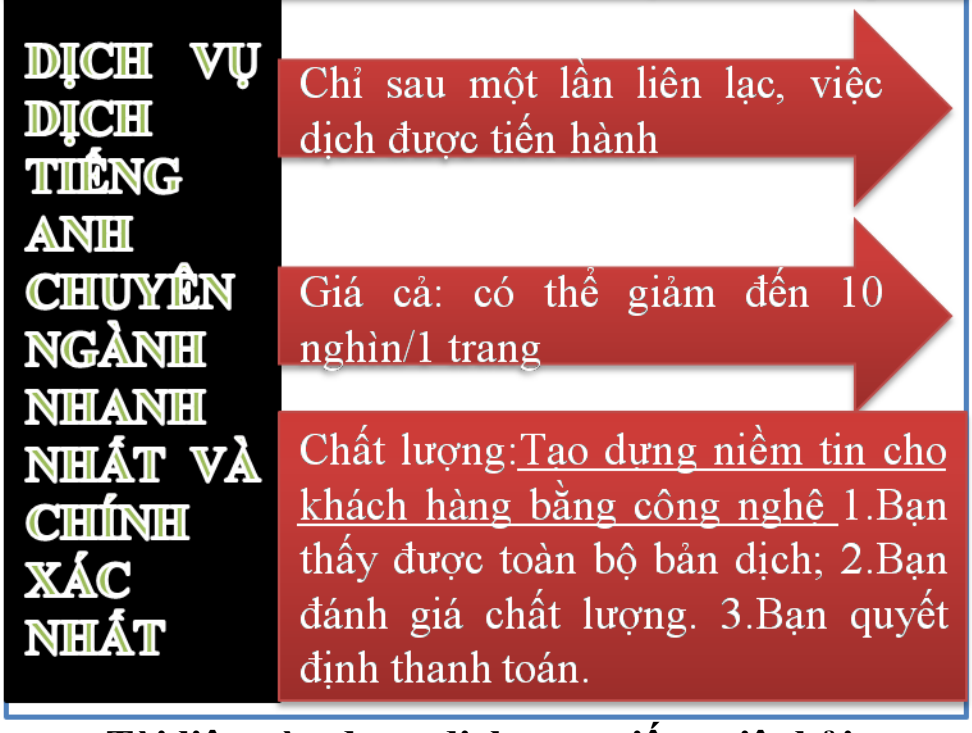
Theo yêu cầu của khách hàng, trong một năm qua, chúng tôi đã dịch qua 16 môn học, 34 cuốn sách, 43 bài báo, 5 sổ tay (chưa tính các tài liệu từ năm 2010 trở về trước) Xem ở đây



Tài liệu này được dịch sang tiếng việt bởi:

www.mientayvn.com

Từ bản gốc:

https://docs.google.com/file/d/0B2JJJMzJbJcwZGhyWFAyQ2RMV3M/edit

Liên hệ:

