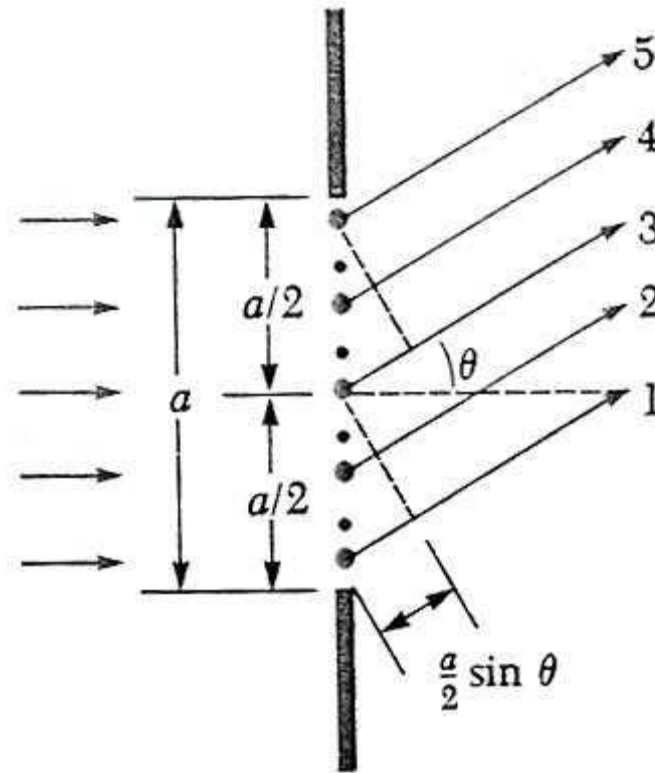
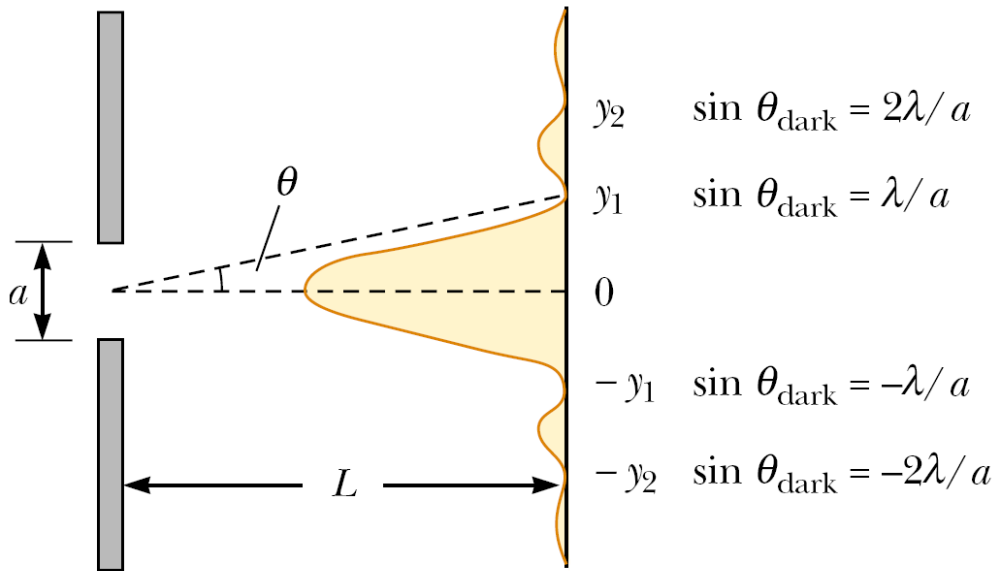


## การเลี้ยวเบน

เกิดจากแสงเคลื่อนที่ผ่านช่องเปิดเดี่ยว หรือสลิตเดี่ยว ภายในช่องเปิดมีหลายจุด ซึ่งแต่ละจุดทำหน้าที่เป็นแหล่งกำเนิดแสง ทำให้เกิดการแทรกสอดบนฉาก



## บทที่ 7 : การเลี้ยวเบน



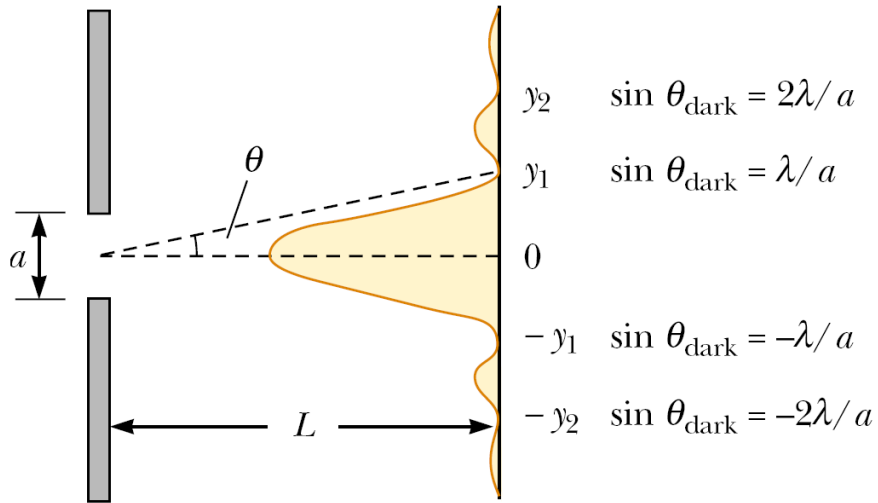
แถบมืด

$$a \sin \theta = m\lambda$$

$$m = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$$

$$a \frac{y_m}{L} = m\lambda$$

## บทที่ 7 : การเลี้ยวเบน แบบฟีกหัด



แสงความยาวคลื่น 600 nm ตกกระทบบตังฉากที่มีช่องเล็ก  
ยาว ความกว้าง 0.1 mm จงหา

(1) มุมของตำแหน่งมืดแรก

(2) ตำแหน่งมืดที่สองอยู่ห่างจากจุดกึ่งกลางริ้วสว่างที่ตรงกลาง  
เท่าไร กำหนดให้ช่องเล็กยาวและฉากห่างกัน 3 m

