

KHẢO SÁT SỰ NHIỄU XẠ CỦA SÓNG PHẪNG QUA TẤM ĐỐI FRESNEL

Hoàng Thị Lan Hương
Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông

Tóm tắt: Giao thoa và nhiễu xạ ánh sáng là những hiện tượng thể hiện tính chất sóng của ánh sáng. Nhiễu xạ ánh sáng xảy ra khi sóng ánh sáng đi qua một góc hoặc một khe/hố có kích thước xấp xỉ hoặc nhỏ hơn bước sóng của ánh sáng đó. Thí nghiệm này trình bày hiện tượng nhiễu xạ ánh sáng thông qua vùng Fresnel.

Từ khóa: Fresnel, nhiễu xạ, bán vùng.

INVESTIGATION OF PLANE WAVE DIFFRACTION THROUGH A FRESNEL ZONE PLATE

Hoang Thi Lan Huong
Posts and Telecommunications Institute of Technology

Abstract: Interference and diffraction of light are phenomena that exhibit the wave properties of light. Diffraction of light occurs when a light wave passes by a corner or through an opening or slit that is physically the approximate size of, or even smaller than that light's wavelength. This experiment presents the diffraction of light through the Fresnel's zone.

Keywords: Fresnel, diffraction, zone plate.

Nhận bài: 15/02/2025

Phản biện: 17/03/2025

Duyệt đăng: 22/03/2025

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Giống như hiện tượng giao thoa ánh sáng, hiện tượng nhiễu xạ ánh sáng cũng là một hiện tượng thể hiện ánh sáng có tính chất sóng. Nhiễu xạ ánh sáng là hiện tượng các tia sáng bị lệch khỏi phương truyền thẳng khi gặp các vật cản có kích thước nhỏ. Có thể giải thích định tính hiện tượng nhiễu xạ ánh sáng như sau: Khi tia sáng gặp một vật cản trong suốt hoặc đục, một vùng của mặt sóng bị biến đổi về biên độ hoặc pha, khi đó nhiễu xạ sẽ xảy ra. Bài báo này khảo sát hiện tượng nhiễu xạ của sóng ánh sáng phẳng qua tấm đối Fresnel và sử dụng phương pháp đới cầu Fresnel để khảo sát định lượng hiện tượng trên.

II. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Cơ sở lý thuyết

Tấm đối Fresnel là một kính tròn đục có các vành tròn sáng, tối xen kẽ nhau, bán kính cách nhau một nửa bước sóng (hình 1). Vành tròn sáng cho ánh sáng truyền qua, gọi là những đới sáng, còn vành tròn tối không cho ánh sáng truyền qua, gọi là đới tối.



Hình 1. Cấu trúc tấm đối Fresnel

Khi chiếu chùm ánh sáng đơn sắc, song song qua tấm đối Fresnel, chúng sẽ bị nhiễu xạ. Trên màn quan sát thu được những vòng tròn đồng tâm sáng, tối xen kẽ nhau.

Xét điểm P tại tâm nhiễu xạ. Theo nguyên lý Huyghen, mỗi đới sáng khi được ánh sáng từ nguồn chiếu tới sẽ trở thành nguồn phát sáng thứ cấp gửi ánh sáng đến điểm P. Khoảng cách của hai đới cầu kế tiếp tới điểm P khác nhau $\lambda/2$. Các đới cầu đều nằm trên mặt sóng, nghĩa là pha dao động của tất cả các điểm trên mọi đới cầu đều như nhau. Kết quả, hiệu pha của hai dao động sáng do hai đới cầu kế tiếp gây ra tại P là:

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}(L_1 - L_2) = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{\lambda}{2} = \pi \quad (1)$$

Như vậy hai dao động sáng do hai đới cầu kế tiếp gây ra tại P ngược pha nhau nên chúng sẽ khử lẫn nhau. Vì P ở khá xa mặt sóng, ta coi các dao động sáng do các đới cầu gây ra tại P cùng phương, do đó dao động sáng tổng hợp do các đới gây ra tại P sẽ là:

$$a = a_1 - a_2 + a_3 - a_4 + \dots \pm a_m \quad (2)$$

Trong đó a_m là biên độ dao động sáng của đới cầu thứ m gửi đến P và dấu “+” nếu đới m là lẻ và dấu “-” nếu đới m là chẵn.