thanhlam1910_2006@yahoo.com hoặc frbwrthes@gmail.com

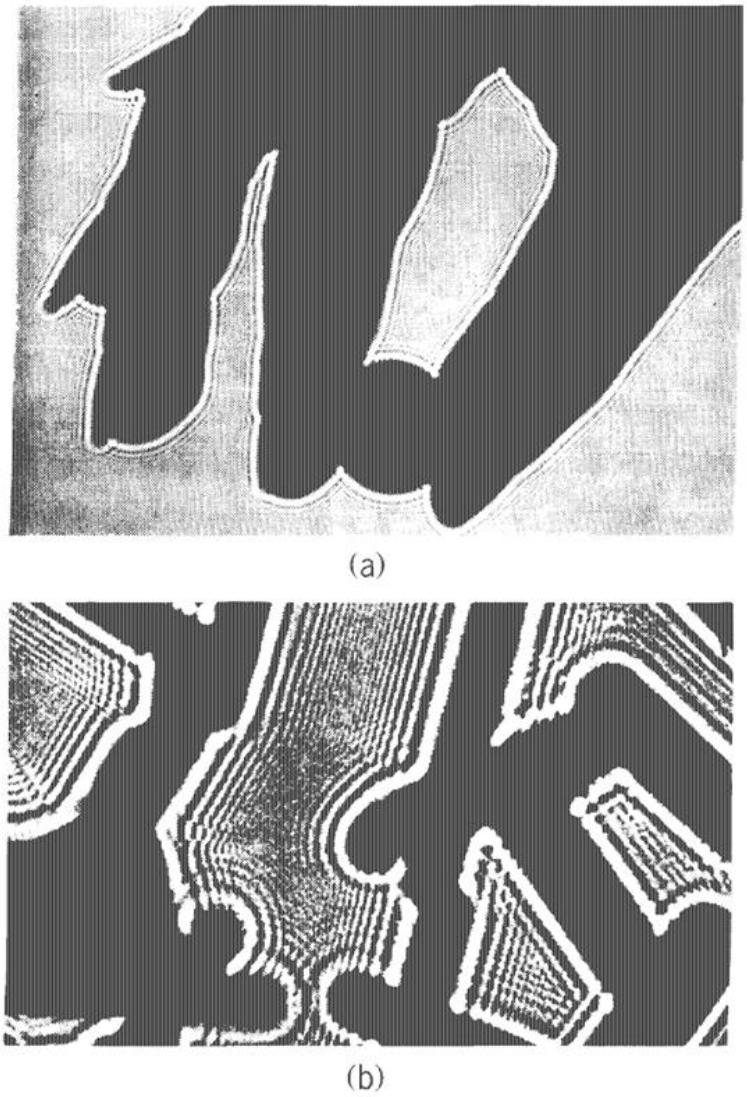
Dịch tài liệu của bạn:

http://www.mientayvn.com/dich_tieng_anh_chuyen_nghanh.html

Nhiễu xạ

10.1.Xem xét sơ bộ

Một vật chắn sáng được đặt giữa màn ảnh và nguồn điểm sẽ tạo ra một bóng phức tạp bao gồm các vùng sáng và tối không giống như những gì quang hình học tiên đoán (xem các bức ảnh).*Công trình của Francesco Grimaldi được xuất bản lần đầu tiên vào những năm 1600 đã nghiên cứu chi tiết về ***sự lệch của ánh sáng truyền thẳng này***, và ông ta gọi hiện tượng này là "diffractio."Đây là một hiện tượng sóng đặc trưng xuất hiện khi một phần của mặt đầu sóng của sóng vật chất hoặc sóng ánh sáng bị cản trở.



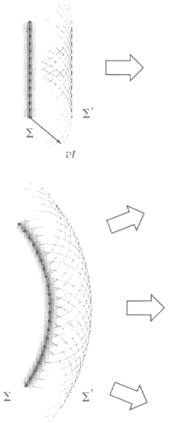
(a) Bóng của bàn tay Mary giữ một đồng 10 xu đổ trực tiếp trên một màng polaroit A.S.A 3000 4x5 dùng một chùm laser He-Ne và không dùng thấu kính. (b) Nhiễu xạ Fresnel của các electron trên tinh thể oxit kẽm.

……
……
……

* Hiệu ứng rất dễ thấy, nhưng bạn cần một nguồn khá mạnh. Một đèn cường độ cao chiếu qua một lỗ nhỏ là thích hợp nhất. Nếu bạn nhìn bóng của một cây bút chì do một nguồn điểm chiếu sáng, bạn sẽ nhìn thấy một vùng sáng chói không bình thường có viền xung quanh và một vùng sáng yếu ở giữa bóng. Hãy quan sát kĩ bóng của bàn tay bạn khi được chiếu sáng dưới ánh sáng mặt trời.

