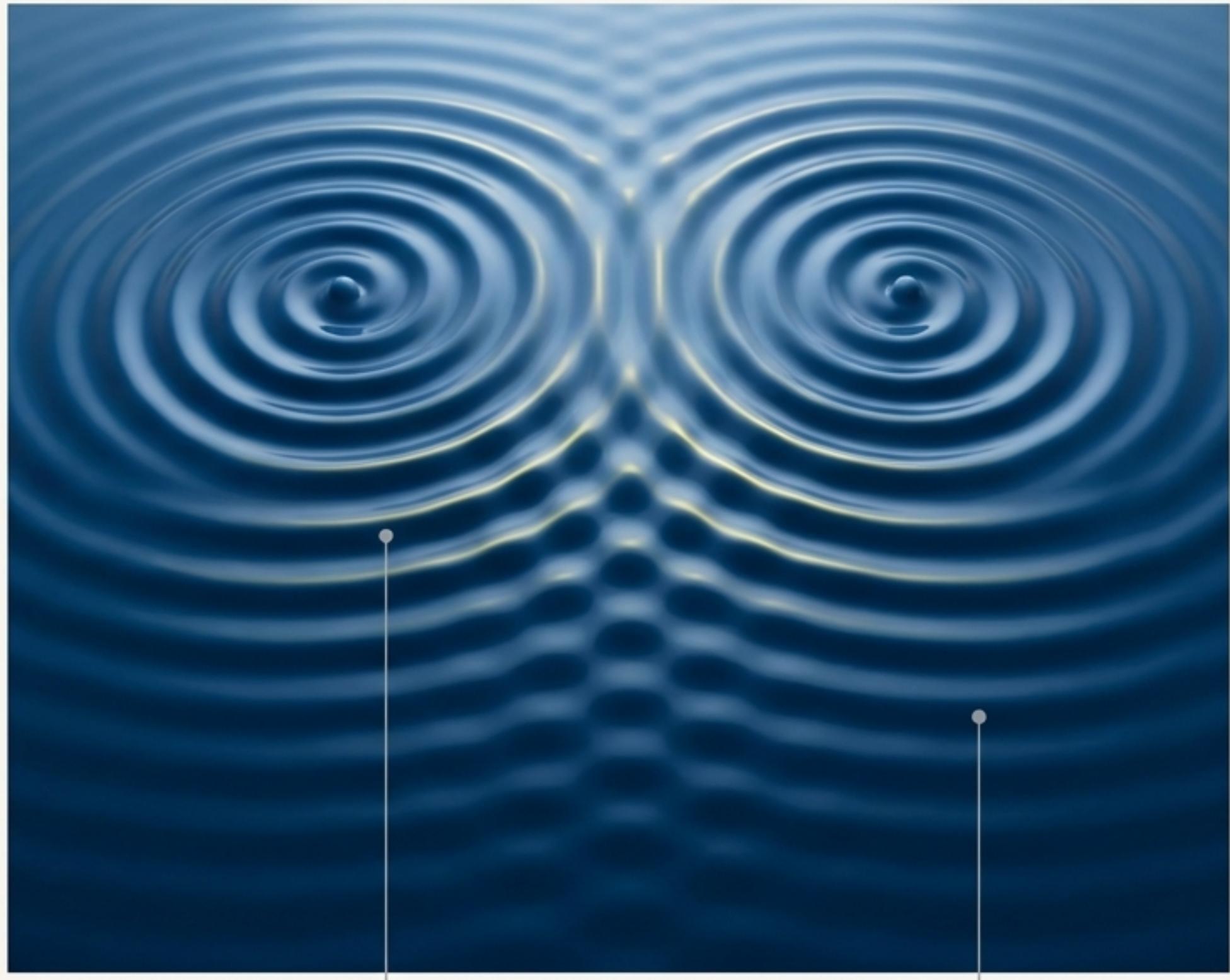
Để hiện tượng giao thoa có thể quan sát được với các vân ổn định, hai nguồn sóng phải là **nguồn kết hợp**. Điều này có nghĩa là chúng phải thỏa mãn các điều kiện sau:



1. Cùng phương dao động.
2. Cùng tần số (f).
3. Có độ lệch pha không đổi theo thời gian ( $\Delta\varphi = \text{const}$ ).

# Trường hợp 1: Biểu hiện hữu hình của giao thoa trên mặt nước

Thí nghiệm đơn giản nhất để quan sát giao thoa là với hai nguồn sóng trên mặt nước (ví dụ: hai viên bi cùng gắn vào một cần rung). Các gợn sóng lan truyền, gặp nhau và tạo ra một hệ vân gồm các dải sóng dao động rất mạnh xen kẽ với các dải mặt nước gần như đứng yên.

