

56 THỰC HÀNH : XÁC ĐỊNH CHIẾT SUẤT CỦA NƯỚC VÀ TIÊU CỰ CỦA THẤU KÍNH PHÂN KÌ

I - Mục tiêu

- Xác định chiết suất của nước và tiêu cự của thấu kính phân kì.
- Rèn luyện kĩ năng sử dụng, lắp ráp, bố trí các linh kiện quang và kĩ năng tìm ảnh của vật cho bởi thấu kính.

II - Chuẩn bị

Giáo viên

- Chuẩn bị các dụng cụ theo hai nội dung thí nghiệm trong bài thực hành. Tùy thuộc vào số lượng dụng cụ hiện có mà dự kiến việc phân chia các nhóm thí nghiệm.
- Kiểm tra chất lượng từng dụng cụ, nhất là đèn chiếu sáng và các thấu kính.
- 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 các thí nghiệm và hình dung được các bước của tiến trình thí nghiệm.
- Các nhóm HS có thể tạo trước ở nhà một khe hẹp cỡ 1,5mm trên băng dính sẫm màu được dán quanh thành ngoài của cốc thủy tinh.
- Chuẩn bị sẵn bản báo cáo thí nghiệm theo mẫu trong SGK.

III - Những điều cần lưu ý

1. Thí nghiệm xác định chiết suất của nước dựa vào việc xác định hình chiếu xuống đường viền chu vi đáy cốc ở tờ giấy của các vết sáng trên thành cốc của tia tới và tia khúc xạ. Thí nghiệm này đòi hỏi HS phải vận dụng linh hoạt định luật khúc xạ ánh sáng trong trường hợp mặt phân cách hai môi trường là mặt cong.

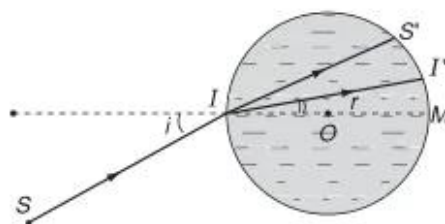
a) Ở thí nghiệm này, khe hẹp dọc theo đường sinh của cốc được tạo bằng cách dùng dao có lưỡi mỏng rạch hai đường thẳng song song, cách nhau 1,5mm trên băng dính sẫm màu được dán bao quanh thành ngoài của cốc. Khe này không nên rộng quá 2mm để các vết sáng trên thành cốc là mảnh và cũng không nên quá hẹp để các vết sáng trên thành cốc không mờ. Nếu không có băng dính sẫm màu bản to, có thể dùng giấy sẫm màu dán quanh thành ngoài của cốc.

b) Khi tiến hành thí nghiệm này, cần lưu ý :

– Nén cao ngang mặt nước, được đặt cách cốc không quá xa để các vết sáng trên thành cốc được rõ nét và cũng không quá gần để các vết sáng này là mảnh.

– Để đánh dấu được điểm M trên chu vi đáy cốc, phải xoay cốc sao cho hai vết sáng trên thành cốc thẳng hàng, nghĩa là chỉ thấy một vết sáng trên thành cốc.

– Để thay đổi góc tới i , ngoài cách xoay cốc, còn có thể dịch chuyển vị trí đặt ngọn nến. Khi đó, ở mỗi lần thí nghiệm, ta chỉ phải đánh dấu hai hình chiếu S' và I' của hai vết sáng trên thành cốc lên đường viền chu vi đáy cốc ở tờ giấy (Hình 56.1).



Hình 56.1. Thay đổi góc tới i bằng cách dịch chuyển vị trí đặt ngọn nến.

2. Thấu kính phân kì luôn cho ảnh ảo của vật. Vì khó xác định chính xác vị trí của ảnh ảo một cách trực tiếp nên tiêu cự của thấu kính phân kì thường được xác định bằng cách ghép nó đồng trục với một thấu kính hội tụ để thu được ảnh thật của vật sáng trên màn ảnh.

a) Việc xác định tiêu cự của thấu kính phân kì trong bài thực hành dựa trên việc tìm ảnh thật của vật thật cho bởi hệ thấu kính hội tụ - thấu kính phân kì. Do thấu kính phân kì, chỉ cho ảnh thật của vật ảo nằm trong tiêu cự vật của thấu kính phân kì, nên ta phải ghép nó đồng trục với thấu kính hội tụ sao cho ảnh thật A_1B_1 của vật thật AB cho bởi thấu kính hội tụ nằm sau thấu kính phân kì (đóng vai trò là vật ảo đối với thấu kính phân kì), và nằm trong tiêu cự vật của thấu kính phân kì (Hình 56.2 SGK).

