

42 Thực hành : XÁC ĐỊNH BƯỚC SÓNG ÁNH SÁNG

I - MỤC TIÊU

- Xác định bước sóng của ánh sáng đơn sắc dựa vào hiện tượng giao thoa của ánh sáng đơn sắc qua khe Y-âng.
- Quan sát hiện tượng giao thoa của ánh sáng trắng qua khe Y-âng.
- Rèn luyện kỹ năng sử dụng các dụng cụ thí nghiệm để tạo ra hệ vân giao thoa, nhất là kỹ năng phối hợp việc điều chỉnh ống quan sát với việc quan sát hệ vân giao thoa.

II - CHUẨN BỊ

Giáo viên

- Chuẩn bị và kiểm tra chất lượng các dụng cụ ở hai phương án thí nghiệm trong bài thực hành.
- Tiến hành trước các thí nghiệm nêu trong bài thực hành.

Học sinh

- Nghiên cứu nội dung bài thực hành để hiểu rõ cơ sở lí thuyết của hai phương án thí nghiệm và hình dung được tiến trình thí nghiệm sẽ tiến hành.
- Chuẩn bị sẵn bản báo cáo thí nghiệm theo mẫu trong SGK.

III - NHỮNG ĐIỀU CẦN LƯU Ý

1. Việc xác định bước sóng của ánh sáng đơn sắc trong bài thực hành dựa vào hiện tượng giao thoa của hai chùm ánh sáng đơn sắc qua khe Y-âng. Nếu biết khoảng vân i , khoảng cách a giữa hai khe và khoảng cách D từ hai khe tới màn hứng vân giao thoa, ta sẽ xác định được bước sóng của ánh sáng đơn sắc theo công

$$\text{thức } \lambda = \frac{ia}{D}.$$

Do vân giao thoa tạo bởi khe Y-âng là vân không định xứ, xuất hiện trong khoảng không gian giao nhau của hai chùm ánh sáng nên để màn hứng vân ở chỗ nào trong khoảng không gian này, ta đều có thể quan sát được vân.

Vì ánh sáng trắng là tập hợp của vô số ánh sáng đơn sắc khác nhau và khoảng vân phụ thuộc vào bước sóng ánh sáng nên khi hai chùm ánh sáng trắng giao nhau thì ta sẽ hứng được trên màn nhiều hệ vân giao thoa của các sóng ánh sáng đơn sắc. Các hệ vân này không trùng khít nhau mà chồng lên nhau một phần.

2. Trong bài thực hành, HS xác định bước sóng của ánh sáng đơn sắc theo hai phương án :

– *Phương án 1* : Sử dụng kính giao thoa để xác định bước sóng của ánh sáng đỏ và bước sóng của ánh sáng tím. Ở phương án này, HS còn quan sát được hệ vân giao thoa của hai chùm ánh sáng trắng.

Kính giao thoa là một hệ đồng trục gồm các bộ phận (Hình 42.2 SGK) : đèn pin có dây tóc thẳng, khe L lắp kính lọc sắc, khe S (đọc theo đường kính đĩa tròn 2), khe kép S_1, S_2 (được gắn vào mặt phẳng của một thấu kính hội tụ dùng làm kính tụ quang), màn hứng vân giao thoa (có thước trong suốt chia đến một phần mười milimét) và kính lúp để quan sát vân, đọc khoảng vân. Các bộ phận này được lắp cố định trong những ống trụ kín (ống định hướng L_3 , ống chứa các khe L_1 và ống quan sát L_2) để ánh sáng ngoài không lọt vào, đảm bảo cho dây tóc bóng đèn song song với các khe S, S_1, S_2 và 5 điểm (điểm giữa của dây tóc bóng đèn, điểm giữa khe S , điểm giữa đoạn S_1S_2 , quang tâm của kính tụ quang và quang tâm của kính lúp) nằm trên một đường thẳng. Nhờ vậy, hệ vân giao thoa không bị nhoè, số vân rõ nét được nhiều và đủ độ sáng để ta phân biệt được rõ vân sáng và vân tối ngay cả với ánh sáng đơn sắc.

– *Phương án 2* : Sử dụng dụng cụ thí nghiệm có các bộ phận chính : đèn laze bán dẫn, tấm chứa khe Y-âng có khoảng cách giữa hai khe $a = 0,40 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$ và màn hứng vân giao thoa để tiến hành thí nghiệm xác định bước sóng của ánh sáng đơn sắc màu đỏ phát ra từ đèn laze bán dẫn.

3. Các điểm cần lưu ý khi HS tiến hành thí nghiệm theo phương án 1.

– Việc xác định bước sóng của ánh sáng đơn sắc nhờ hiện tượng giao thoa ánh sáng qua khe Y-âng (khoảng cách a giữa hai khe đã được cho trước) đòi hỏi phải tiến hành đo khoảng cách D từ hai khe tới màn hứng vân và khoảng vân i . Khi D thay đổi thì i cũng thay đổi theo. Khoảng vân i rất nhỏ, với $i = 0,25 \text{ mm}$, chỉ đo sai $0,05 \text{ mm}$ thì sai số tỉ đối mắc phải cũng đã quá lớn, không thể chấp nhận được.

