

บทที่ 10 แสงเชิงคลื่น

10.1 แนวคิดเกี่ยวกับแสงเชิงคลื่น

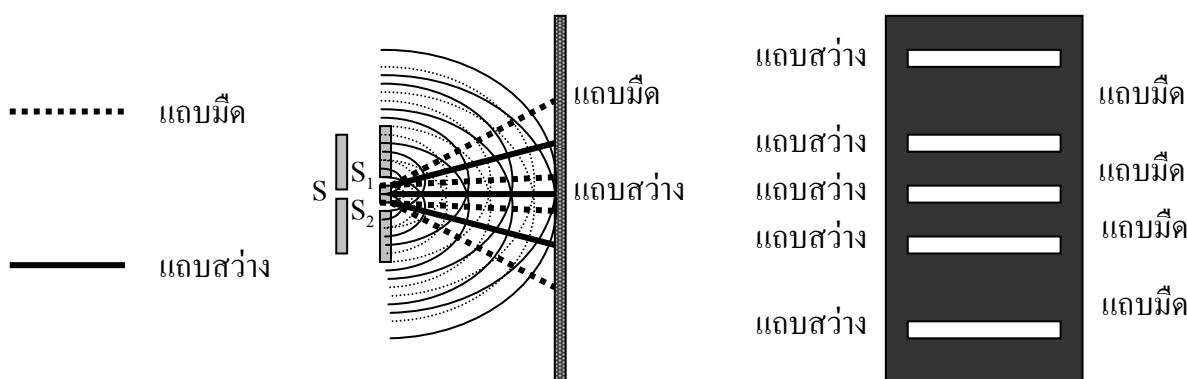
แสงที่ตามองเห็นได้เป็นช่วงหนึ่งในสเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 400-700 นาโนเมตร มีอัตราเร็วเท่ากับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทั่วไปคือ 3×10^8 เมตรต่อวินาที เดิมเชื่อกันว่าแสงเป็นอนุภาค จนกระทั่ง ฐอมัส ยัง ได้ทำการทดลองให้เห็นว่าแสงมีการแทรกสอดได้ จึงยอมรับกันว่าแสงเป็นคลื่น

10.2 การแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่

เราทราบว่า เสียงเป็นพลังงานรูปหนึ่งที่มีคุณสมบัติเป็นคลื่นได้ เมื่อมีการแทรกสอดกัน จะทำให้เกิดตำแหน่งที่มีเสียงดังและเสียงค่อย ดังนั้นแสงจะมีการแทรกสอดกันหรือไม่

ในระหว่างปี พ.ศ.2344 โทมัส ยัง (Thomas Young พ.ศ. 2316 – 2372) ได้ทดลองพบว่า แสงเป็นคลื่น เพราะมีสมบัติในการแทรกสอดได้ เช่นเดียวกับ คลื่นน้ำ คลื่นเสียง และคลื่นชนิดอื่นๆ โดยทำให้เกิดแถบสว่าง (แบบเสริมกัน) และแถบมืด (แบบหักล้าง)

โทมัส ยัง ทดลองการแทรกสอดของแสง โดยให้แสงสีเดียวผ่านช่องแคบ 1 ช่อง แล้วไปผ่านช่องแคบอีก 2 ช่อง คือ S_1 และ S_2 ซึ่งทำให้เกิดแถบมืด แถบสว่าง ปรากฏบนฉาก ดังรูป



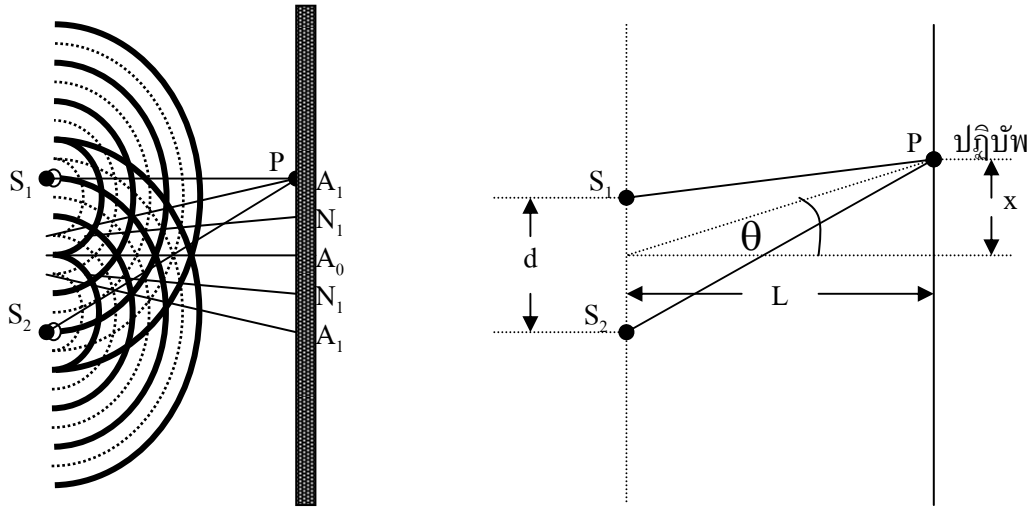
รูป ก. แสงผ่าน สลิต S_1 และ S_2

รูป ข. แถบมืด แถบสว่าง บนฉาก

รูป การทดลองของยัง ภาพการแทรกสอดของแสงแหล่งกำเนิดอาพันธ์

เมื่อแสงผ่านสลิตคู่ (ช่องแคบ S_1 และ S_2) จะมีการแทรกสอดของแสงบนฉากทำให้เกิดแถบมืดและแถบสว่าง การหาตำแหน่งแถบมืดและแถบสว่างเหล่านี้ อาจทำได้โดยพิจารณาว่าสลิตทั้งสองเป็นแหล่งกำเนิดอาพันธ์ 2 แหล่ง และใช้หลักการแทรกสอดของคลื่นน้ำมาอธิบายการแทรกสอดของคลื่นแสงดังนี้