Nếu trong quá trình gặp chướng ngại vật, có thể là vật trong suốt hoặc mờ đục, một vùng của mặt đầu sóng bị thay đổi biên độ và pha, nhiễu xạ sẽ xuất hiện.* Những phần khác nhau của mặt đầu sóng truyền không bị vật chắn cản trở, sẽ tạo nên một phân bố năng lượng-cường độ đặc trưng được gọi là vân nhiễu xạ. Không có sự khác biệt lớn về mặt vật lí giữa giao thoa và nhiễu xạ. Tuy nhiên, đã trở thành thói quen, nếu không cần chính xác, thì ta có thể nói giao thoa là sự chồng chất của một vài sóng và nhiễu xạ là sự chồng chất một số lượng lớn sóng. Dù là như thế, giao thoa nhiều chùm tia và nhiễu xạ cách tử vẫn có những đặc trưng riêng của chúng.

Sẽ rất hay nếu xét bài toán nhiễu xạ theo quan điểm lí thuyết ánh sáng hiện đại, cụ thể là điện động lực học lượng tử (QED), nhưng đó là điều không cần thiết, việc phân tích quá phức tạp và sẽ không đem lại nhiều thông tin hơn. Cho nên chúng ta chỉ nghiên cứu một cách định tính xem QED có thể được áp dụng cho các trường hợp cơ bản như thế nào. Tuy nhiên, đối với trường hợp của chúng ta, lí thuyết sóng cổ điển với phương pháp luận hiệu quả và đơn giản nhất sẽ hữu dụng hơn nhiều. Nhưng, khi nào cần, chúng ta sẽ dùng phân tích Fourier để hiểu sâu hơn vấn đề, và phương pháp này sẽ được đề cập đến trong chương tiếp theo.



Hình 4.26

Nguyên lí Huyghens-Fresnel

Để bước đầu tiếp cận vấn đề, chúng ta hãy xét nguyên lí Huyghen. Mỗi điểm trên mặt đầu sóng có thể được xem như nguồn phát sóng cầu thứ cấp. Do đó, quá trình lan truyền qua môi trường của mặt đầu sóng hoặc bất cứ phần nào của nó, cũng có thể được xác định sơ bộ. Tại bất cứ thời điểm nào, hình dạng của mặt đầu sóng sẽ là đường bao của các sóng cầu thứ cấp (Hình 4.26) . Rõ ràng, phương pháp này không quan tâm đến các sóng thứ cấp, chỉ quan tâm đến các đường bao. Vì thế, như một lẽ tất yếu, nguyên lí Huyghens không thể khảo sát chi tiết quá trình nhiễu xạ. Qua kinh nghiệm thực tế, chúng ta cũng có thể dễ dàng thấy điều này đúng. Những sóng âm (chẳng hạn, $\upsilon = 500Hz$, $\lambda \approx 68cm$) dễ dàng "uốn lượn" qua các vật thể lớn như cột cáp điện thoại hoặc các cành cây, nhưng bóng của các vật thể này khác nhau khi được chiếu bằng ánh sáng (sóng ánh sáng). Tuy nhiên, nguyên lí Huyghens không xét đến bước sóng và sẽ tiên đoán cấu hình mặt đầu sóng của hai trường hợp này hoàn toàn giống nhau.

Fresnel giải quyết khó khăn này bằng cách bổ sung khái niệm giao thoa. Nguyên lí Huygens-Fresnel phát biểu rằng mọi điểm không bị cản trở của mặt đầu sóng, tại một thời điểm cho trước, đóng vai trò như một nguồn phát sóng cầu thứ cấp (cùng tần số như sóng sơ cấp). Biên độ của trường quang học tại bất kì điểm nào ngoài nó là sự chồng chất của tất cả các sóng thứ cấp này (xét biên độ và pha tương đối của chúng).