$$a = \frac{a_1}{2} + \left(\frac{a_1}{2} - a_2 + \frac{a_3}{2} \right) + \left(\frac{a_3}{2} - a_4 + \frac{a_5}{2} \right) + \dots + \left\{ \frac{a_m}{2} \right. \quad (3)$$

$$\left. \frac{a_{m-1}}{2} - a_m \approx -\frac{a_m}{2} \right.$$

Từ (2) và (3), ta có thể viết:

$$a = \frac{a_1}{2} \pm \frac{a_m}{2} \quad (4)$$

Lấy dấu “+” nếu đới m là lẻ và dấu “-” nếu đới m là chẵn. Đặc biệt nếu $m=1$ thì tại tâm nhiễu xạ là sáng nhất và tại tâm nhiễu xạ là tối nhất nếu $m=2$.

Tóm lại điểm P có thể sáng hoặc tối tùy theo vị trí của tâm nhiễu xạ P. Trong bài thí nghiệm này khảo sát cường độ sáng tại tâm nhiễu xạ khi thay đổi vị trí tâm nhiễu xạ P.

Như vậy khi di chuyển điểm P lại gần hoặc ra xa tấm đới thì tại điểm P sẽ quan sát thấy cường độ sáng, tối luân phiên nhau.

Gọi P₁ là điểm tại tâm nhiễu xạ sáng nhất, và hiệu quang lộ của hai tia sáng phát đi từ hai đới sáng liên tiếp bằng một nửa bước sóng, khoảng cách từ tấm đới đến P₁ là f_1 , như vậy khoảng cách

từ đới thứ nhất đến P₁ là $\left(f_1 + \frac{\lambda}{2}\right)$ (hình 2). Áp dụng Pitago ta có:

$$r_1^2 = \left(f_1 + \frac{\lambda}{2}\right)^2 - f_1^2 = f_1\lambda + \frac{\lambda^2}{4} \approx f_1\lambda \quad (5)$$

(vì λ rất nhỏ, do đó bỏ qua λ^2).

Gọi P_m là điểm tại đó tâm nhiễu xạ là vân sáng bậc m . Khoảng cách từ tấm đới đến P_m là f_m ,

khoảng cách từ đới thứ nhất đến P_m là $\left(f_m + m\frac{\lambda}{2}\right)$. Áp dụng Pitago ta có:

$$r_1^2 = \left(f_m + m\frac{\lambda}{2}\right)^2 - f_m^2 = f_m\lambda + m\frac{\lambda^2}{4} \approx f_m\lambda \quad (6)$$

Từ (5) và (6) ta có: với $m = 1, 3, 5, \dots$

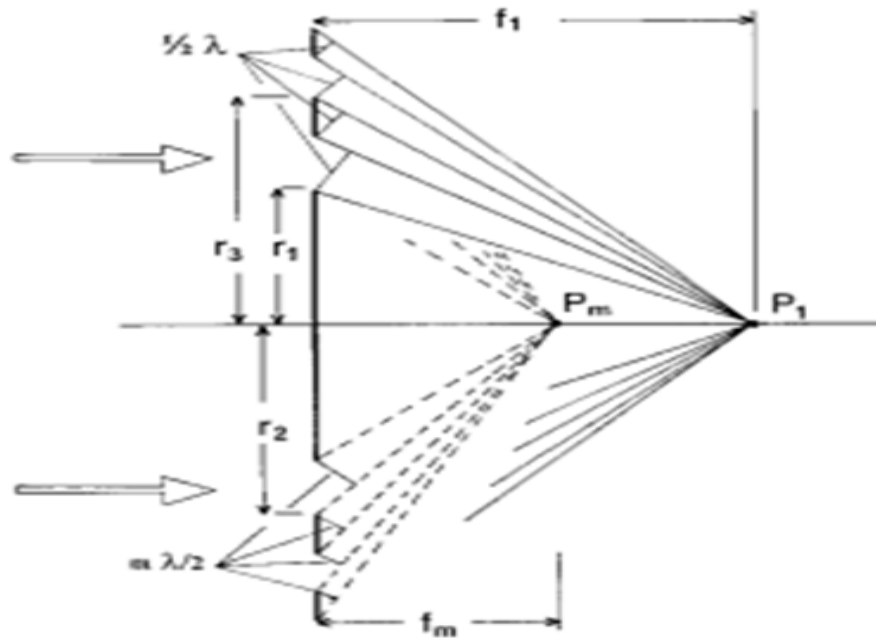
$$f_m = \frac{f_1}{m} \quad \text{với } m = 1, 3, 5, \dots \quad (7)$$

