

# 36 NHIỀU XẠ ÁNH SÁNG GIAO THOA ÁNH SÁNG

## I - MỤC TIÊU

- Nêu được hiện tượng nhiễu xạ ánh sáng là gì. Nêu được mỗi ánh sáng đơn sắc có một bước sóng xác định trong chân không.
- Trình bày được thí nghiệm Y-âng về sự giao thoa ánh sáng và nêu được điều kiện để xảy ra hiện tượng giao thoa ánh sáng.
- Nêu được vân sáng, vân tối là kết quả của sự giao thoa ánh sáng.
- Nêu được điều kiện để xảy ra hiện tượng giao thoa ánh sáng.
- Nêu được hiện tượng giao thoa chứng tỏ ánh sáng có tính chất sóng.

## II - CHUẨN BỊ

### Giáo viên

- Nếu có điều kiện GV chuẩn bị TN về sự giao thoa ánh sáng (sẽ nói rõ ở mục III dưới đây).
- Vẽ trên giấy khổ lớn Hình 36.3 và 36.4 SGK.

### Học sinh

Ôn lại giao thoa của sóng cơ (chương III).

## III - NHỮNG ĐIỀU CẦN LƯU Ý

**1.** Hiện tượng nhiễu xạ giới thiệu trong SGK (Hình 36.1 và 36.2 SGK) gọi là nhiễu xạ Fraunhofer. Điểm  $M$  có thể là điểm sáng hoặc điểm tối tùy thuộc vào bước sóng ánh sáng, vào các khoảng cách từ màn và từ nguồn sáng đến lỗ tròn, và phụ thuộc vào kích thước lỗ tròn. Bao quanh  $M$  là các vành tròn tối, sáng xen kẽ nhau.

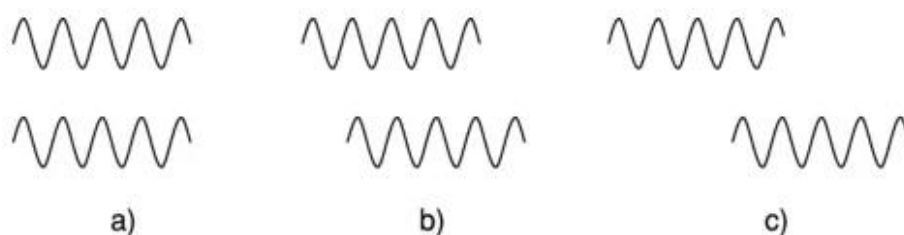
### **2.** Điều kiện giao thoa ánh sáng

a) Như đã biết, một trong hai điều kiện cần thiết để tạo ra sự giao thoa ánh sáng là *sự kết hợp của các dao động sáng*. Cần nhắc lại rằng, hai dao động sáng kết hợp là hai dao động có tần số bằng nhau và có hiệu số pha ban đầu của chúng không thay đổi theo thời gian (pha ban đầu của mỗi dao động có thể có giá trị tùy ý). Dao động sáng trong sóng ánh sáng là dao động của vectơ  $\vec{E}$ , bởi vì thực nghiệm

chứng tỏ rằng, hầu hết các hiện tượng quang học xảy ra là do tác dụng của vectơ điện trường  $\vec{E}$ . Nếu hai dao động sáng có độ kết hợp cao thì hình ảnh giao thoa càng rõ nét và vân giao thoa càng rõ nét, dễ quan sát. Rõ ràng là, chỉ có những sóng ánh sáng đơn sắc mới thoả mãn yêu cầu này.