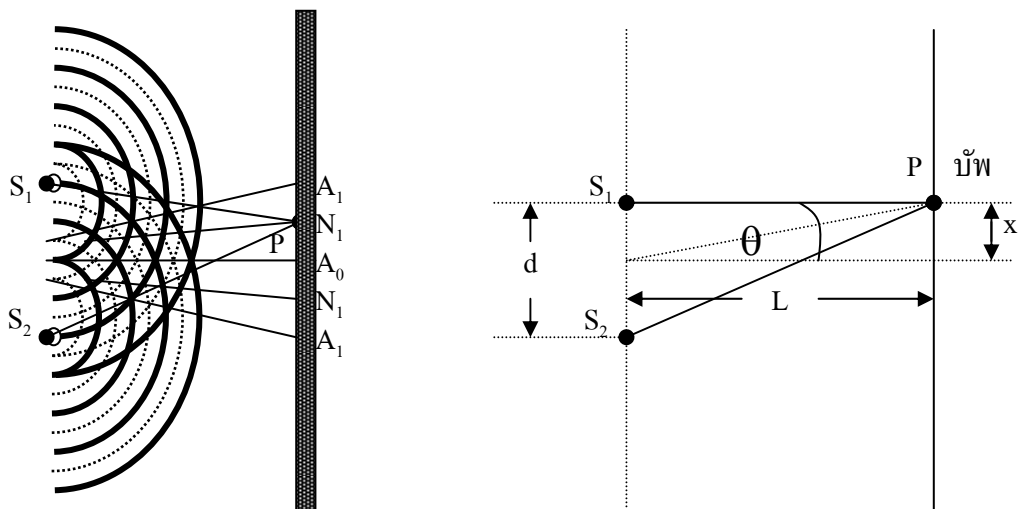
ในกรณีที่ S_1 และ S_2 เป็นแหล่งกำเนิดอาพันธ์ ทุกจุดบนเส้นปฏิบัติ แสงจะแทรกสอดแบบเสริม บนฉากเกิดแถบสว่าง ณ ตำแหน่ง P ใดๆ แล้วผลต่างระหว่างระยะทางจากแหล่งกำเนิดคลื่นทั้งสองไปยังจุดใดๆ (P) บนเส้นปฏิบัติจะเท่ากับจำนวนเต็มของความยาวคลื่นเสมอ ดังรูป



จะได้ $S_2P - S_1P = n\lambda$ เมื่อ $n = 0, 1, 2, 3, \dots$
 หรือ $d \sin \theta = n\lambda$ เมื่อ $n = 0, 1, 2, 3, \dots$
 หรือ $d \frac{x}{L} = n\lambda$ 0 คือ แถบสว่างกลาง

- เมื่อ n แทน ตำแหน่งปฏิบัติที่ n (แถบสว่าง)
 d แทน ระยะห่างระหว่างสลิต S_1 และ S_2
 L แทน ระยะห่างจากสลิตถึงฉาก
 x แทน ระยะห่างจากตำแหน่งที่สังเกตกับตำแหน่งแนวกลาง

ในกรณีที่ S_1 และ S_2 เป็นแหล่งกำเนิดอาพันธ์ ทุกจุดบนเส้นแนวปฏิบัติ แสงจะแทรกสอดแบบหักล้าง บนฉากเกิดแถบมืด ณ ตำแหน่ง P ใดๆ แล้วผลต่างระหว่างระยะทางจากแหล่งกำเนิดคลื่นทั้งสองไปยังจุดใดๆ (P) บนเส้นปฏิบัติจะเท่ากับจำนวนเต็มคี่ลบกับครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่นเสมอ ดังรูป



จะได้ $S_2P - S_1P = (n - \frac{1}{2})\lambda$ เมื่อ $n = 1, 2, 3, \dots$

หรือ $d \sin \theta = (n - \frac{1}{2})\lambda$ เมื่อ $n = 1, 2, 3, \dots$

หรือ $d \frac{x}{L} = (n - \frac{1}{2})\lambda$ เมื่อ $n = 1, 2, 3, \dots$

เมื่อ n แทน ตำแหน่งบัพที่ n (แถบมืด)

d แทน ระยะห่างระหว่างสลิต S_1 และ S_2

L แทน ระยะห่างจากสลิตถึงฉาก

x แทน ระยะห่างจากตำแหน่งที่สังเกตกับตำแหน่งแนวกลาง

เพิ่มเติม การหาแถบสว่างสองแถบหรือแถบมืดสองแถบที่อยู่ติดกันห่างกันเท่าไรให้ใช้สูตร $\Delta x = \frac{\lambda L}{d}$

ตัวอย่างที่ 1 สลิตคู่มีช่องห่างกัน 500 ไมโครเมตร เมื่อให้แสงผ่านสลิตคู่ เกิดการแทรกสอดบนฉากซึ่งห่างสลิต 1.0 เมตร และแถบสว่างที่ 3 อยู่ห่างจากจุดกึ่งกลางของแถบสว่างกลาง 2.82 มิลลิเมตร อยากทราบว่าแสงนี้มีความยาวคลื่นเท่าใด

วิธีทำ จะได้ $d \sin \theta = n\lambda$
 เนื่องจาก ฉากอยู่จากสลิตมาก $x \ll L$ มุม θ จึงมีค่าน้อยมาก

