

บทที่ 6 : การแทรกสอดของคลื่นแสง

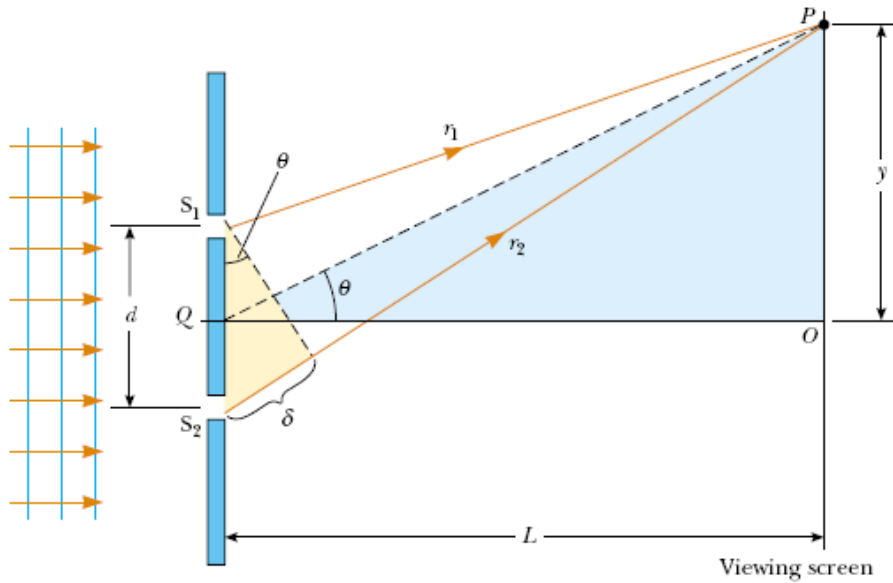
เงื่อนไขของการแทรกสอด

1. แหล่งกำเนิดแสง ต้องเป็นแหล่งกำเนิดแสงอาพันธ์
2. แหล่งกำเนิดแสง ต้องมีความยาวคลื่นเดียวกัน หรือให้แสงสีเดียวกัน
3. การรวมกันของคลื่น ต้องเป็นไปตามหลักการซ้อนทับของคลื่น

หลักการซ้อนทับของคลื่น

1. หลักการซ้อนทับของคลื่น แบบเสริมกัน เกิดจากคลื่นมีเฟสตรงกัน หรือต่างกัน 360 องศา (2π)
2. หลักการซ้อนทับของคลื่น แบบหักล้างกัน เกิดจากคลื่นมีเฟสต่างกัน π

บทที่ 6 : การทดลองแบบช่องเล็กยาวคู่ของยัง



(a)

ความต่างวิถี (path difference) $\delta = d \sin \theta$

แถบสว่าง : $\delta = d \sin \theta = m\lambda$

แถบมืด : $\delta = d \sin \theta = (m + \frac{1}{2})\lambda$
 $m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$

θ มีค่าน้อย : $\tan \theta \approx \sin \theta$

แถบสว่าง : $d \sin \theta = m\lambda$

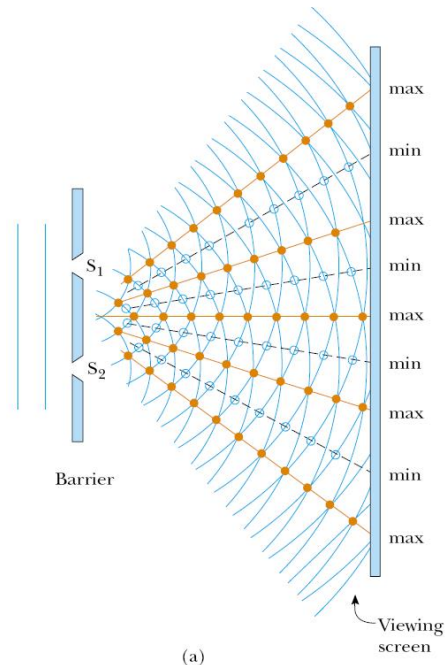
$d \frac{y}{L} = m\lambda \Rightarrow d \frac{y_m}{L} = m\lambda$

แถบมืด :