Mặt khác vì hai đới cầu liên tiếp cách nhau $\frac{\lambda}{2}$, do đó bán kính r_m của đới thứ m là:

$$r_m^2 = \left(f_1 + m\frac{\lambda}{2}\right)^2 - f_1^2 \approx f_m\lambda \quad (8)$$

Thay (7) vào (8) ta được bán kính của đới thứ m là:

$$r_m = m\sqrt{f_m\lambda} \quad (9)$$

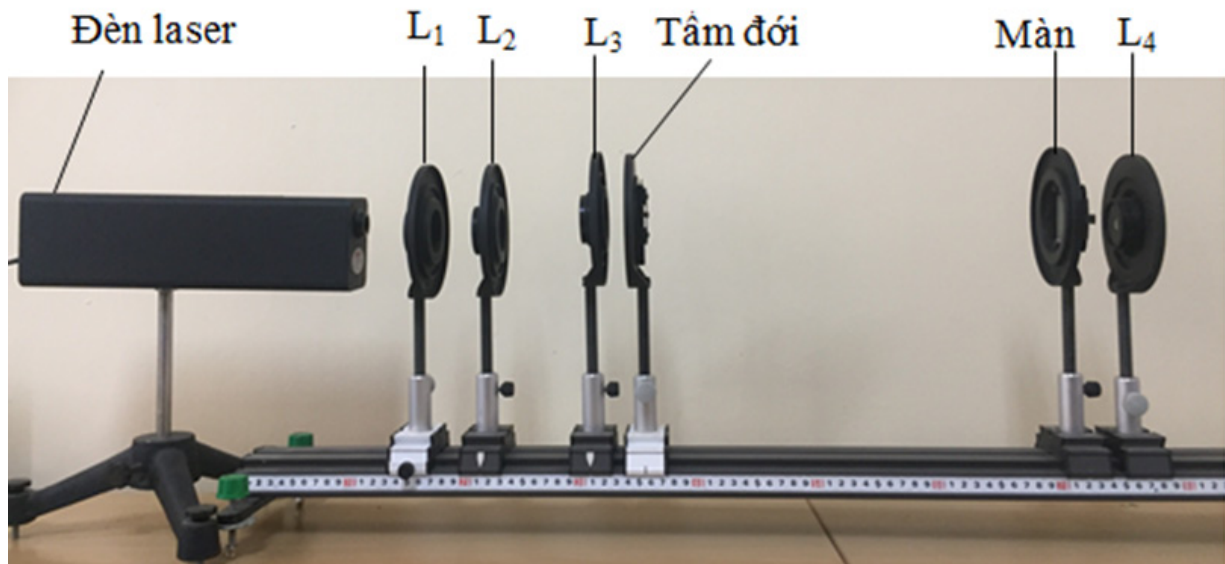


Hình 2.

2.2. Thiết bị thí nghiệm

- Đèn laser He – Ne 1mW, 220 V, bước sóng $\lambda = 632,8$ nm.
- Tấm đới Fresnel có bán kính đới thứ nhất là $r_1 = 0,6$ mm.
- Bộ gá thí nghiệm.

- Các thấu kính hội tụ tiêu cự 20 mm (L1), 50 mm (L2), 100 mm (L3), 50 mm (L4).
 - Màn quan sát thủy tinh và kính phân cực.
 - Ray quang học.
- Bộ thí nghiệm được lắp ráp như hình 3.



Hình 3. Sơ đồ thí nghiệm khảo sát sự nhiễu xạ của sóng phẳng qua đôi cầu Fresnel

Hình 3 cho thấy chùm laser được mở rộng nhờ hệ thấu kính L_1, L_2, L_3 , để được chùm sáng có đường kính khoảng 5mm. Quan sát qua thấu kính L_4 thấy hình ảnh nhiễu xạ trên màn là những vòng tròn sáng, tối xen kẽ nhau.

