การทดลองที่ 9. การแทรกสอดของแสง

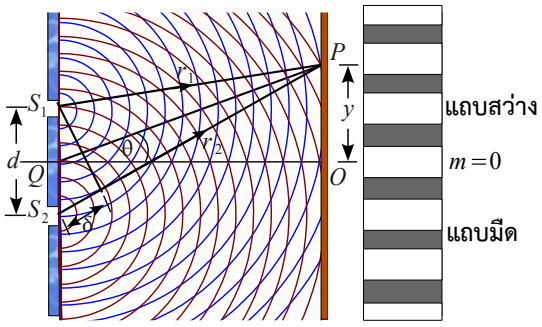
วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาคุณสมบัติการแทรกสอดของคลื่นแสง
2. เพื่อหาค่าความยาวคลื่น (λ) ของแสง

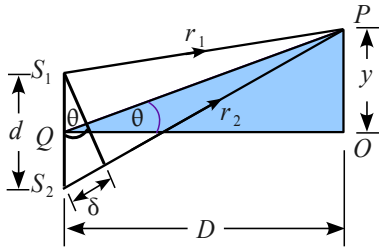
ทฤษฎี

การแทรกสอดของแสง (interference)

การแทรกสอดของแสง คือ การรวมกันของคลื่นแสง 2 ขบวนที่มีความถี่และความยาวคลื่นเท่ากัน ผลจากการรวมกันของคลื่นแสงทำให้เกิดเป็นแถบมืดและแถบสว่าง โดยแถบสว่างเกิดจากการแทรกสอดแบบเสริมกัน ส่วนแถบมืดเกิดจากการแทรกสอดแบบหักล้างกัน ดังรูปที่ 9.1ก



(ก) การแทรกสอดของแสงจากแหล่งกำเนิดอาพันธ์



(ข) ผลต่างของทางเดินแสงที่ทำให้เกิดการแทรกสอด

รูปที่ 9.1 การแทรกสอดของแสง

พิจารณารูปที่ 9.1ก ช่องแคบ S_1 และ S_2 ทำหน้าที่เป็นแหล่งกำเนิดแสง ซึ่งอยู่ห่างกันเป็นระยะเท่ากับ d เมื่อแสงเดินทางจากช่องแคบทั้งสองถึงฉาก ดังรูปที่ 9.1ข ผลต่างของทางเดินแสงจาก S_1 และ S_2 ไปยังจุด P มีค่าตามสมการ

$$|S_2P - S_1P| = |r_2 - r_1| = d\sin\theta$$

เมื่อระยะที่วัดจากแถบสว่างกลางไปยังตำแหน่งที่เกิดการแทรกสอด (y) มีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับระยะที่วัดจากแหล่งกำเนิดไปยังฉาก (D) ดังนั้นจะได้ค่ามุม θ เป็นมุมน้อย ๆ ทำให้ $\sin\theta \approx \tan\theta \approx \frac{y}{D}$ ดังนั้น จึงได้ว่า

$$|S_2P - S_1P| = d\sin\theta = d\frac{y}{D} \tag{9.1}$$

เงื่อนไขของการแทรกสอดแบบเสริมกัน

ผลต่างของทางเดินแสงจากแหล่งกำเนิดแสงสองแหล่งที่ตำแหน่งที่เกิดการแทรกสอดแบบเสริมกันที่จุดเดียวกันจะมีค่าเท่ากับจำนวนเต็มเท่าของความยาวคลื่นแสง ดังนั้นจะได้สมการการแทรกสอดแบบเสริมกันของคลื่นแสง เป็น

$$d\sin\theta_m = m\lambda \tag{9.2}$$

หรือ

$$d\frac{y_m}{D} = m\lambda \tag{9.3}$$

เมื่อพิจารณาความยาวคลื่นของแสง (λ) จะได้

$$\lambda = d\frac{y_m}{mD} \tag{9.4}$$

เมื่อ m คือ ลำดับที่ของแถบสว่าง ($m = 0, 1, 2, \ldots$)
d คือ ระยะห่างระหว่างช่องแคบคู่
y_m คือ ระยะที่วัดจากแถบสว่างกลางไปยังตำแหน่งที่เกิดการแทรกสอดลำดับที่ m
D คือ ระยะที่วัดจากแหล่งกำเนิดแสงไปยังฉาก
λ คือ ความยาวคลื่นแสง
θ_m คือ มุมที่ตำแหน่งที่เกิดการแทรกสอดลำดับที่ m เบนออกจากแถบสว่างกลาง

