

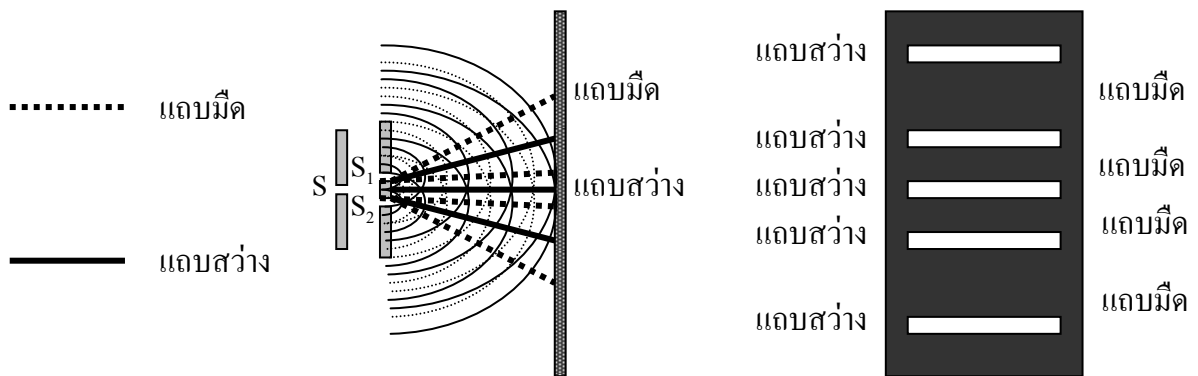
## บทที่ 12 แสงเชิงฟิสิกส์

### 12.1 การแทรกสอด (Interference)

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



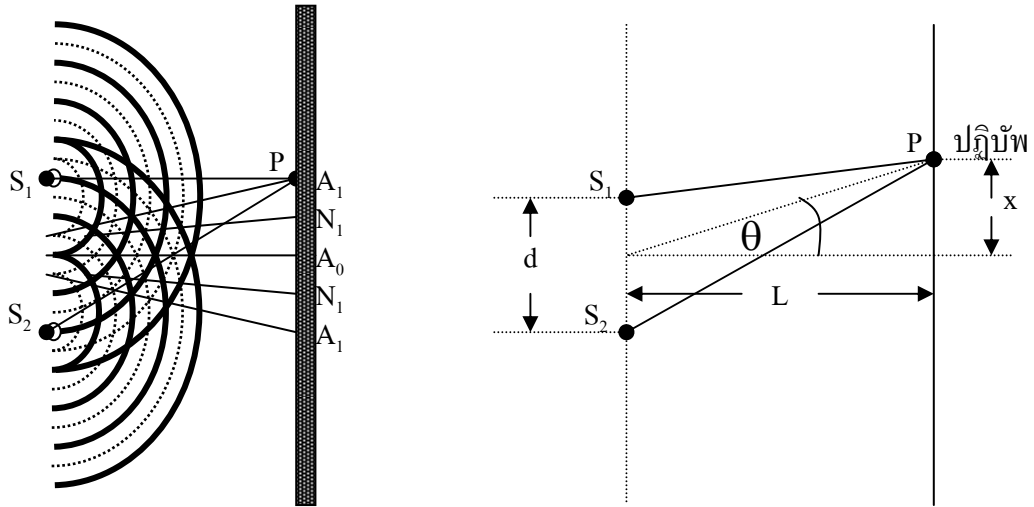
รูป ก. แสงผ่าน สลิต  $S_1$  และ  $S_2$

รูป ข. แถบมืด แถบสว่าง บนฉาก

### รูป การทดลองของยัง ภาพการแทรกสอดของแสงแหล่งกำเนิดอาพันธ์

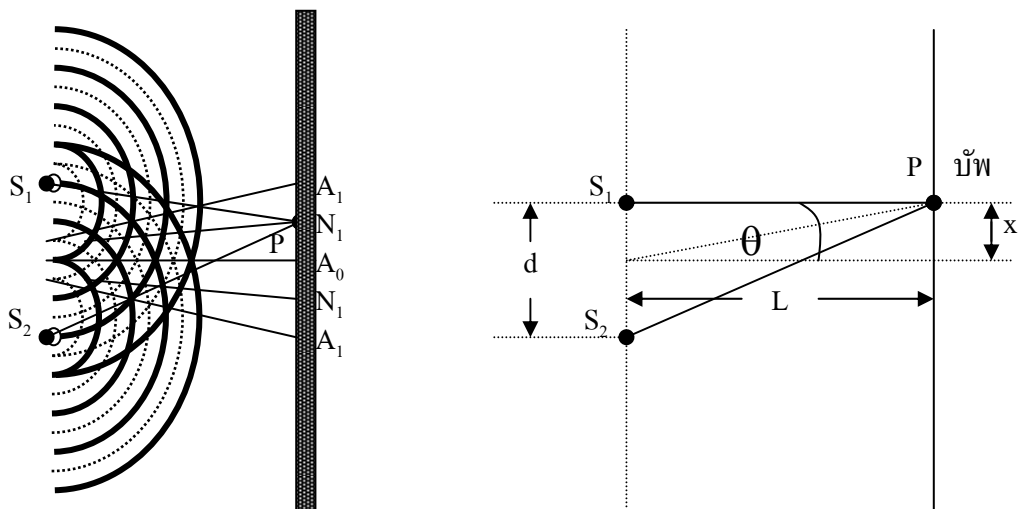
เมื่อแสงผ่านสลิตคู่ (ช่องแคบ  $S_1$  และ  $S_2$ ) จะมีการแทรกสอดของแสงบนฉากทำให้เกิดแถบมืดและแถบสว่าง การหาตำแหน่งแถบมืดและแถบสว่างเหล่านี้ อาจทำได้โดยพิจารณาว่าสลิตทั้งสองเป็นแหล่งกำเนิดอาพันธ์ 2 แหล่ง และใช้หลักการแทรกสอดของคลื่นน้ำมาอธิบายการแทรกสอดของคลื่นแสง ดังนี้