จะได้ $\sin \theta = \tan \theta = \frac{x}{L}$

ดังนั้น $d \sin \theta = n\lambda$

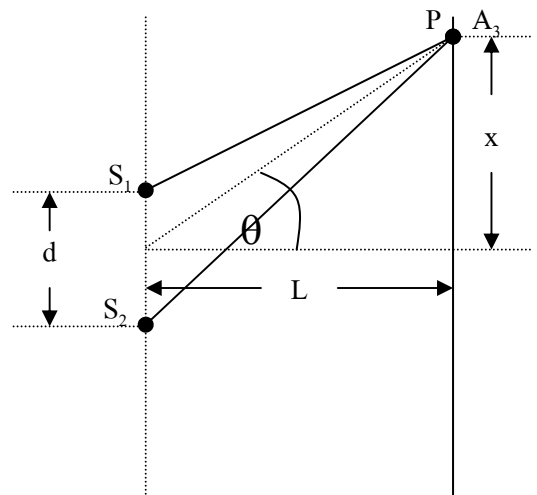
เป็น $d \frac{x}{L} = n\lambda$

$\lambda = \left(\frac{d}{n}\right)\left(\frac{x}{L}\right)$

แทนค่า $\lambda = \left(\frac{500 \times 10^{-6} \text{ m}}{3}\right)\left(\frac{2.82 \times 10^{-3} \text{ m}}{1.0 \text{ m}}\right)$

$\lambda = 470 \times 10^{-9} \text{ m}$

ตอบ แสงนี้มีความยาวคลื่นเท่ากับ 470 นาโนเมตร



ตัวอย่างที่ 2 แสงสีเดี่ยวยามีความยาวคลื่น 540 nm ส่องผ่านสลิตคู่ ซึ่งสลิตอยู่ห่างกัน 0.5 mm ไม่โครเมตร จึงจะเกิดการแทรกสอดบนฉากที่อยู่ห่างจากสลิตคู่ 50 cm ถ้าระยะห่างระหว่างแถบมืดที่อยู่ติดกันเท่ากับ 0.60 mm

วิธีทำ แสงสีเดียวกัน ระยะห่างระหว่างแถบมืด 2 แถบ ที่อยู่ติดกัน จะมีค่าเท่ากันทุกคู่ ดังนั้นจะเลือกแถบมืดแถบใดก็ได้

สมมุติเลือกแถบมืดที่ 1 และ แถบมืดที่ 2

$$\text{จาก } d \sin \theta = \left(n - \frac{1}{2}\right) \lambda$$

เนื่องจาก ฉากอยู่ห่างจากสลิตมาก $x \ll L$ มุม θ จึงมีค่าน้อยมาก

$$\text{จะได้ } \sin \theta = \tan \theta = \frac{x}{L}$$

$$d \frac{x}{L} = \left(n - \frac{1}{2}\right) \lambda$$

แถบมืดที่ 1 คือ $n = 1$

$$d \frac{x}{L} = \left(1 - \frac{1}{2}\right) \lambda$$

$$d \frac{x_1}{L} = \frac{1}{2} \lambda$$

$$x_1 = \frac{L\lambda}{2d} \dots\dots\dots (1)$$

แถบมืดที่ 2 คือ $n = 2$

$$d \frac{x}{L} = \left(2 - \frac{1}{2}\right) \lambda$$

$$d \frac{x_2}{L} = \frac{3}{2} \lambda$$

$$x_2 = \frac{3L\lambda}{2d} \dots\dots\dots (2)$$

ระยะระหว่างแถบมืดที่อยู่ติดกัน คือ $x = x_2 - x_1$

$$(2) - (1), \quad x_2 - x_1 = \frac{3L\lambda}{2d} - \frac{L\lambda}{2d}$$

$$x = \frac{L\lambda}{d}$$

$$d = \frac{L\lambda}{x}$$

แทนค่า $d = \frac{(50 \times 10^{-2} \text{ m})(540 \times 10^{-9} \text{ m})}{0.60 \times 10^{-3} \text{ m}}$

$$d = 450 \times 10^{-6} \text{ m}$$

ตอบ แสงสีเดี่ยวยาส่องผ่านสลิตคู่ ซึ่งสลิตอยู่ห่างกัน 450 ไมโครเมตร

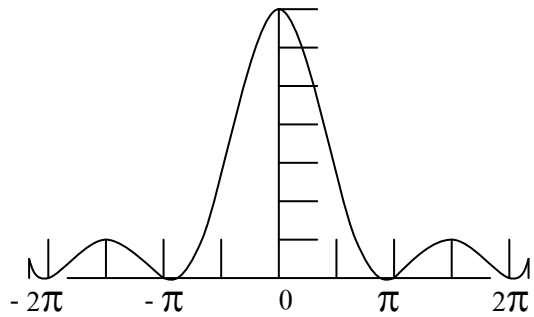
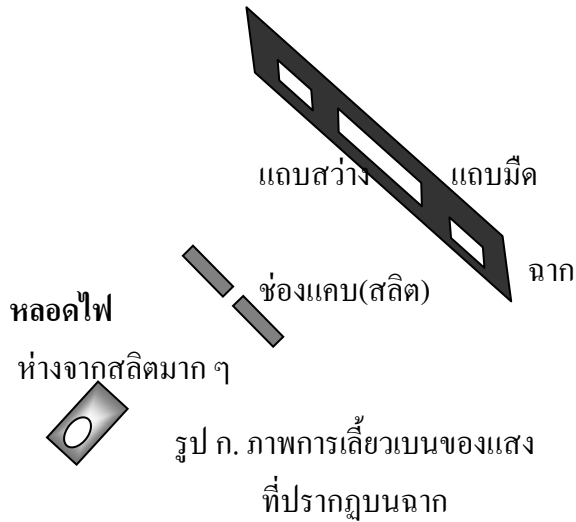
แบบฝึกทบทวนครั้งที่ 1