เงื่อนไขการแทรกสอดแบบหักล้างกัน

ผลต่างของทางเดินแสงจากแหล่งกำเนิดแสงสองแหล่งที่ตำแหน่งที่เกิดการแทรกสอดแบบหักล้างที่จุดเดียวกัน จะมีค่าเท่ากับจำนวนเต็มบวกหนึ่งส่วนสองของความยาวคลื่นแสง ดังนั้นจากสมการ (9.1) แสงจะเกิดการแทรกสอดแบบหักล้างกันเมื่อ

$$d\sin\theta_{m+1} = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda \tag{9.5}$$

หรือ

$$d\frac{y_{m+1}}{D} = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda \tag{9.6}$$

เมื่อต้องการพิจารณาความยาวคลื่นของแสง (λ) จะได้

$$\lambda = d\frac{y_{m+1}}{\left(m + \frac{1}{2}\right)D} \tag{9.7}$$

เมื่อ	$m+1$	คือ	ลำดับที่ของแถบมืด ($m = 0, 1, 2, \ldots$)
	d	คือ	ระยะห่างระหว่างช่องแคบคู่
	y_{m+1}	คือ	ระยะที่วัดจากแถบสว่างกลางไปยังตำแหน่งที่เกิดการแทรกสอดลำดับที่ $m+1$
	D	คือ	ระยะที่วัดจากแหล่งกำเนิดแสงไปยังฉาก
	λ	คือ	ความยาวคลื่นแสง
	θ_{m+1}	คือ	มุมที่ตำแหน่งที่เกิดการแทรกสอดลำดับที่ $m+1$ เบนออกจากแถบสว่างกลาง

อุปกรณ์การทดลอง

1. เลนส์นูน
2. ช่องแคบคู่ (double slit)
3. เครื่องกำเนิดเลเซอร์ความยาวคลื่น $632.8\ nm$
4. สายวัดความยาว
5. ฉากรับภาพ

วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1. การหาระยะห่างของช่องแคบคู่ (d)

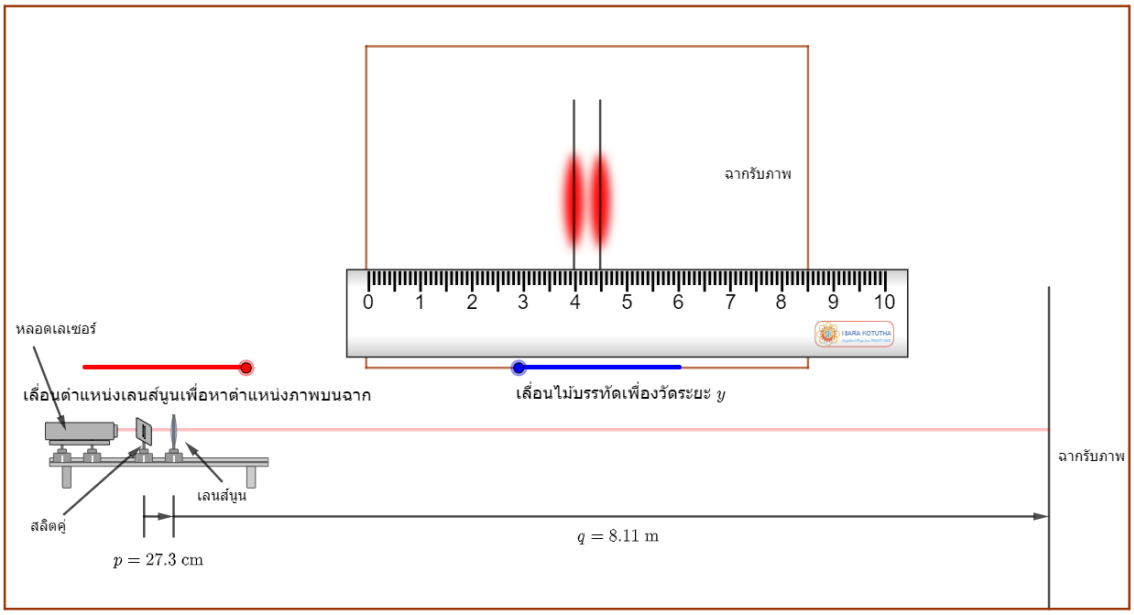
1. คลิ๊กลิงค์ https://www.geogebra.org/m/u7wm2ywv
2. เลื่อนตำแหน่งของเลนส์นูนเพื่อให้เกิดภาพขยายของช่องแคบคู่บนฉาก วัดระยะห่างระหว่างช่องแคบคู่กับเลนส์ (p) ระยะระหว่างเลนส์กับฉาก (q) และระยะห่างของช่องแคบคู่บนฉาก (y) ดังรูปที่ 9.2
3. คำนวณระยะห่างของช่องแคบคู่ (d) จากความสัมพันธ์

