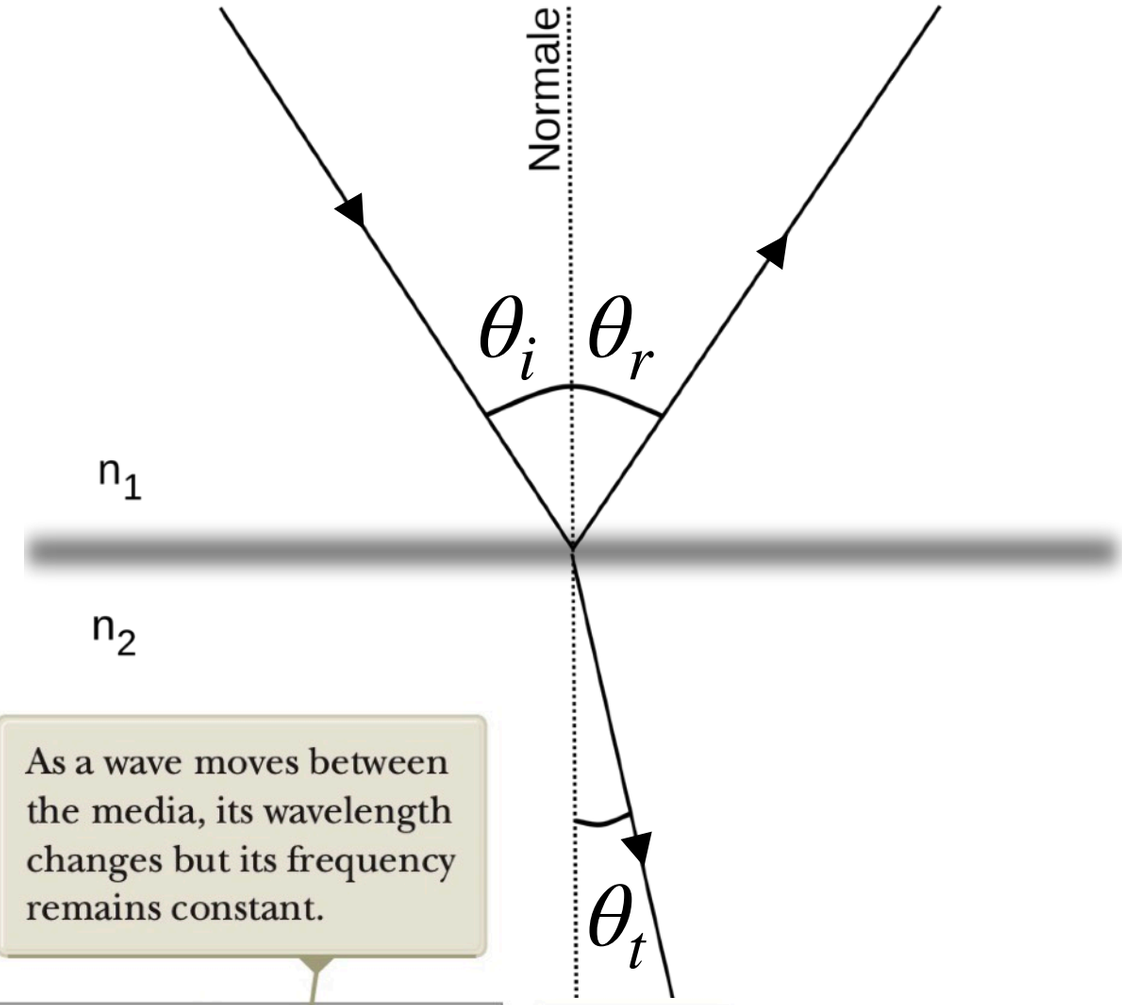
Review: Reflection and refraction



As a wave moves between the media, its wavelength changes but its frequency remains constant.