แถบมืด

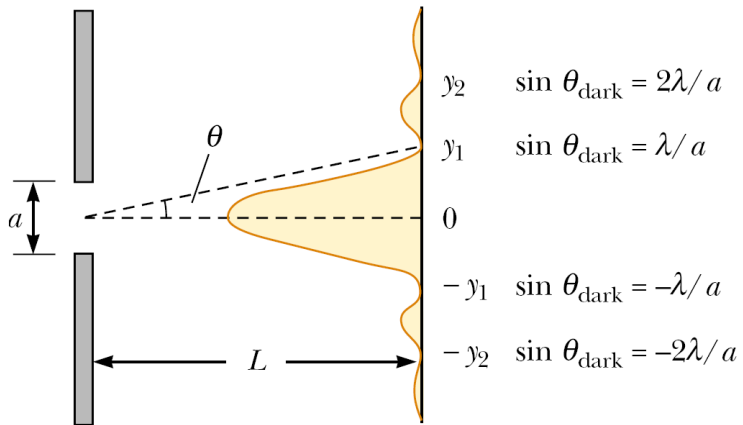
$$a \sin \theta = m\lambda$$

$$m = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$$

$$a \frac{y_m}{L} = m\lambda$$

$$\theta_1 = 0.34 \text{ องศา} \quad y_1 = 3.6 \text{ cm}$$

## บทที่ 7 : การเลี้ยวเบน แบบฟีกหัด



แถบมืด

$$a \sin \theta = m\lambda$$

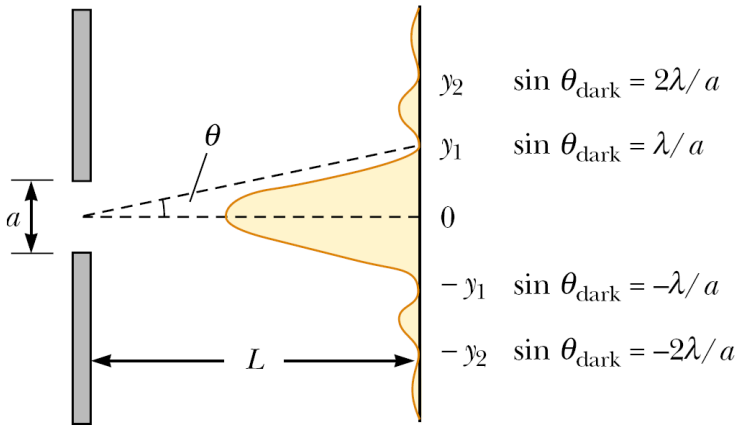
$$m = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$$

$$a \frac{y_m}{L} = m\lambda$$

แสงความยาวคลื่น 650 nm ตกกระทบบช่องเปิดเล็กยาวซึ่งมีความกว้าง 0.5 mm ไปเกิดริ้วการเลี้ยวเบนบนฉากที่วางห่างออกไป เป็นระยะ 4 m

- (1) จงหามุมของตำแหน่งที่เป็นแถบมืดลำดับที่สาม
- (2) แถบมืดลำดับที่สามบนฉากอยู่ห่างจากจุดกึ่งกลางของแถบสว่างกลาง เป็น ระยะทางเท่าใด
- (3) จงหาความกว้างของแถบสว่างกลาง

## บทที่ 7 : การเลี้ยวเบน แบบฟิสิกส์



พิจารณารูการเลี้ยวเบน เป็นอย่างไรถ้า

1. ช่องเปิด กว้างขึ้นหรือแคบลง
2. ความยาวคลื่น มากขึ้น หรือ น้อยลง
3. ระยะห่างของฉาก สั้น หรือ ยาวขึ้น

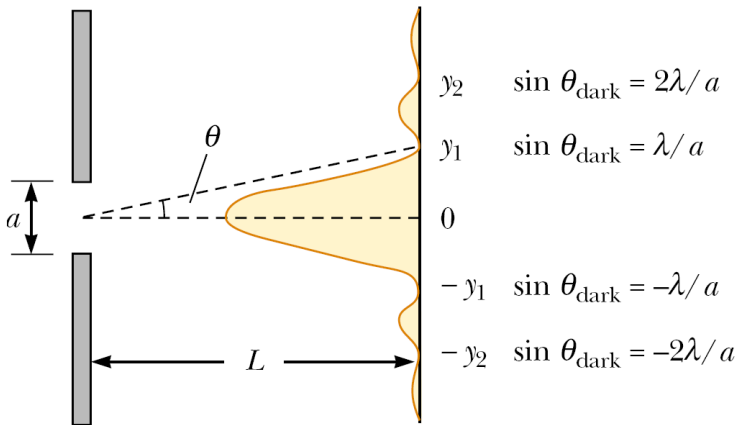
แถบมืด

$$a \sin \theta = m\lambda$$

$$m = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$$

$$a \frac{y_m}{L} = m\lambda$$

## บทที่ 7 : การเลี้ยวเบน แบบฝึกหัด



แสงสีแดงมีความยาวคลื่น 610 nm ตกกระทบบช่องเปิดเล็กยาวความกว้าง  $a$  ไปเกิดริ้วการเลี้ยวเบนบนฉากที่ห่างออกไป 2 m โดยแถบมืดอันดับที่ 2 อยู่ห่างจากแถบสว่างตรงกลางเท่ากับ 4 cm จงหาว่าความกว้างของช่องเปิด มีค่าเท่าไร

แถบมืด

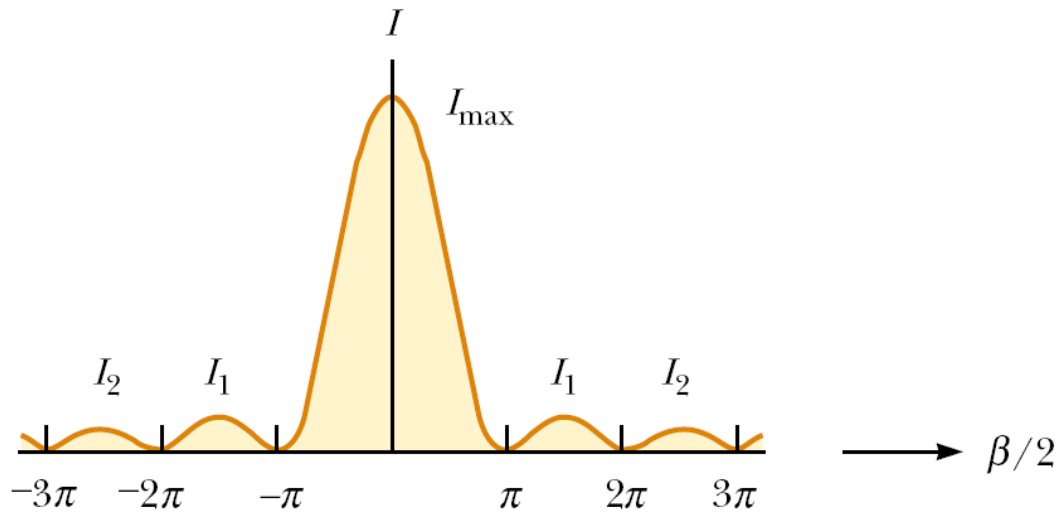
$$a \sin \theta = m\lambda$$

$$m = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$$

$$a \frac{y_m}{L} = m\lambda$$

(61 ไมโครเมตร)

