

Bài 9B: ĐO BƯỚC SÓNG ÁNH SÁNG BẰNG PHƯƠNG PHÁP VÂN TRÒN NEWTON

1. Mục đích yêu cầu

1.1. Mục đích: Mục đích của bài thí nghiệm này là tạo điều kiện để sinh viên được quan sát các vân tròn Newton trên thực tế và trang bị cho sinh viên kỹ năng thực nghiệm để đo bước sóng của ánh sáng bằng phương pháp vân tròn Newton.

1.2. Yêu cầu

1. Hiểu được cơ sở lý thuyết của phép đo, cách tính bán kính các vân tròn Newton.
2. Hiểu được cấu tạo và nguyên lý hoạt động của thiết bị thí nghiệm.
3. Biết cách tiến hành thí nghiệm đo bước sóng của ánh sáng đơn sắc dựa trên việc khảo sát các vân tròn Newton.
4. Viết được báo cáo thí nghiệm, tính được sai số theo yêu cầu.

2. Cơ sở lý thuyết

2.1. Hiện tượng giao thoa

Giao thoa ánh sáng là hiện tượng giao nhau của hai hay nhiều sóng ánh sáng kết hợp, kết quả là trong vùng giao thoa sẽ xuất hiện những miền sáng tối khác nhau - gọi là các vân sáng, tối. Các vân này nằm xen kẽ nhau tạo thành hệ vân giao thoa.

Lý thuyết đã cho thấy rằng vị trí của các vân sáng hoặc tối hoàn toàn phụ thuộc vào hiệu quang lộ của hai tia sáng gây ra giao thoa.

Nếu vị trí nào đó trong vùng giao thoa, hiệu quang lộ bằng số nguyên lần bước sóng:

$$\Delta L = L_2 - L_1 = k\lambda \quad (1)$$

thì vị trí đó có vân sáng.

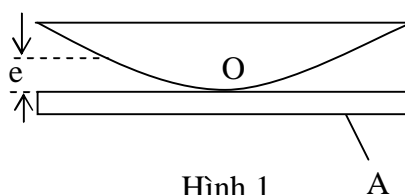
Ngược lại, nếu hiệu quang lộ bằng số lẻ lần nửa bước sóng:

$$\Delta L = L_2 - L_1 = (2k + 1) \frac{\lambda}{2} \quad (2)$$

thì tại đó có vân tối. Trong công thức trên $k = 0; \pm 1; \pm 2; \dots$

2.2. Vân tròn Newton

Vân tròn Newton được tạo ra nhờ hiện tượng giao thoa gây bởi bản mỏng có bề dày thay đổi. Dụng cụ để tạo nên vân tròn Newton gồm một thấu kính phẳng lồi (hoặc hai mặt cùng lồi), đặt tiếp xúc với mặt kính thủy tinh phẳng A (hình 1). Giữa thấu kính và bản thủy tinh mờ A là một lớp không khí có dạng hình nêm.

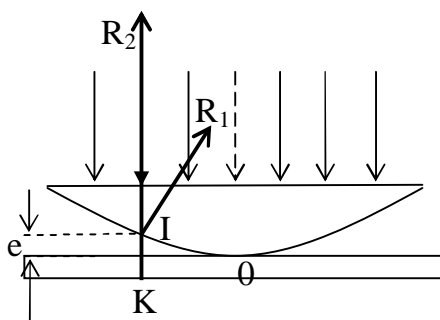


Hình 1

Gọi O là đỉnh của nêm, e là bề dày của nêm tại vị trí đang xét. Nếu chiếu chùm sáng song song đơn sắc có bước sóng λ vuông góc với mặt phẳng của bản thủy tinh A thì các tia sáng phản xạ từ các mặt trên và mặt dưới của bản nêm không khí sẽ giao thoa với nhau, tạo thành một hệ các vân sáng và vân tối hình tròn xen kẽ nhau - gọi là hệ vân tròn Newton.

Xét đường đi của tia sáng vuông góc với tấm thủy tinh phẳng (hình 2): khi đến vị trí I thì nó bị tách ra làm hai, tia thứ nhất phản xạ trở lại theo phương IR_1 , tia thứ hai IK phản xạ trên mặt bản thủy tinh trở về I rồi ló ra theo phương IR_2 . Hai tia sáng này là hai tia kết hợp (vì chúng được tách ra từ một tia) gặp nhau tại I, nên tại I sẽ có hiện tượng giao thoa. Trong trường hợp này, hiệu quang lộ của hai tia sáng là: $\Delta L = 2e$ (lấy chiết suất n của không khí bằng 1). Mặt khác, lý thuyết đã chứng minh rằng khi ánh sáng đi vào môi trường chiết quang hơn bị phản xạ trở lại, thì hiệu quang lộ cộng thêm một lượng $\frac{\lambda}{2}$ (sóng phản xạ ngược pha so với sóng tới), do đó:

$$\Delta L = 2e + \frac{\lambda}{2} \quad (3)$$



Hình 2

Từ (3) và (1) ta suy ra vị trí I là vân sáng nếu:

$$\Delta L = 2e + \frac{\lambda}{2} = k\lambda$$

Vậy vị trí có bề dày lớp không khí:

$$e = \left(k - \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda}{2} \quad (4)$$

sẽ là vị trí vân sáng.