b) *Bất kì hai nguồn sáng thông thường nào hay hai phần khác nhau của một nguồn sáng (trừ laze) đều không phải là nguồn kết hợp* (nguồn phát các sóng kết hợp). Đó là do cơ chế phát xạ của các nguyên tử, phân tử cấu tạo nên nguồn sáng. Theo lí thuyết, thời gian phát sáng của nguyên tử hay phân tử là  $t_0 \approx 10^{-8}$  s. Trong khoảng thời gian này nguyên tử ở trạng thái kích thích sẽ giải phóng năng lượng dưới dạng ánh sáng, trở về trạng thái bình thường và cuối cùng nó ngừng phát sáng. Sau một khoảng thời gian nào đó, nguyên tử này lại có thể bị kích thích và bắt đầu phát sáng... Vì vậy, ánh sáng do các nguyên tử phát ra là những xung ngắn riêng rẽ và được gọi là các *đoàn sóng*. Mỗi đoàn sóng có một độ dài hữu hạn trong không gian và được xác định bởi thời gian  $t_0$ . Ví dụ, độ dài của đoàn sóng ánh sáng truyền trong chân không dọc theo trục  $x$  là  $l = ct_0 = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s} \cdot 10^{-8} \text{ s} = 3 \text{ m}$ . Độ dài của đoàn sóng ánh sáng còn được gọi là *độ dài kết hợp*. Nếu các đoàn sóng như thế lại do cùng một nguyên tử phát ra ở các thời điểm khác nhau thì pha ban đầu của chúng cũng thay đổi một cách hỗn độn từ lần phát xạ này đến lần phát xạ khác. Do đó, những đoàn sóng này là những sóng không kết hợp. Cũng như vậy, hai đoàn sóng sẽ không phải là kết hợp nếu chúng lại được phát ra từ hai nguyên tử khác nhau (độc lập với nhau) của một nguồn sáng. Như vậy, các sóng ánh sáng do các nguồn sáng thông thường phát ra là không kết hợp. Vì vậy, ta không thể theo dõi được trạng thái tức thời của hình ảnh giao thoa, bởi vì vị trí của các cực đại và cực tiểu đổi chỗ cho nhau rất nhanh trong miền hai sóng gặp nhau, làm cho ta chỉ nhìn thấy tại mọi điểm của miền đó một cường độ sáng trung bình.

c) Muốn tạo ra được hai sóng kết hợp từ một nguồn sáng thông thường, người ta tìm cách tách chùm sáng (đoàn sóng) phát ra từ cùng một nguyên tử thành hai chùm (hai đoàn sóng) bằng cách cho chùm sáng ban đầu phản xạ trên hai gương phẳng (gương Fre-nen), hay khúc xạ qua hai lăng kính (lưỡng lăng kính), khúc xạ qua hai nửa thấu kính (thấu kính Bi-ê) hay, đơn giản hơn, cho đi qua hai khe hẹp nằm sát nhau (khe Y-âng) ... Nếu cho hai sóng kết hợp này truyền theo con đường khác nhau, sau đó cho chúng gặp nhau thì ta sẽ tạo được hiện tượng giao thoa ánh sáng. Tuy nhiên, khi đó hiện tượng giao thoa chỉ xảy ra nếu hiệu đường đi (chính xác hơn là hiệu quang trình  $\Delta = nd$  (với  $n$  là chiết suất)) của hai sóng kết hợp phải nhỏ hơn độ dài  $l$  của đoàn sóng.



Hình 36.1

Thực vậy, khi hiệu đường đi  $\Delta \ll l$ , nghĩa là hai đoàn sóng, tách ra từ một đoàn sóng ban đầu (phát ra từ một nguyên tử hay phân tử của nguồn sáng), khi gặp lại nhau, gập như chồng lên nhau (Hình 36.1a), thì hình ảnh giao thoa sẽ rõ nét. Nếu  $\Delta \approx l$  thì hai đoàn sóng chồng lên nhau một phần (Hình 36.1b) và hình ảnh giao thoa sẽ bị mờ đi. Và, cuối cùng, khi  $\Delta > l$  thì hai đoàn sóng nối đuôi nhau và hình ảnh giao thoa biến mất (Hình 36.1c). Như vậy độ dài của đoàn sóng xác định giá trị cực đại của hiệu đường đi để còn có thể xảy ra hiện tượng giao thoa ánh sáng.

Cần chú ý rằng, với nguồn tia laze thì do ánh sáng phát ra từ laze có độ kết hợp (và độ đơn sắc) rất cao (độ dài đoàn sóng rất lớn), cho nên, chỉ cần có hai laze có cùng tần số là ta có thể tạo ra hiện tượng giao thoa và có thể quan sát được hình ảnh giao thoa dù cho hiệu đường đi có giá trị lớn.