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  $\theta$  จึงมีค่าน้อยมาก

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

ดังนั้น  $d \sin \theta = n\lambda$

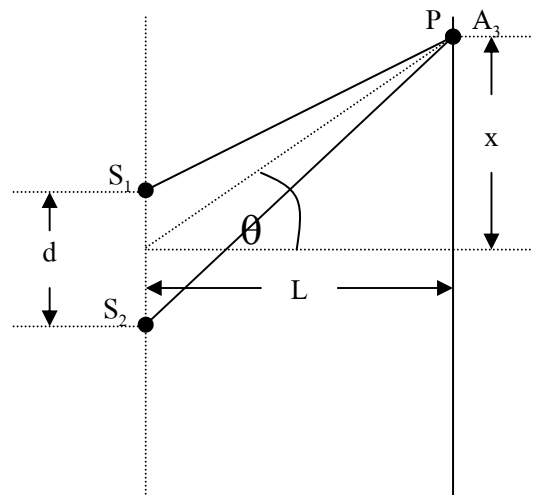
เป็น  $d \frac{x}{L} = n\lambda$

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

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  $540 \text{ nm}$  ส่องผ่านสลิตคู่ ซึ่งสลิตอยู่ห่างกัน  $0.5 \text{ mm}$  ไม่โครเมตร จึงจะเกิดการแทรกสอดบนฉากที่อยู่ห่างจากสลิตคู่  $50 \text{ cm}$  ถ้าระยะห่างระหว่างแถบมืดที่อยู่ติดกันเท่ากับ  $0.60 \text{ mm}$   
**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  $\theta$  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  $n = 2$