Ảnh thật A_2B_2 tạo bởi thấu kính phân kì nằm cùng chiều và lớn hơn vật ảo A_1B_1 . Để ảnh thật A_2B_2 còn thu được trên màn, có kích thước đủ lớn và rõ nét thì khoảng cách từ vật AB đến thấu kính hội tụ nên lớn hơn hai lần tiêu cự của thấu kính hội tụ (Khi đó, ảnh thật A_1B_1 cho bởi thấu kính hội tụ có kích thước nhỏ hơn vật AB) và A_1B_1 (vật ảo đối với thấu kính phân kì) nên cách thấu kính phân kì một khoảng d từ 0,5 đến 0,7 tiêu cự f của thấu kính phân kì.

b) Để chùm sáng phát ra từ đèn chiếu sáng toàn bộ vật AB đặt trên băng quang học, phải điều chỉnh dây tóc bóng đèn của đèn chiếu sáng có kính tụ quang được lắp ở đầu ống bảo vệ bóng đèn. Việc điều chỉnh này được thực hiện bằng cách nối lỏng đuôi bóng đèn, dịch chuyển hoặc xoay bóng đèn đi một chút để dây tóc bóng đèn nằm trong tiêu diện của kính tụ

quang. Khi đó, trên màn ảnh được dịch chuyển dọc theo băng quang học, ta luôn thu được một vết sáng có dạng gần tròn, có kích thước gần bằng kích thước của mặt kính tụ quang.

IV - Gợi ý về phương pháp và tổ chức hoạt động dạy học

1. Bài thực hành có hai nội dung : xác định chiết suất của nước và xác định tiêu cự của thấu kính phân kì. Để mọi HS đều được tiến hành thí nghiệm về cả hai nội dung trên trong hai tiết, GV chia lớp làm hai. HS tiến hành thí nghiệm theo cách luân phiên. Trong tiết đầu, một số nhóm HS tiến hành thí nghiệm về nội dung đầu, số nhóm HS còn lại tiến hành thí nghiệm về nội dung sau và ở tiết sau, các nhóm HS sẽ tiến hành thí nghiệm về nội dung còn lại. Việc xử lí 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 thí nghiệm "đổi vai" thực hiện các nhiệm vụ trong tiến trình thí nghiệm, theo dõi, giúp đỡ kịp thời khi HS gặp khó khăn, mắc sai lầm trong các thao tác thí nghiệm.

2. Ở thí nghiệm xác định chiết suất của nước, GV cần theo dõi, hướng dẫn HS :

- Điều chỉnh khoảng cách từ nến đến cốc nước sao cho tạo được các vết sáng mảnh, rõ nét trên thành cốc.

- Trong mỗi lần thí nghiệm, đánh dấu đúng điểm M trên chu vi đáy cốc và các điểm I, M, S', I' trên đường viền chu vi đáy cốc ở tờ giấy.

3. Thí nghiệm xác định tiêu cự của thấu kính phân kì được tiến hành với bộ thí nghiệm băng quang học. Trong quá trình làm thí nghiệm, HS cần lưu ý :

- Phải lắp đặt các dụng cụ (vật, các thấu kính, màn ảnh) đồng trục và vuông góc với trục của băng quang học, trục chính của các thấu kính phải trùng với đường thẳng đi qua tâm của đèn chiếu sáng và đi qua giữa màn ảnh.

- Kết quả của thí nghiệm phụ thuộc rất nhiều vào việc tìm đúng vị trí của các ảnh thật A_1B_1 và A_2B_2 để đo d và d' . Để giảm sai số mắc phải, sau khi dịch chuyển màn tìm được vị trí ảnh rõ nét, cần xê dịch màn tiến, lùi quanh vị trí này nhằm tìm được vị trí mà mắt ta cảm thấy ảnh là rõ nét nhất.

V - Trả lời câu hỏi

1. Ở thí nghiệm xác định chiết suất của nước, cốc đựng nước phải có thành mỏng để có thể bỏ qua sự khúc xạ ánh sáng qua thành thủy tinh của cốc.

Đường kính của cốc đựng nước cần lớn và góc xoay cốc không nhỏ hơn 30° để $S'M$ và $I'M$ lớn, sai số tỉ đối $\frac{\Delta n}{n} = \frac{\Delta(S'M)}{S'M} + \frac{\Delta(I'M)}{I'M}$ là nhỏ. Góc xoay cốc cũng không nên lớn hơn 30° nhiều để các vết sáng trên thành cốc là mảnh.

Ngoài ra, ở mỗi lần thí nghiệm, chỉ xoay cốc đi một chút để sai số tỉ đối mắc phải trong ba lần thí nghiệm không khác nhau nhiều, tăng độ tin cậy của kết quả xác định chiết suất.

2. Vì sai số của các phép đo góc tới và góc khúc xạ thường lớn, nên ở các phương án khác nhau xác định chiết suất của nước, ta đều thay việc tính $\frac{\sin i}{\sin r}$ bằng việc đo và tính tỉ số hai đoạn thẳng.