## บทที่ 7 : ความเข้มแสงบนฉากเลี้ยวเบน



$$I = I_{\max} \left[ \frac{\sin(\beta/2)}{\beta/2} \right]^2$$

ความเข้มแสงแถบสว่างทุติยภูมิ อันดับที่ 1 :  $I_1$

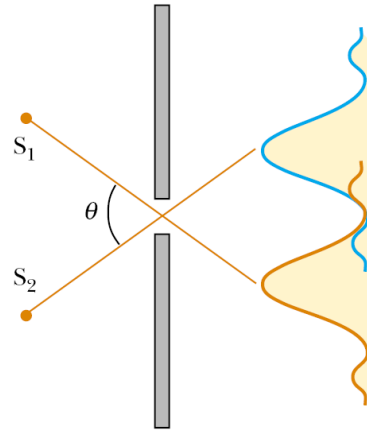
$$\frac{I_1}{I_{\max}} = 0.045$$

ความเข้มแสงแถบสว่างทุติยภูมิ อันดับที่ 2 :  $I_2$

$$\frac{I_2}{I_{\max}} = 0.016$$

กำลังแยก

- เป็นมุมที่เล็กที่สุดที่สามารถแยกคลื่น 2 อัน ออกจากกัน
- มุมลากจากกึ่งกลางริ้วสว่างของคลื่นอันหนึ่ง ไปยังริ้วมืดของคลื่นอีกอัน

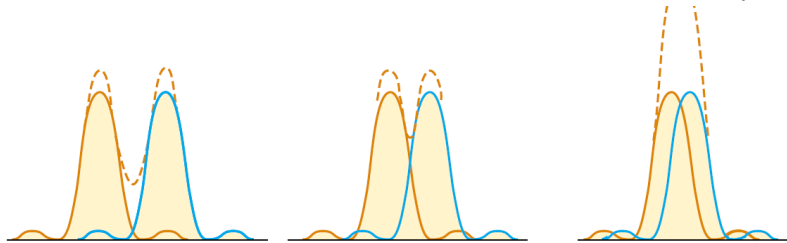


$$\sin \theta_{\text{dark}} = m \frac{\lambda}{a}$$

กำลังแยก ของช่องเปิดยาวเดี่ยว

$$\theta_{\text{min}} = \frac{\lambda}{a}$$

$a$  คือความกว้างของช่องเปิด

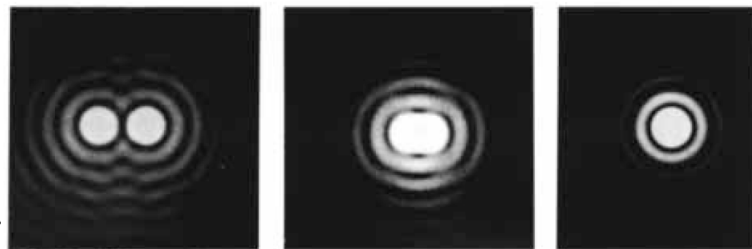


กำลังแยก ของช่องเปิดวงกลม

$$D \sin \theta = 1.22 m \lambda$$

$$\theta_{\text{min}} = 1.22 \frac{\lambda}{D}$$

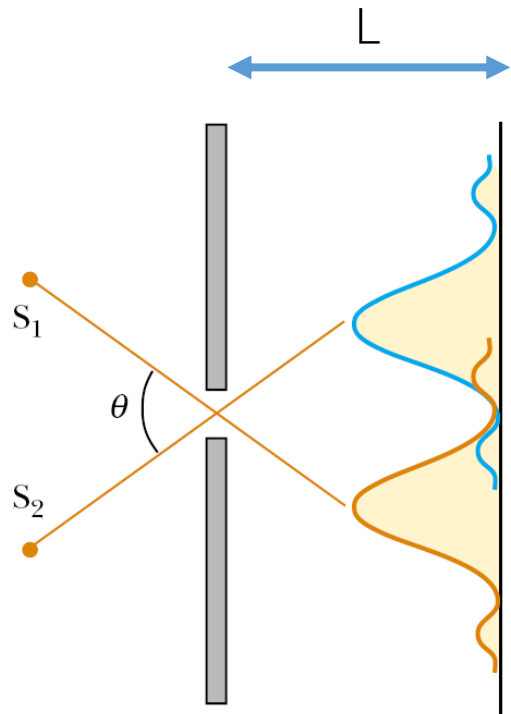
$D$  คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของช่องเปิดวงกลม





## บทที่ 7 : กำลังแยก แบบฝึกหัด

ในการทดลองการเลี้ยวเบนฟราวน์โฮเฟอร์ผ่านช่องกลม นักทดลองได้ใช้แสงความยาวคลื่น 500 nm ส่องผ่านช่องกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง  $D$  ไปเกิดลวดลายการเลี้ยวเบนที่ฉากซึ่งห่างออกไป 2 m พบว่าเส้นผ่านศูนย์กลางวงมืดวงแรกมีค่าเท่ากับ 2.44 cm ให้หาเส้นผ่านศูนย์กลาง  $D$  ของช่องเปิดดังกล่าว



กำลังแยก ของช่องเปิดวงกลม

$$D \sin \theta = 1.22 m \lambda$$

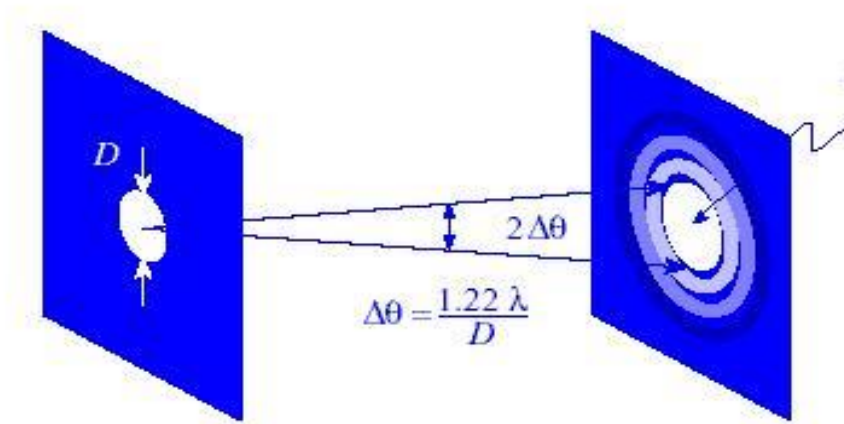
$$D = 0.1 \text{ mm}$$

## บทที่ 7 : กำลังแยก แบบฝึกหัด

กล้องโทรทรรศน์ขนาด 12 นิ้ว (ขนาดช่องเปิดเส้นผ่านศูนย์กลาง = 12 นิ้ว) จะมีกำลังแยก ( resolving power )  
เท่าใดที่ความยาวคลื่น 508 nm