Để xác định bán kính của các đới lẻ $r_1, r_3, r_5, \dots$ thì sau khi chỉnh được hệ vân nhiễu xạ, di chuyển đồng thời thấu kính L_4 và màn quan sát đến điểm P_1 , khoảng cách từ P_1 đến tấm đôi là f_1 . Sau đó chuyển đồng thời thấu kính L_4 và màn quan sát lại gần tấm đôi sao cho tâm nhiễu xạ lại sáng rõ, điểm đó chính là P_3 , và khoảng cách từ P_3 đến tấm đôi gọi là f_3 , tương tự như vậy xác định vị trí các

điểm $P_5, P_7, \dots$ tương ứng với vị trí tại đó tâm nhiễu xạ là vân sáng kế tiếp, sau đó thay các giá trị $f_1, f_3, f_5, \dots$ vào (5) xác định được bán kính $r_1, r_3, r_5, \dots$

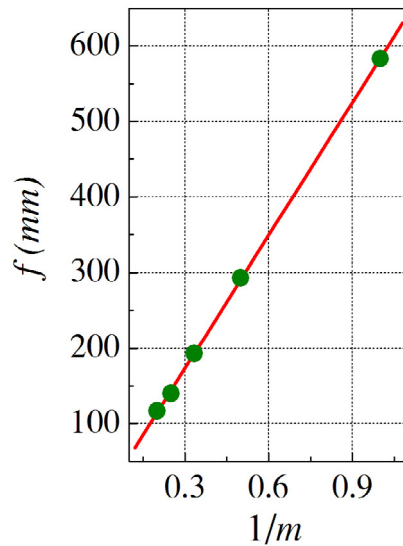
Để xác định bán kính của các đới cho vân tối đó là $r_2, r_4, \dots$ di chuyển hệ thấu kính L_4 và màn quan sát về điểm P_1 , sau đó từ P_1 di chuyển hệ thấu kính L_4 và màn quan sát lại gần tấm đôi đến vị trí tâm nhiễu xạ cho vân tối, điểm đó là P_2 , khoảng cách từ P_2 đến tấm đôi là f_2 , tương tự như vậy xác định vị trí các điểm $P_4, \dots$ tương ứng với vị trí tại đó tâm nhiễu xạ là vân tối kế tiếp, sau đó thay các giá trị $f_2, f_4, \dots$ vào (5) xác định được bán kính $r_2, r_4, \dots$

2.3. Kết quả thí nghiệm

Bảng 1: Khoảng cách từ tâm nhiễu xạ đến tấm đôi

m	f (mm)	r_{TN} (mm)	r_{LT} (mm)
1	583	0,61	0,6
2	293	0,86	0,85
3	193	1,05	1,04
4	140	1,19	1,20
5	117	1,35	1,34

Vẽ đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của khoảng cách từ tâm nhiễu xạ đến tấm đôi (f) theo nghịch đảo của số đới ($1/m$)



Hình 4. Đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của khoảng cách từ tâm nhiều xạ đến tâm đơi theo nghịch đảo của số đơi.

Từ đồ thị nhận thấy khoảng cách từ tâm nhiều xạ đến tâm đơi tỷ lệ bậc nhất theo nghịch đảo của số đơi, hoàn toàn phù hợp với lý thuyết trình bày ở phần trên.

III. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày phần lý thuyết về nhiễu xạ của sóng ánh sáng qua đơi cầu Fresnel, đồng thời cũng đã tiến hành xây dựng bài thí nghiệm: Nhiễu xạ của sóng phẳng qua tấm đơi Fresnel với số liệu xác định được hoàn toàn phù hợp với thực tế.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Lương Duyên Bình (2001). Giáo trình vật lý đại cương tập 3. NXB Giáo dục. Hà Nội.
2. Yuri V.Gusev, (2014). On the integral law of thermal radiation. Russian Journal of Mathematical Physics, 21 (4),460-471.
3. Mick Carr, Kenvin Mather, Lin Watts (2002). Physics and data collection, Pasco Scientific in U.S.A.