1. สลิตคู่มีสองห่างกัน 600 ไมโครเมตร เมื่อให้แสงผ่านสลิตคู่เกิดการแทรกสอดบนฉากซึ่งห่าง สลิต 1.0 เมตร และแถบสว่างที่ 3 อยู่ห่างจากจุดกึ่งกลางของแถบสว่างกลาง 4 มิลลิเมตร อยากทราบว่าแสงนี้มีความยาวคลื่นเท่าใด
2. แสงสีเดี่ยวยุมีความยาวคลื่น 640 นาโนเมตร ส่องผ่านสลิตคู่ ซึ่งสลิตอยู่ห่างกัน 0.6 ไมโครเมตร จึงเกิดการแทรกสอดบนฉากที่อยู่ห่างจากสลิตคู่ 70 เซนติเมตร ถ้าระยะห่างระหว่างแถบมืดที่อยู่ติดกันเท่ากับ 0.80 มิลลิเมตร
3. ช่องแคบสองช่องห่างกัน 0.3 มม. วางห่างจากฉาก 1.0 เมตร เมื่อฉายแสงที่มีความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร ในแนวตั้งฉากให้ผ่านช่องแคบไปยังฉาก จงหาระยะของตำแหน่ง
ก. จุดปฏิบัติแปรบนฉากจากแนวกึ่งกลาง ข. จุดปฏิบัติแปรบนฉากจากแนวกึ่งกลาง
4. แสงที่มีความยาวคลื่น 5×10^{-7} เมตร ส่องกระทบสลิตคู่แคบ ๆ ซึ่งมีระยะห่างระหว่างสลิตเท่ากับ 1 มม. ระยะห่างระหว่างแถบสว่างจากการแทรกสอดที่เกิดขึ้นบนฉากซึ่งอยู่ห่างจากสลิตเป็นระยะ 2 เมตร จะเป็นเท่าใด
5. เมื่อใช้แสงที่มีความยาวคลื่น 5×10^{-7} เมตร ตกตั้งฉากกับสลิตคู่ เกิดภาพการแทรกสอดบนฉากที่อยู่ห่างออกไป 1.2 เมตร ถ้าระยะห่างระหว่างสลิตคู่เท่ากับ 0.1 มม. แถบสว่างสองแถบที่ติดกันอยู่ห่างกันเท่าใด
6. เมื่อให้แสงที่มีค่าความยาวคลื่น 440 นาโนเมตร ผ่านสลิตคู่ที่มีระยะระหว่างช่องทั้งสอง 200 ไมโครเมตร จะเกิดการแทรกสอดบนฉากที่อยู่ห่างออกไป 1.2 เมตร จงหาระยะห่างระหว่างแถบสว่างที่ติดกันในหน่วยมิลลิเมตร
7. ในการทดลองของนักวิทยาศาสตร์ท่านหนึ่งเพื่อหาความยาวคลื่นของแสง โดยใช้ช่องแคบคู่ ซึ่งช่องห่างกัน 0.3 มิลลิเมตร วางห่างจากฉาก 1 เมตร แถบสว่างที่ 3 จะอยู่ห่างจากแถบกลางเท่าใด ถ้าความยาวคลื่นแสงที่ใช้เท่ากับ 600 นาโนเมตร

10.3 การเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิตเดี่ยว

1. แสงเมื่อผ่านช่องแคบจะมีการเลี้ยวเบน และจะมีการเลี้ยวเบนดีมากเมื่อช่องแคบยิ่งแคบมาก
2. แสงที่เลี้ยวเบนไปมากความเข้มแสงจะลดน้อยลง
3. แสงเลี้ยวเบนจากช่องแคบจะไปแทรกสอดกัน ถ้าแทรกสอดแบบเสริมสร้างจะเป็นบริเวณแถบสว่าง แต่ถ้าแทรกสอดแบบหักล้างจะเป็นบริเวณแถบมืด
4. เมื่อใช้แสงสีเดียว(Monochromatic light) ผ่านช่องแคบเดี่ยว(Single Slits) จะพิจารณาหาตำแหน่งมืด

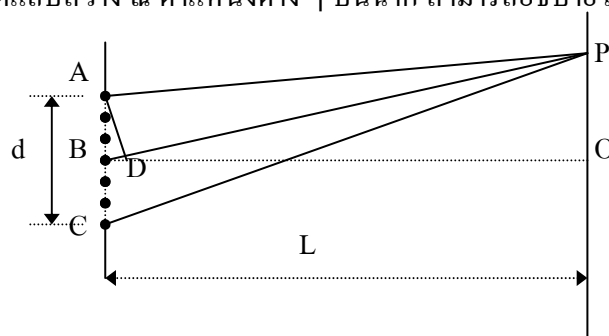
ในปี พ.ศ. 2203 กริมัลดี (Francesco Maria Grimaldi) เป็นคนแรกที่เห็นสมบัติการเลี้ยวเบนของแสง โดยทดลองให้แสงผ่านสลิตแคบ (คือความยาวมากกว่าความกว้างของสลิตมาก) จะเกิดปรากฏการณ์การเลี้ยวเบนมีผลให้แถบสว่างกลางมีขนาดกว้างกว่าสลิต นอกจากนี้ถัดจากแถบสว่างกลางออกไปทั้งสองข้างยังมีแถบสว่างและแถบมืดสลับกันไป ดังรูป



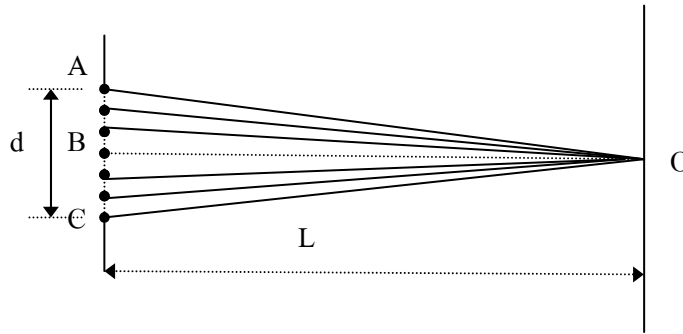
รูป ข. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง ณ ตำแหน่งต่าง ๆ บนฉาก