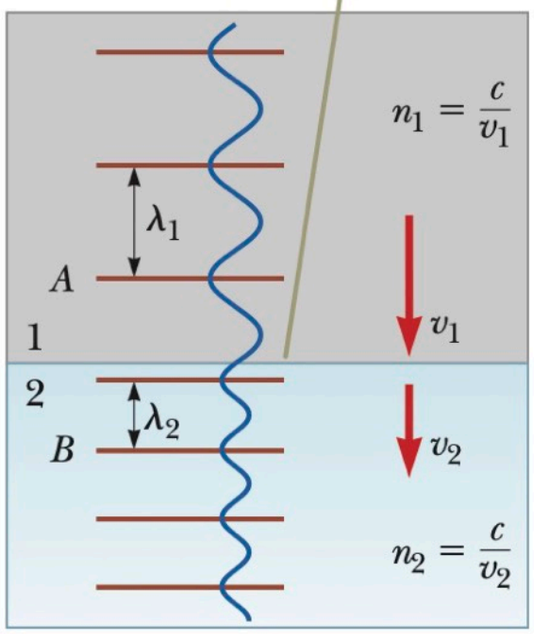


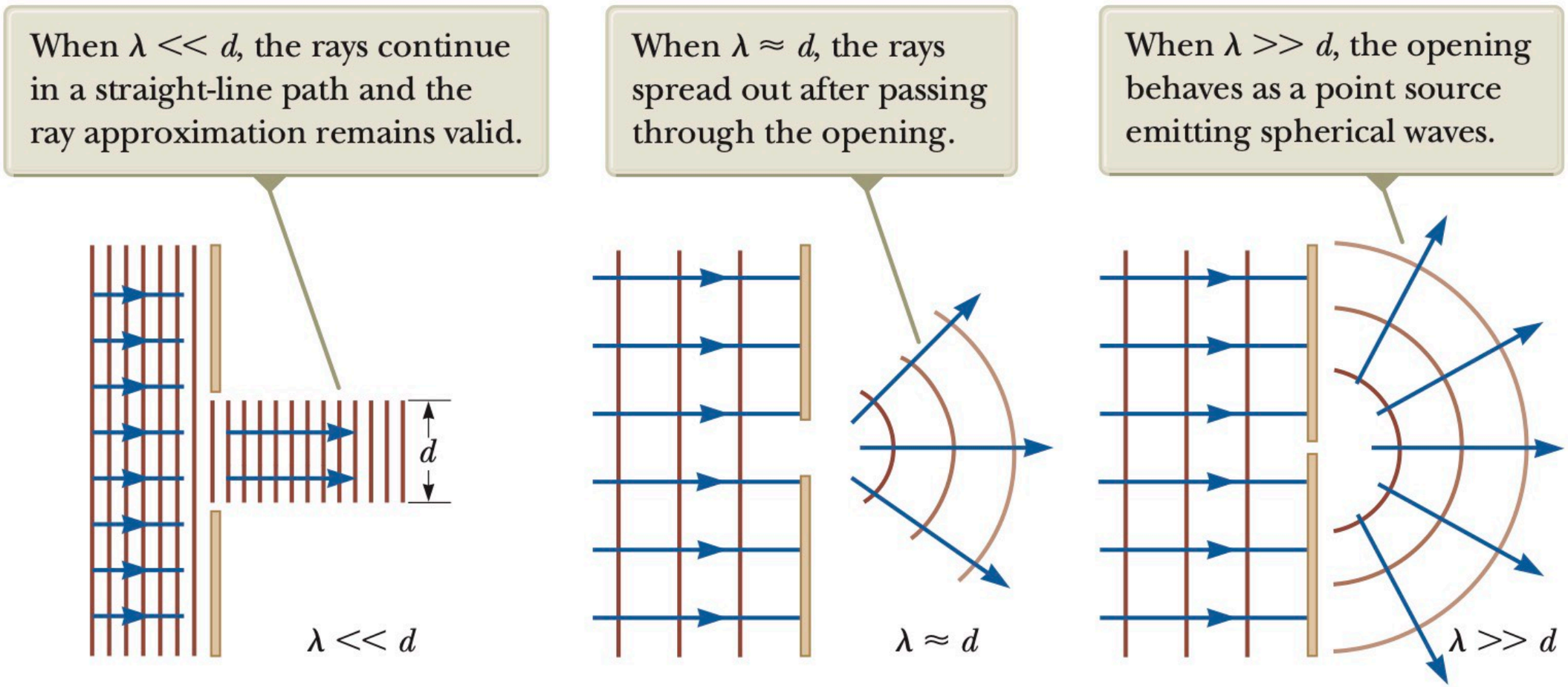
Table 35.1 Indices of Refraction

Substance	Index of Refraction	Substance	Index of Refraction
Solids at 20°C		*Liquids at 20°C*	
Cubic zirconia	2.20	Benzene	1.501
Diamond (C)	2.419	Carbon disulfide	1.628
Fluorite (CaF_2)	1.434	Carbon tetrachloride	1.461
Fused quartz (SiO_2)	1.458	Ethyl alcohol	1.361
Gallium phosphide	3.50	Glycerin	1.473
Glass, crown	1.52	Water	1.333
Glass, flint	1.66		
Ice (H_2O)	1.309	*Gases at 0°C, 1 atm*	
Polystyrene	1.49	Air	1.000 293
Sodium chloride (NaCl)	1.544	Carbon dioxide	1.000 45

Note: All values are for light having a wavelength of 589 nm in vacuum.

Review: Diffraction

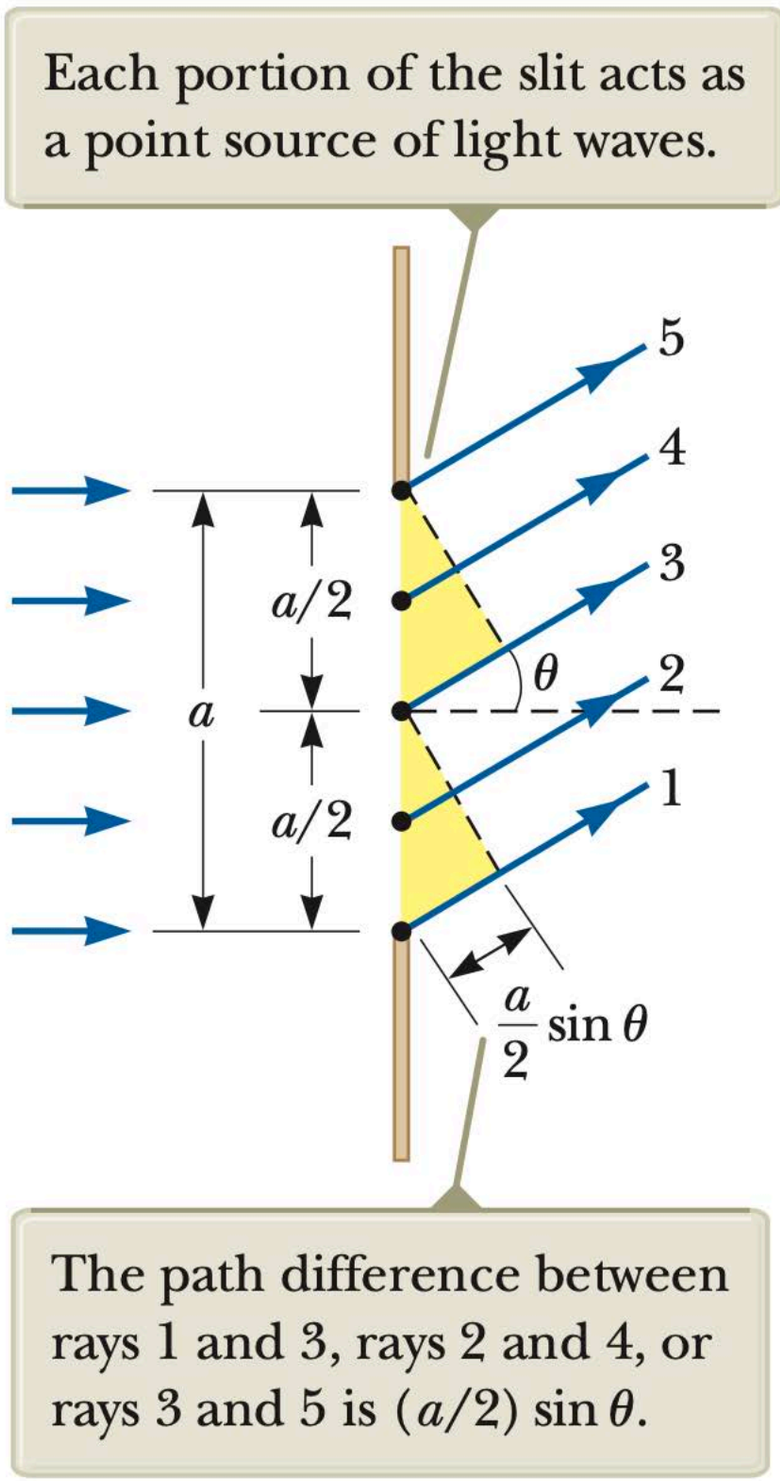
When light passes through a narrow slit, it spreads beyond the narrow path defined by the slit into regions that would be in shadow if light traveled in straight lines. This phenomenon is called **diffraction**.

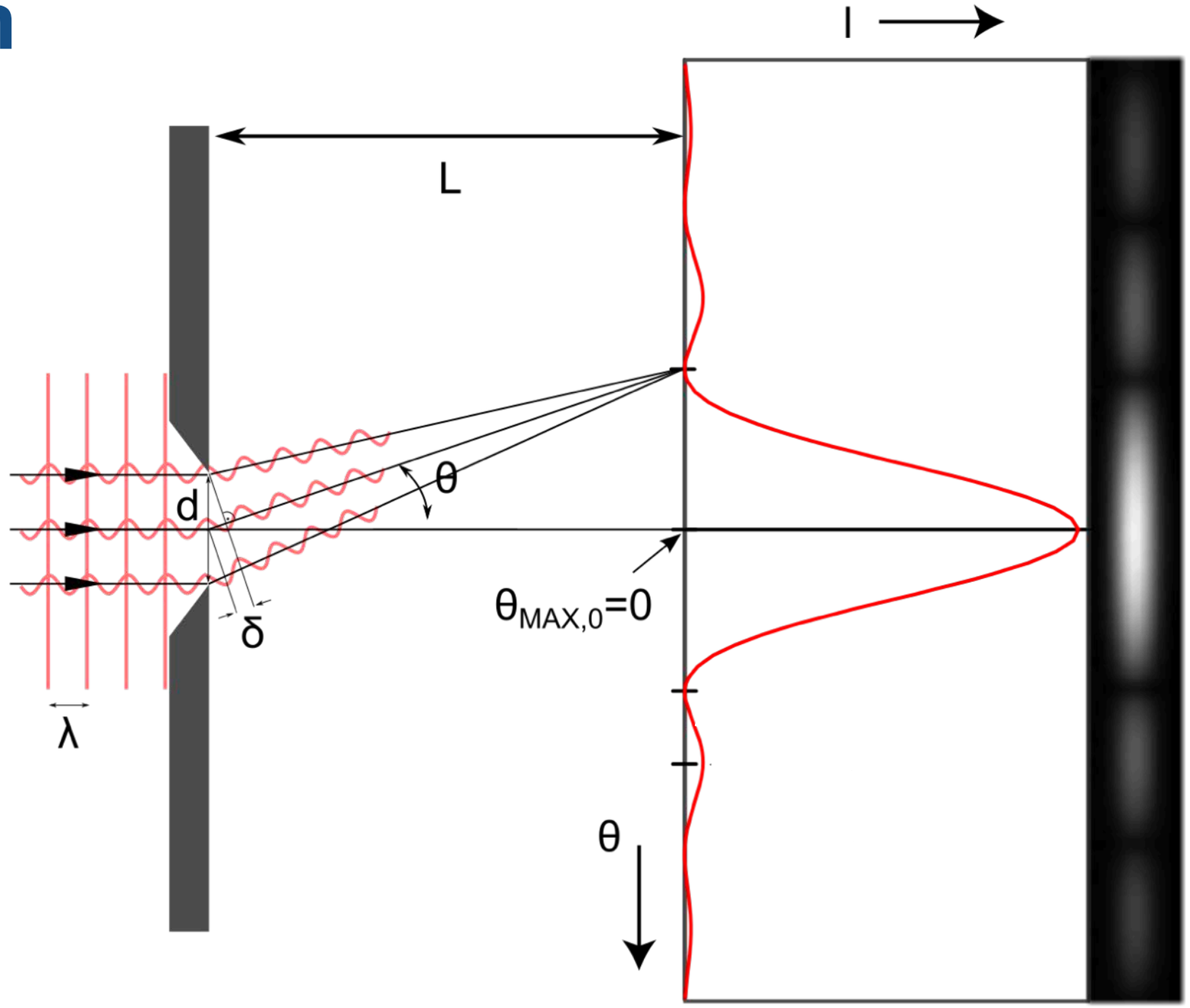


Fraunhofer diffraction: all light rays are approximately parallel to each other. We consider situation with long distance from the diffracting object.