Áp dụng những ý tưởng này ở mức định tính đơn giản nhất, chúng ta hãy xét các bức ảnh trong thí nghiệm với chậu nước và ảnh minh họa quá trình này trong hình 10.1. Nếu mỗi điểm không bị cản trở trên sóng phẳng tới đóng vai trò như một nguồn thứ cấp kết hợp,

.....

*Nhiễu xạ trên các vật trong suốt thường không được khảo sát. Nếu bạn đã từng lái xe ô tô vào ban đêm với vài giọt mưa trên kính mắt, chắc chắn bạn quen thuộc với hiện tượng này. Nếu không, hãy nhỏ vài giọt nước hoặc nước bọt lên tấm thủy tinh, giữ nó gần mắt bạn, và nhìn thẳng qua nó khi đặt nó trên một nguồn điểm, bạn sẽ thấy những vân sáng và tối.

hiệu quang lộ cực đại giữa chúng sẽ là $\Lambda_{\max} = \left|\overline{AP} - \overline{BP}\right|$, tương ứng với nguồn điểm tại mỗi mép khe. Nhưng $\Lambda_{\max}$ sẽ nhỏ hơn hoặc bằng $\overline{AB}$, dấu = xảy ra khi P ở trên màn. Khi $\lambda > \overline{AB}$, như trong hình 10.3, thì $\lambda > \Lambda_{\max}$, và bởi vì các sóng lúc đầu cùng pha, tất cả chúng giao thoa tăng cường (với các góc biến đổi) ở mọi điểm P. Vì thế, nếu bước sóng lớn hơn so với khe, sóng sẽ mở rộng với góc lớn hơn khi qua vật cản. Và khe càng nhỏ hơn, các sóng nhiễu xạ càng trở nên tròn hơn (có thể bạn cần phải nhìn lại quan điểm này khi học phần quang học Fourier (trang 397).

Còn trường hợp ngược lại $\lambda < \overline{AB}$ (như chậu nước tronh hình a). Vùng $\Lambda_{\max} < \lambda$ là một vùng nhỏ mở rộng thẳng ra phía trước khe, và chỉ ở đó, tất cả các sóng mới giao thoa tăng cường. Ở ngoài vùng này, một số sóng có thể giao thoa triệt tiêu, và "bóng" bắt đầu hình thành. Hãy nhớ rằng dạng hình học lí tưởng nhất của bóng ứng với $\lambda \to 0$.

Theo quan điểm cổ điển, lí do mà ánh sáng có mặt ở phía ngoài màn là vì vô số các sóng thứ cấp phát ra từ khe "giao thoa"; nghĩa là chúng kết hợp (như các vector pha) tại mọi điểm trong vùng, một số nơi tăng cường, một số nơi triệt tiêu, phụ thuộc vào hiệu quang lộ.

Theo quan điểm cơ học lượng tử, lí do mà ánh sáng có mặt ở phía ngoài màn là vì vô số các biên độ khả dĩ của photon từ khe giao thoa; nghĩa là chúng kết hợp (như các vector pha) tại mọi điểm trong vùng, một số nơi tăng cường, một số nơi triệt tiêu, phụ thuộc vào hiệu quang lộ. Khi lỗ rộng cỡ vài bước sóng (như trong chậu nước hình a), nhiều đường đi đến điểm P tương ứng với một khoảng rộng của các pha. Xét tất cả các đường đi về phía trước đến một điểm P_0 nào đó. Đường thẳng đi từ S đến P_0 tương ứng với quang lộ cực tiểu. Những đoạn đường khác đi qua khe đến P_0 hơi dài hơn (phụ thuộc vào kích thước của khe) và có những vecto pha (tất cả những cái mà chúng ta chọn có cùng độ lớn) tập hợp xung quanh một giá trị quang lộ tĩnh, giống như trong hình 4.68. Chúng có sự lệch pha rất nhỏ (nửa +, nửa -) và vì vậy khi cộng đầu-đuôi chúng trở thành một đường, và vì thế tạo ra một biên độ tổng hợp lớn. Một máy đếm photon đặt tại P_0 sẽ phát hiện nhiều ánh sáng. Nếu lệch khỏi hướng thẳng về trước (nơi hiệu quang lộ không tĩnh), các vecto pha có độ lệch pha tương đối lớn với nhau và tất cả cùng dấu. Dùng phép cộng đầu-đuôi, ta được một đường xoắn ốc, vecto tổng hợp có thể rất nhỏ hoặc bằng 0. Một detector đặt tại P_1 sẽ đếm được vài photon và nếu đặt tại P_2 thì hầu như không phát hiện được photon nào.