จากการทดลองเรื่องการเลี้ยวเบนของแสง สามารถอธิบายได้ดังนี้ เมื่อใช้แสงความยาวคลื่นเดียวจากหลอดไฟส่องผ่านสลิตเดี่ยว โดยให้หลอดไฟอยู่ห่างจากสลิตเป็นระยะทางที่ไกลมากเมื่อเทียบกับความกว้างของสลิต เราจึงอาจประมาณได้ว่า คลื่นแสงที่มาจากกระทบบสลิตนั้นเป็นคลื่นระนาบ และโดยใช้หลักการของฮอยเกนส์ที่ถือว่าทุก ๆ จุดบนสลิตจะทำหน้าที่เสมือนแหล่งกำเนิดคลื่นอาพันธ์ใหม่และคลื่นจากแหล่งกำเนิดเหล่านี้เมื่อพบกันจะแทรกสอดแบบทำลาย (แถบมืด) หรือเสริม (แถบสว่าง) โดยแถบสว่างกลางจะกว้างและสว่างมากที่สุด อนึ่งถ้าความกว้างของสลิตเพิ่ม ความกว้างของแถบสว่างกลางจะแคบลง แต่ถ้าความกว้างของสลิตแคบลง ความกว้างของแถบกลางก็จะเพิ่มขึ้น

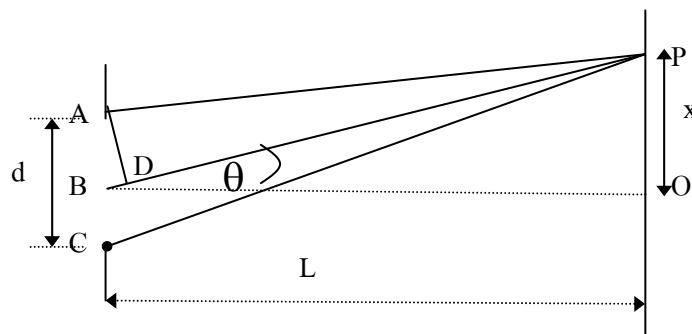
การเกิดแถบมืดแถบสว่าง ณ ตำแหน่งต่าง ๆ บนฉาก สามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้



ให้ d เป็นความกว้างของช่องแคบ (สลิต) AC เมื่อ L เป็นระยะห่างจาก สลิต d ถึงฉาก และ $L \gg d$ จะได้ว่า ตำแหน่ง O บนฉาก เป็นตำแหน่งกึ่งกลางที่เกิดแถบสว่างกลาง สามารถอธิบายได้ดังนี้ จากหลักของฮอยเกนส์ทุกจุดบนสลิตเดี่ยว AC จะทำหน้าที่เป็นแหล่งกำเนิดแสงที่มีเฟสตรงกันและกระจายแสงออกโดยรอบ และ O จะห่างจากทุกจุดบน AB และ BC เท่ากัน ดังนั้นคลื่นแสงจากทั้งสองส่วน จึงแทรกสอดแบบเสริมกันตลอดเวลา จุด O จึงเป็นจุดกึ่งกลางของแถบสว่าง ดังรูป



ตำแหน่ง P เป็นตำแหน่ง ที่เกิดแถบมืดครั้งแรก (ที่ 1) ให้แบ่งสลิตเดี่ยว ออกเป็น 2 ส่วนเท่า ๆ กัน แล้วพิจารณาคลื่นแต่ละคู่ที่มาหักล้างกันที่จุด P ให้จุด B เป็นจุดกึ่งกลางระหว่างจุด A กับจุด C ถ้าระยะทางที่คลื่นจาก B และ A เคลื่อนที่ถึงฉากที่จุด P ต่างกันเท่ากับครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่น ($\frac{\lambda}{2}$) คลื่นทั้งสอง จะมีเฟสต่างกัน 180 องศา จึงทำให้เกิดการแทรกสอดแบบหักล้างกัน และถ้าพิจารณาคลื่นคู่อื่น ๆ ที่ออกจากแหล่งกำเนิด ซึ่งอยู่ถัดจาก A และ B ลงมาเป็นระยะเท่า ๆ กัน เมื่อคลื่นเหล่านั้นเคลื่อนที่มาถึงจุด P คลื่นแต่ละคู่จะมีเฟสต่างกัน 180 องศา ดังนั้น P จะเป็นตำแหน่งที่คลื่นทั้งหมดแทรกสอดแบบหักล้างกัน จุด P จึงเป็นจุดมืด ดังรูป



เมื่อลาก AD ตั้งฉากกับ BP ระยะ BD จะเท่ากับผลต่างของ BP กับ AP

$$BP - AP = BD$$

ถ้าให้มุม $PBO = \theta$ และ P อยู่ไกลมาก ดังนั้นมุม $BAD = \theta$ ด้วย
พิจารณารูปสามเหลี่ยม ABD

จะได้ $AB \sin \theta = BD$

และ $BP - AP = \frac{\lambda}{2}$ (BP และ AP มีเฟสต่างกัน 180 องศา)

$$\begin{aligned} \text{นั่นคือ} \quad AB \sin\theta &= \frac{\lambda}{2} \\ \text{แต่} \quad AB &= \frac{d}{2} \\ \frac{d}{2} \sin\theta &= \frac{\lambda}{2} \\ \frac{d}{2} \sin\theta &= \frac{\lambda}{2} \\ d \sin\theta &= \lambda \end{aligned}$$

ในการหาความยาวคลื่นของแสง จากการทราบระยะห่างจากตำแหน่งของแถบมืดที่ 1 ถึงฉาก
ในการหาความยาวคลื่นของแสง จากการทราบระยะห่างจากตำแหน่งของแถบมืดที่ n ถึงฉาก
จะได้ $d \sin\theta = n\lambda$ เมื่อ $n = 1, 2, 3, \dots$

ถ้า ระยะ $x \ll L$ หรือ θ เป็นมุม เล็กมาก ๆ แล้ว $\sin\theta \approx \tan\theta \approx \frac{x}{L}$

$$\begin{aligned} d \tan\theta &= n\lambda \\ d \frac{x}{L} &= n\lambda \quad \text{เมื่อ} \quad n = 1, 2, 3, \dots \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 3 ขอบของแถบสว่างกลางอยู่เหนือแนวกลางเป็นค่ามุมไซน์เท่ากับ 0.0012 แสงที่ตกตั้งฉากผ่าน
สลิตเดี่ยวกว้าง 500 ไมโครเมตร จะมีความยาวคลื่นกี่นาโนเมตร