Fresnel diffraction: the diffraction pattern created near the object.

Review: Diffraction





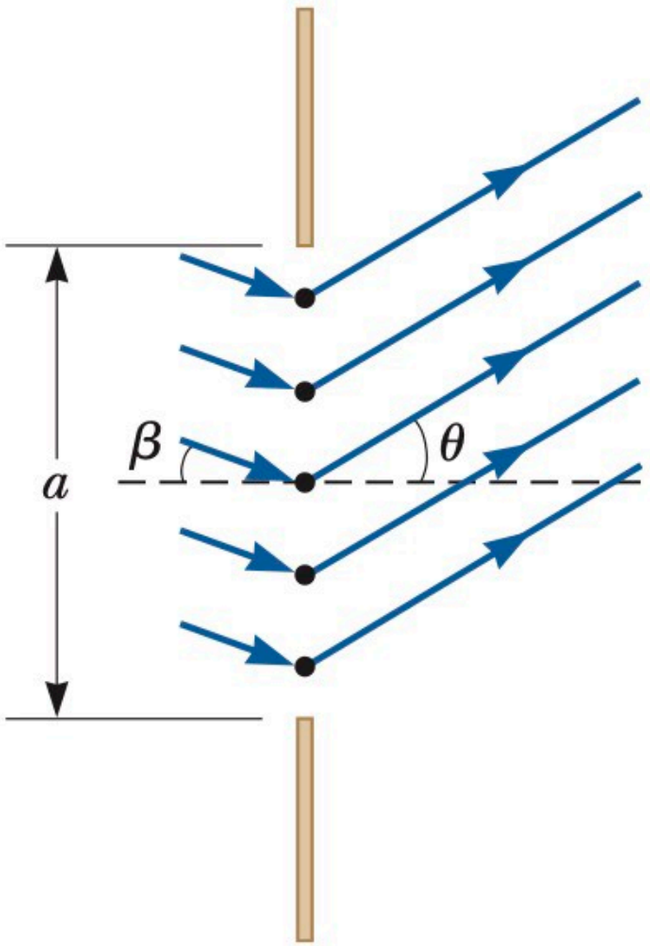
General condition for destructive interference:

Exercise

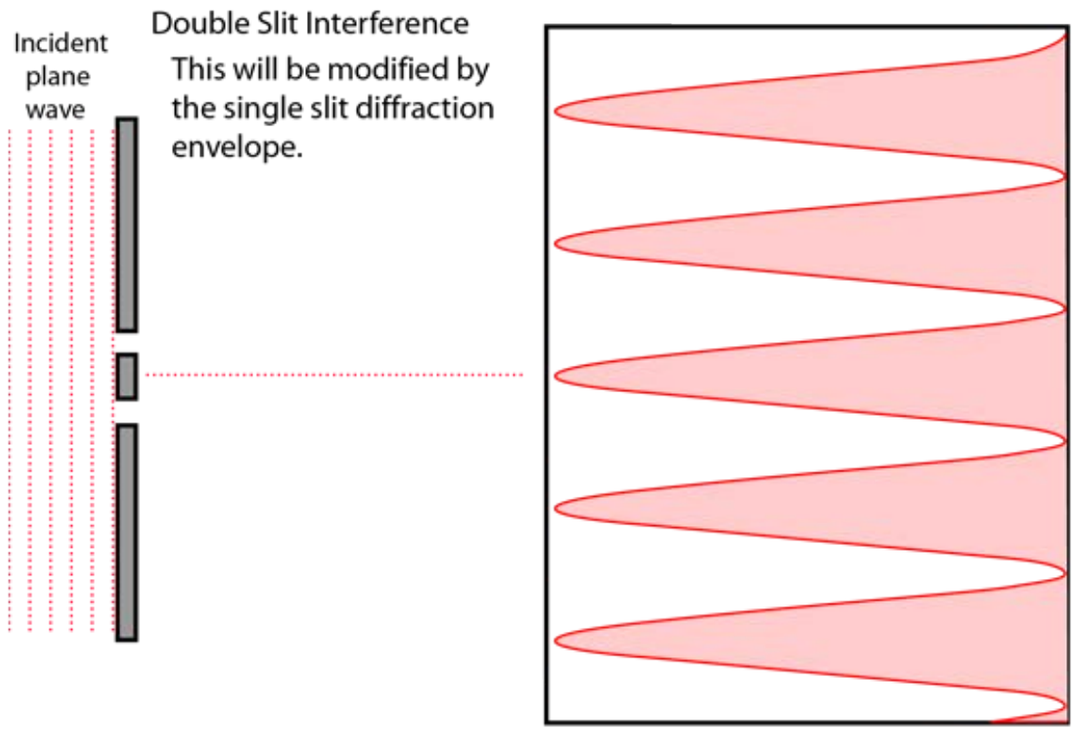
A screen is placed 50.0 cm from a single slit, which is illuminated with light of wavelength 690 nm. If the distance between the first and third minima in the diffraction pattern is 3.00 mm, what is the width of the slit?