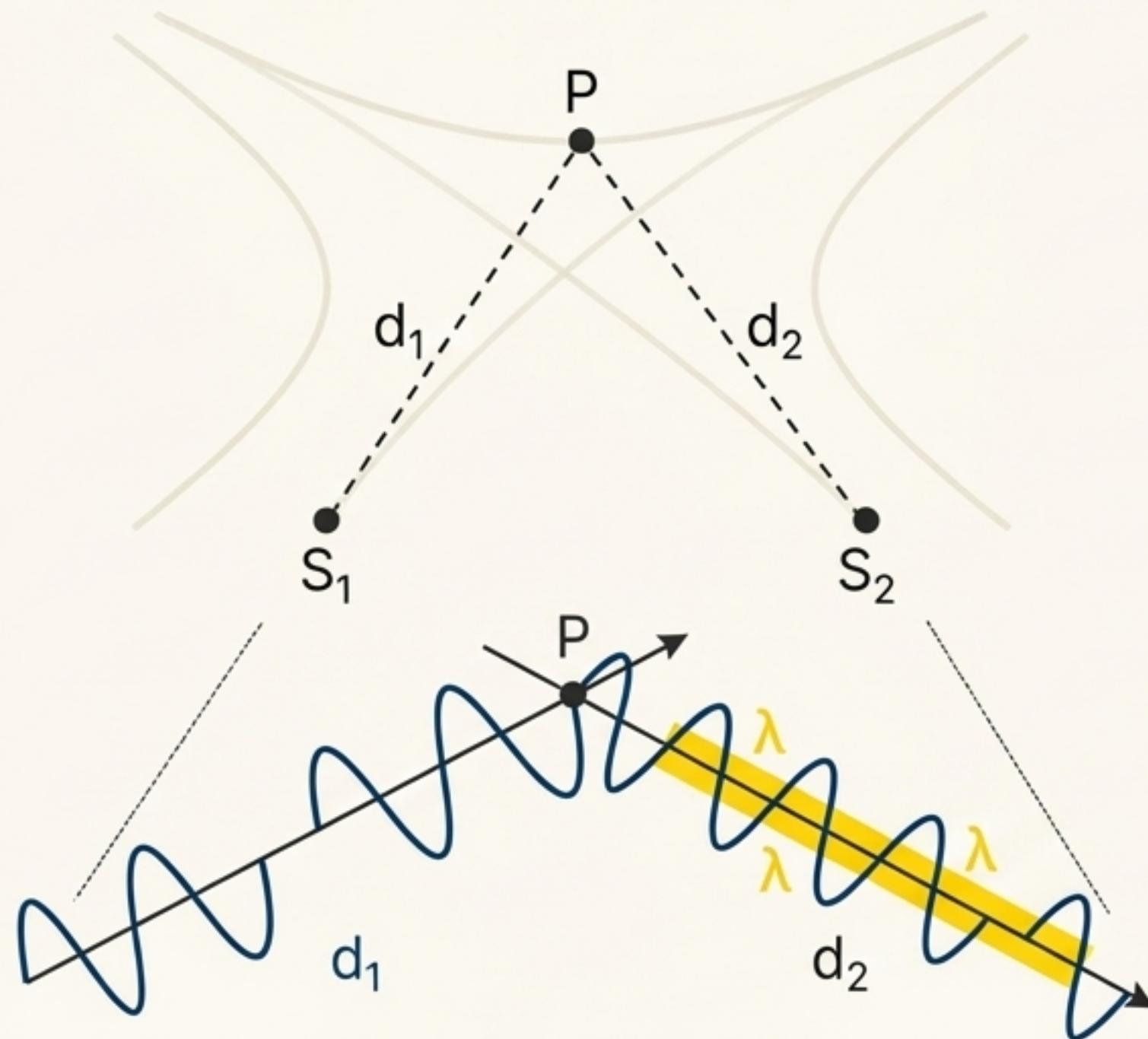


Cực đại

Cực tiêu

# Giải mã các vân cực đại: Khi hai sóng đến cùng một lúc

Tại các điểm dao động với biên độ cực đại, hai sóng từ hai nguồn đến “cùng pha”.



Điều này xảy ra khi hiệu đường đi từ hai nguồn tới điểm đó bằng một số nguyên lần bước sóng.