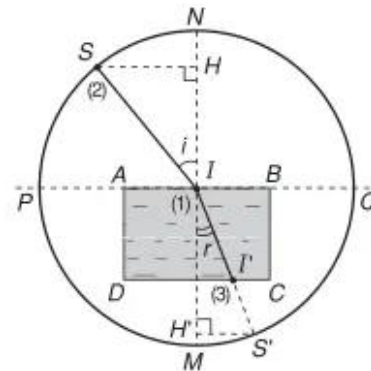
Ngoài phương án đã nêu trong bài thực hành, việc xác định chiết suất của nước còn có thể theo một số phương án sau :

a) Sử dụng phương pháp che khuất (còn được gọi là phương pháp ngắm thẳng hàng) mà HS đã biết khi học định luật truyền thẳng của ánh sáng ở lớp 7 và khi xét sự khúc xạ của tia sáng ở lớp 9.

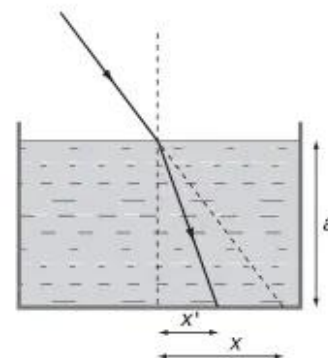
Đặt mắt ngắm hai đỉnh ghim 1 và 2 qua hộp nước từ phía mặt DC của nó để tìm vị trí cắm đỉnh ghim 3 ở sát mặt DC sao cho đỉnh ghim này che khuất không cho mắt nhìn thấy ảnh qua hộp nước của hai đỉnh ghim kia (Hình 56.2). Đo các đoạn SH và $S'H'$ để tính chiết suất của nước theo công thức $n = \frac{SH}{S'H'}$.

b) Tiến hành thí nghiệm theo phương án trên, nhưng thay việc sử dụng các đỉnh ghim bằng việc sử dụng đèn có trong bộ thí nghiệm quang thực hành. Cũng có thể đo a , x' , x và tính chiết suất của nước theo công thức

$$n = \frac{x}{x'} \sqrt{\frac{x'^2 + a^2}{x^2 + a^2}} \quad (\text{Hình 56.3}).$$



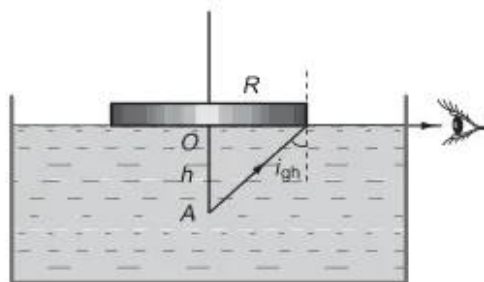
Hình 56.2. Xác định chiết suất của nước bằng phương pháp che khuất.



Hình 56.3. Sử dụng đèn chiếu sáng để xác định chiết suất của nước.

c) Cắm một kim xuyên qua tâm O của miếng xốp hình tròn bán kính R nổi trên mặt nước (Hình 56.4). Để mắt ngang mặt nước, đưa dần đầu A của kim từ trên xuống theo phương thẳng đứng cho tới khi nhìn thấy nó. Đo h , ta tính được chiết suất của nước theo công thức

$$n = \frac{1}{\sin i_{gh}} = \frac{\sqrt{h^2 + R^2}}{R}.$$



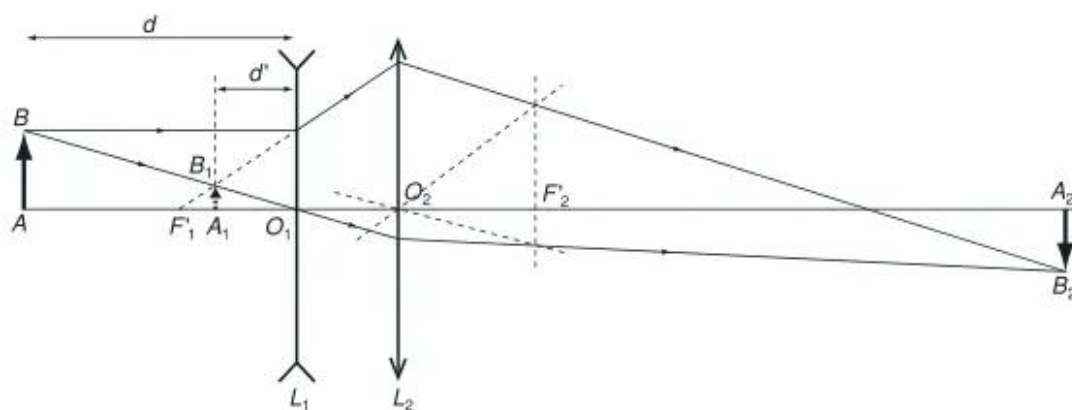
Hình 56.4. Dựa vào hiện tượng phản xạ toàn phần để xác định chiết suất của nước.