## บทที่ 7 : กำลังแยก แบบฝึกหัด

ในการทดลองการเลี้ยวเบนฟราวน์โฮเฟอร์ผ่านช่องกลม นักทดลองได้ใช้แสงความยาวคลื่น 650 nm ส่องผ่านช่องกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง  $D = 0.02$  mm ไปเกิดลวดลายการเลี้ยวเบนที่ฉากซึ่งห่างออกไป 4 m



1. หากำลังแยก
2. เส้นผ่านศูนย์กลางวงมืดวงแรก
3. ถ้าเปลี่ยนให้ช่องวงกลมมีเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่ขึ้นเป็น 0.04 mm จงคำนวณหาเส้นผ่าศูนย์กลางวงมืดวงแรกของลวดลายการเลี้ยวเบนใหม่นี้

กำลังแยก ของช่องเปิดวงกลม

$$D \sin \theta = 1.22 m\lambda$$

$$\theta_{min} = 1.22 \frac{\lambda}{D}$$

## บทที่ 7 : กำลังแยก แบบฝึกหัด

คำนวณค่ากำลังแยกมุมที่ดวงตามีค่ามุมต่ำที่สุดเท่ากับเท่าไร เมื่อดวงตามีเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 mm ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตรในอากาศ ส่วนค่าดัชนีหักเหของดวงตามีค่า 1.33

กำลังแยก ของช่องเปิดวงกลม  $D \sin \theta = 1.22 m \lambda$

ค่ามุมที่ต่ำที่สุด  $\theta_{min} = 1.22 \frac{\lambda}{D}$       ดังนั้น

ภายในดวงตา มีค่าดัชนีหักเห  $n$  :  $\lambda \longrightarrow \lambda_n = \frac{\lambda}{n}$

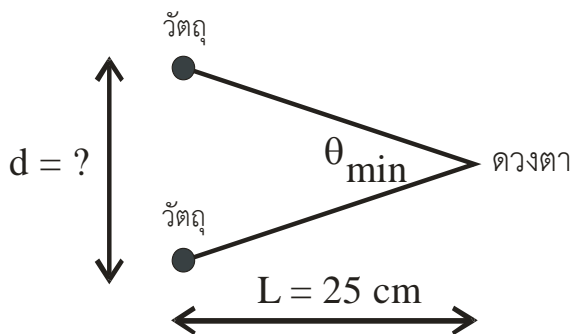
$$\theta_{min} = 1.22 \frac{\lambda/n}{D}$$

$$\theta_{min} = 1.22 \frac{500 \text{ nm}/1.33}{4 \text{ mm}}$$

$$= 1.15 \times 10^{-4} \text{ Rad}$$

$$= 0.0131 \text{ องศา}$$

ถ้าวัตถุสองจุดวางที่ระยะห่างจากดวงตาประมาณ 25 cm ถ้ามองว่าระยะห่างระหว่างวัตถุทั้งสองมีค่าเท่าใด?? ที่ดวงตาสามารถแยกตำแหน่งทั้งสองออกจากกันได้

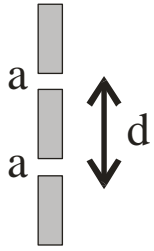


จากรูป  $\theta_{min}(\text{Rad}) = \frac{d}{L}$

$$d = 0.0131 * \frac{3.14}{180} (\text{Rad}) * 0.25 \text{ m} = 5.7 \times 10^{-5} \text{ m}$$

$$= 5.7 \times 10^{-3} \text{ cm}$$

# บทที่ 7 : การเลี้ยวเบนของช่องเล็กยาว 2 ช่อง



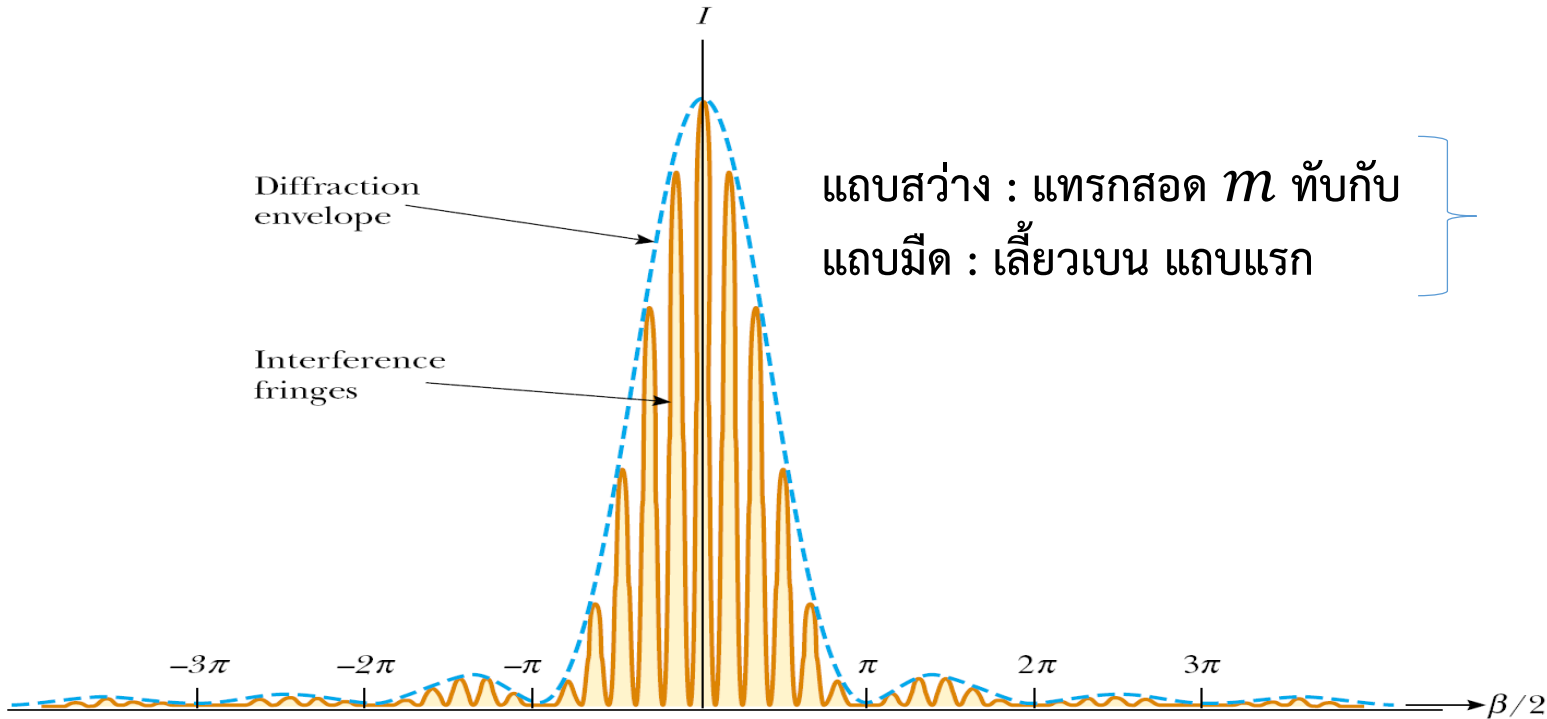
แต่ละ  $a$  ให้การเลี้ยวเบน Diffraction  
 $a$  ทั้ง 2 ให้การแทรกสอด Interference