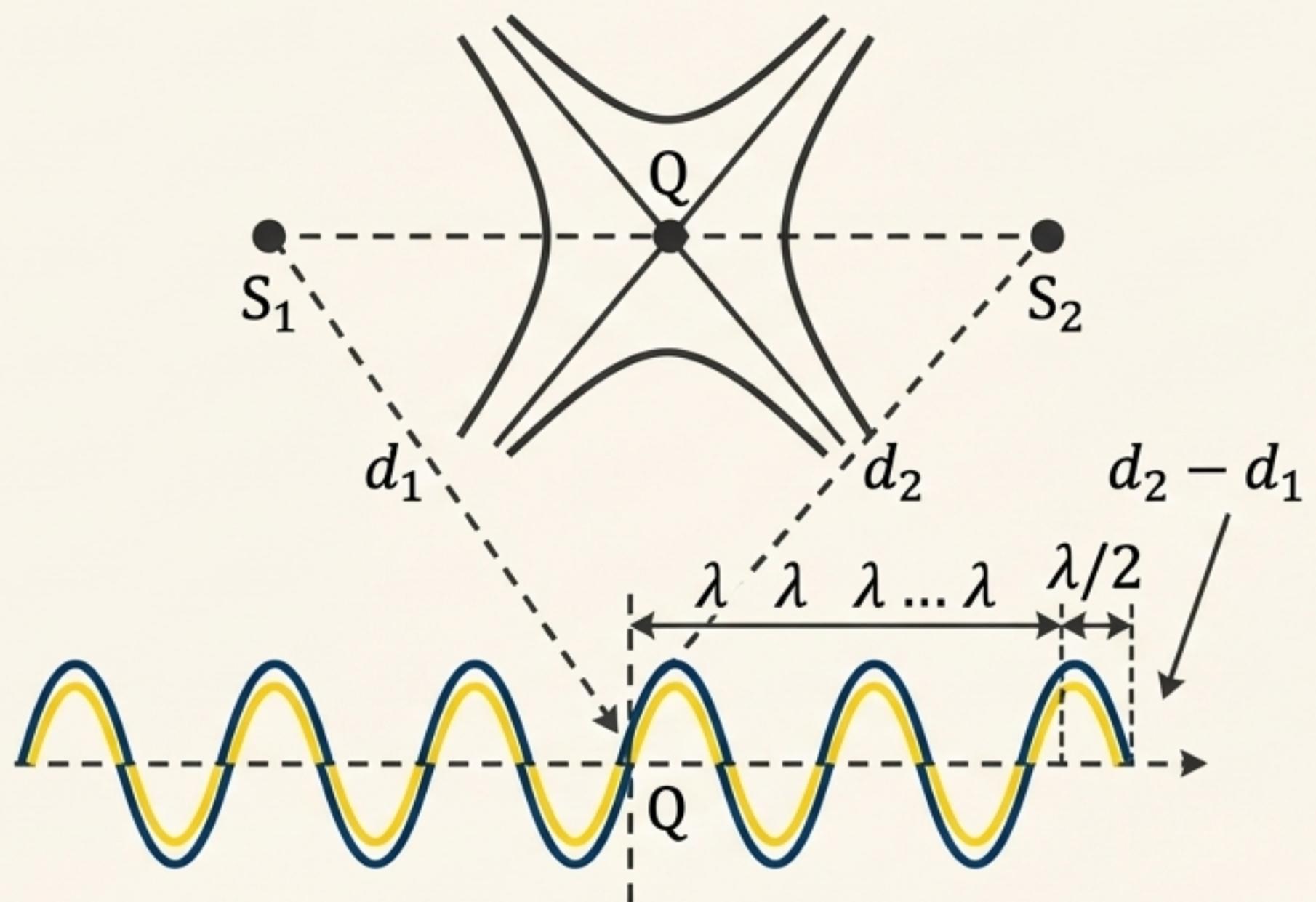
**Công thức Cực đại Giao thoa**

$$d_2 - d_1 = k\lambda$$

Với:  $k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$

# Giải mã các vân cực tiểu: Khi hai sóng đến lệch pha nhau

Tại các điểm mặt nước gần như đứng yên, hai sóng từ hai nguồn đến "ngược pha".