3. Ứng với một vị trí của vật, thấu kính chỉ cho một ảnh duy nhất. Trong trường hợp ảnh thật, nó là giao điểm của mọi tia ló qua thấu kính. Nếu hứng màn ở vị trí này, ảnh thu được sẽ rõ nét nhất. Còn nếu đặt màn ở trước hoặc ở sau vị trí này, ta chỉ thu được các vết sáng trên màn là tập hợp các giao điểm của các tia ló với màn. Vì vậy, để xác định đúng giá trị d' , ta phải tìm vị trí của màn cho ảnh rõ nét nhất của vật.

4. Ngoài phương án đã sử dụng trong bài thực hành, tiêu cự của thấu kính phân kì cũng có thể được xác định theo một số phương án sau :

a) Có thể dùng hệ thấu kính phân kì - thấu kính hội tụ đồng trục để xác định tiêu cự của thấu kính phân kì

- Trong trường hợp này, thấu kính phân kì luôn cho ảnh ảo A_1B_1 cùng chiều và nhỏ hơn vật AB . Ảnh ảo A_1B_1 lại đóng vai trò là vật thật đối với thấu kính hội tụ. Đặt thấu kính hội tụ cách thấu kính phân kì một khoảng thích hợp để thu được ảnh thật A_2B_2 ngược chiều và lớn hơn vật A_1B_1 trên màn ảnh. Đo khoảng cách $d = O_1A$ từ vật đến thấu kính phân kì (Hình 56.5).

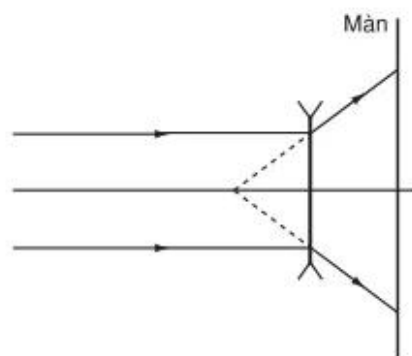


Hình 56.5. Dùng hệ thấu kính phân kì - thấu kính hội tụ để xác định tiêu cự của thấu kính phân kì.

– Giữ cố định thấu kính hội tụ và màn ảnh, đánh dấu vị trí O_1 đặt thấu kính phân kì và bỏ thấu kính phân kì ra. Sau đó, dịch vật AB về phía thấu kính hội tụ đến vị trí mới sao cho ảnh của vật AB tạo bởi thấu kính hội tụ lại hiện rõ nhất trên màn ảnh. Khi đó, vị trí mới của vật AB chính là vị trí của ảnh ảo A_1B_1 tạo bởi thấu kính phân kì lúc đầu. Đo khoảng cách $d' = O_1A_1$ và xác định tiêu cự của thấu kính phân kì theo công thức $f = \frac{dd'}{d+d'}$.

b) Phương pháp dùng chùm sáng tới song song

Điều chỉnh đèn thí nghiệm để tạo ra chùm sáng song song chiếu vào thấu kính phân kì theo phương của trục chính. Dịch chuyển màn dọc theo trục chính của thấu kính cho tới khi hứng được trên màn một vết sáng có đường kính gấp đôi đường kính của phần diện tích được chiếu sáng của thấu kính (Hình 56.6). Khoảng cách từ thấu kính phân kì đến màn là tiêu cự của thấu kính phân kì.



Hình 56.6. Phương pháp dùng chùm sáng tới song song.

c) Phương pháp ghép sát các thấu kính

Trong trường hợp tổng quát, khi ghép một thấu kính phân kì cần xác định tiêu cự với một thấu kính hội tụ đã biết tiêu cự sao cho hệ thấu kính có tác dụng như một thấu kính hội tụ, thì tiêu cự của thấu kính phân kì trong phép gần đúng bậc nhất được tính theo công thức $f_{pk} = \frac{f_h(f_{ht} - d)}{f_{ht} - f_h}$, trong đó f_h là tiêu cự của hệ hai thấu kính, f_{ht} là tiêu cự của thấu kính hội tụ và d là khoảng cách giữa hai thấu kính.

Khi ghép sát hai thấu kính, có thể coi $d = 0$ và $f_{pk} = \frac{f_h f_{ht}}{f_{ht} - f_h}$ (trong phép gần đúng bậc nhất). Tiêu cự f_h của cả hệ hai thấu kính được tính bằng phương pháp Xin-béc-man : $f = \frac{d}{2} = \frac{d'}{2}$ khi ảnh cho bởi hệ hai thấu kính có kích thước bằng vật.