แถบสว่าง : แทรกสอด

$$d \sin \theta = m\lambda$$

แถบมืด : เลี้ยวเบน

$$a \sin \theta = m\lambda$$



แถบสว่าง : แทรกสอด  $m$  ทับกับ  
 แถบมืด : เลี้ยวเบน แถบแรก

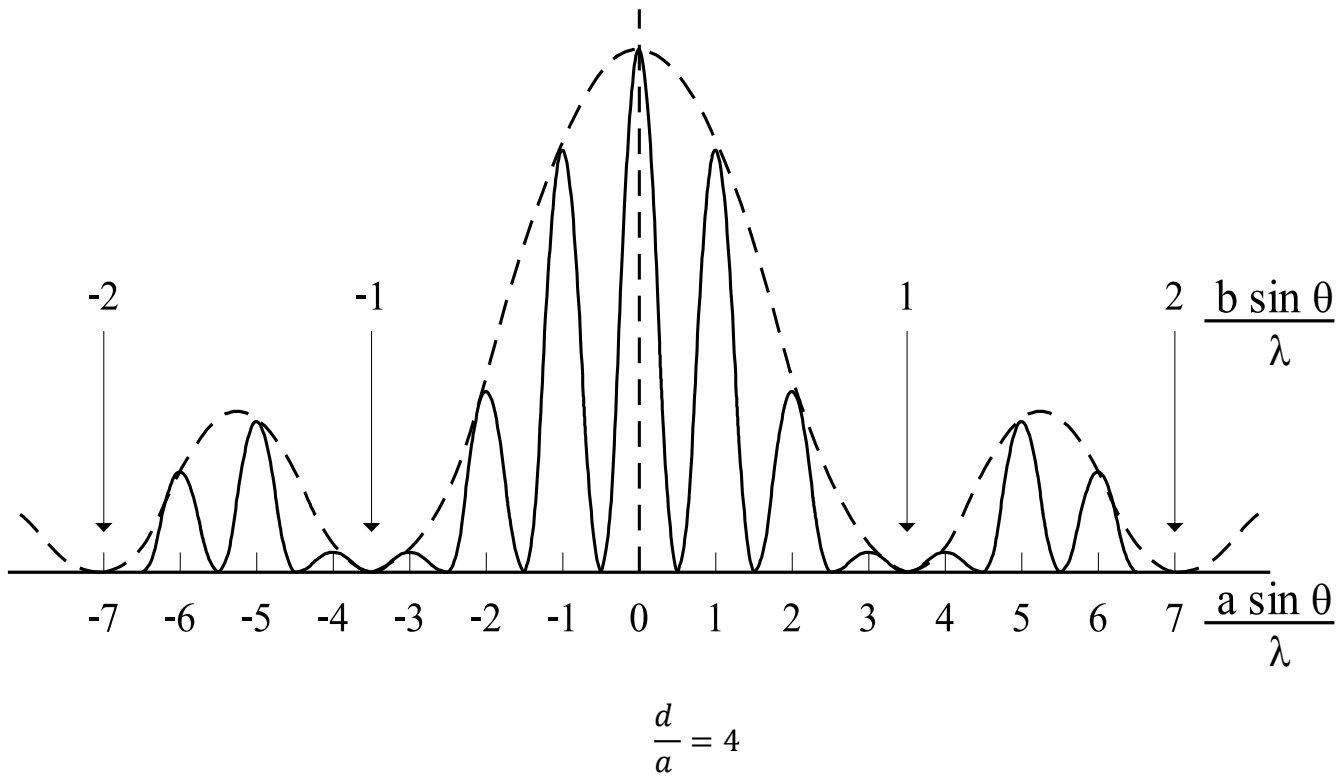
$$\frac{d \sin \theta}{a \sin \theta} = \frac{m\lambda}{\lambda}$$

$$\frac{d}{a} = m$$

$$m = 6$$

## บทที่ 7 : การเลี้ยวเบนของช่องเล็กยาว 2 ช่อง แบบฝึกหัด

จงหาอัตราส่วนระหว่างระยะห่างของสลิตคู่  $a$  ต่อความกว้างของสลิต  $d$  ที่ทำให้แถบสว่างที่เกิดจากการเลี้ยวเบนบรรจุแถบสว่างที่เกิดจากการแทรกสอดได้ 7 แถบพอดี



## บทที่ 7 : การเลี้ยวเบนของช่องเล็กยาว 2 ช่อง แบบฝึกหัด

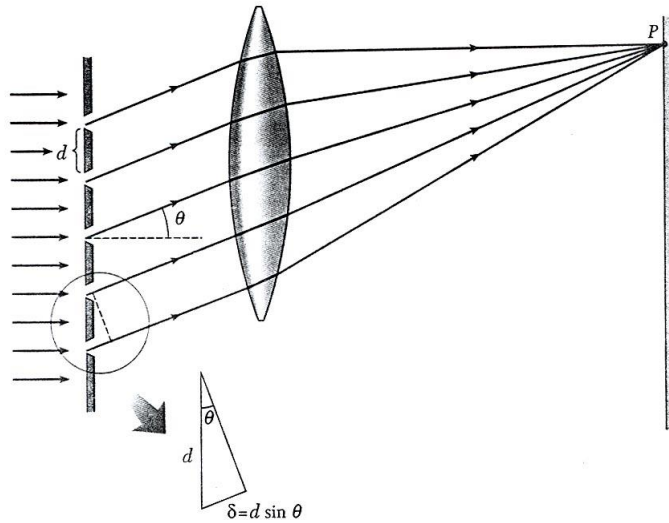
ช่องเล็กยาวคู่มีความกว้างของช่อง 0.25 มิลลิเมตร ตำแหน่งกึ่งกลางช่องเล็กยาวห่างกัน 1 มิลลิเมตร จงหา

- 1) แถบเลี้ยวเบนอันดับแรก สามารถบรรจุริ้วสว่างแทรกสอดได้กี่ริ้ว
- 2) ริ้วแทรกสอดใดบ้างหายไป