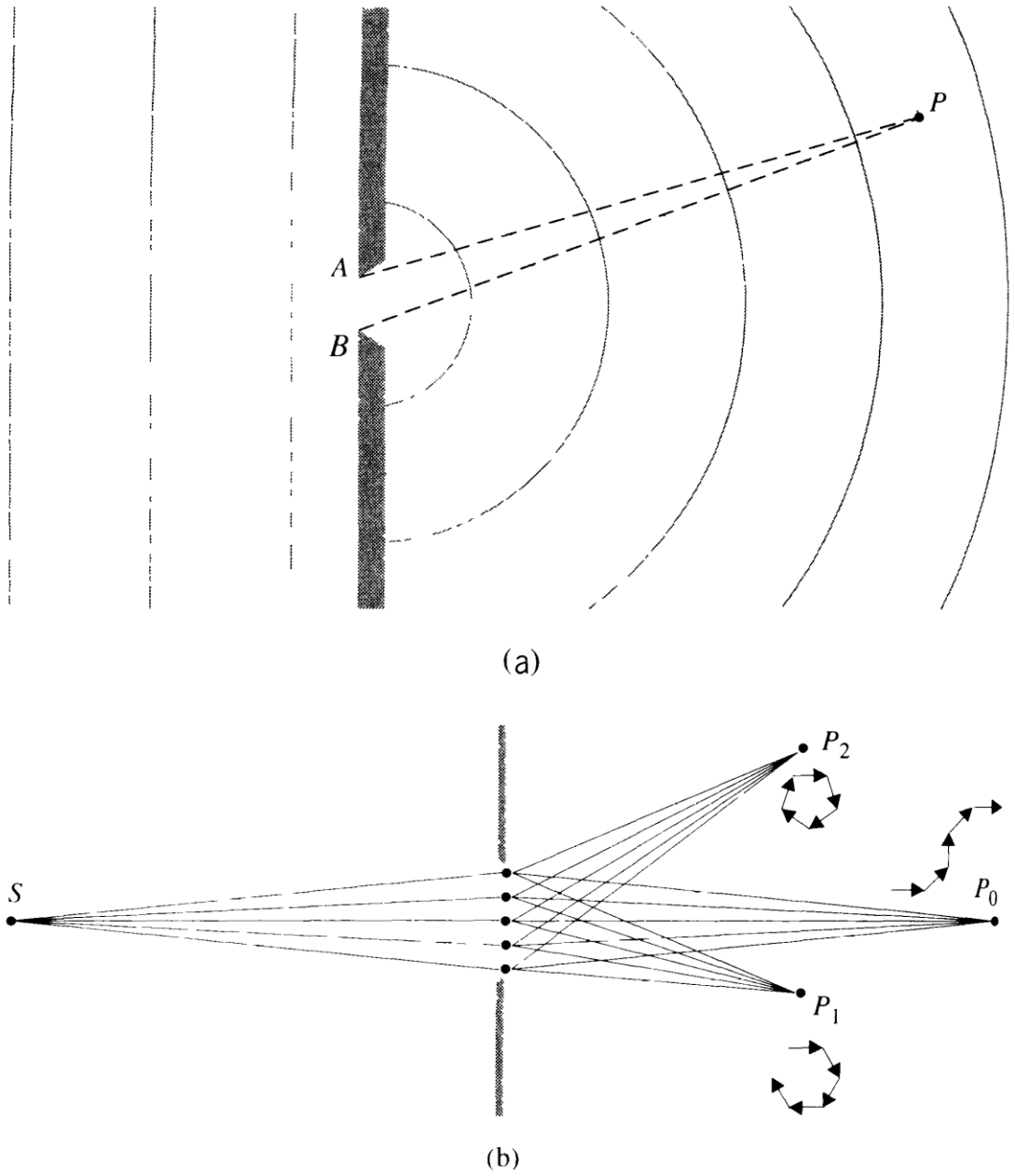


Figure 10.1 Diffraction at a small aperture. (*a*) The classical wave picture. (*b*) The view via QED and probability amplitudes.

Bây giờ, nếu khe được làm cho nhỏ hơn nhiều, số photon tại P_1 và P_2 tăng, thậm chí số photon tại P_0 có thể giảm xuống. Với lỗ hẹp, tất cả các đường thẳng đến P_1 và P_2 gần như bằng nhau, nghĩa là có quang lộ gần giống nhau. Do đó, sự chênh lệch về pha nhỏ hơn nhiều, các đường xoắn ốc vecto pha không còn tự khép kín, và biên độ xác suất cuối cùng, mặc dù nhỏ, nhưng xuất hiện ở mọi nơi.

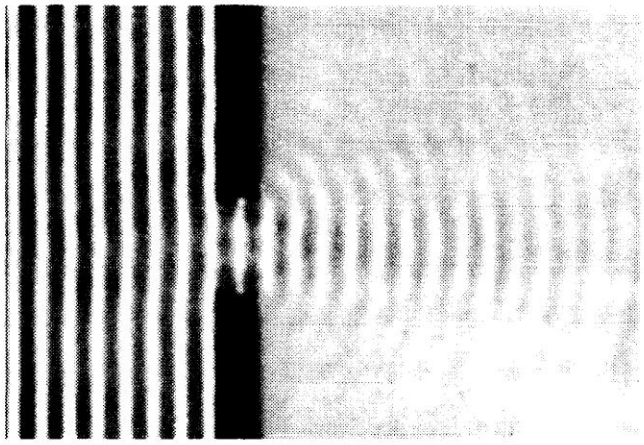
Về mặt định lượng, cả điện động lực học lượng tử và nguyên lí Huyghens-Fresnel cổ điển đều dẫn đến các kết luận tổng quát hoàn toàn giống nhau: nhiễu xạ và giao thoa là trọng tâm của quá trình.

Nguyên lí Huyghens-Fresnel có một số nhược điểm (chúng ta sẽ khảo sát sau), và toàn bộ những gì chúng ta đã xét cho đến lúc này chỉ là lí thuyết. Gustav Kirchhoff đã xây dựng một lí thuyết