Tương tự, từ (2) và (3) ta có:

$$\Delta L = 2e + \frac{\lambda}{2} = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}$$

Suy ra vị trí có bề dày lớp không khí:

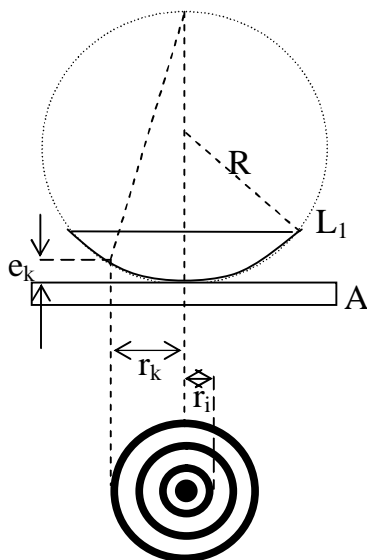
$$e = k \frac{\lambda}{2} \quad (5)$$

sẽ là vị trí vân tối.

Trong các công thức trên $k = 0; \pm 1; \pm 2 \dots$ gọi là *bậc giao thoa*. Vì các vị trí có cùng độ dày nằm trên một đường tròn nên hệ vân Newton là hệ vân tròn (hình 3).

Gọi R là bán kính mặt lồi của thấu kính L_1 . Vì $e_k \ll R$, nên áp dụng hệ thức trong tam giác vuông trên hình 3, ta tính được bán kính r_k của vân tối thứ k :

$$r_k^2 = (2R - e_k)e_k \approx 2Re_k \quad (6)$$



Hình 3

Thay (5) vào (6) suy ra bước sóng của ánh sáng đơn sắc:

$$\lambda = \frac{r_k^2}{kR} \quad (7)$$

Thực tế không thể đạt được sự tiếp xúc lý tưởng (tiếp xúc điểm) giữa mặt thấu kính phẳng - lồi L_1 và mặt phẳng tấm thủy tinh A , nên chính giữa của hệ vân tròn Newton không phải là một điểm mà là một hình tròn. Vì thế, để xác định chính xác bước sóng λ của ánh sáng đơn sắc ta phải áp dụng công thức (7) đối với vân sáng (hoặc tối) thứ k và thứ i của hệ vân tròn Newton:

$$r_k^2 = k\lambda R; r_i^2 = i\lambda R$$

Suy ra $r_k^2 - r_i^2 = (k - i) \lambda R$

Ta có thể rút ra:

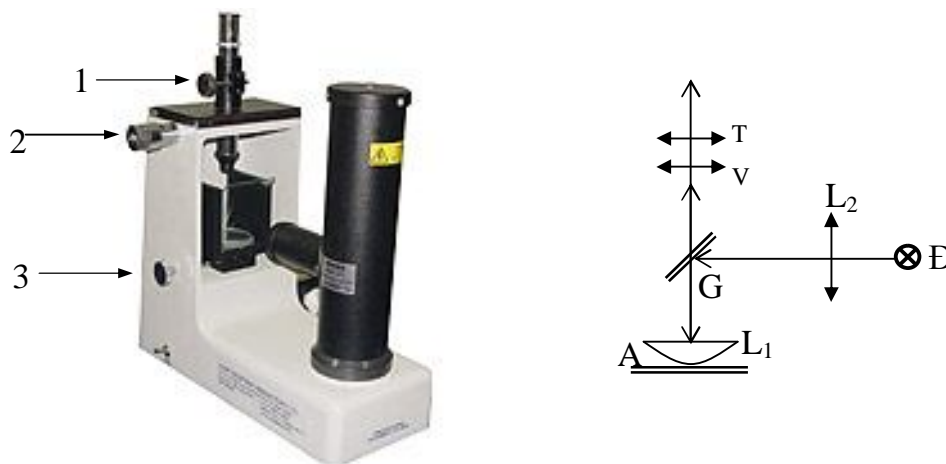
$$R = \frac{|r_k - r_i|(r_k + r_i)}{(k - i)\lambda} \quad (8)$$

$$\text{và} \quad \lambda = \frac{|r_k - r_i|(r_k + r_i)}{(k - i)R} \quad (9)$$

Dựa vào (8), nếu biết được λ và đo bán kính vân thứ k và vân thứ i ta tính được bán kính của thấu kính phẳng - lồi L_1 . Từ (9) nếu biết được R ta tính được bước sóng ánh sáng đơn sắc λ .

Trong bài thí nghiệm này ta tính bước sóng của ánh sáng đơn sắc theo công thức (9) khi biết trước bán kính R . Các đại lượng $|r_k - r_i|$ và $(r_k + r_i)$ có thể đo được dễ dàng bằng thước đo trên kính hiển vi.