แถบมืดที่  $n = 1$ : การแทรกสอด แถบสว่าง ที่  $m = 4$  หายไป

แถบมืดที่  $n = 2$ : การแทรกสอด แถบสว่าง ที่  $m = 8$  หายไป

# บทที่ 7 : เกรตติ้งเลี้ยวเบน

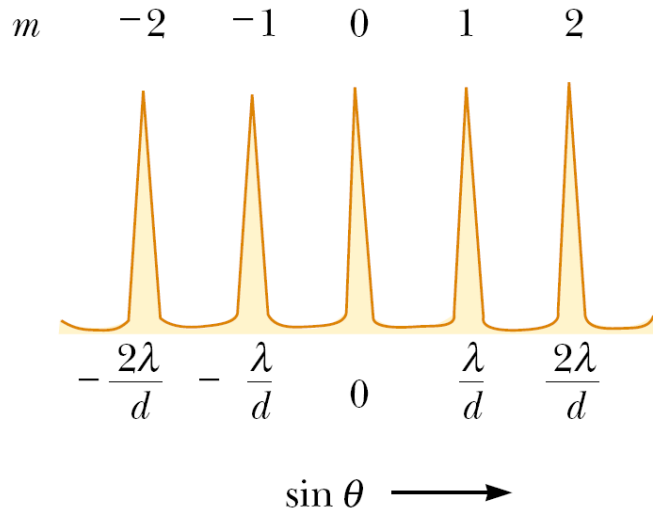


เกรตติ้ง

- มีช่องเปิดเป็นจำนวน **N** ช่อง (หรือ เส้น)
- มีการเลี้ยวเบนเกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก

$$d = N \text{ เส้น/cm}$$

$$d \sin \theta_{\text{สว่าง}} = m\lambda$$





## บทที่ 7 : เกรตติงเลี้ยวเบน แบบฝึกหัด

แสงความยาวคลื่น  $600$  นาโนเมตรตกตั้งฉากบนเกรตติงเลี้ยวเบนที่มีจำนวนเส้น  $600$  เส้นต่อมิลลิเมตร มุมที่ทำให้เกิดตำแหน่งสว่างลำดับที่  $2$  (ไม่นับตำแหน่งกลาง) มีค่าเท่าใด ตอบเป็นเรเดียน

## บทที่ 7 : เกรตติ้งเลี้ยวเบน แบบฝึกหัด

แสงความยาวคลื่น  $632.8 \text{ nm}$  ตกตั้งฉากบนเกรตติ้งเลี้ยวเบนที่มีจำนวนเส้น  $6000$  เส้นต่อ  $\text{cm}$   
หามุมที่ทำให้เกิดตำแหน่งสว่างลำดับที่ **1** และ **2** (ไม่นับตำแหน่งกลาง) มีค่าเท่าใด

$$d \sin \theta_{\text{สว่าง}} = m\lambda$$

$$\sin \theta_1 = \frac{\lambda}{d} = \frac{632.8 \text{ nm}}{\frac{1}{6000} \text{ cm}} = 0.379 \quad \theta_1 = 22.31^\circ$$

$$\sin \theta_2 = 2 \frac{\lambda}{d} = 2 \frac{632.8 \text{ nm}}{\frac{1}{6000} \text{ cm}} = 0.379 * 2 \quad \theta_2 = 2 * 22.31^\circ$$

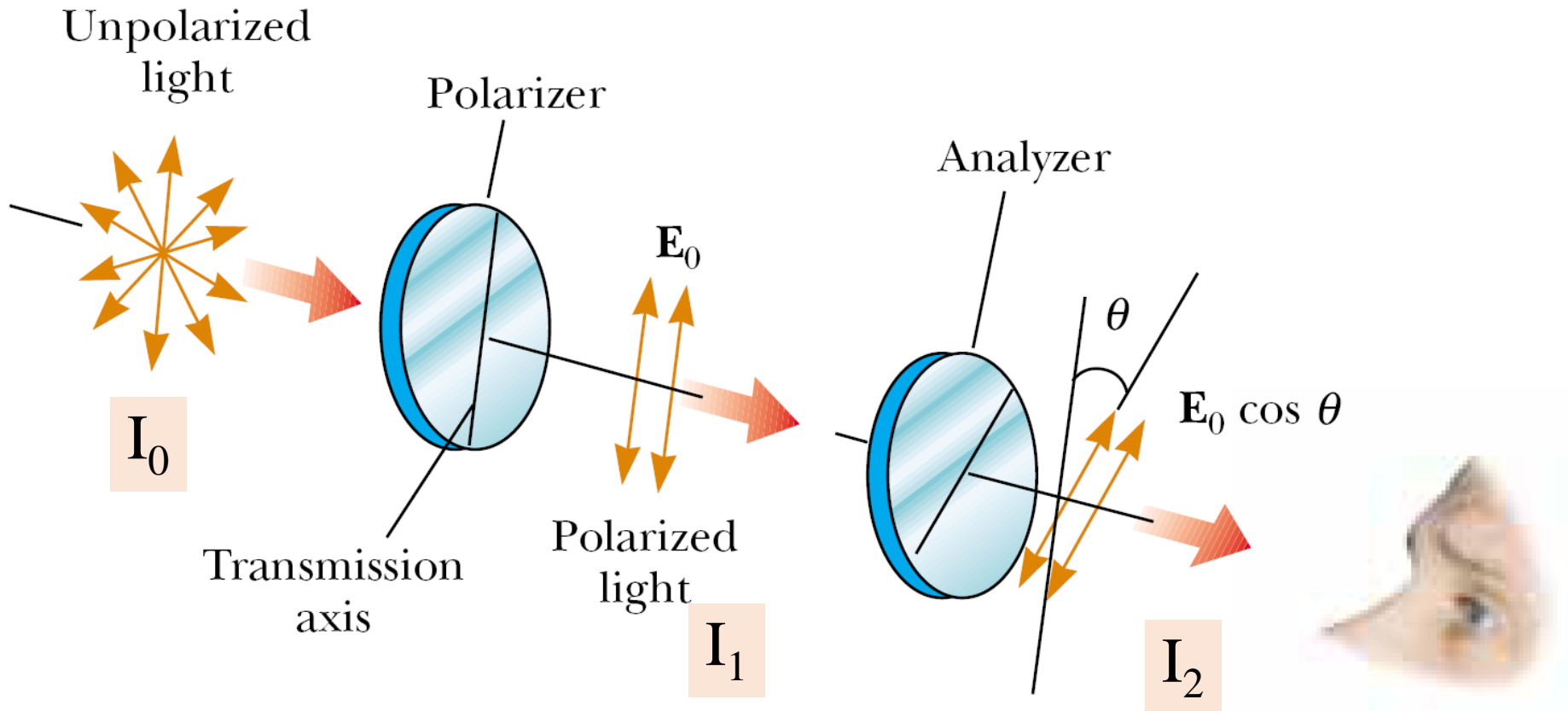
$$\sin \theta_3 = 3 \frac{\lambda}{d} = 3 \frac{632.8 \text{ nm}}{\frac{1}{6000} \text{ cm}} = 0.379 * 3 = 1.139$$

เกิดได้ไหม???