วิธีทำ ขอบของแถบสว่างกลาง ก็คือ ตำแหน่งของแถบมืดที่ 1

$$\begin{aligned} \text{จาก} \quad d \sin\theta &= n\lambda \\ \text{แทนค่า} \quad (500 \times 10^{-6} \text{ m})(0.0012) &= (1)\lambda \\ \lambda &= 6.0 \times 10^{-7} \text{ m} \\ \lambda &= 600 \times 10^{-9} \text{ m} \\ \lambda &= 600 \text{ nm} \end{aligned}$$

ตอบ ความยาวคลื่นของแสงนี้เท่ากับ 600 นาโนเมตร

ตัวอย่างที่ 4 ระยะห่างระหว่างขอบสองข้างของแถบสว่างกลางบนฉากเท่ากับ 1.5×10^{-2} เมตร และอยู่ห่าง
จากฉากสลิตออกไป 1.5 เมตร ซึ่งเกิดจากแสงที่มีความยาวคลื่นเท่าใด เมื่อตกตั้งฉากผ่านสลิต
เดี่ยวที่มีความกว้าง 0.01 เซนติเมตร

วิธีทำ ระยะห่างระหว่างขอบสองข้างของแถบสว่างกลางบนฉากเท่ากับ 1.5×10^{-2} เมตร
ดังนั้น ระยะระหว่างขอบของแถบสว่างกลางถึงแนวกลาง คือ แถบมืดที่ 1 ถึงแนวกลาง (x)

$$\begin{aligned} \text{จะได้} \quad x &= \frac{1.5 \times 10^{-2} \text{ m}}{2} = 0.75 \times 10^{-2} \text{ m} \\ \text{จาก} \quad d \frac{x}{L} &= n\lambda \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า } (0.01 \times 10^{-2} \text{ m}) \left(\frac{0.75 \times 10^{-2} \text{ m}}{1.5 \text{ m}} \right) &= (1) \lambda \\ \lambda &= 5.0 \times 10^{-7} \text{ m} \\ \lambda &= 500 \times 10^{-9} \text{ m} \\ \lambda &= 500 \text{ nm} \end{aligned}$$

ตอบ ความยาวคลื่นของแสงนี้เท่ากับ 500 นาโนเมตร

ตัวอย่างที่ 5 ขอบของแถบสว่างกลางอยู่เหนือแนวกลางเป็นค่ามุมไซน์เท่ากับ 0.001 แสงที่ตกตั้งฉากผ่านสลิตเดี่ยวกว้าง 600 ไมโครเมตร จะมีความยาวคลื่นกี่นาโนเมตร

ตัวอย่างที่ 6 ระยะห่างระหว่างขอบสองข้างของแถบสว่างกลางบนฉากเท่ากับ 2×10^{-2} เมตร และอยู่ห่างจากสลิตออกไป 3 เมตร ซึ่งเกิดจากแสงที่มีความยาวคลื่นเท่าใด เมื่อตกตั้งฉากผ่านสลิตเดี่ยวที่มีความกว้าง 0.02 เซนติเมตร

ตัวอย่างที่ 7 ใช้แสงมีความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร ตกตั้งฉากผ่านสลิตเดี่ยวที่มีความกว้าง ของช่องเท่ากับ 50 ไมโครเมตร จากการสังเกตภาพเลี้ยวเบนบนฉากพบว่าแถบมืดแถบแรกอยู่ห่างจากกึ่งกลางแถบสว่างกลาง 6 นาโนเมตร ระยะห่างระหว่างสลิตเดี่ยวกับฉากเป็นเท่าใด

ตัวอย่างที่ 8 แสงมีความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร ตกตั้งฉากผ่านสลิตเดี่ยวที่มีความกว้าง 0.01 เซนติเมตร จงหาระยะห่างระหว่างแถบมืดลำดับที่ 1 ซึ่งอยู่สองข้างของแถบสว่างที่ปรากฏบนฉาก ซึ่งอยู่ห่างออกไป 1.5 เมตร

ตัวอย่างที่ 9 ฉายแสงความยาวคลื่น λ เมตร ตกอย่างตั้งฉากผ่านสลิตเดี่ยวที่มีความกว้างของช่อง 12 λ เมตร เกิดเป็นภาพเลี้ยวเบนที่ฉากซึ่งอยู่ห่างจากสลิต 3.6 เมตร ความกว้างของแถบสว่างตรงกลางบนฉากมีค่าเท่าไร

ตัวอย่างที่ 10 แสงความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร และ 400 นาโนเมตร ตกกระทบช่องสลิตเดี่ยวที่มีความกว้าง 10 ไมโครเมตร ขอบของแถบสว่างกลางสองแถบจากคลื่นทั้งสองที่เกิดขึ้นบนฉากที่อยู่ห่างออกไป 1 เมตร จะห่างกันเท่าไร

ตัวอย่างที่ 11 ใช้แสงมีความยาวคลื่น 400 nm ตกตั้งฉากผ่านสลิตเดี่ยว ที่มีความกว้างของช่องเท่ากับ $50 \mu\text{m}$ เกิดการเลี้ยวเบนบนฉาก โดยแถบมืดแรกห่างจากกึ่งกลางแถบสว่าง 6.0 mm. ระยะห่างระหว่างสลิตเดี่ยวกับฉากห่างกันกี่เซนติเมตร

- ก. 25 ซม. ข. 50 ซม. ค. 75 ซม. ง. 100 ซม.

ตัวอย่างที่ 12 ใช้แสงมีความยาวคลื่น 600 nm ตกตั้งฉากผ่านสลิตเดี่ยว ที่มีความกว้างของช่องเท่ากับ $100 \mu\text{m}$ เกิดการเลี้ยวเบนบนฉาก โดยแถบมืดที่สามห่างจากกึ่งกลางแถบสว่าง 12.0 mm. ระยะห่างระหว่างสลิตเดี่ยวกับฉากห่างกันกี่เซนติเมตร

- ก. 33 ซม. ข. 53 ซม. ค. 67 ซม. ง. 87 ซม.