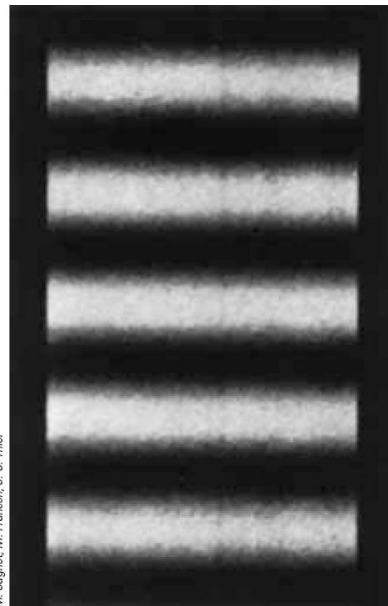
$d \sin \theta = (m + \frac{1}{2})\lambda$

$d \frac{y}{L} = (m + \frac{1}{2})\lambda$

$\Rightarrow d \frac{y_m}{L} = (m + \frac{1}{2})\lambda$



(a)



(b)

สว่าง

มืด

$m = 2$

$m = 1$

$m = 1$

$m = 0$

$m = 0$

$m = -1$

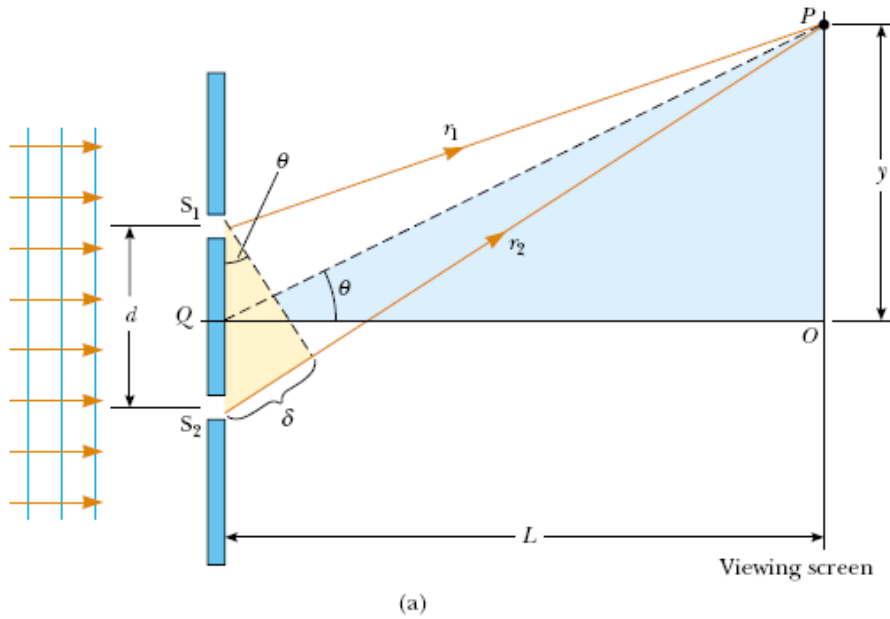
$m = -1$

$m = -2$

$m = -2$

บทที่ 6 : การทดลองแบบช่องเล็กลายคู่ของยัง

ในการทดลองของยัง ถ้าระยะห่างระหว่างช่องเล็กลายเป็น 0.1 mm และระยะห่างจากช่องเล็กลายคู่ถึงฉากเป็น 50 cm จงคำนวณหา ระยะห่างบนฉากระหว่างแถบสว่างที่อยู่ติดกัน ของแสงที่สีม่วงที่มีค่า ความยาวคลื่น 400 nm



แถบสว่าง : $d \sin \theta = m\lambda$

$$d \frac{y}{L} = m\lambda \quad \rightarrow \quad d \frac{y_m}{L} = m\lambda$$

$$m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

แถบสว่างที่ m : y_m

แถบสว่างที่ $m + 1$: y_{m+1}

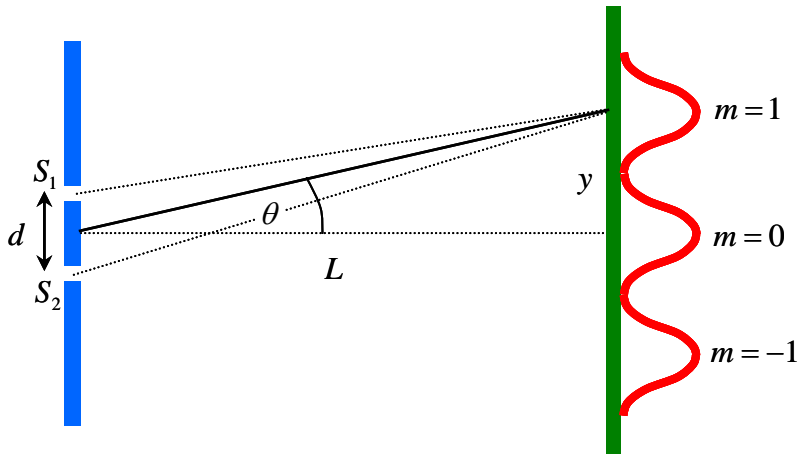
บทที่ 6 : การทดลองแบบช่องเล็กยาวคู่ของยัง