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

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

$$x_2 = \frac{3L\lambda}{2d} \dots\dots\dots (1)$$

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  $450 \text{ ไมโครเมตร}$

### แบบฝึกหัด 12.1

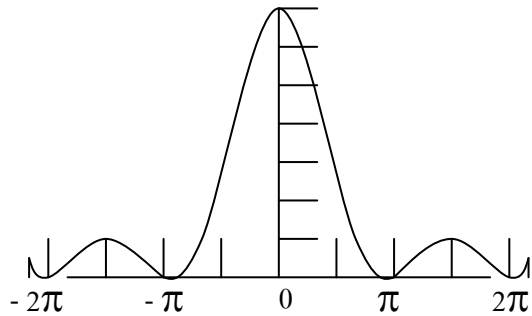
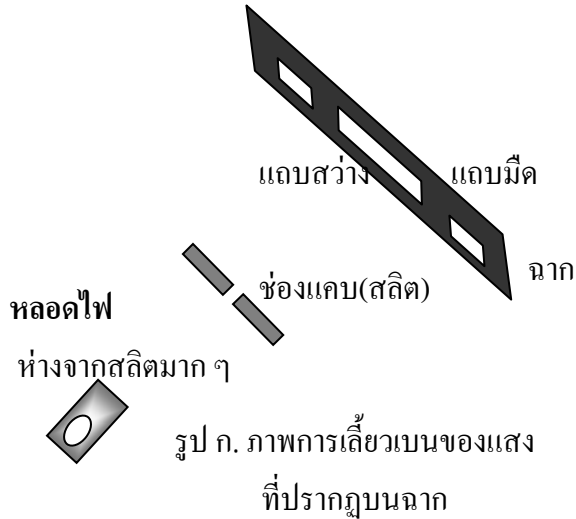
- 1.1 สลิตคู่มีช่องห่างกัน 600 ไมโครเมตร เมื่อให้แสงผ่านสลิตคู่ เกิดการแทรกสอดบนฉากซึ่งห่าง สลิต 1.0 เมตร และแถบสว่างที่ 3 อยู่ห่างจากจุดกึ่งกลางของแถบสว่างกลาง 4 มิลลิเมตร อยากทราบว่าแสงนี้มีความยาวคลื่นเท่าใด
- 1.2 แสงสีเขียวมีความยาวคลื่น 640 นาโนเมตร ส่องผ่านสลิตคู่ ซึ่งสลิตอยู่ห่างกัน 0.6 ไมโครเมตร จึงจะเกิดการแทรกสอดบนฉากที่อยู่ห่างจากสลิตคู่ 70 เซนติเมตร ถ้าระยะห่างระหว่างแถบมืดที่อยู่ติดกันเท่ากับ 0.80 มิลลิเมตร
- 1.3 ช่องแคบสองช่องห่างกัน 0.3 มม. วางห่างจากฉาก 1.0 เมตร เมื่อฉายแสงที่มีความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร ในแนวตั้งฉากให้ผ่านช่องแคบไปยังฉาก จงหาระยะของตำแหน่ง  
ก. จุดปฏิบัพแรกบนฉากจากแนวกึ่งกลาง ข. จุดบัพแรกบนฉากจากแนวกึ่งกลาง
- 1.4 แสงที่มีความยาวคลื่น  $5 \times 10^{-7}$  เมตร ส่องกระทบสลิตคู่แคบ ๆ ซึ่งมีระยะห่างระหว่างสลิตเท่ากับ 1 มม. ระยะห่างระหว่างแถบสว่างจากการแทรกสอดที่เกิดขึ้นบนฉากซึ่งอยู่ห่างจากสลิตเป็นระยะ 2 เมตร จะเป็นเท่าใด
- 1.5 เมื่อใช้แสงที่มีความยาวคลื่น  $5 \times 10^{-7}$  เมตร ตกตั้งฉากกับสลิตคู่ เกิดภาพการแทรกสอดบนฉากที่อยู่ห่างออกไป 1.2 เมตร ถ้าระยะห่างระหว่างสลิตคู่เท่ากับ 0.1 มม. แถบสว่างสองแถบที่ติดกันอยู่ห่างกันเท่าใด
- 1.6 เมื่อให้แสงที่มีค่าความยาวคลื่น 440 นาโนเมตร ผ่านสลิตคู่ที่มีระยะระหว่างช่องทั้งสอง 200 ไมโครเมตร จะเกิดการแทรกสอดบนฉากที่อยู่ห่างออกไป 1.2 เมตร จงหาระยะห่างระหว่างแถบสว่างที่ติดกันในหน่วยมิลลิเมตร
- 1.7 ในการทดลองของนักวิทยาศาสตร์ท่านหนึ่งเพื่อหาความยาวคลื่นของแสง โดยใช้ช่องแคบคู่ ซึ่งช่องห่างกัน 0.3 มิลลิเมตร วางห่างจากฉาก 1 เมตร แถบสว่างที่ 3 จะอยู่ห่างจากแถบกลางเท่าใด ถ้าความยาวคลื่นแสงที่ใช้เท่ากับ 600 นาโนเมตร

### 12.2 การเลี้ยวเบน(Diffraction)

1. แสงเมื่อผ่านช่องแคบจะมีการเลี้ยวเบน และจะมีการเลี้ยวเบนดีมากเมื่อช่องแคบยิ่งแคบมาก
2. แสงที่เลี้ยวเบนไปมากความเข้มแสงจะลดน้อยลง
3. แสงเลี้ยวเบนจากช่องแคบจะไปแทรกสอดกัน ถ้าแทรกสอดแบบเสริมสร้างจะเป็นบริเวณแถบสว่าง แต่ถ้าแทรกสอดแบบหักล้างจะเป็นบริเวณแถบมืด

4. เมื่อใช้แสงสีเดียว(Monochromatic light) ผ่านช่องแคบเดี่ยว(Single Slits) จะพิจารณาหาตำแหน่งมืด

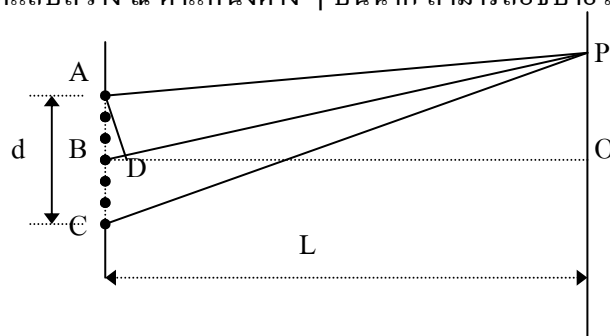
ในปี พ.ศ. 2203 กริมัลดี ( Francesco Maria Grimaldi ) เป็นคนแรกที่เห็นสมบัติการเลี้ยวเบนของแสง โดยทดลองให้แสงผ่านสลิตแคบ ( คือความยาวมากกว่าความกว้างของสลิตมาก ) จะเกิดปรากฏการณ์การเลี้ยวเบนมีผลให้แถบสว่างกลางมีขนาดกว้างกว่าสลิต นอกจากนี้ถัดจากแถบสว่างกลางออกไปทั้งสองข้างยังมีแถบสว่างและแถบมืดสลับกันไป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