ตัวอย่างที่ 13 ระยะห่างระหว่างสลิตเดี่ยวกับฉากห่างกัน 80 เซนติเมตร ให้แสงตกตั้งฉากผ่านสลิตเดี่ยว ที่มีความกว้างของช่องเท่ากับ $80 \mu\text{m}$ เกิดการเลี้ยวเบนบนฉาก โดยแถบมืดที่สองห่างจากกึ่งกลางแถบสว่าง 8.0 mm. แสดงว่าใช้แสงมีความยาวคลื่นกี่นาโนเมตร

- ก. 300 ข. 400 ค. 500 ง. 600

ตัวอย่างที่ 14 แสงเลเซอร์ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร ฉายผ่านสลิตเดี่ยว แล้วปรากฏภาพบนฉากเป็นแถบสว่างหลายแถบ ที่ระยะห่าง 2.5 เมตร และ ระยะระหว่างจุดมืดของแถบสว่างที่กว้างที่สุดเป็น 1.2 ซม. อยากทราบว่าสลิตกว้างกี่ไมโครเมตร

ก. 250

ข. 350

ค. 450

ง. 550

ตัวอย่างที่ 15 แสงเลเซอร์ความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร ฉายผ่านสลิตเดี่ยว แล้วปรากฏภาพบนฉากเป็นแถบสว่างหลายแถบ ที่ระยะห่าง 4 เมตร และ ระยะระหว่างจุดมืดของแถบสว่างที่กว้างที่สุดเป็น 1.1 ซม. อยากทราบว่า สลิตกว้างกี่ไมโครเมตร

ก. 400

ข. 500

ค. 600

ง. 700

10.4 การเลี้ยวเบนของแสงผ่านเกรตติง

1. เกรตติงเป็นแผ่นโลหะหรือแผ่นแก้ว หรือแผ่นพลาสติก ที่ขีดด้วยมีด ซึ่งทำจากเพชร ให้เกิดเส้นขนานหลายๆเส้น เพื่อให้แสงผ่าน ทำหน้าที่แยกการกระจายแสงตามความยาวคลื่นแสง (Spectrum) ถ้าเป็นแสงสีขาวจะถูกแยกออกเป็น 7 สีเหมือนปริซึม ผู้ประดิษฐ์คนแรกคือ Joseph Fraunhofer
2. เมื่อแสงสีเดียวผ่านเกรตติงจะเลี้ยวเบน แล้วไปแทรกสอดกันเป็นตำแหน่งมืด – สว่างบนฉาก ซึ่งเป็นมุมโตที่พอจะวัดค่าของมุมได้
3. การคำนวณเกี่ยวกับเกรตติง ใช้หลักการเดียวกับการแทรกสอดแต่จะพิจารณาเฉพาะตำแหน่งสว่างเท่านั้น คือ

$$d \sin \theta = n\lambda$$

$$d \frac{x}{L} = n\lambda \quad \text{เมื่อ } n = 0, 1, 2, 3, \dots$$

$$\text{โดย } d = \frac{1}{N} \quad \text{เมื่อ } N = \text{จำนวนช่องต่อเมตร}$$

การหาจำนวนแถบมืด แถบสว่าง หาได้จาก

$$\text{จำนวนแถบสว่าง} = 2n+1$$

$$\text{จำนวนแถบสเปกตรัม} = 2n$$

$$\text{จำนวนแถบมืด} = 2n$$

จากการทดลองให้แสงขาว(เกิดจากการรวมกันของแสงที่มีความยาวคลื่นต่าง ๆ กัน) จากหลอดไฟฟ้ผ่านเกรตติงจะได้แถบสีเกิดขึ้นโดยที่แสงสีต่าง ๆ ในแถบสีนั้นมีความยาวคลื่นต่างกัน เช่น แสงสีม่วงมีความยาวคลื่นน้อยที่สุดและแสงสีแดงมีความยาวคลื่นมากที่สุด การเรียงแถบสีต่าง ๆ โดยแยกออกตามความยาวคลื่นของแสงเรียกว่า **สเปกตรัม** (spectrum) เช่น สเปกตรัมที่ได้จากการให้แสงอาทิตย์ผ่านปริซึมซึ่งจะแสดงว่าแสงอาทิตย์ประกอบด้วยแสงสีต่าง ๆ มารวมกัน ที่มีความยาวคลื่นต่าง ๆ กัน ดังตาราง

ตาราง ความยาวคลื่นของแสงสีต่าง ๆ

แสงสี	ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)
ม่วง	360 – 450
น้ำเงิน	450 – 500
เขียว	500 – 570
เหลือง	570 – 590
แสด	590 – 610
แดง	610 – 760

โดย สีแดง ความยาวคลื่นมาก เลี้ยวเบนได้ดี อยู่ริมนอก สีม่วง ความยาวคลื่นน้อย อยู่ริมใน

ตัวอย่างที่ 16 ฉายแสงความยาวคลื่น 634 นาโนเมตร ตกกระทบเกรตติงขนาด 5,000 ช่องต่อเซนติเมตร จะทำให้เกิดแถบสว่างที่ 1 ทำมุมกับแนวกลางเท่าใด

วิธีทำ จาก $d \sin\theta = n\lambda$

$$\left(\frac{1}{5,000} \times 10^{-2} \text{ m}\right) \sin\theta = (1)(634 \times 10^{-9} \text{ m})$$

$$\sin\theta = 0.317$$

$$\theta = \sin^{-1}(0.317)$$

ตอบ แถบสว่างที่ 1 ทำมุมกับแนวกลางเท่ากับ $\sin^{-1}(0.317)$ เรเดียน

ตัวอย่าง 17 ฉายแสงสีขาวผ่านเกรตติงขนาด 120 ช่องต่อเซนติเมตร ถ้าต้องการให้แสงสีเขียวเลี้ยวเบนห่างจากแถบสีขาวแนวกลาง 0.6 เซนติเมตรต้องวางฉากห่างจากเกรตติงอย่างน้อย 100 เซนติเมตร แสงสีเขียวที่ได้นี้จะมีความยาวคลื่นกี่นาโนเมตร