Sơ đồ quang học quan sát hệ vân tròn Newton được bố trí như hình 4: ánh sáng phát ra từ đèn đơn sắc \mathcal{D} truyền qua thấu kính hội tụ L_2 để tạo thành chùm sáng song song, chiếu vào mặt tấm kính đặt nghiêng 45° . Sau khi vừa phản xạ, vừa truyền qua tấm kính G , các tia sáng rơi vào thấu kính phẳng - lồi L_1 và bản phẳng thủy tinh A theo phương thẳng đứng, rồi phản xạ trên hai mặt của bản nê-mô không khí và giao thoa với nhau, tạo thành hệ vân tròn Newton ở mặt trên của bản nê-mô không khí. Điều chỉnh vít (1) trên kính hiển vi sao cho khi ta nhìn qua thị kính T và vật kính V của kính hiển vi thấy rõ nét hệ vân tròn Newton.



Hình 4

3. Dụng cụ

Bộ thí nghiệm đo bước sóng ánh sáng bằng phương pháp giao thoa tạo vân tròn Newton gồm: Kính hiển vi; Bóng đèn đơn sắc; Kính nghiêng 45° ; Thấu kính phẳng lồi; Mặt kính phẳng A .

4. Trình tự thí nghiệm

4.1. Tìm ảnh của hệ vân tròn Newton

- Lấy tấm kính A ra, dùng vải mềm lau nhẹ bụi trên kính A và thấu kính L_1 . Đặt thấu kính L_1 lên trên tấm kính A rồi đặt vào bàn kính hiển vi.
- Điều chỉnh các vít (1), (2), (3) trên kính hiển vi cho tới khi thấy rõ hệ vân và tâm của dây chữ thập trên thị kính nằm ở tâm vùng giao thoa.
- Nếu thấy vân giữa là vân sáng thì chứng tỏ thấu kính và tấm kính A tiếp xúc chưa tốt vì còn bụi nên phải lau lại kính A và thấu kính L_1 .

4.2. Đo khoảng cách $(r_k + r_i) = B$ và $|r_k - r_i| = b$. (Chọn $i = 2; k \geq 5$)

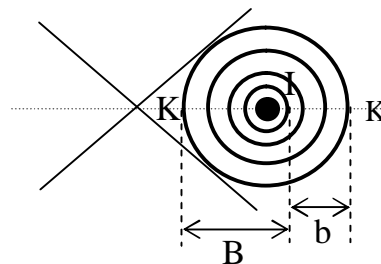
- Điều chỉnh các vít vi cấp (2), (3) sao cho vân tối thứ k (hoặc vân tối thứ i) nằm tiếp xúc với dây chữ thập của thị kính (hình 5).

- Vận từ từ vít vi cấp (2) để di chuyển giao điểm của dây chữ thập đến điểm K nằm phía bên trái của vân tối thứ k . Đọc và ghi giá trị số đo x_k trên thước vào bảng số liệu.

- Tiếp đó di chuyển giao điểm của dây chữ thập đến điểm I nằm phía bên phải của vân tối thứ i . Đọc và ghi số đo x_i trên thước vào bảng số liệu.

- Cuối cùng di chuyển giao điểm của dây chữ thập đến điểm K' nằm phía bên phải của vân tối thứ k . Đọc và ghi số đo x'_k trên thước vào bảng số liệu.

- Thực hiện phép đo 5 lần ở mỗi vị trí bằng cách lặp lại các động tác trên. Kết quả đo được ghi vào bảng số liệu.



Hình 5

4.3. Tính bước sóng λ của ánh sáng đơn sắc.

$$\lambda = \frac{(r_k + r_i)|r_k - r_i|}{R(k - i)} = \frac{Bb}{R(k - i)} \quad (10)$$

Từ công thức (10) tính sai số tỷ đối và sai số tuyệt đối của bước sóng ánh sáng.

5. Hướng dẫn báo cáo thí nghiệm

Kết quả thí nghiệm

Đo bước sóng ánh sáng

$i = \dots; k = \dots$

Đ/lượng Lần đo	x_{ij}	x_{kj}	x'_{kj}	B_j	ΔB_j	b_j	Δb_j
$j = 1$							
\dots							
$j = 5$							
Trung bình	\times	\times	\times				

$i = \dots; k = \dots$

Đ/lượng Lần đo	x_{ij}	x_{kj}	x'_{kj}	B_j	ΔB_j	b_j	Δb_j
$j = 1$							
\dots							
$j = 5$							
Trung bình	\times	\times	\times				

Cho $R = 1,00 \pm 0,01$ (m)

- Xây dựng công thức tính sai số tương đối của phép đo
- Giá trị trung bình của phép đo
- Sai số tuyệt đối của phép đo
- Kết quả của phép đo

6. Câu hỏi kiểm tra

- Định nghĩa và nêu rõ điều kiện để có giao thoa ánh sáng.
- Giải thích sự tạo thành vân tròn Newton? Tại sao ở tâm lại là vân tối?
- Nếu tăng khoảng cách giữa thấu kính và tấm kính phẳng thì hệ vân thay đổi thế nào?
- Tại sao phải xác định λ theo công thức (9) mà không phải là công thức (7).