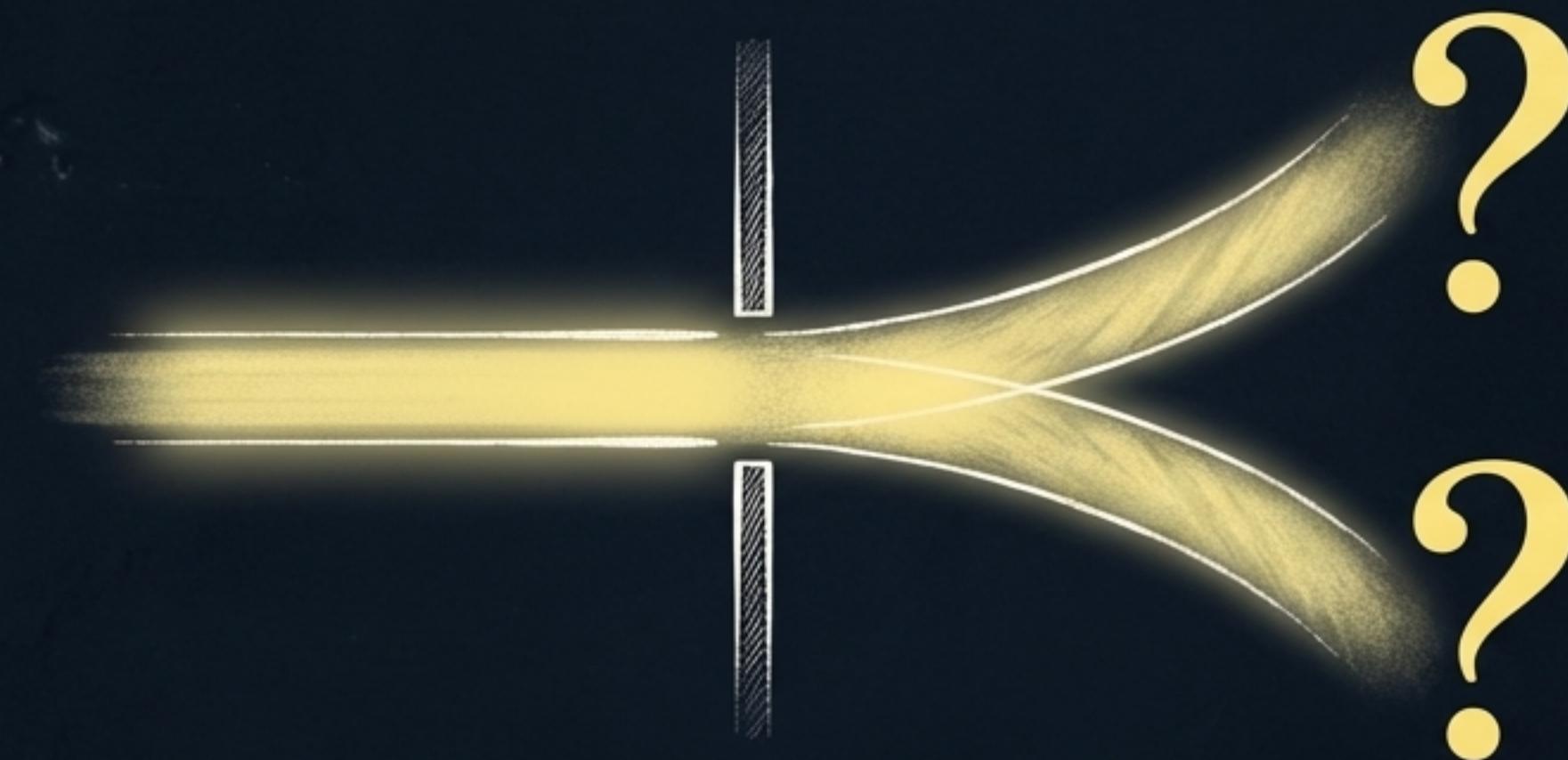
Điều này xảy ra khi hiệu đường đi từ hai nguồn tới điểm đó bằng một số bán nguyên lần bước sóng.

## Công thức Cực tiểu Giao thoa

$$d_2 - d_1 = \left(k + \frac{1}{2}\right)\lambda$$

Với:  $k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$

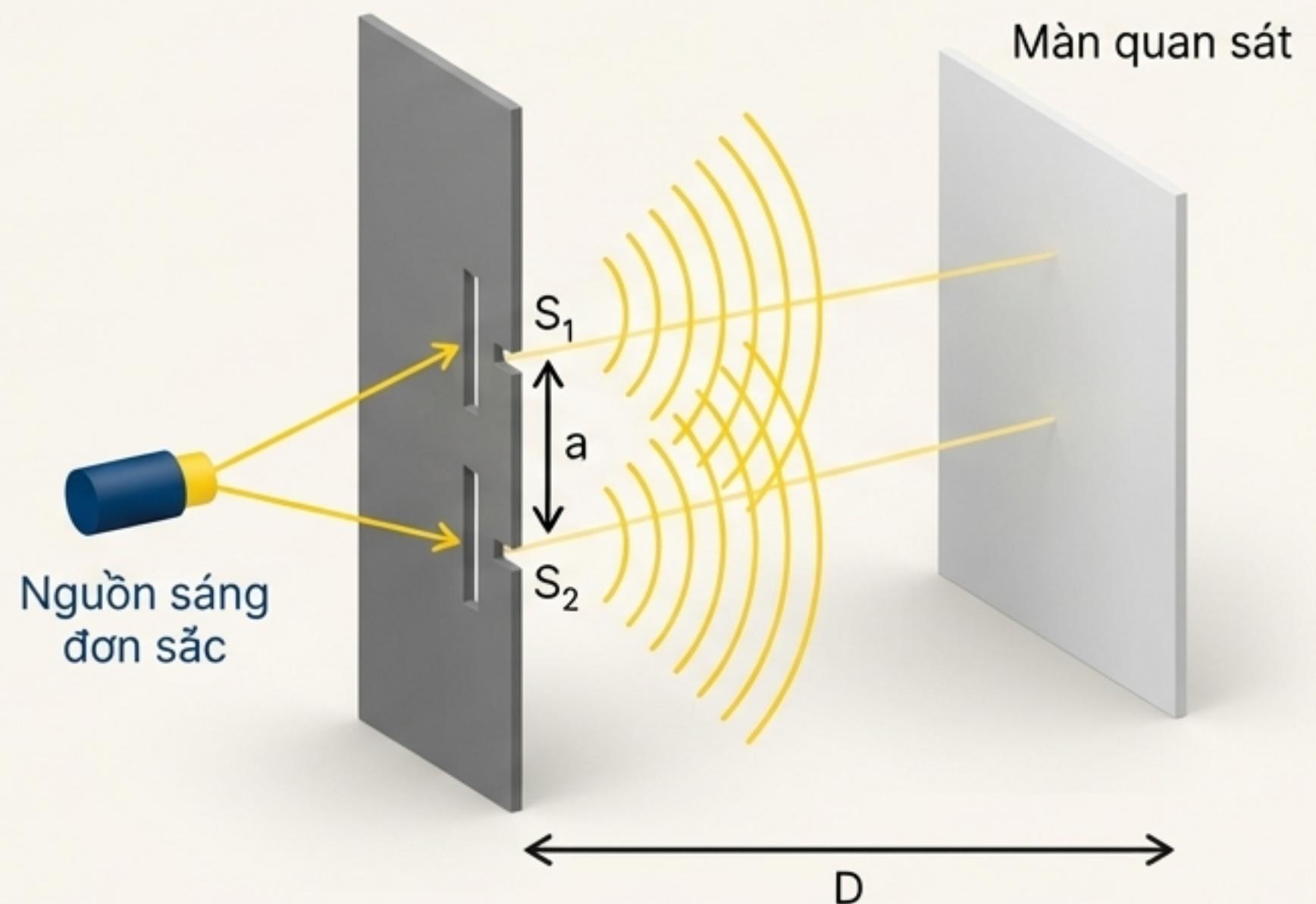
# Một bước nhảy vọt: Nếu nước là sóng, liệu ánh sáng có tuân theo cùng một quy luật?