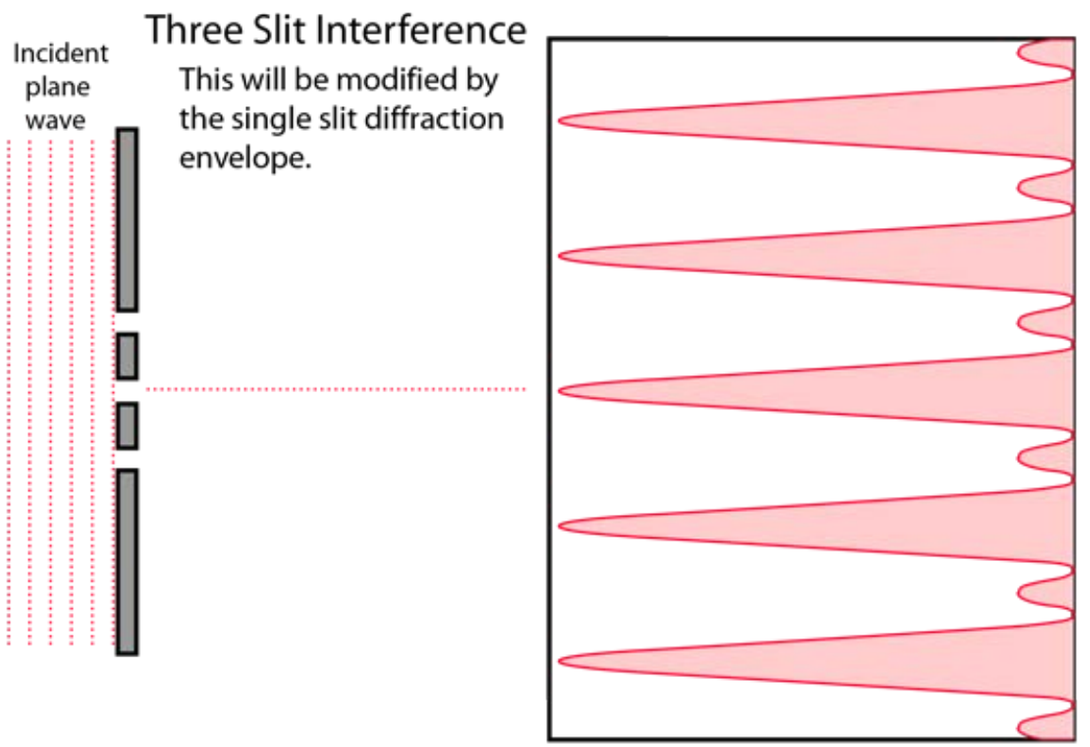
Exercise

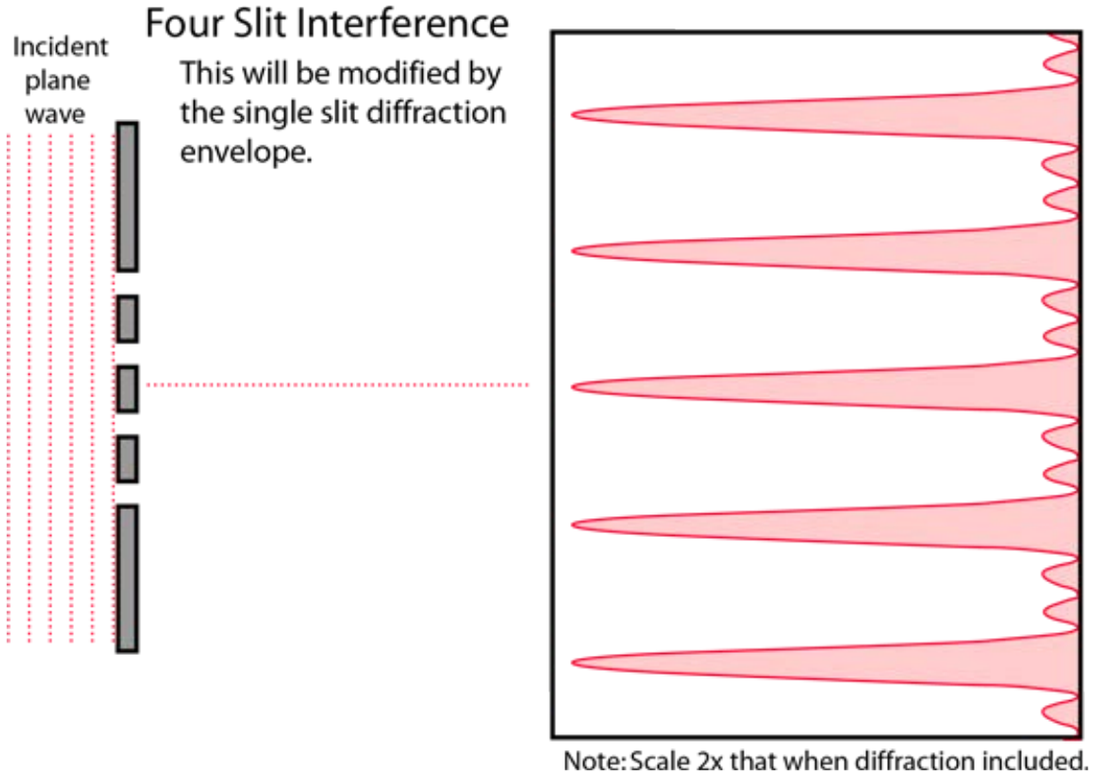
Suppose light strikes a single slit of width a at an angle β from the perpendicular direction as shown in the figure. Show that the condition for destructive interference, must be modified to read $\sin\theta_{\text{dark}} = m\dfrac{\lambda}{a} - \sin\beta$; where $m = \pm 1, \pm 2,...$