วิธีทำ จาก $d \frac{x}{L} = n\lambda$

$$\left(\frac{1}{120} \times 10^{-2} \text{ m}\right) \left(\frac{0.6 \times 10^{-2} \text{ m}}{100 \times 10^{-2} \text{ m}}\right) = (1)\lambda$$

$$\lambda = 5.0 \times 10^{-7} \text{ m} = 500 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$$\lambda = 500 \text{ nm}$$

ตอบ แสงสีเขียวที่ได้นี้จะมีความยาวคลื่นเท่ากับ 500 นาโนเมตร

ตัวอย่างที่ 18 เกรตติงมีจำนวน 10,000 เส้นต่อเซนติเมตร ถ้าฉายแสงความยาวคลื่น λ ตกตั้งฉากกับ เกรตติงแถบสว่างที่เกิดขึ้นแถบแรกบนจอ จะอยู่ห่างจากแนวกลางเป็นมุม 30 องศา ค่า λ มีค่าเท่าใด

ตัวอย่างที่ 19 แสงความยาวช่วงคลื่น 500 นาโนเมตร พุ่งผ่านเกรตติง พบว่าแนวแถบสว่างที่ 4 ทำมุมกับ แนวแถบสว่างตรงกลางเท่ากับ 30 องศา จงหาจำนวนช่องสลิตต่อเซนติเมตรของเกรตติงนี้

ตัวอย่างที่ 20 แสงสีขาวยุ่ผ่านเกรตติงที่มีจำนวนช่องเท่ากับ 120 ช่องต่อความยาว 1 ซม. ถ้าต้องการให้แสง สีเขียว(ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร) เลี้ยวเบนห่างจากแถบสีขาว 0.6 ซม. จะต้องวางฉาก รับให้ห่างจากเกรตติงอย่างน้อยเป็นระยะทางเท่าใด

ตัวอย่างที่ 21 การเลี้ยวเบนของแสงความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร ที่ตกกระทบตั้งฉากกับเกรตติง ชนิด 4,000 เส้นต่อเซนติเมตร จะให้แถบสว่างบนฉากที่แถบ

ตัวอย่างที่ 22 ให้แสงสีเดีวความยาวคลื่นเท่ากับ 600 นาโนเมตร ผ่านเกรตติงที่มีจำนวนเส้น 5,000 เส้นต่อ เซนติเมตร จงหาแถบสว่างทั้งหมดที่เป็นไปได้ ที่จะเกิดขึ้นในกรณีนี้

ตัวอย่างที่ 23 ให้แสงสีเดีวความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร ผ่านเกรตติงที่มีจำนวนเส้น 4,000 เส้นต่อ เซนติเมตร จงหาจำนวนแถบสว่างทั้งหมดที่เป็นไปได้ที่จะปรากฏบนฉาก (11 แถบ)

- ตัวอย่างที่ 24** ให้แสงสีเดี่ยวยส่องผ่านเกรตติงที่มีจำนวนช่อง 5,000 ช่องต่อตารางเซนติเมตร แล้วเกิดแถบสว่างปรากฏบนฉากจำนวนทั้ง 9 แถบ แสงนี้มีความยาวคลื่นกี่นาโนเมตร(500)
- ตัวอย่างที่ 25** แสงสีขาวที่ผ่านเกรตติงที่มีจำนวนช่อง 200 ช่องต่อความยาว 1 เซนติเมตร ถ้าต้องการให้แสงสีเหลืองที่มีความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร เลี้ยวเบนห่างจากแถบสีขาว 0.8 เซนติเมตร จะต้องวางฉาก ให้ห่างจากเกรตติงอย่างน้อยเป็นระยะกี่เซนติเมตร(80)
- ตัวอย่างที่ 26** แสงสีขาวที่ผ่านเกรตติงที่มีจำนวนช่อง 400 ช่องต่อความยาว 1 เซนติเมตร ถ้าต้องการให้แสงสีแสดที่มีความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร เลี้ยวเบนห่างจากแถบสีขาว 0.8 เซนติเมตร จะต้องวางฉาก ให้ห่างจากเกรตติงอย่างน้อยเป็นระยะกี่เซนติเมตร(50)
- ตัวอย่างที่ 27** เกรตติงขนาด 10,000 เส้นต่อเซนติเมตร เมื่อฉายแสงสีเดี่ยวยผ่านอย่าง ตั้งฉากความเข้มสูงสุดครั้งหนึ่งเบนจากแนวกลางเป็นมุม 30 องศา ความยาวคลื่นแสงนี้มีค่าเท่าใด
- ตัวอย่างที่ 28** เมื่อใช้แสงที่มีความยาวคลื่น 500 นาโนเมตรผ่านเกรตติงที่มีจำนวนช่อง 7,500 ช่องต่อเซนติเมตร จะมีการเสริมกันครั้งแรกที่มุม ๆ หนึ่ง จากแนวเดิม ถ้าใช้เกรตติง 10,000 ช่องต่อเซนติเมตร จะต้องฉายแสงความยาวคลื่นเท่าใดจึงจะเสริมกันที่มุมเดิม
- ตัวอย่างที่ 29** เมื่อใช้แสงซึ่งมีความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร ส่องผ่านเกรตติง ซึ่งมีจำนวนช่อง 8,500 ช่องต่อเซนติเมตรจะมีแสงเสริมกันครั้งแรกที่มุมหนึ่งจากแนวเดิม ถ้าใช้เกรตติง 10,000 ช่องต่อเซนติเมตร จะต้องฉายแสงความยาวคลื่นเท่าไร แสงจึงเสริมกันที่มุมเดิม λ (450)