### 3. Ảnh hưởng của sự không đơn sắc của ánh sáng đến hình ảnh giao thoa

Vì sự bức xạ của nguyên tử và phân tử trong nguồn sáng lại xảy ra trong một khoảng thời gian hữu hạn  $t_0$ , nên bức xạ của nguồn sáng sẽ không phải là tuyệt đối đơn sắc (không có một tần số hoàn toàn xác định). Tính không đơn sắc của bức xạ do nguồn sáng phát ra còn do nhiều nguyên nhân khác. Trước hết, là do nguồn sáng chứa một số rất lớn nguyên tử, phân tử (phân tử phát xạ) ở trạng thái chuyển động nhiệt hỗn độn, và ánh sáng do chúng phát ra có thể có tần số khác nhau, do đó bức xạ toàn phần của nguồn sáng là không đơn sắc. Mặt khác, hiệu ứng Đốp-ple, sự tương tác giữa các nguyên tử, phân tử trong nguồn sáng cũng là nguyên nhân làm cho bức xạ không đơn sắc. Mặc dù vậy, khái niệm về bức xạ đơn sắc vẫn là rất cần thiết. Ta hiểu đó là bức xạ có một tần số hoàn toàn xác định và có biên độ không đổi. Màu sắc của bức xạ được xác định bởi tần số, hoặc bởi bước sóng trong chân không. Độ đơn sắc của ánh sáng có ảnh hưởng đến hình ảnh giao thoa. Giả sử ánh sáng là không đơn sắc, nghĩa là ánh sáng có chứa một nhóm các sóng có bước sóng (hay tần số) với giá trị gần nhau  $\lambda, \lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda + \Delta\lambda$ ; với  $\Delta\lambda$  là bề rộng lớn nhất của quang phổ ánh sáng còn cho phép ta quan sát được hình ảnh giao thoa. Khi đó, điều kiện giới hạn để không còn quan sát được sự giao thoa

ánh sáng sẽ là vân sáng bậc  $k$  của bước sóng  $\lambda + \Delta\lambda$  trùng với vân sáng bậc  $k + 1$  của bước sóng  $\lambda$  :

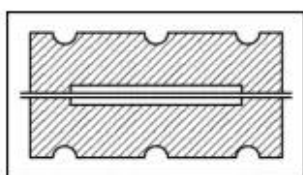
$$x_k(\lambda + \Delta\lambda) = x_{k+1}(\lambda)$$

Suy ra  $k(\lambda + \Delta\lambda) = (k + 1)\lambda$  hay  $k\Delta\lambda = \lambda$

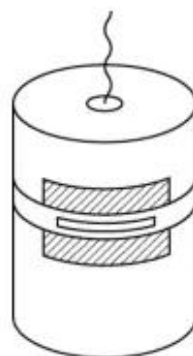
$$k = \frac{\lambda}{\Delta\lambda}$$

Như vậy, bậc giao thoa  $k$  (hay số vân giao thoa) quan sát được phụ thuộc vào độ đơn sắc  $\Delta\lambda$  của ánh sáng. Nếu  $\Delta\lambda$  tăng dần lên, tức là ánh sáng không được đơn sắc lắm, thì  $k$  giảm, nghĩa là số vân giao thoa quan sát được sẽ giảm đi. Nếu  $\Delta\lambda < \frac{\lambda}{k}$  thì hình ảnh giao thoa còn quan sát được ; còn nếu  $\Delta\lambda > \frac{\lambda}{k}$  thì không còn quan sát được vân giao thoa thứ  $k$  nữa. Đối với ánh sáng đơn sắc  $\Delta\lambda = 0$  thì  $k = \infty$ , nghĩa là số vân giao thoa quan sát được sẽ rất lớn. Như vậy, sự không đơn sắc của bức xạ làm cho hình ảnh giao thoa kém đi.

**3. GV** có thể chuẩn bị, hoặc yêu cầu HS chuẩn bị dụng cụ TN như sau : Lấy một miếng bìa cứng nhỏ và khoét một khe khá rộng chính giữa và dọc theo khe, căng một sợi dây mảnh đường kính khoảng vài phần mười milimét (Hình 36.2) (dùng dây đồng mảnh bọc men cách điện, hoặc một sợi tóc...). Phết hồ lên mặt tờ bìa cứng, sau đó bẻ đôi một lưỡi dao cạo mới (lưỡi chưa bị rỉ, còn thẳng), rồi đặt lên tờ bìa và ép nhẹ hai nửa lưỡi dao vào hai bên sợi dây căng. Cuối cùng có thể dán thêm một tờ giấy nhỏ có khoét khe hở lên trên hai nửa lưỡi dao để phòng chúng bị bong ra. Hai khe hở ở hai bên sợi dây đóng vai trò của hai khe  $S_1$  và  $S_2$  trong TN Y-âng. HS cũng có thể tìm cách khác để tạo ra hai khe, nhưng lưu ý HS đảm bảo được đó là hai khe hẹp cách nhau một khoảng rất nhỏ (để có thể phân biệt rõ bằng mắt vân sáng và vân tối). GV chuẩn bị sẵn nguồn sáng : có thể lấy một bóng đèn dây tóc, treo sao cho dây tóc của nó nằm ngang trong một chụp đèn hình trụ, để cho ánh sáng của đèn không chiếu ra xung quanh. Trên chụp đèn có khoét một khe dài vài xentimét, rộng khoảng vài phần milimét (Hình 36.3).