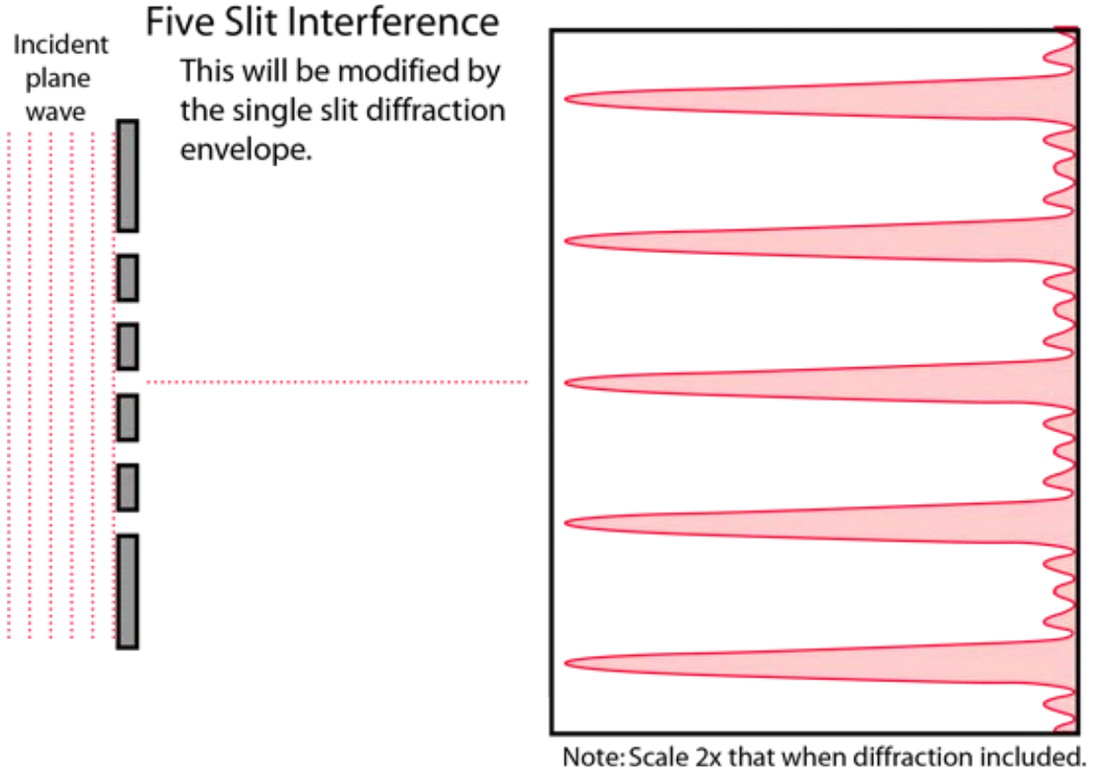


Interference patterns from N slits

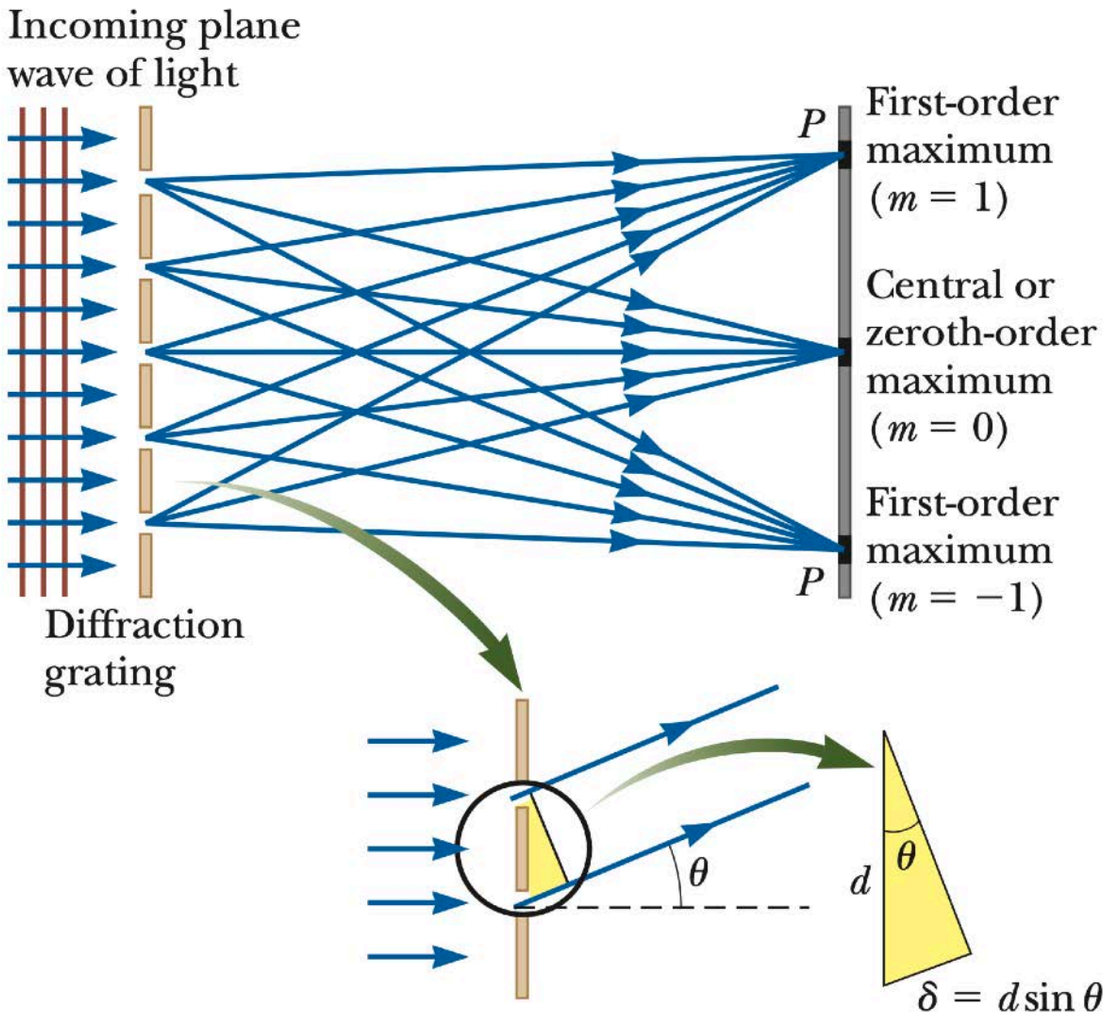


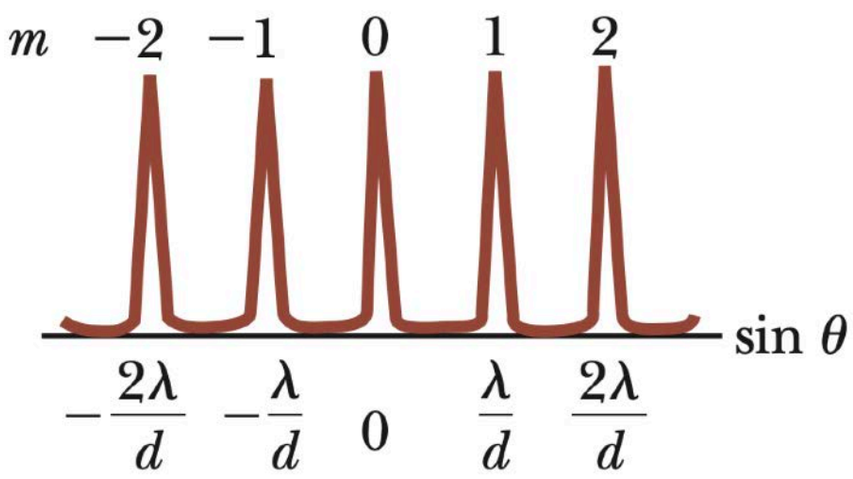






Grating





The diffraction grating, a useful device for analyzing light sources, consists of a large number of equally spaced parallel slits. A transmission grating can be made by cutting parallel grooves on a glass plate with a precision ruling machine. The spaces between the grooves are transparent to the light and hence act as separate slits. For example, a typical grating ruled with 5000 grooves/cm has a slit spacing d = (1/5000) cm = 2.00×10^{-4} cm.