ทำการทดลองให้แสงผ่านสลิตคู่ ที่มีระยะระหว่างสลิต 0.25 mm และวางฉากที่ระยะห่างไป 5 m โดยใช้แสงเลเซอร์ความยาวคลื่น 650 nm

1. หามุมของแถบสว่างที่ 1
2. หาค่า path difference ของเส้นทางเดินของคลื่นแสงจากช่องสลิต ทั้งสองไปยังแถบสว่างที่ 5
3. หาค่าความต่างเฟส ของคลื่นในข้อที่ 2.
4. วัดระยะระหว่างแถบสว่างที่ 5 และแถบมืดที่ 3 มีค่าเท่ากับเท่าไร

บทที่ 6 : แบบฝึกหัด

ในการทดลองการแทรกสอดของแสงโดยใช้ช่องแคบคู่ของยัง ใช้สลิตคู่ที่มีระยะห่างระหว่างช่องสลิต $d = 0.05 \text{ mm}$ และทำการวางฉากในแนวขนานกับแผ่นสลิตที่ระยะห่างออกไป $L = 1 \text{ m}$ ดังรูป ใช้แสงสีแดงความยาวคลื่น 600 nm



1. จงหาว่าแถบสว่างลำดับแรกอยู่ห่างจากจุดกึ่งกลางฉากเท่าใด
2. แถบสว่างลำดับที่สามอยู่ห่างจากจุดกึ่งกลางฉากเท่าใด
3. แถบมืดแถบแรกอยู่ห่างจากแถบมืดแถบที่สองเท่าใด
4. ที่ระยะ 6 cm จากกึ่งกลางฉากจะเป็นแถบสว่าง หรือ แถบมืด
5. ถ้าขยับฉากให้ห่างจากช่องเล็กน้อยกว่าเป็น 4 m จงหาว่าแถบสว่างลำดับแรกอยู่ห่างจากจุดกึ่งกลางฉาก มากขึ้นหรือ น้อยลง เท่าใด

แหล่งกำเนิดแสงชนิดหนึ่ง ให้แสงที่มีความยาวคลื่นสองค่าในช่วงที่มองเห็นได้ คือ 400 nm และ 580 nm เมื่อนำมาส่องผ่านสลิตคู่ ที่มีระยะห่าง 0.025 mm โดยให้แสงไปตกที่ผนังที่อยู่ห่างออกไป 2 m

1. จงหาระยะห่างระหว่างแถบสว่างอันดับ 2 ที่เกิดจากแสงทั้งสองความยาวคลื่น
2. จงหาตำแหน่งแรกที่แถบสว่างของแสงทั้งสองความยาวคลื่นทับกันพอดี

แสงปกติที่เรามองเห็นจัดอยู่ในส่วนหนึ่งของสเปกตรัมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วแสง (c) ความยาวคลื่น λ และความถี่ f เป็นไปตามสมการ $c = f\lambda$ กำหนดอัตราเร็วแสงในอากาศ 3×10^8 m/s