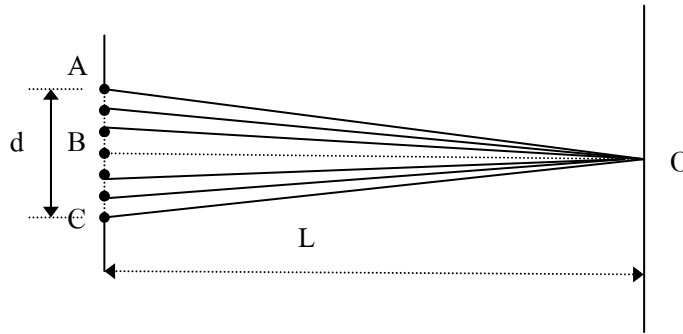
รูป ข. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง ณ ตำแหน่งต่าง ๆ บนฉาก

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

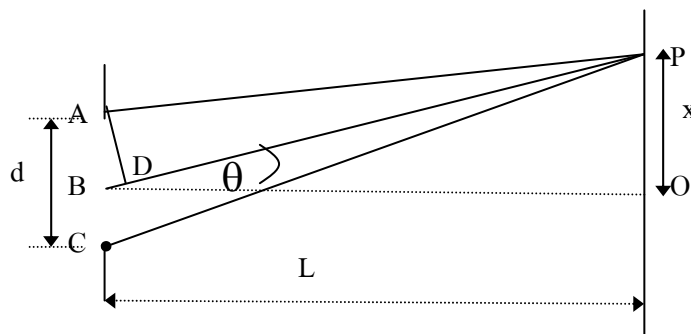
การเกิดแถบมืดแถบสว่าง ณ ตำแหน่งต่าง ๆ บนฉาก สามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้



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  $AB \sin \theta = BD$

$$\begin{aligned} \text{และ} \quad BP - AP &= \frac{\lambda}{2} && (\text{BP และ AP มีเฟสต่างกัน } 180 \text{ องศา}) \\ \text{นั่นคือ} \quad AB \sin\theta &= \frac{\lambda}{2} \\ \text{แต่} \quad AB &= \frac{d}{2} \\ \frac{d}{2} \sin\theta &= \frac{\lambda}{2} \\ \frac{d}{2} \sin\theta &= \frac{\lambda}{2} \\ d \sin\theta &= \lambda \end{aligned}$$

ในการหาความยาวคลื่นของแสง จากการทราบ

ระยะห่างจากตำแหน่งของแถบมืดที่ 1 ถึงฉาก

ในการหาความยาวคลื่นของแสง จากการทราบระยะห่างจากตำแหน่งของแถบมืดที่  $n$  ถึงฉาก

$$\text{จะได้} \quad d \sin\theta = n\lambda \quad \text{เมื่อ} \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

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

$$d \tan\theta = n\lambda$$

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

**ตัวอย่างที่ 10** ขอบของแถบสว่างกลางอยู่เหนือแนวกลางเป็นค่ามุมไซน์เท่ากับ 0.0012 แสงที่ตกตั้งฉากผ่านสลิตเดี่ยวกว้าง 500 ไมโครเมตร จะมีความยาวคลื่นกี่นาโนเมตร

**วิธีทำ** ขอบของแถบสว่างกลาง ก็คือ ตำแหน่งของแถบมืดที่ 1

$$\text{จาก} \quad d \sin\theta = n\lambda$$

$$\text{แทนค่า} \quad (500 \times 10^{-6} \text{ m})(0.0012) = (1) \lambda$$

$$\lambda = 6.0 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$\lambda = 600 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$$\lambda = 600 \text{ nm}$$

**ตอบ** ความยาวคลื่นของแสงนี้เท่ากับ 600 นาโนเมตร

**ตัวอย่างที่ 11** ระยะห่างระหว่างขอบสองข้างของแถบสว่างกลางบนฉากเท่ากับ  $1.5 \times 10^{-2}$  เมตร และอยู่ห่างจากจากสลิตออกไป 1.5 เมตร ซึ่งเกิดจากแสงที่มีความยาวคลื่นเท่าใด เมื่อตกตั้งฉากผ่านสลิตเดี่ยวที่มีความกว้าง 0.01 เซนติเมตร

**วิธีทำ** ระยะห่างระหว่างขอบสองข้างของแถบสว่างกลางบนฉากเท่ากับ  $1.5 \times 10^{-2}$  เมตร

ดังนั้น ระยะระหว่างขอบของแถบสว่างกลางถึงแนวกลาง คือ แถบมืดที่ 1 ถึงแนวกลาง ( $x$ )



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

**ตอบ** ความยาวคลื่นของแสงนี้เท่ากับ 500 นาโนเมตร

**ตัวอย่างที่ 12** ขอบของแถบสว่างกลางอยู่เหนือแนวกลางเป็นค่ามุมไซน์เท่ากับ 0.001 แสงที่ตกตั้งฉากผ่านสลิตเดี่ยวกว้าง 600 ไมโครเมตร จะมีความยาวคลื่นกี่นาโนเมตร