## สร้างแสงโพลาไรซ์

- โพลาริเซชันโดยการเลือกดูดกลืน โดยแผ่นโพลาไรซ์
- โพลาริเซชันโดยการสะท้อน
- โพลาริเซชันโดยการหักเหสองแนว
- โพลาริเซชันโดยการกระเจิง
- การประยุกต์แสงโพลาไรเซชัน

## บทที่ 7 : สร้างแสงโพลาไรซ์ โดยการใส่แผ่นโพลาไรซ์



$I_0$  ความเข้มของแสงไม่โพลาไรซ์

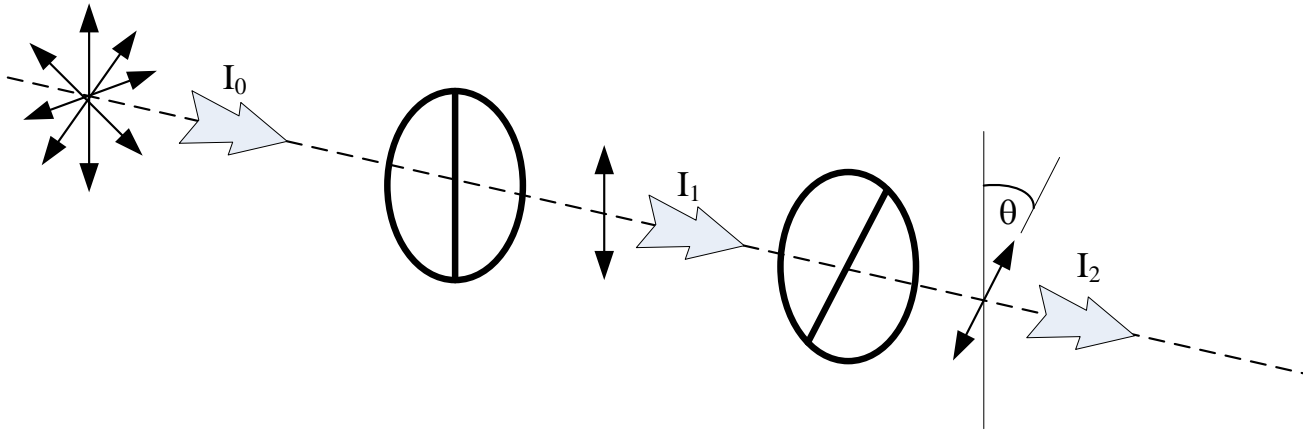
$I_1$  ความเข้มของแสงหลังจากผ่านแผ่นโพลาไรซ์แผ่นแรก  $= \frac{I_0}{2}$

$I_2$  ความเข้มของแสงหลังจากผ่านแผ่นโพลาไรซ์แผ่นสอง

$$I_2 = I_1 \cos^2 \theta$$

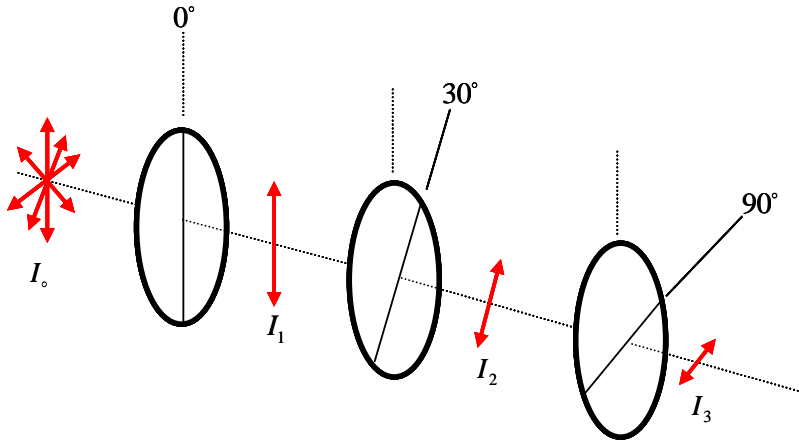
## บทที่ 7 : สร้างแสงโพลาไรเซ โดยการใช้แผ่นโพลาไรซ์

ตัวอย่าง แสงไม่โพลาไรซ์ความเข้ม  $I_0 = 10 \text{ W/m}^2$  ส่องผ่านแผ่นโพลาไรซ์ 2 แผ่นดังภาพ  
ถ้า  $\theta = 45$  องศา หลังจากที่ผ่านมาแผ่นที่ 1 มีความเข้มของแสง  $I_1 = ?$   
และ หลังจากที่ผ่านมาแผ่นที่ 2 มีความเข้มของแสง  $I_2 = ?$



## บทที่ 7 : โพลาริเซชัน แบบฝึกหัด

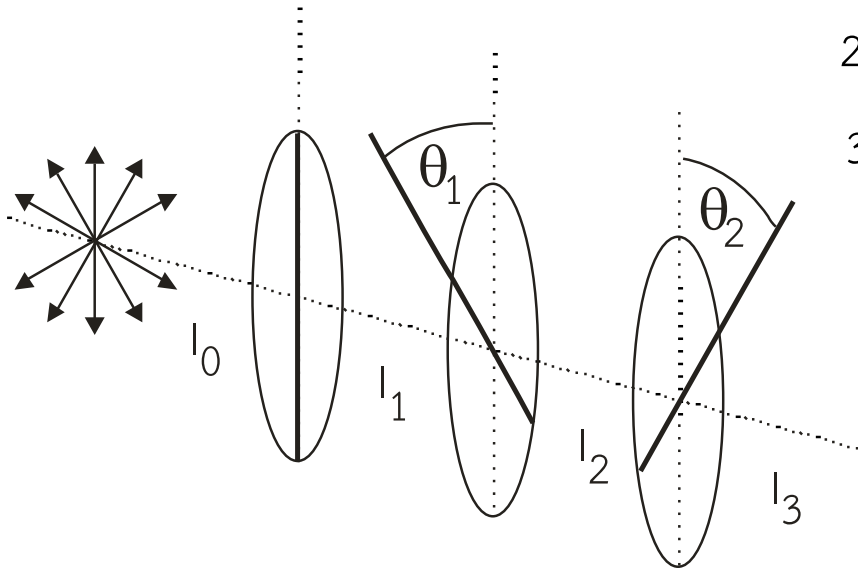
ในการทดลองหนึ่งเริ่มต้นโดยใช้แสงไม่โพลาไรซ์ความเข้ม  $I_0 = 10 \text{ W/m}^2$  ส่องผ่านแผ่นโพลาไรซ์สามแผ่นที่มีการวางตัวดังรูป