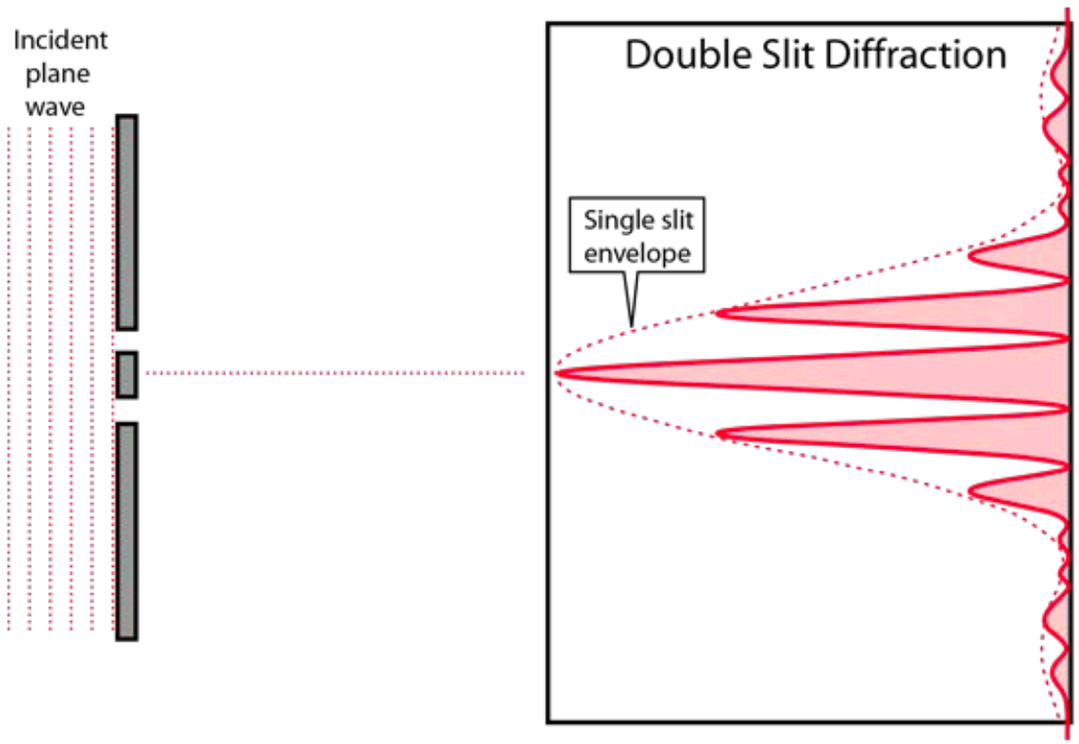
Exercise

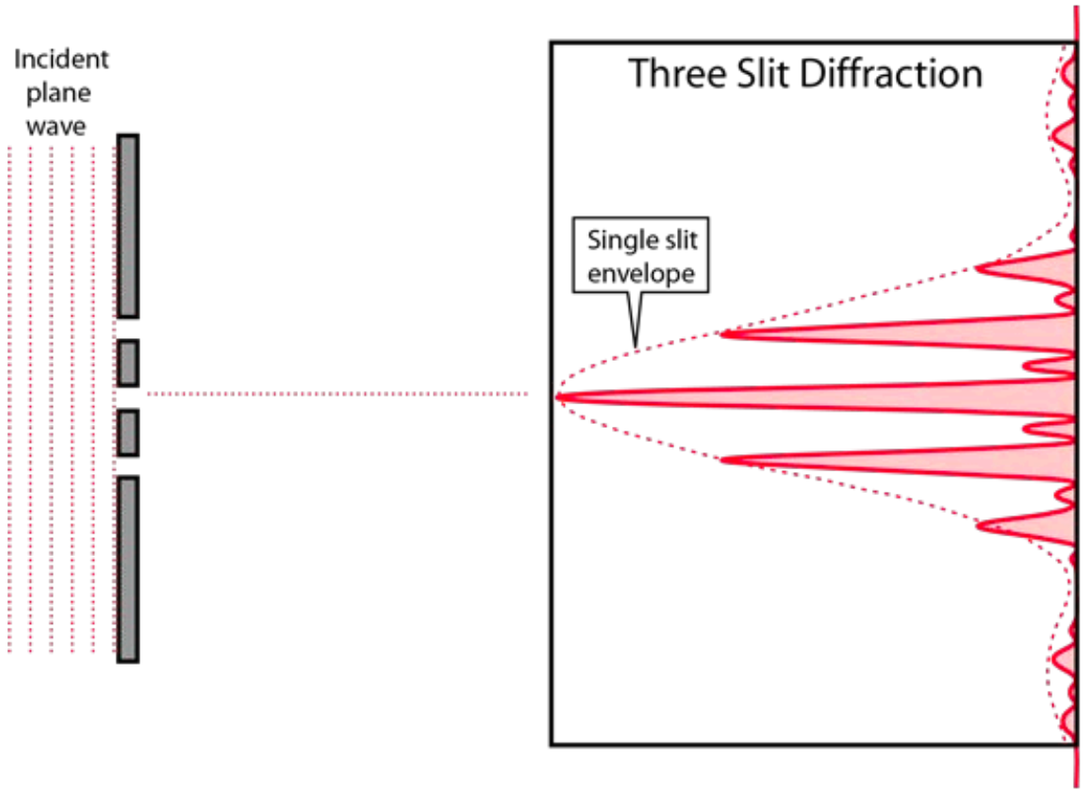
A helium–neon laser ($\lambda = 632.8$ nm) is used to calibrate a diffraction grating. If the first-order maximum occurs at 20.5°, what is the spacing between adjacent grooves in the grating?

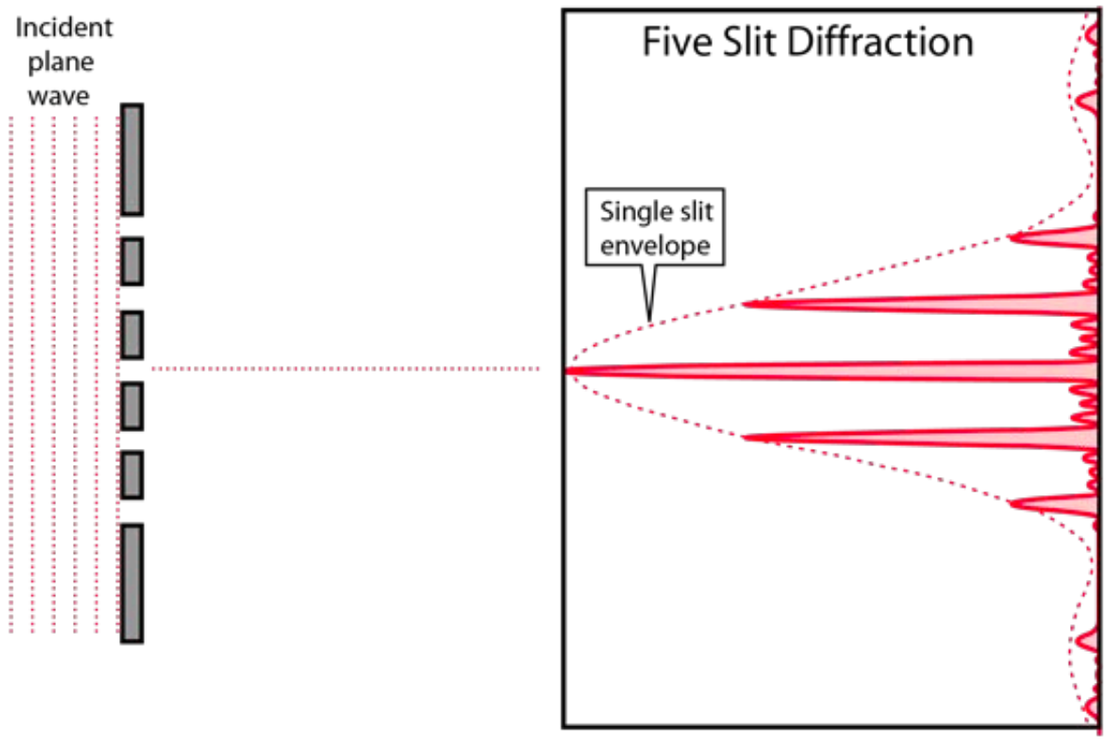
Exercise

Light of wavelength 500 nm is incident normally on a diffraction grating. If the third-order maximum of the diffraction pattern is observed at 32.0°, (a) what is the number of rulings per centimeter for the grating? (b) Determine the total number of primary maxima that can be observed in this situation.