chính xác hơn dựa trên nghiệm của phương trình sóng vi phân. Kirchhoff, người cùng thời với Maxwell đã thực hiện công trình của mình trước thí nghiệm Hertz (hiện nay đã khá nổi tiếng) về sự truyền của sóng điện từ vào năm 1887. Theo đó, Kirchhoff đã sử dụng lí thuyết rắn-đàn hồi cũ hơn của ánh sáng. Phương pháp phân tích của ông ấy bổ sung cho giả thuyết của Fresnel và dẫn đến phương pháp luận chính xác hơn về nguyên lí Huyghens như một hệ quả chính xác của phương trình sóng. Dù là như thế, lí thuyết Kirchhoff là một phương pháp gần đúng chỉ có giá trị đối với bước sóng đủ nhỏ - nghĩa là, khi khe nhiễu xạ có kích thước lớn so với λ. Một khó khăn nảy sinh từ điều kiện: nghiệm của phương trình vi phân riêng phải thỏa mãn các điều kiện biên tùy thuộc vào hình dạng của vật cản. Loại nghiệm này chỉ thu được trong vài trường hợp đặc biệt. Lí thuyết Kirchhoff được áp dụng khá tốt, cho dù nó chỉ khảo sát các sóng vô hướng và không xét đến việc ánh sáng là một trường vecto ngang.