Vào đầu thế kỷ 19, câu hỏi về bản chất của ánh sáng (hạt hay sóng) vẫn là một cuộc tranh luận lớn. Thomas Young đã thiết kế một thí nghiệm thiên tài để trả lời câu hỏi này một lần và mãi mãi. Ý tưởng của ông rất đơn giản: nếu ánh sáng thực sự là sóng, nó phải thể hiện hiện tượng giao thoa.

# Bố trí Thí nghiệm Young: Tạo ra hai nguồn sáng kết hợp

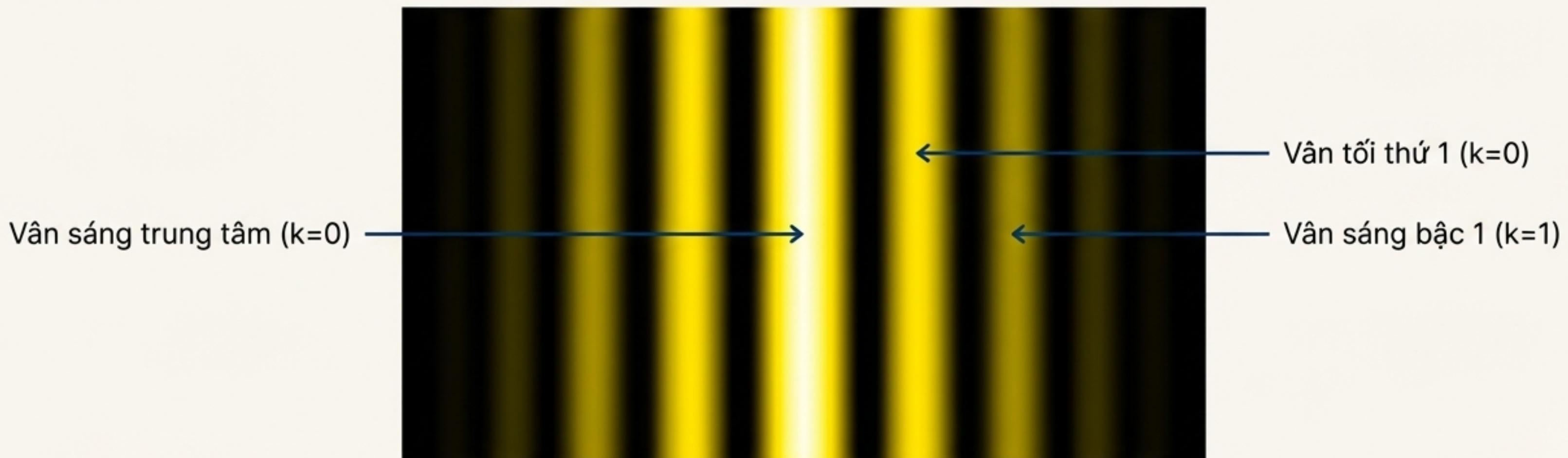
Young chiếu một nguồn sáng đơn sắc (chỉ có một bước sóng  $\lambda$ ) qua một màn chắn có hai khe hẹp, song song  $S_1$  và  $S_2$ . Hai khe hẹp này hoạt động như hai nguồn sáng kết hợp, phát ra hai sóng ánh sáng lan truyền về phía một màn quan sát.