Còn D khá lớn, khoảng hàng trăm milimét, chỉ cần đo chính xác đến milimét. Do đó, với việc sử dụng kính giao thoa, ta thay việc đo i bằng việc đo D , cụ thể là điều chỉnh D nhờ dịch chuyển ống quan sát L_2 sao cho $i = 0,1$ mm.

– Khi tiến hành TN theo phương án này, HS cần thực hiện nhẹ nhàng, khéo léo các thao tác TN theo trình tự sau : tạo hệ vân giao thoa rõ nét, nằm chính giữa thước ở màn hứng vân ; xoay nhẹ ống quan sát sao cho các vạch chia trên thước song song với các vân giao thoa ; dịch chuyển (kéo ra hoặc đẩy vào) ống quan sát để thay đổi D cho tới khi thấy điểm giữa của tất cả các vân sáng (vị trí sáng nhất của vân) hoặc điểm giữa của tất cả các vân tối trùng khít với các vạch chia trên thước (khi đó, $i = 0,1$ mm) ; rồi đo D tương ứng. Các vân sáng sẽ có màu của kính lọc sắc. HS lặp lại thí nghiệm này ba lần để tính trị số trung bình của D .

– Vì dây tóc đèn nóng sáng phát ra ánh sáng trắng nên khi không dùng kính lọc sắc, tại chính giữa thước trên màn hứng vân, vân sáng trung tâm của tất cả các ánh sáng đơn sắc đều trùng nhau, ta sẽ quan sát thấy vân sáng trung tâm màu trắng.

Do i tăng lên từ ánh sáng tím đến ánh sáng đỏ nên sát hai bên vân trắng trung tâm, ta sẽ quan sát thấy hai vân tối, rồi xuất hiện các vân có nhiều màu, màu tím ở trong và màu đỏ ở ngoài.

Khi thay đổi D , khoảng vân i của các ánh sáng đơn sắc cũng thay đổi nên khoảng cách từ các vân màu tới vân trắng trung tâm cũng thay đổi.

4. Các điều cần lưu ý khi HS tiến hành thí nghiệm theo phương án 2.

– Đèn laze trong dụng cụ TN được sử dụng ở phương án 2 là đèn laze phát ra ánh sáng màu đỏ có $\lambda = 0,630 \div 0,690$ μm .

– Việc sử dụng đèn phải đảm bảo quy tắc an toàn : khi đèn hoạt động, tuyệt đối không được nhìn thẳng vào tia laze phát ra từ đèn và khi không sử dụng đèn, phải tắt đèn ngay.

– Để hệ vân giao thoa thu được trên màn được rõ nét, phải cho chùm tia laze chiếu thẳng góc vào tấm chứa khe, màn hứng vân và chiếu đều lên cả hai khe trong khe Y-âng.

– Để giảm sai số mắc phải, cần chọn khoảng cách D từ hai khe tới màn lớn, ít nhất cũng là 1 m và không đo i mà đo khoảng cách l giữa 6 vân ($l = 5i$). Phép đo bằng thước độ dài $5i$ được thực hiện từ điểm giữa của vân sáng (vị trí sáng nhất) hoặc của vân tối thứ nhất đến điểm giữa của vân sáng hoặc của vân tối thứ 6 liên tiếp nhau. Bước sóng của ánh sáng đơn sắc phát ra từ đèn laze được xác định qua ba lần thí nghiệm ứng với ba giá trị D khác nhau không nhiều nhờ dịch chuyển màn hứng vân và đo 5 khoảng vân liên tiếp tương ứng.

– Có thể thay đèn laze trong dụng cụ thí nghiệm này bằng đèn laze bán dẫn dùng pin 4,5 V – 1 mW có bán trên thị trường đồ chơi trẻ em.

5. Sự khác nhau cơ bản của hai phương án thí nghiệm xác định bước sóng ánh sáng : nếu như ở phương án 1, HS thay đổi D và đo độ dài của $5i$ tương ứng thì ở phương án 2, HS thay đổi D sao cho $i = 0,1$ mm và đo D này.

Ưu điểm và nhược điểm của mỗi phương án thí nghiệm :

– Ở phương án 1, HS không những xác định được bước sóng của các ánh sáng có màu sắc khác nhau, thấy được sự phụ thuộc của bước sóng ánh sáng vào màu sắc của nó mà còn quan sát được hệ vân giao thoa của hai chùm ánh sáng trắng giao nhau. Tuy nhiên, phương án này đòi hỏi dụng cụ thí nghiệm được sử dụng phải có nhiều chi tiết, chúng phải được lắp ráp với độ chính xác cao, cần sự quan sát tinh tế và thao tác thí nghiệm khéo léo.