1. จงหาความเข้มของแสงหลังจากผ่านแผ่นโพลาไรซ์แผ่นแรก  $I_1$
2. จงหาความเข้มของแสงหลังจากผ่านแผ่นโพลาไรซ์แผ่นสอง  $I_2$
3. จงหาความเข้มของแสงหลังจากผ่านแผ่นโพลาไรซ์แผ่นสาม  $I_3$
4. ถ้าหมุนแผ่นโพลาไรซ์แผ่นที่สอง ไปจนอยู่ที่ตำแหน่ง  $60$  องศา จงหาความเข้มของแสงหลังจากผ่านแผ่นโพลาไรซ์แผ่นสาม  $I_3$

## บทที่ 7 : โพลาริเซชัน แบบฝึกหัด

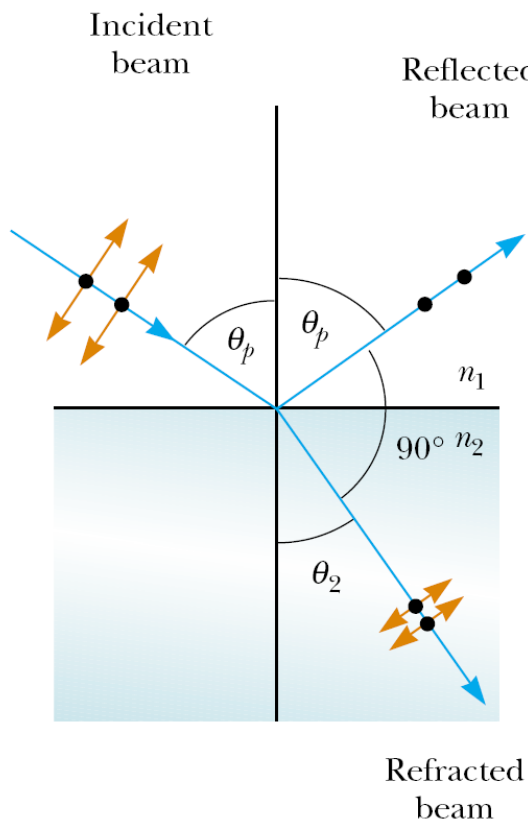
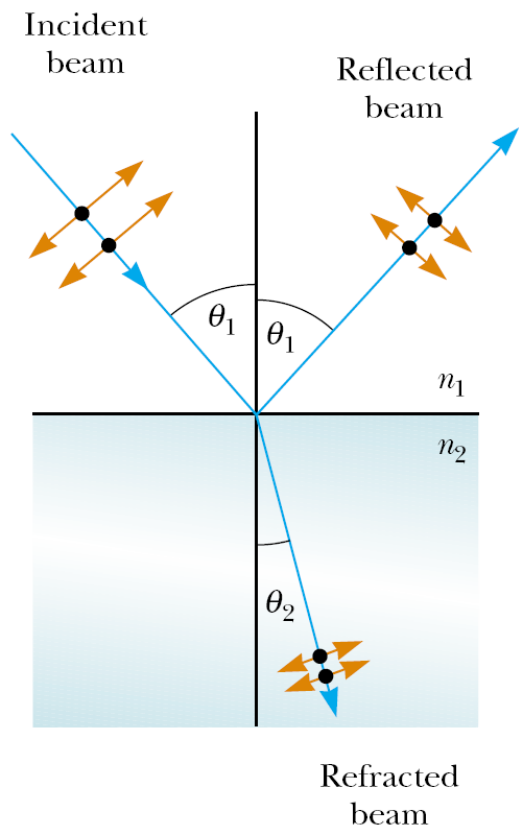
ในการทดลองหนึ่งเริ่มต้นโดยใช้แสงไม่โพลาไรซ์ความเข้ม  $I_0 = 20 \text{ W/m}^2$  ส่องผ่านแผ่นโพลาไรซ์สามแผ่นที่มีการวางตัวดังรูป



1. จงหาความเข้มของแสงหลังจากผ่านแผ่นโพลาไรซ์แผ่นแรก  $I_1$
2. ความเข้มของแสง  $I_2 = 7.5 \text{ W/m}^2$  มุม  $\theta_1 = ?$
3. ความเข้มของแสง  $I_3 = 3.75 \text{ W/m}^2$  มุม  $\theta_2 = ?$

# บทที่ 7 : สร้างแสงโพลาไรเซชัน โดยแสงสะท้อนที่มุมบรีวสเตอร์

มุมบรีวสเตอร์ หรือมุมโพลาไรซ์  $\theta_p$



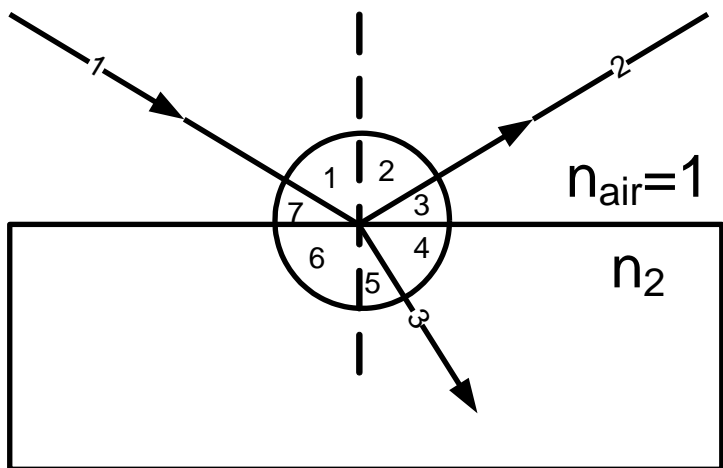
$$n = \tan \theta_p$$



## บทที่ 7 : สร้างแสงโพลาไรเซชัน โดยแสงสะท้อนที่มุมบรูว์สเตอร์

ตัวอย่าง ในการทดลองการเกิดการโพลาไรซ์โดยการสะท้อนด้วยการทดลองดังรูป จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. เส้นทางเดินแสงเส้นทางใดที่แสงเป็นแสงโพลาไรซ์
2. มุมใดมีขนาดเท่ากับมุมโพลาไรซ์
3. มุมโพลาไรซ์มีค่าเท่าใด เมื่อ  $n_2 = 1.5$
4. ถ้าเปลี่ยนตัวกลางที่สองแล้วทดลองใหม่ พบว่ามุมโพลาไรซ์มีค่าเท่ากับ  $53^\circ$  องศา จงหาค่า ดัชนีหักเห  $n_2$  ของตัวกลางใหม่



## บทที่ 7 : สร้างแสงโพลาริเซชัน โดยแสงสะท้อนที่มุมบรีวสเตอร์ : แบบฝึกหัด

การทดลองการแสงโพลาริเซชันโดยการสะท้อน โดยให้แสงเดินทางจากอากาศ ไปยังแผ่นแก้วที่มีค่า  
ดรรชนีหักเห 1.54 แสงสะท้อนจะมีความเข้มน้อยที่สุดที่มุมหักเหมีค่าเท่าใด