# Kết quả không thể chối cãi: Một dải các vạch sáng và tối

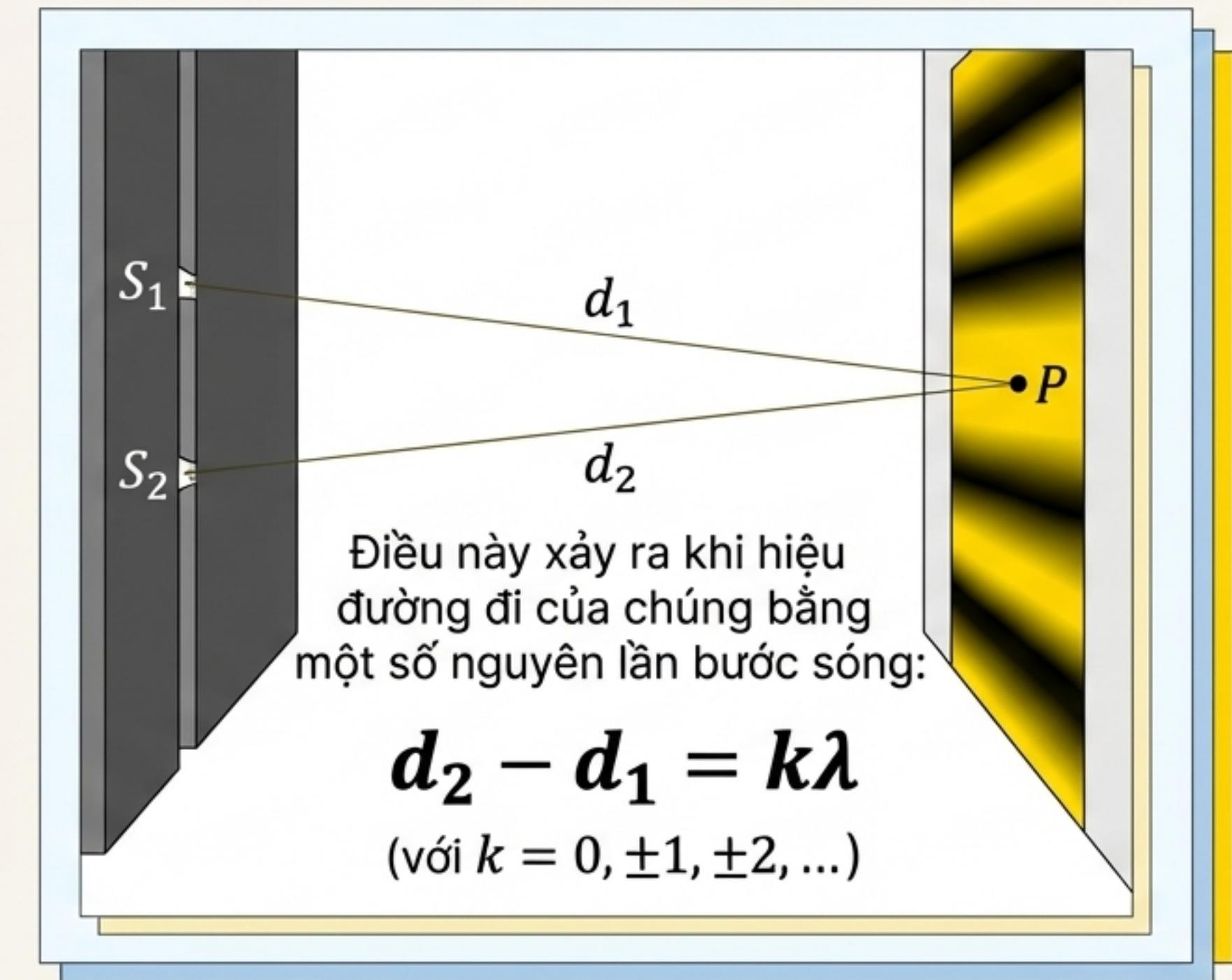
Thay vì hai vệt sáng đơn giản, trên màn quan sát xuất hiện một hình ảnh đáng kinh ngạc: một hệ các vân sáng (vùng ánh sáng được tăng cường) xen kẽ đều đặn với các vân tối (vùng không có ánh sáng).

*Đây chính là hình ảnh giao thoa của sóng ánh sáng—bằng chứng thuyết phục cho thấy ánh sáng có bản chất sóng.*