$$\frac{\text{ระยะห่างของแถบสว่างบนฉาก } (y)}{\text{ระยะห่างของช่องแคบคู่ } (d)} = \frac{\text{ระยะห่างจากเลนส์ถึงฉาก } (q)}{\text{ระยะห่างรจากช่องแคบคู่ถึงเลนส์ } (p)}$$

ได้สมการสำหรับคำนวณหาระยะห่างของช่องแคบคู่ (d) เป็น

$$d = \frac{yp}{q} \tag{9.8}$$

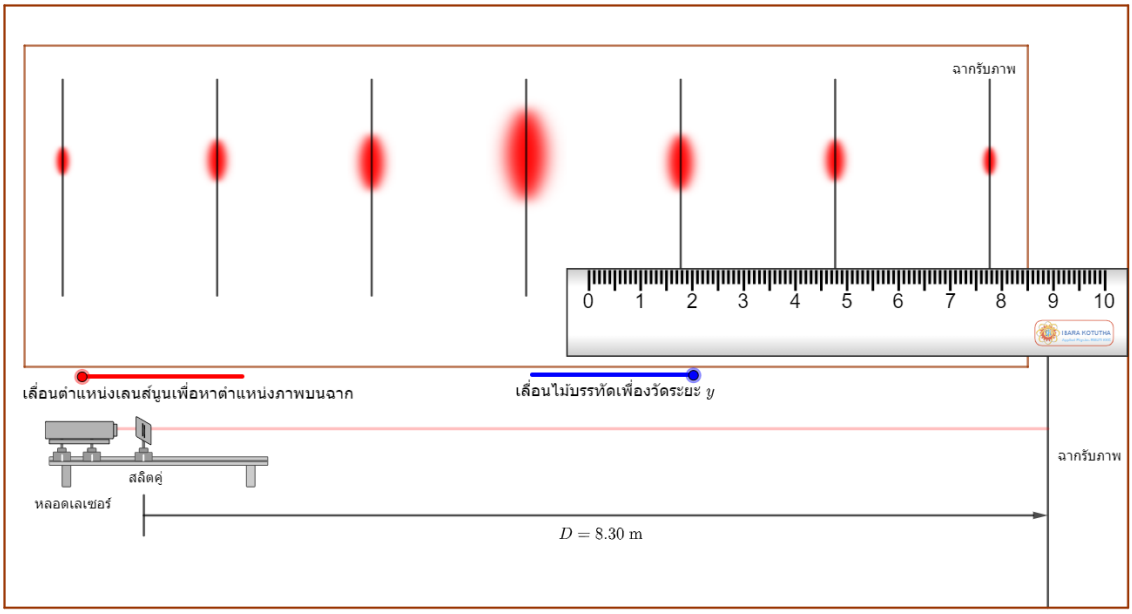
4. บันทึกค่าระยะห่างระหว่างช่องแคบคู่ (d) เพื่อใช้ในการทดลองตอนที่ 2



รูปที่ 9.2 การหาระยะห่างของช่องแคบคู่โดยการใช้เลนส์นูน

ตอนที่ 2 การหาค่าความยาวคลื่นแสงสีแดง

1. คลิ๊กลิงค์ https://www.geogebra.org/m/djmgk8wx เพื่อเข้าใช้งานปฏิบัติการเสมือน
2. วัดระยะห่างระหว่างช่องแคบคู่ถึงฉาก (D)
3. วัดระยะห่างระหว่างแถบสว่างลำดับที่ 1 2 และ 3 กับแถบสว่างกลาง กำหนดเป็น ระยะ y_1 y_2 และ y_3 ตามลำดับ ดังรูปที่ **??**
4. คำนวณค่าความยาวคลื่นแสงจากสมการ 9.4
5. คำนวณความยาวคลื่นเฉลี่ย (λ) ของแสงจากแหล่งกำเนิด
6. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง



รูปที่ 9.3 วัดระยะห่างระหว่างแถบสว่างลำดับต่าง ๆ ที่เกิดจากการแทรกสอดของแสงผ่านช่องแคบคู่บนฉากกับแถบสว่างกลาง