Hình 36.2



Hình 36.3

Cần chú ý cố gắng làm sao cho khe nằm trong cùng một mặt phẳng với dây tóc. Bên ngoài khe có chắn một mảnh giấy mờ (giấy pơluya chẳng hạn) và một tờ giấy bóng kính (màu đỏ hoặc lục...). Có thể giữ hai tờ giấy này bằng dây cao su sao cho có thể bỏ chúng ra để HS quan sát bằng ánh sáng trắng một cách dễ dàng.

Khi quan sát, GV cần hướng dẫn HS đặt hai khe  $S_1$ ,  $S_2$  trước mắt sao cho chúng song song với khe  $S$  của đèn.

Cần chú ý rằng, các vân giao thoa có thể quan sát được sẽ nằm trong vùng vân sáng trung tâm nhiều xạ. Vì vậy, nếu không cẩn thận sẽ chỉ nhìn thấy các vân nhiễu xạ qua một khe. Lúc đó, mắt sẽ chỉ hứng dòng ánh sáng đi qua mỗi một khe. Cần chú ý rằng, nếu không chuẩn bị nguồn sáng  $S$  như trên mà chỉ đơn giản đặt hai khe (được tạo ra bằng cách đã nêu trên) trước đèn thì không quan sát được đúng hiện tượng giao thoa.

4. Cũng như trong SGK Vật lí 12 cũ, ở đây ta xét TN Y-âng về hiện tượng giao thoa ánh sáng vì TN Y-âng có thể thực hiện trên lớp. Do đó, HS có thể nhìn thấy vân giao thoa bằng chính mắt mình mà không phải nhờ trí tưởng tượng của mình. Chỉ có một điều hơi khó khăn cho HS là các em phải thừa nhận là ánh sáng chiếu lên các khe làm cho các khe trở thành nguồn phát sóng ánh sáng lan truyền tiếp về phía sau. (Điều này HS có thể hình dung được khi xét hiện tượng nhiễu xạ ánh sáng qua một lỗ nhỏ).

5. Người cận thị khi nhìn xa mà không đeo kính (xem phim) thì có thể nhìn rõ hơn nếu nhìn qua một lỗ nhỏ đường kính cỡ 0,5 mm. Lỗ nhỏ thì vết nhoè của ảnh trên võng mạc nhỏ, giống như máy ảnh mở nhỏ thì chụp được ảnh với chiều sâu lớn. Nhưng nếu lỗ quá nhỏ thì hiện tượng nhiễu xạ có thể làm nhoè hoàn toàn ảnh. Nếu lỗ rất nhỏ thì mỗi điểm sáng sẽ có ảnh là một hình với kích thước nhỏ.

Ngay khi con người mở bình thường, người cận thị nhìn một bóng đèn ở xa trong đêm tối cũng trông thấy (nếu chú ý) hình nhiễu xạ phức tạp của con người.

Người không cận thị có thể nhìn thấy những hình nhiễu xạ tương tự khi đặt một kính lúp trước mắt, vì mắt ghép với kính lúp thành ra mắt cận nặng. Khi đó, có thể nhìn qua các lỗ tròn to, nhỏ khác nhau, để thấy những hình nhiễu xạ khác nhau. Lỗ nhỏ là lỗ châm kim (đường kính từ 0,1 mm đến 0,5 mm). Lỗ to hơn là lỗ khuy áo,... Có nhiều trường hợp hình nhiễu xạ có điểm giữa đen. Thay lỗ bằng một vật chắn, như sợi tóc, ta thấy hình nhiễu xạ của vật chắn này. Giữa bóng đen của vật chắn, có một vạch sáng, hai bên bóng đen có những vân nhỏ.

Hiện tượng giao thoa có thể quan sát đơn giản (không dùng kính lúp) với hai lỗ châm kim trên mảnh giấy đặt sát mắt. Qua TN, có thể ước lượng được bước sóng ánh sáng.