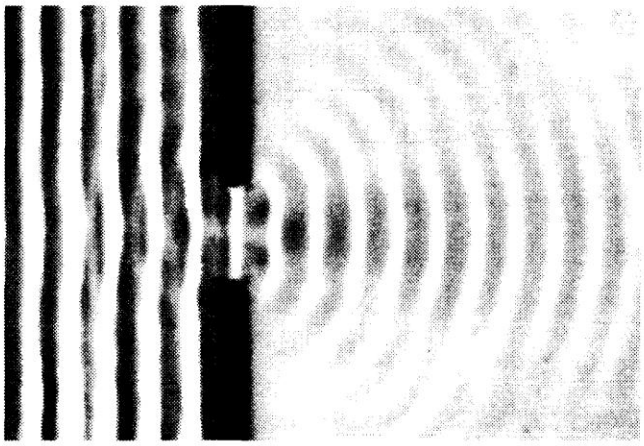
Cần nhấn mạnh rằng vấn đề xác định nghiệm chính xác của một cấu hình nhiễu xạ cụ thể là một trong những vấn đề khó giải quyết nhất trong quang học. Một nghiệm đầu tiên như thế được khảo sát bởi Arnold Johannes Wilhelm Sommerfeld (1868-1951) bằng lí thuyết điện từ ánh sáng vào năm 1896. Mặc dù, về mặt vật lí, bài toán hơi phi thực tế, nó đề cập đến một vật chắn sáng mỏng vô hạn, một màng phẳng dẫn hoàn hảo, tuy thế kết quả cực kì có giá trị, mang đến một ý tưởng tốt để hiểu sâu hơn về các quá trình cơ bản có liên quan.

Thậm chí, ngày nay, nghiệm chính xác loại này không tồn tại đối với nhiều cấu hình được quan tâm trong thực tế. Vì nó phi thực tế, nên chúng ta sẽ chuyển hướng chú ý sang các phương pháp gần đúng của Huygens-Fresnel và Kirchhoff. Trong thời gian gần đây, kĩ thuật sóng viba đã được sử dụng để nghiên cứu đặc tính của trường nhiễu xạ có thực về mặt quang học. Lí thuyết Kirchhoff đã bất lực trước những đối tượng này. Trong nhiều trường hợp, phương pháp Huyghens-Fresnel đơn giản hơn sẽ phù hợp với nhu cầu của chúng ta.

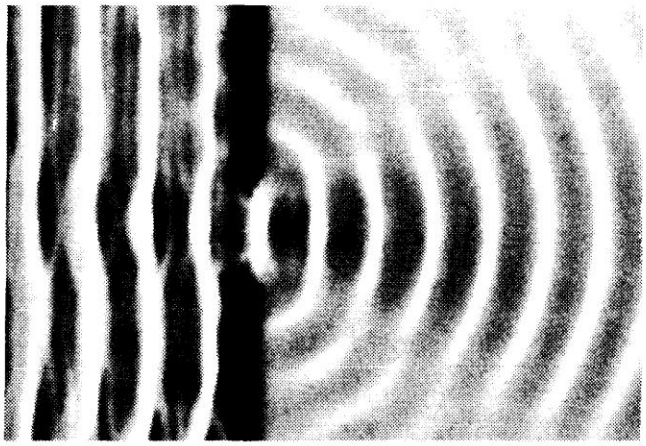
10.1.1 Vật cản trở mờ đục



(a)



(b)



(c)

Diffraction through an aperture with varying λ as seen in a ripple tank.
(Photo courtesy PSSC *Physics*, D. C. Heath, Boston, 1960.)