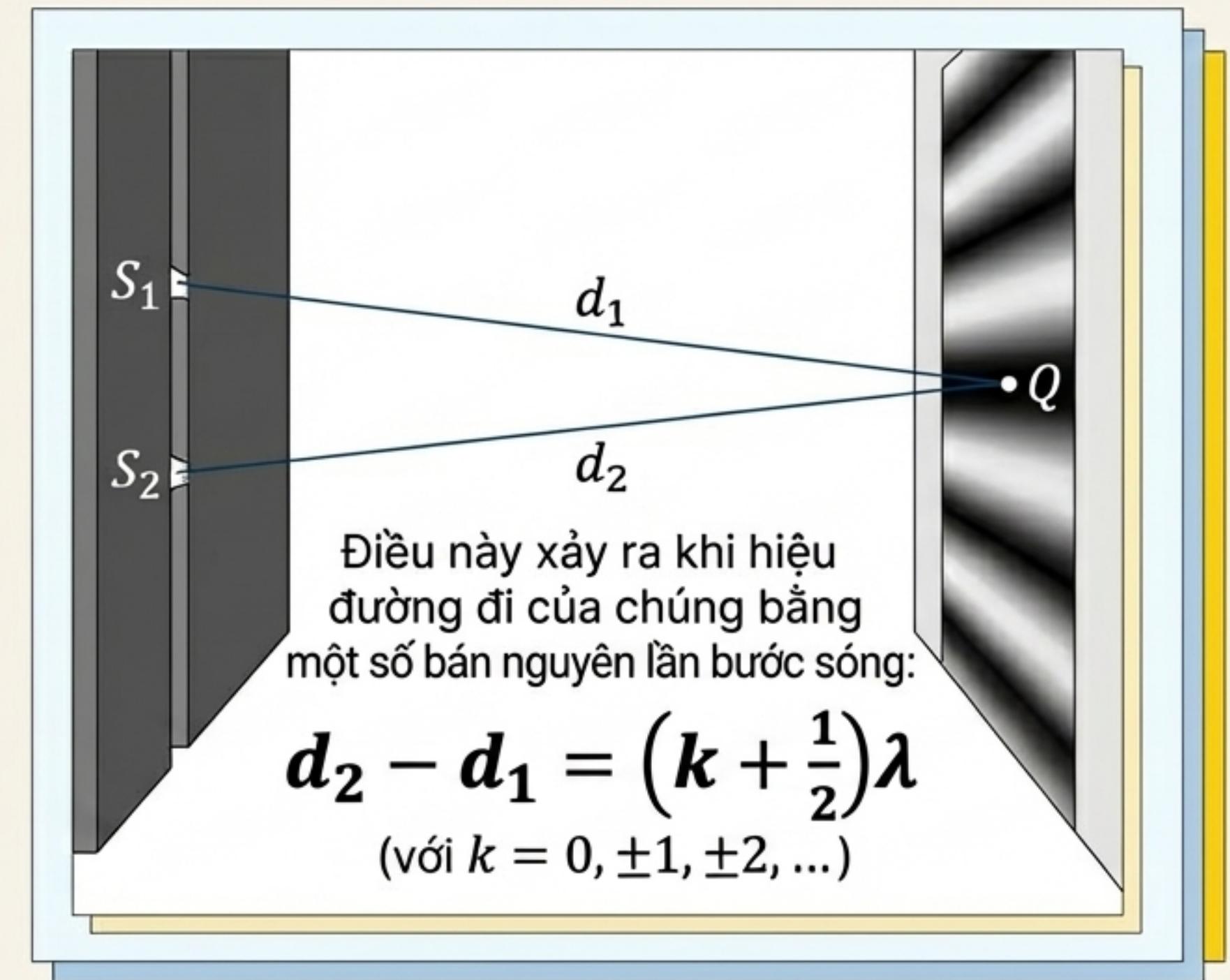
# Vật lý của Vân Sáng: Sự tương đồng tuyệt đối với sóng nước

Các vân sáng xuất hiện tại những vị trí mà hai sóng ánh sáng từ hai khe  $S_1$  và  $S_2$  đến cùng pha, tăng cường lẫn nhau.



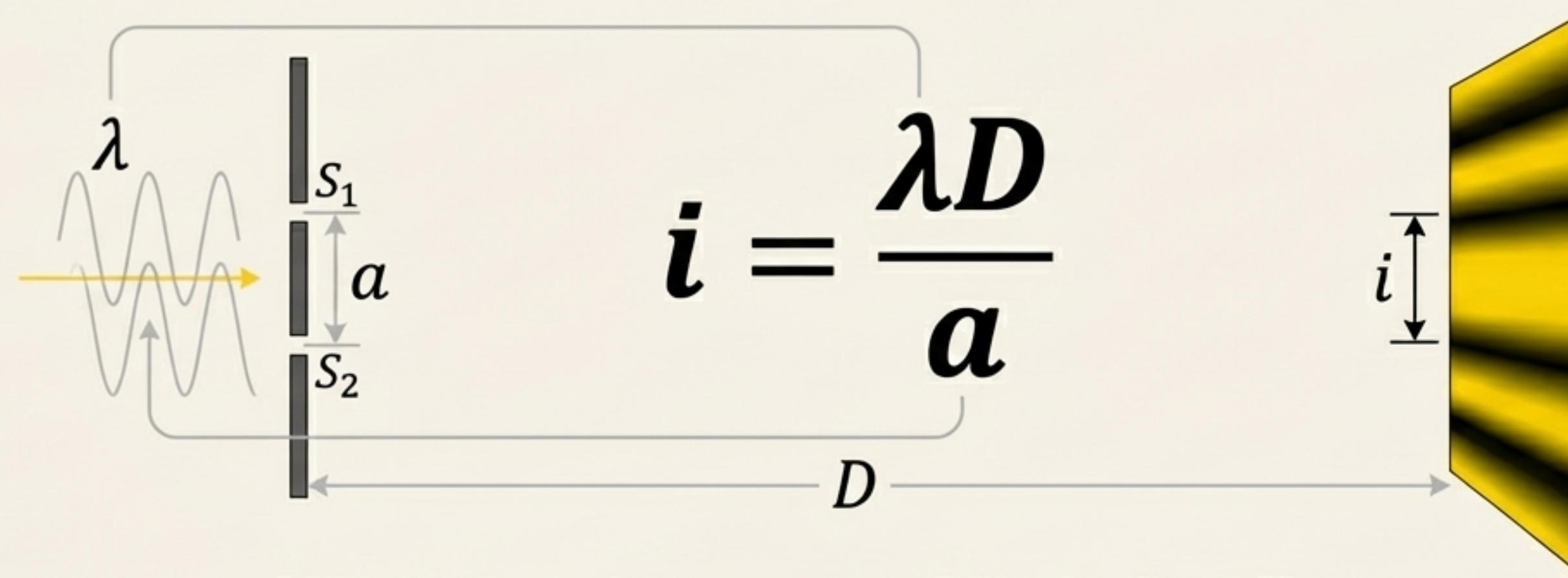
# Vật lý của Vân Tối: Sự triệt tiêu hoàn hảo của ánh sáng