**ตัวอย่างที่ 13** ระยะห่างระหว่างขอบสองข้างของแถบสว่างกลางบนฉากเท่ากับ  $2 \times 10^{-2}$  เมตร และอยู่ห่างจากฉากสลิตออกไป 3 เมตร ซึ่งเกิดจากแสงที่มีความยาวคลื่นเท่าใด เมื่อตกตั้งฉากผ่านสลิตเดี่ยวที่มีความกว้าง 0.02 เซนติเมตร

**ตัวอย่างที่ 14** ใช้แสงมีความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร ตกตั้งฉากผ่านสลิตเดี่ยวที่มีความกว้าง ของช่องเท่ากับ 50 ไมโครเมตร จากการสังเกตภาพเลี้ยวเบนบนฉากพบว่าแถบมืดแถบแรกอยู่ห่างจากกึ่งกลางแถบสว่างกลาง 6 นาโนเมตร ระยะห่างระหว่างสลิตเดี่ยวกับฉากเป็นเท่าใด

**ตัวอย่างที่ 15** แสงมีความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร ตกตั้งฉากผ่านสลิตเดี่ยวที่มีความกว้าง 0.01 ซม. จงหา ระยะห่างระหว่างแถบมืดลำดับที่ 1 ซึ่งอยู่สองข้างของแถบสว่างที่ปรากฏบนฉาก ซึ่งอยู่ห่างออกไป 1.5 เมตร

**ตัวอย่างที่ 16** ฉายแสงความยาวคลื่น  $\lambda$  เมตร ตกอย่างตั้งฉากผ่านสลิตเดี่ยวที่มีความกว้างของช่อง 12  $\lambda$  เมตร เกิดเป็นภาพเลี้ยวเบนที่ฉากซึ่งอยู่ห่างจากสลิต 3.6 เมตร ความกว้างของแถบสว่างตรงกลางบนฉากมีค่าเท่าไร

**ตัวอย่างที่ 17** แสงความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร และ 400 นาโนเมตร ตกกระทบช่องสลิตเดี่ยวที่มีความกว้าง 10 ไมโครเมตร ขอบของแถบสว่างกลางสองแถบจากคลื่นทั้งสองที่เกิดขึ้นบนฉากที่อยู่ห่างออกไป 1 เมตร จะห่างกันเท่าไร

**ตัวอย่างที่ 18** ใช้แสงมีความยาวคลื่น 400 nm ตกตั้งฉากผ่านสลิตเดี่ยว ที่มีความกว้างของช่องเท่ากับ 50  $\mu\text{m}$  เกิดการเลี้ยวเบนบนฉาก โดยแถบมืดแรกห่างจากกึ่งกลางแถบสว่าง 6.0 mm. ระยะห่างระหว่างสลิตเดี่ยวกับฉากห่างกันกี่เซนติเมตร ( 75 ซม. )

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

**ตัวอย่างที่ 19** ใช้แสงมีความยาวคลื่น 600 nm ตกตั้งฉากผ่านสลิตเดี่ยว ที่มีความกว้างของช่องเท่ากับ 100  $\mu\text{m}$  เกิดการเลี้ยวเบนบนฉาก โดยแถบมืดที่สามห่างจากกึ่งกลางแถบสว่าง 12.0 mm. ระยะห่างระหว่างสลิตเดี่ยวกับห่างกันกี่เซนติเมตร

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

**ตัวอย่างที่ 20** ระยะห่างระหว่างสลิตเดียวกับฉากห่างกัน 80 เซนติเมตร ให้แสงตกตั้งฉากผ่านสลิตเดี่ยว ที่มีความกว้างของช่องเท่ากับ  $80 \mu\text{m}$  เกิดการเลี้ยวเบนบนฉาก โดยแถบมืดที่สองห่างจากกึ่งกลางแถบสว่าง  $8.0 \text{ mm}$ . แสดงว่าใช้แสงมีความยาวคลื่นกี่นาโนเมตร

- ก. 300                      ข. 400                      ค. 500                      ง. 600

**ตัวอย่างที่ 21** แสงเลเซอร์ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร ฉายผ่านสลิตเดี่ยว แล้วปรากฏภาพบนฉากเป็นแถบสว่างหลายแถบ ที่ระยะห่าง 2.5 เมตร และ ระยะระหว่างจุดมืดของแถบสว่างที่กว้างที่สุดเป็น 1.2 ซม. อยากทราบว่าสลิตกว้างกี่ไมโครเมตร

- ก. 250                      ข. 350                      ค. 450                      ง. 550

**ตัวอย่างที่ 22** แสงเลเซอร์ความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร ฉายผ่านสลิตเดี่ยว แล้วปรากฏภาพบนฉากเป็นแถบสว่างหลายแถบ ที่ระยะห่าง 4 เมตร และ ระยะระหว่างจุดมืดของแถบสว่างที่กว้างที่สุดเป็น 1.1 ซม. อยากทราบว่า สลิตกว้างกี่ไมโครเมตร