– Ở phương án 2, bố trí và tiến hành thí nghiệm đơn giản, cường độ sáng của chùm tia laze lớn nên có thể làm thí nghiệm trong phòng học không cần che tối, hệ vân giao thoa thu được trên màn sáng rõ, dễ dàng quan sát được bằng mắt. Nhưng ở phương án này, chỉ xác định được bước sóng của ánh sáng đơn sắc do đèn phát ra và phải tuân thủ quy tắc an toàn khi sử dụng đèn laze.

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

1. Tùy thuộc vào số lượng dụng cụ hiện có mà GV phân chia các nhóm thí nghiệm. Để mọi HS đều được tiến hành cả hai phương án thí nghiệm, GV chia lớp làm đôi. HS tiến hành thí nghiệm theo cách luân phiên : trong tiết đầu, một số nhóm HS tiến hành thí nghiệm theo phương án 1, số nhóm HS còn lại tiến hành thí nghiệm theo phương án 2 và ở tiết sau, các nhóm HS sẽ tiến hành thí nghiệm theo phương án còn lại. Việc xử lý kết quả thí nghiệm và làm báo cáo thí nghiệm có thể cho HS thực hiện ở nhà và nộp báo cáo thí nghiệm sau.

Trong quá trình HS thực hiện công việc, GV cần yêu cầu các HS trong từng nhóm đổi nhiệm vụ cho nhau trong tiến trình thí nghiệm, theo dõi và giúp đỡ khi HS gặp khó khăn, mắc sai lầm trong các thao tác thí nghiệm.

2. Ở phương án 1, GV cần theo dõi, giúp đỡ HS thực hiện các thao tác thí nghiệm, phối hợp việc điều chỉnh ống quan sát với việc quan sát hệ vân giao thoa trong tiến trình thí nghiệm để đảm bảo cho khoảng vân $i = 0,1$ mm. Còn ở phương án 2, GV cần theo dõi, giúp đỡ HS trong việc tạo ra hệ vân giao thoa sáng rõ, cách đánh dấu và đo 5 khoảng vân.

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

Câu hỏi

1. Trong phương án 1, phải điều chỉnh dây tóc bóng đèn song song với các khe để khi khảo sát theo phương ngang thì nguồn sáng gần như là nguồn điểm S_1, S_2 . Nếu đặt vuông góc thì sẽ tạo ra nguồn sáng kích thước lớn.

2. Phương án 2, phải đặt màn hứng vân song song với tấm chứa khe Y-âng để có các hiệu đường đi phù hợp với điều kiện khi xây dựng các công thức lí thuyết.

Bài tập

1. Ở phương án 1, vì đối với mỗi ánh sáng đơn sắc λ là xác định, khoảng cách a giữa hai khe là cố định nên muốn khoảng vân $i = 0,1$ mm, ta phải thay đổi D bằng cách dịch chuyển ống quan sát. Sau khi đã xoay ống quan sát để các vạch chia trên thước song song với các vân giao thoa và dịch chuyển ống quan sát để cho một vạch chia trên thước trùng khít với điểm giữa của một vân sáng hoặc của một vân tối, mà các vạch chia còn lại trên thước không trùng với điểm giữa của các vân sáng hoặc của các vân tối còn lại thì có nghĩa là i lớn hơn hoặc nhỏ hơn 0,1 mm.

– Nếu $i < 0,1$ mm thì phải kéo ống quan sát ra khỏi ống định hướng để tăng D , nhờ vậy mà tăng được i cho tới khi $i = 0,1$ mm.

– Nếu $i > 0,1$ mm thì phải đẩy ống quan sát vào trong ống định hướng để giảm D , nhờ vậy mà cũng giảm được i cho tới khi $i = 0,1$ mm.

Bằng cách dịch chuyển ống quan sát (kéo ra hoặc đẩy vào trong ống định hướng) mà các vạch chia trên thước đều nằm đúng giữa tất cả các vân sáng hoặc các vân tối, nghĩa là i đúng bằng 0,1 mm.

2. Ở phương án 2 :

– Khi thay đèn laze phát ánh sáng màu đỏ có bước sóng λ_1 bằng đèn laze phát ánh sáng màu xanh có bước sóng λ_2 thì do $\lambda_1 > \lambda_2$ nên các vân sẽ gần nhau hơn nhưng vị trí vân sáng trung tâm vẫn không đổi.

– Nếu mỗi khe trong khe Y-âng được chiếu sáng nhờ một đèn laze riêng biệt thì dù hai đèn laze phát ánh sáng cùng bước sóng, vẫn không có hiện tượng giao thoa xảy ra, ta sẽ quan sát được trên màn sự chồng chất của hai hệ vân nhiễu xạ qua một khe.