Các vân tối xuất hiện tại những vị trí mà hai sóng ánh sáng từ  $S_1$  và  $S_2$  đến **ngược pha**, triệt tiêu lẫn nhau.



# Từ nguyên lý đến dự đoán: Công thức tính vị trí các vân

Khoảng cách giữa hai vân sáng (hoặc hai vân tối) liên tiếp được gọi là **khoảng vân ( $i$ )**. Giá trị này không đổi và có thể được tính toán.



**Vị trí vân sáng**

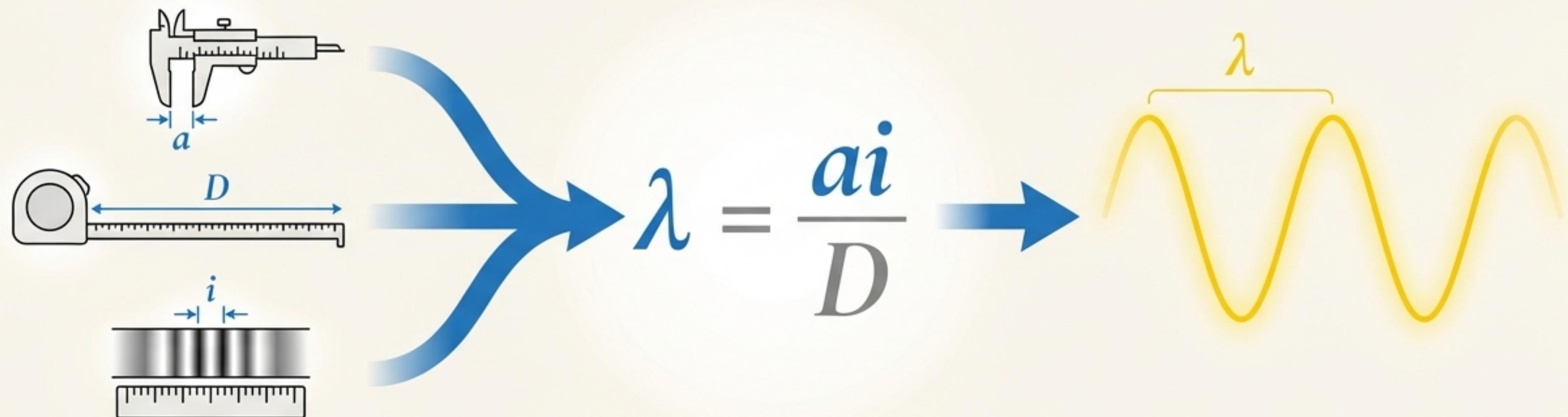
$$x_s = k \cdot i$$

**Vị trí vân tối**

$$x_t = \left(k + \frac{1}{2}\right) \cdot i$$

# Sức mạnh của công thức: Lần đầu tiên đo lường được bước sóng ánh sáng

Bằng cách sắp xếp lại công thức khoảng vân,  $\lambda = (ai) / D$ , Thomas Young đã làm được một điều phi thường. Ông đã sử dụng các đại lượng có thể đo lường được trong phòng thí nghiệm (khoảng cách khe  $a$ , khoảng cách màn  $D$ , và khoảng vân  $i$ ) để tính toán một giá trị cực kỳ nhỏ và vô hình: bước sóng của ánh sáng.



Macroscopic World

Microscopic World

# Một nguyên lý, nhiều biểu hiện: Giao thoa là dấu hiệu đặc trưng của sóng

Từ những gợn sóng lăn tăn trên mặt hồ cho đến bản chất của ánh sáng, hiện tượng giao thoa cho thấy một quy luật vật lý cơ bản và thanh lịch. Bất cứ khi nào các sóng kết hợp gấp nhau, chúng đều tuân theo cùng một quy tắc về hiệu đường đi để tăng cường hoặc triệt tiêu lẫn nhau.



$$d_2 - d_1 = k\lambda$$

Cực đại / Vân sáng

$$d_2 - d_1 = \left(k + \frac{1}{2}\right)\lambda$$

Cực tiểu / Vân tối