- ก. 400                      ข. 500                      ค. 600                      ง. 700

### 12.3 เกรตติง (Grating)

1. เกรตติงเป็นแผ่นโลหะหรือแผ่นแก้ว หรือแผ่นพลาสติก ที่ขีดด้วยมีด ซึ่งทำจากเพชรให้เกิดเส้นขนานหลายๆเส้น เพื่อให้แสงผ่าน ทำหน้าที่แยกการกระจายแสงตามความยาวคลื่นแสง (Spectrum) ถ้าเป็นแสงสีขาวจะถูกแยกออกเป็น 7 สีเหมือนปริซึม ผู้ประดิษฐ์คนแรกคือ Joseph Fraunhofer
2. เมื่อแสงสีเดียวผ่านเกรตติงจะเลี้ยวเบน แล้วไปแทรกสอดกันเป็นตำแหน่งมืด – สว่างบนฉาก ซึ่งเป็นมุมโตที่พอจะวัดค่าของมุมได้

3. การคำนวณเกี่ยวกับเกรตติง ใช้หลักการเกี่ยวกับการแทรกสอดแต่จะพิจารณาเฉพาะตำแหน่งสว่างเท่านั้น 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

$$\text{จำนวนแถบสว่าง} = 2n+1 \quad \text{จำนวนแถบสเปกตรัม} = 2n \quad \text{จำนวนแถบมืด} = 2n$$

จากการทดลองให้แสงขาว(เกิดจากการรวมกันของแสงที่มีความยาวคลื่นต่าง ๆ กัน ) จากหลอดไฟฟ้าผ่านเกรตติงจะได้แถบสีเกิดขึ้นโดยที่แสงสีต่าง 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

**ตัวอย่าง 23** ฉายแสงความยาวคลื่น 634 นาโนเมตร ตกกระทบบเกรตติงขนาด 5,000 ช่องต่อเซนติเมตร จะทำให้เกิดแถบสว่างที่ 1 ทำมุมกับแนวกลางเท่าใด

วิธีทำ

$$\begin{aligned} \text{จาก } d \sin \theta &= n\lambda \\ \left( \frac{1}{5,000} \times 10^{-2} \text{ m} \right) \sin \theta &= (1)(634 \times 10^{-9} \text{ m}) \\ \sin \theta &= 0.317 \\ \theta &= \sin^{-1}(0.317) \end{aligned}$$

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

**ตัวอย่าง 24** ฉายแสงสีขาวผ่านเกรตติงขนาด 120 ช่องต่อเซนติเมตร ถ้าต้องการให้แสงสีเขียวเลี้ยวเบนห่างจากแถบสีขาวแนวกลาง 0.6 เซนติเมตรต้องวางฉากห่างจากเกรตติงอย่างน้อย 100 เซนติเมตร แสงสีเขียวที่ได้นี้จะมีความยาวคลื่นกี่นาโนเมตร

**วิธีทำ** จาก 
$$d \frac{x}{L} = n\lambda$$

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

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

m

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

**ตอบ** แสงสีเขียวที่ได้นี้จะมีความยาวคลื่นเท่ากับ 500 นาโนเมตร

**ตัวอย่างที่ 25** เกรตติงมีจำนวน 10,000 เส้นต่อเซนติเมตร ถ้าฉายแสงความยาวคลื่น  $\lambda$  ตกตั้งฉากกับเกรตติง แถบสว่างที่เกิดขึ้นแถบแรกบนจอ จะอยู่ห่างจากแนวกลางเป็นมุม 30 องศา ค่า  $\lambda$  มีค่าเท่าใด

**ตัวอย่างที่ 26** แสงความยาวช่วงคลื่น 500 นาโนเมตร พุ่งผ่านเกรตติง พบว่าแนวแถบสว่างที่ 4 ทำมุมกับแนวแถบสว่างตรงกลางเท่ากับ 30 องศา จงหาจำนวนช่องสลิตต่อเซนติเมตรของเกรตติงที่ใช้

**ตัวอย่างที่ 27** แสงสีขาวที่ผ่านเกรตติงที่มีจำนวนช่องเท่ากับ 120 ช่องต่อความยาว 1 ซม. ถ้าต้องการให้แสงสีเขียว(ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร) เลี้ยวเบนห่างจากแถบสีขาว 0.6 ซม. จะต้องวางฉากรับให้ห่างจากเกรตติงอย่างน้อยเป็นระยะทางเท่าใด

**ตัวอย่างที่ 28** การเลี้ยวเบนของแสงความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร ที่ตกกระทบตั้งฉากกับเกรตติงชนิด 4,000 เส้นต่อเซนติเมตร จะให้แถบสว่างบนฉากกี่แถบ

**ตัวอย่างที่ 29** ให้แสงสีเดียวความยาวคลื่นเท่ากับ 600 นาโนเมตร ผ่านเกรตติงที่มีจำนวนเส้น 5,000 เส้นต่อเซนติเมตร จงหาแถบสว่างทั้งหมดที่เป็นไปได้ ที่จะเกิดขึ้นในกรณีนี้