Interference + diffraction patterns from N slits



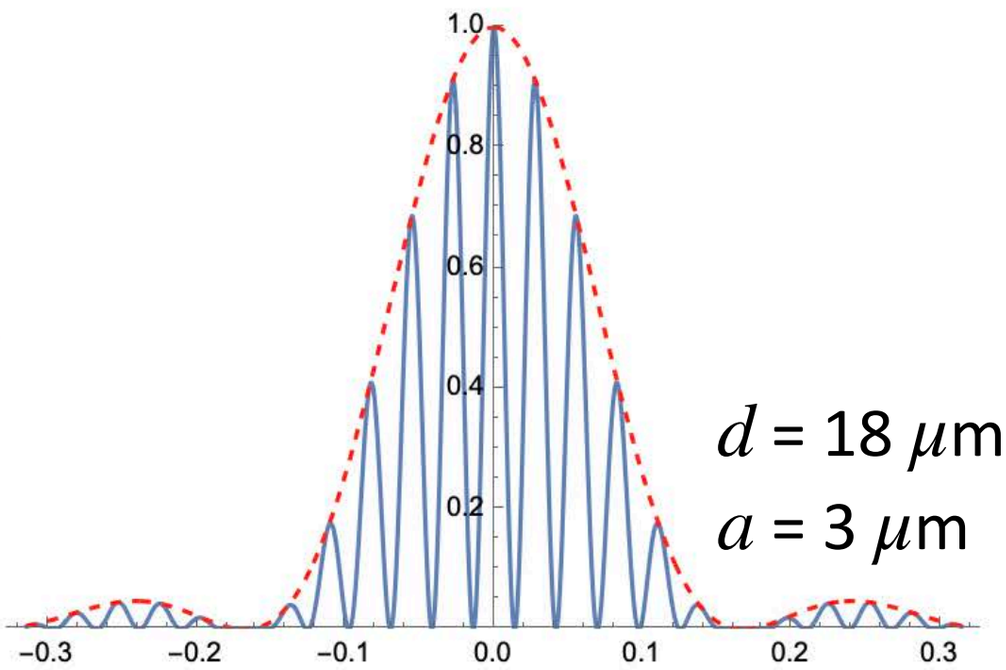




Interference + diffraction patterns from N slits

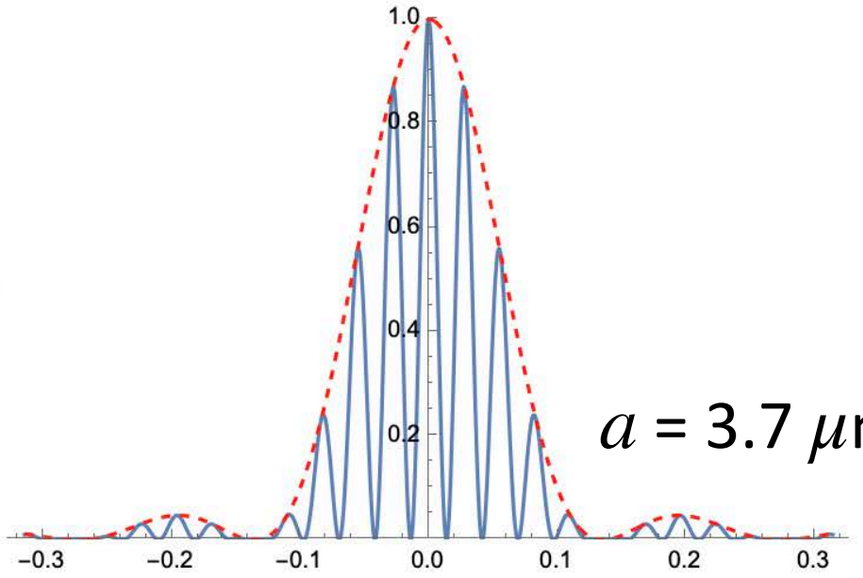
In[64]:=
```
IntDifInten[d_, a_, t_, w_] := (Cos[π * d * Sin[t] / w])^2 (Sin[π * a * Sin[t] / w] / (π * a * Sin[t] / w))^2;

DifInten[d_, a_, t_, w_] := (Sin[π * a * Sin[t] / w] / (π * a * Sin[t] / w))^2;

a = Plot[IntDifInten[18 * 10^-6, 3 * 10^-6, t, 500 * 10^-9], {t, -0.1 π, 0.1 π}, PlotRange → {0, 1}];
b = Plot[DifInten[18 * 10^-6, 3 * 10^-6, t, 500 * 10^-9], {t, -0.1 π, 0.1 π}, PlotRange → {0, 1}, PlotStyle → {Red, Dashed}];
Show[a, b]
```

Out[68]=

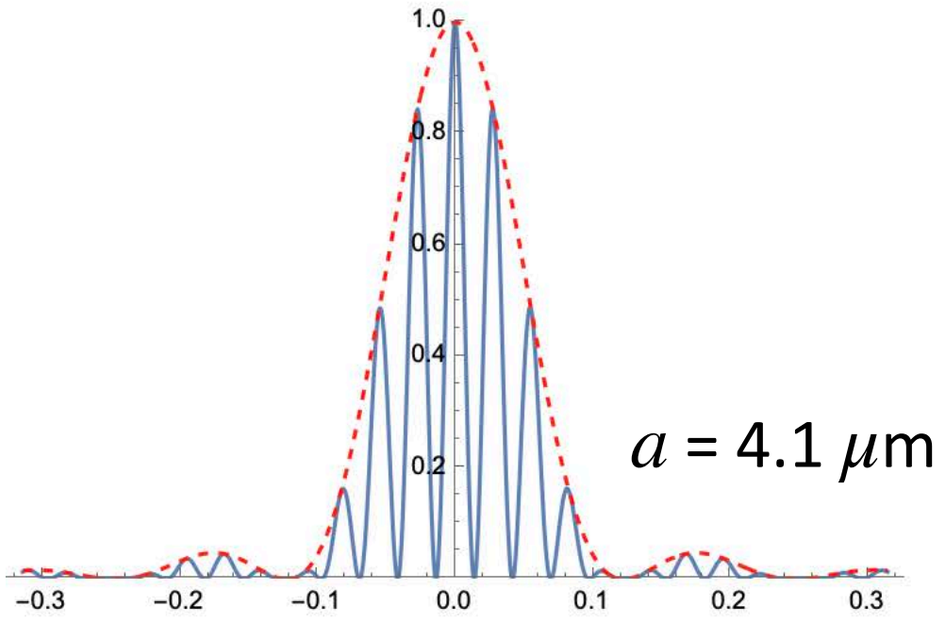


d = 18 μm

a = 3 μm



a = 3.7 μm



a = 4.1 μm

Exercise

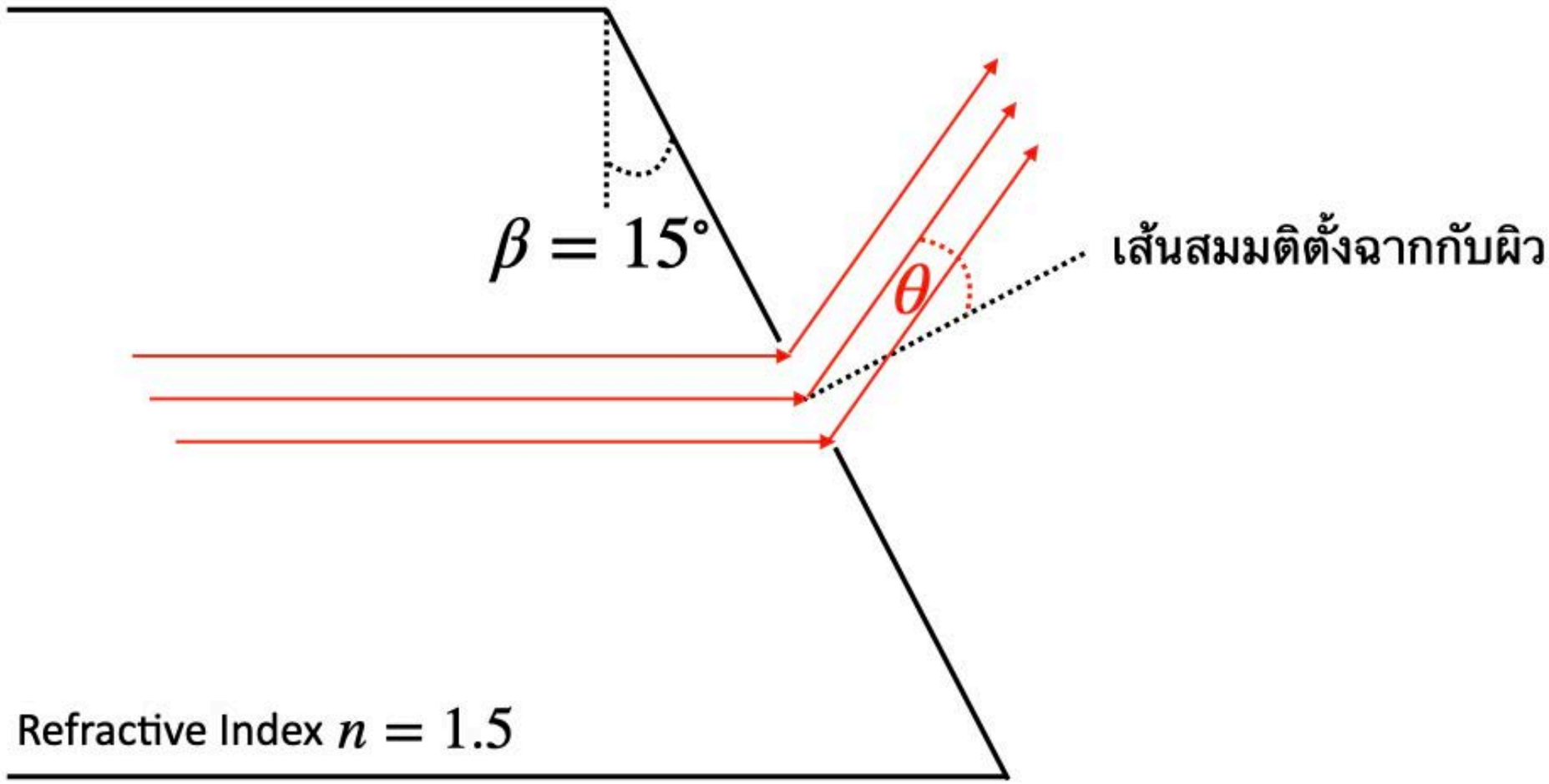
ฉายแสงเลเซอร์ความยาวคลื่น 580 นาโนเมตร ผ่านสลิตคู่ที่มีขนาดช่องเปิด 80 ไมโครเมตร และอยู่ห่างกัน 0.30 มิลลิเมตร ปรากฏภาพบนฉากซึ่งห่างจากสลิตเป็นระยะ 3.2 เมตร จงหาว่าในระหว่างแถบมืดคู่แรกจากการเลี้ยวเบน จะมีแถบมืดเนื่องจากการแทรกสอดอยู่กี่แถบ