## 6. Một vài ứng dụng của hiện tượng giao thoa ánh sáng :

- So sánh chiều dài của mét mẫu với bước sóng ánh sáng (giao thoa kế).
- Phép phân tích quang phổ có năng suất phân giải cao (mẫu Fa-bri – Pe-rô).
- Các kính lọc sắc giao thoa.
- Đo chiết suất các chất khí (giao thoa kế Rê-Lây).
- Kiểm tra phẩm chất các bề mặt quang học.
- Chế tạo các lớp phủ phản xạ ở các vật kính của các dụng cụ quang học.
- Tạo ra một chuẩn các màu (vân tròn Niu-tơn).

## IV - GỢI Ý VỀ PHƯƠNG PHÁP VÀ TỔ CHỨC HOẠT ĐỘNG DẠY HỌC

### 1. Nhiễu xạ ánh sáng

GV đặt vấn đề vào bài như SGK. GV yêu cầu HS nêu hiện tượng nhiễu xạ sóng cơ đã học. GV đặt câu hỏi : Đứng ở A bạn có nhìn thấy lỗ O không ? Tại sao ? Sau đó GV nêu TN ở Hình 36.1 SGK và chỉ cho HS hình ảnh nhiễu xạ ở Hình 36.2 SGK. GV có thể yêu cầu HS chuẩn bị và làm TN sau khi nhìn vào mặt sau tấm bìa có đục một lỗ nhỏ, rồi yêu cầu HS nêu hiện tượng quan sát được.

GV yêu cầu HS nêu được hiện tượng nhiễu xạ ánh sáng là gì ? (lưu ý so sánh với hiện tượng nhiễu xạ sóng cơ ở chương III).

GV yêu cầu HS nắm được kết luận :

- Ánh sáng có tính chất sóng.
- Mỗi chùm sáng đơn sắc (còn gọi là bức xạ đơn sắc) là một chùm sáng có bước sóng và tần số xác định.

GV lưu ý HS nắm được công thức  $\lambda' = \frac{\lambda}{n}$ .

### 2. Giao thoa ánh sáng

Trước khi trình bày TN về sự giao thoa ánh sáng, GV yêu cầu HS nhắc lại một số điểm cơ bản về giao thoa sóng, về điều kiện giao thoa đã học ở chương III.

GV cố gắng thực hiện một TN về giao thoa ánh sáng như đã nêu ở mục 2. Nếu không thực hiện được TN tại lớp thì GV mô tả TN như ở Hình 36.4 SGK và vẽ lên bảng hình ảnh các vân giao thoa. GV yêu cầu HS nhận xét về hình ảnh giao thoa đó và so sánh với hiện tượng giao thoa sóng cơ mà HS đã học (trả lời **C1**).

**C1** Hình ảnh giao thoa quan sát được trong thí nghiệm Y-âng có nét tương tự với hiện tượng giao thoa sóng cơ : có các vân giao thoa.

Tiếp theo, GV trình bày và hướng dẫn HS giải thích kết quả TN, rồi đi đến kết luận : *Hiện tượng giao thoa là một bằng chứng thực nghiệm khẳng định ánh sáng có tính chất sóng.* Đồng thời nhấn mạnh : *mỗi ánh sáng đơn sắc (là một sóng) có một tần số và bước sóng xác định.* GV yêu cầu HS nhắc lại điều kiện để xảy ra giao thoa sóng cơ, từ đó yêu cầu HS nêu được điều kiện để xảy ra hiện tượng giao thoa ánh sáng.

GV yêu cầu HS trả lời **C2**, **C3** và **C4**.

**C2** Độ lệch pha bằng 0.

**C3** Vẫn thấy được hình ảnh giao thoa ánh sáng, nhưng các vân giao thoa có dạng cong.

**C4** Hiện tượng nhiễu xạ qua một khe, có nét tương tự như nhiễu xạ qua lỗ nhỏ.

## V - HƯỚNG DẪN TRẢ LỜI CÂU HỎI VÀ GIẢI BÀI TẬP

### Câu hỏi

1. Nêu kết luận ở mục 1 SGK. Nêu ví dụ ánh sáng Mặt Trời truyền qua một khe cửa hẹp.

2. Trình bày vắn tắt sơ đồ thí nghiệm và kết quả thí nghiệm như SGK (mục 2a và 2b).

3. Trình bày như SGK (mục 2c).

### Bài tập

1. D.                      2. C.