**ตัวอย่างที่ 30** ให้แสงสีเดียวความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร ผ่านเกรตติงที่มีจำนวนเส้น 4,000 เส้นต่อเซนติเมตร จงหาจำนวนแถบสว่างทั้งหมดที่เป็นไปได้ที่จะปรากฏบนฉาก ( 11 แถบ )

**ตัวอย่างที่ 31** ให้แสงสีเดียวส่องผ่านเกรตติงที่มีจำนวนช่อง 5,000 ช่องต่อตารางเซนติเมตร แล้วเกิดแถบสว่างปรากฏบนฉากจำนวนทั้ง 9 แถบ แสงนี้มีความยาวคลื่นกี่นาโนเมตร( 500 )

**ตัวอย่างที่ 32** แสงสีขาวที่ผ่านเกรตติงที่มีจำนวนช่อง 200 ช่องต่อความยาว 1 เซนติเมตร ถ้าต้องการให้แสงสีเหลืองที่มีความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร เลี้ยวเบนห่างจากแถบสีขาว 0.8 เซนติเมตร จะต้องวางฉากให้ห่างจากเกรตติงอย่างน้อยเป็นระยะกี่เซนติเมตร( 80 )

**ตัวอย่างที่ 33** แสงสีขาวที่ผ่านเกรตติงที่มีจำนวนช่อง 400 ช่องต่อความยาว 1 เซนติเมตร ถ้าต้องการให้แสงสีแสดที่มีความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร เลี้ยวเบนห่างจากแถบสีขาว 0.8 เซนติเมตร จะต้องวางฉาก ให้ห่างจากเกรตติงอย่างน้อยเป็นระยะกี่เซนติเมตร( 50 )

**ตัวอย่างที่ 34** เกรตติงขนาด 10,000 เส้นต่อเซนติเมตร เมื่อฉายแสงสีแดงผ่านอย่าง ตั้งฉากความเข้มสูงสุดครึ่งหนึ่งเบนจากแนวกลางเป็นมุม 30 องศา ความยาวคลื่นแสงนี้มีค่าเท่าใด

**ตัวอย่างที่ 35** เมื่อใช้แสงที่มีความยาวคลื่น 500 นาโนเมตรผ่านเกรตติงที่มีจำนวนช่อง 7,500 ช่องต่อเซนติเมตร จะมีการเสริมกันครั้งแรกที่มุม  $\theta$  หนึ่ง จากแนวเดิม ถ้าใช้เกรตติง 10,000 ช่องต่อเซนติเมตร จะต้องฉายแสงความยาวคลื่นเท่าใดจึงจะเสริมกันที่มุมเดิม

**ตัวอย่างที่ 36** เมื่อใช้แสงซึ่งมีความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร ส่องผ่านเกรตติง ซึ่งมีจำนวนช่อง 8,500 ช่องต่อเซนติเมตรจะมีแสงเสริมกันครั้งแรกที่มุมหนึ่งจากแนวเดิม ถ้าใช้เกรตติง 10,000 ช่องต่อเซนติเมตร จะต้องฉายแสงความยาวคลื่นเท่าไร แสงจึงเสริมกันที่มุมเดิม  $\lambda$  (450)

#### 12.4 การกระเจิงของแสง (Scattering)

การกระเจิงของแสง เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อความถี่ของแสงที่ตกกระทบกับ โมเลกุลของอากาศมีค่าเท่ากับความถี่ธรรมชาติอิเล็กทรอนิกส์ในอะตอมหรือ โมเลกุลของอากาศ มีผลทำให้อิเล็กตรอนภายในอะตอมที่สั่นรุนแรงที่สุดและจะแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกมาทุกทิศทาง เมื่อแสงเคลื่อนที่กระทบกับ โมเลกุลของก๊าซและฝุ่นละออง แสงจะถูกกระเจิงออกจากแนวเดิม กระจัดกระจายไปโดยรอบ พบว่า แสง

ความยาวคลื่นยิ่งสั้นแสงก็ยิ่งกระเจิงได้ดี ดังนั้นแสงสีม่วงกระเจิงได้ดีที่สุด แสงสีน้ำเงินกระเจิงได้ดีรองลงมา

$$\text{โดย Scattering} \propto \frac{1}{\lambda^4}$$

$$\text{Scattering} \propto f^4$$

แสงสีม่วงมีความถี่เป็น 2 เท่าของแสงสีแดง ดังนั้น แสงสีม่วง จะมีการกระเจิง เป็น  $2^4 = 16$