Exercise

ให้แสงส่องผ่านแท่งโปร่งแสงอันหนึ่งที่ทำจากวัสดุที่มีดัชนีหักเห n = 1.5 ดังรูป โดยด้านปลายของแท่งโปร่งแสงนี้ถูกทำให้ทึบแสง เหลือเพียงช่องสลิตเล็ก ๆ ความกว้าง a ทำให้เกิดริ้วการเลี้ยวเบน โดยให้มุมต่าง ๆ ถูกกำหนดไว้ดังรูป

(1) จงเขียนเงื่อนไขของการเกิดริ้วการเลี้ยวเบน (diffraction pattern) ซึ่งสอดคล้องกับริ้วการแทรกสอดแบบหักล้าง (destructive interference pattern) โดยใช้ตัวแปรที่โจทย์ให้

(2) จากข้อ (1) ถ้ากำหนดให้ช่องเปิดมีความกว้าง 5 ไมโครเมตร และแสงที่ส่องมามีความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร จงหาว่าแถบสว่างกลางจะมีความกว้างกี่องศา

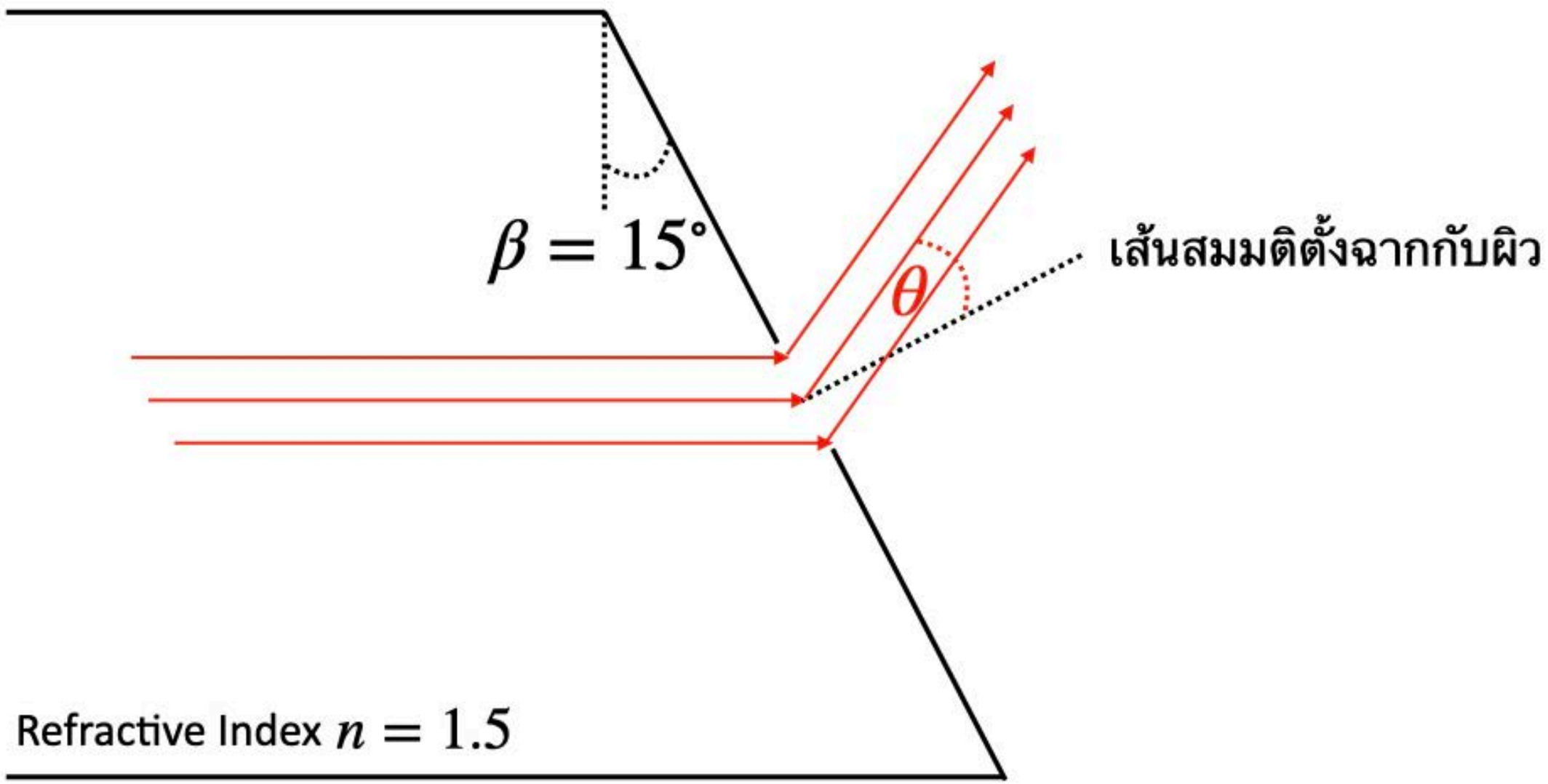


Exercise

Exercise

(3) จากข้อ (2) ถ้าจากช่องเปิดหนึ่งช่อง เราทำให้เกิดช่องเปิดอีกหนึ่งช่อง ที่มีความกว้างเท่ากัน และระยะห่างระหว่างช่องเป็น b และฉายแสงจากแหล่งกำเนิดอาพันธ์กับแสงในข้อ (2) โดยแสงเป็นลำขนานกันมา จงหาเงื่อนไขของการแทรกสอดแบบเสริม (constructive interference) และตำแหน่งของแถบสว่างกลาง

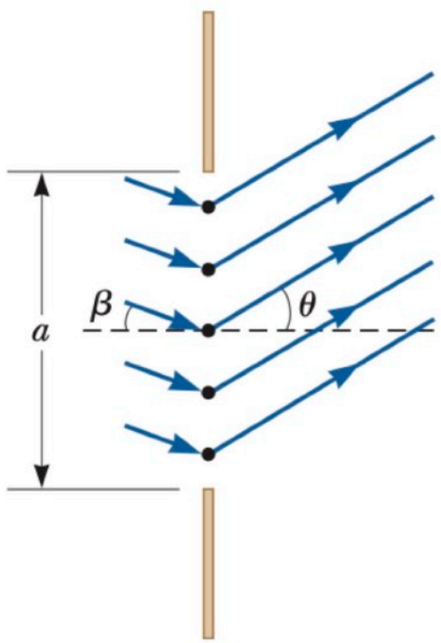
(4) จากข้อ (3) จงวาดกราฟของความสัมพันธ์ระหว่างความเข้ม I กับมุม \theta ของริ้วที่เกิดจากการแทรกสอดและเลี้ยวเบน ถ้ากำหนดให้ b มีค่าเป็น 15 ไมโครเมตร



Exercise

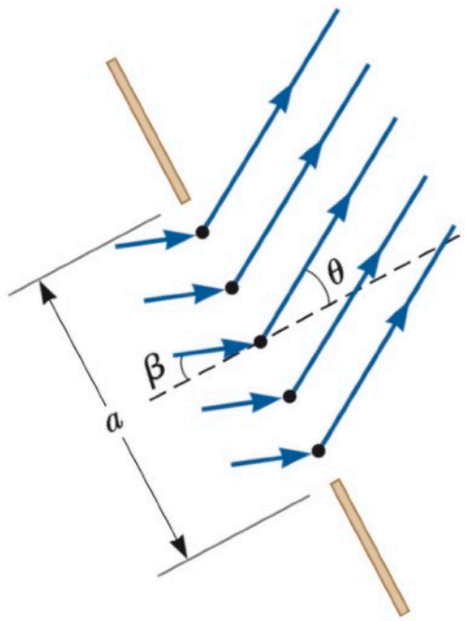
Exercise vs Exam

รูปในหนังสือเรียน



บิดรูปนิดหน่อย

เปลี่ยนตัวกลางที่ด้านหนึ่ง



รูปในข้อสอบ