เท่าของแสงสีแดง

1. ในตอนกลางวันเห็นท้องฟ้าเป็นสีน้ำเงิน เพราะแสงสีน้ำเงินถูกกระเจิงออกมาเป็นส่วนใหญ่ (จริงๆ แล้วแสงสีน้ำเงินกระเจิงได้น้อยกว่าแสงสีม่วง แต่ประสาทตาของคนรับแสงสีน้ำเงินได้ดีกว่าแสงสีม่วง)
2. ในตอนเช้าหรือตอนเย็น เห็นท้องฟ้าเป็นสีแดง เพราะแสงที่เหลือเข้ามา จะเป็นสีแดง แสงสีน้ำเงินกระเจิงทิ้งไปมาก (เพราะระยะทางยาว)
3. ในบริเวณที่มีอากาศแห้ง บรรยากาศจะมีฝุ่นละอองเล็กๆ แสงสีน้ำเงินกระเจิงได้ดี ท้องฟ้าจะเป็นสีน้ำเงิน
4. ในบริเวณที่มีอากาศชื้น จะมีละอองน้ำ ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่าฝุ่น แสงสีเขียวและสีเหลืองกระเจิงดี ท้องฟ้าจะเป็นสีฟ้าใส
5. ในที่สูงมาก ๆ อากาศเจือจางลง สีของท้องฟ้าจะเปลี่ยนเป็นสีดำ และถ้าไม่มีบรรยากาศเลยจะดำสนิท เพราะไม่มีอนุภาคที่จะทำให้เกิดการกระเจิงได้ (บนดวงจันทร์ก็เหมือนกัน)

### ปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse Effect)

ปรากฏการณ์เรือนกระจก คือ ปรากฏการณ์ที่บรรยากาศใกล้ผิวโลกร้อนกว่าปกติ เพราะแสงจากดวงอาทิตย์ที่ผิวโลกดูดกลืน ทำให้ผิวโลกร้อนขึ้นเนื่องจากโลกเปล่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกมา ยิ่งร้อนพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เปล่งออกมาก็ยิ่งมาก

อุณหภูมิโดยประมาณที่ผิวโลกคือ 30 องศาเซลเซียส คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าส่วนใหญ่ที่เปล่งออกมาจะเป็นรังสีอินฟราเรด เนื่องจากความถี่ของรังสีอินฟราเรดตรงกับความถี่ธรรมชาติของโมเลกุลของคาร์บอนไดออกไซด์ และไอน้ำในบรรยากาศทำให้โมเลกุลของ  $\text{CO}_2$  และไอน้ำมีพลังเพิ่มขึ้นจึงปล่อยรังสีอินฟราเรดออกมาทุกทิศทุกทาง รังสีอินฟราเรดส่วนหนึ่งจะถูกโมเลกุลชนิดอื่น ๆ ในบรรยากาศดูดกลืน แต่อีกส่วนหนึ่งจะหนีออกสู่อวกาศ และส่วนที่เหลือจะดูดกลืนโดยพื้นโลกทำให้ผิวโลกร้อนขึ้นเหตุการณ์นี้เกิดขึ้นซ้ำ ๆ ทำให้ผิวโลกร้อนกว่าที่ควร เหตุที่เรียกว่า ปรากฏการณ์เรือนกระจก เพราะคล้ายสาเหตุที่ทำให้เกิดลักษณะที่เกิด

ในเรือนกระจก ซึ่งใช้เพาะปลูกพืช กล่าวคือ กระจกที่ใช้ทำเรือนกระจก ยอมให้แสงอาทิตย์ที่ตามองเห็นผ่านเข้าไป แต่ไม่ยอมให้รังสีอินฟราเรดที่เกิดภายในเรือนกระจกผ่านออกมา ดังนั้นกระจกจะทำหน้าที่กัก



เก็บรังสีอินฟราเรดไว้ และกักกั้นไม่ให้อากาศร้อนถูกถ่ายเทออก อากาศภายในเรือนกระจกจึงร้อนกว่าปกติ รถยนต์ที่ปิดกระจกมีดซิดเวลาจอดไว้กลางแจ้ง ก็เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก ได้เช่นกัน

ปรากฏการณ์เรือนกระจก ของบรรยากาศโลกสร้างประโยชน์ให้สิ่งแวดล้อมบนโลกถ้าปราศจากปรากฏการณ์เรือนกระจก อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกอาจเท่ากับ 266 K หรือ  $-7^{\circ}\text{C}$  ได้ซึ่งจะทำให้โลกมีบริเวณที่เป็นน้ำแข็งมีพื้นที่กว้างขวางกว่าที่เป็นอยู่ และบริเวณที่อยู่อาศัยของมนุษย์จะมีขนาดเล็กกว่าที่เป็นอยู่ในขณะนี้

ในปัจจุบันมนุษย์ใช้น้ำมันและถ่านหินมากขึ้น ทำให้เกิด  $\text{CO}_2$  มากขึ้นปรากฏการณ์เรือนกระจกจึงแรงขึ้น อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกก็จะสูงขึ้น และถ้าอุณหภูมิของบรรยากาศเพิ่มขึ้นอีก  $4^{\circ}\text{C}$  น้ำแข็งขั้วโลกเหนือและขั้วโลกใต้ก็จะละลายเป็นน้ำ ทำให้ระดับน้ำทะเลสูงขึ้น