1. จงคำนวณหาความถี่ของแสงดังต่อไปนี้

แสงสีม่วงความยาวคลื่น 400 nm

แสงสีแดงความยาวคลื่น 600 nm

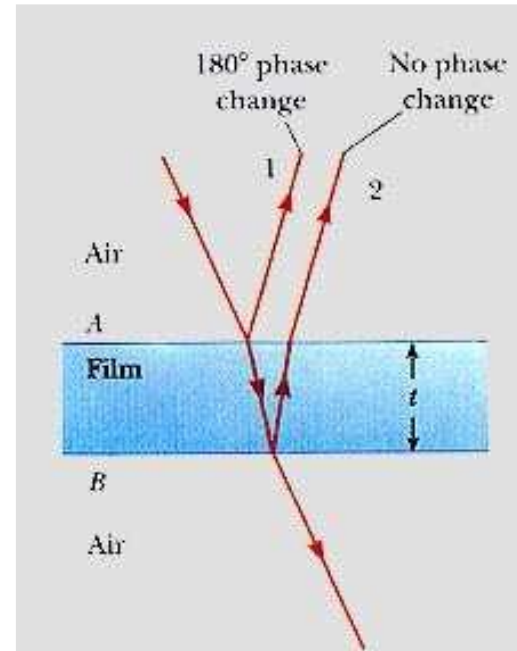
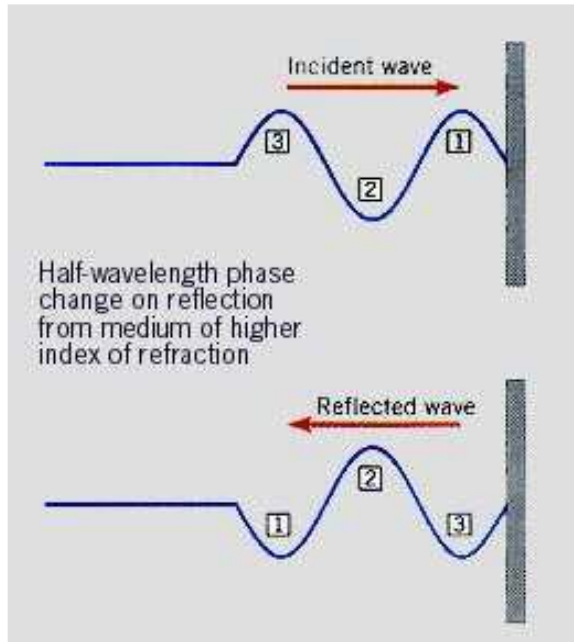
2. จงคำนวณหาความยาวคลื่นของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้างดังต่อไปนี้

3G ความถี่ 2100 MHz

ให้คำนวณหาค่าความเร็วแสงในน้ำที่มีดัชนีหักเหเท่ากับ 1.333 กำหนดให้ความเร็วของแสงในอากาศมีค่าประมาณ 3.0×10^8 m/s

(2.3×10^8 m/s)

บทที่ 6 : การสะท้อนจากฟิล์มบาง



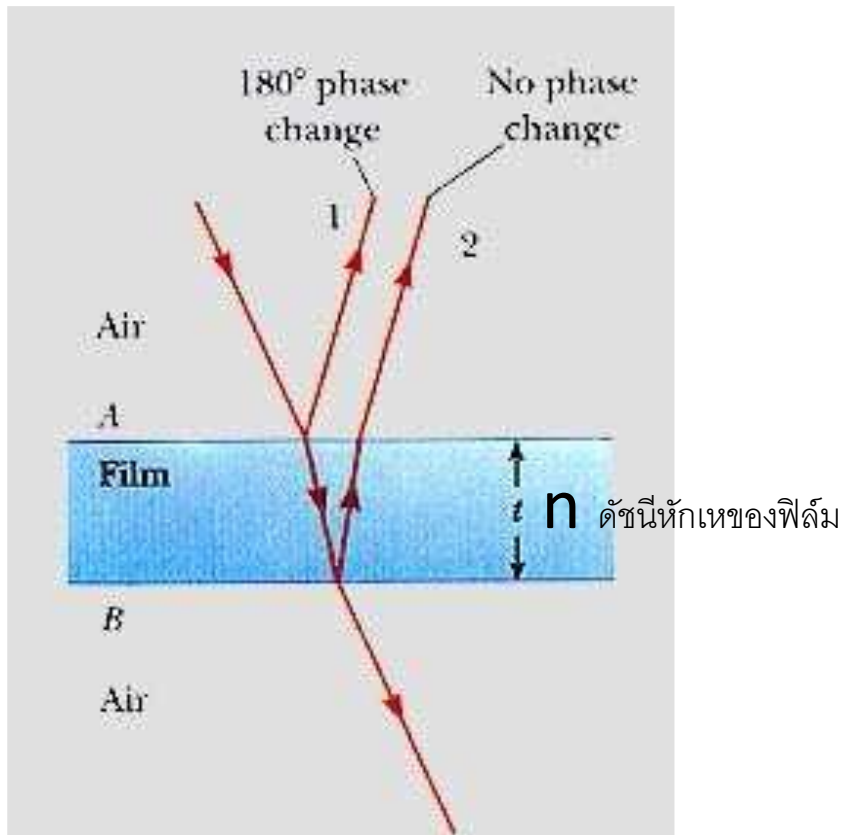
แสงเดินทางจากดัชนีหักเหน้อย → ดัชนีหักเหมาก : แสงสะท้อนให้เฟสเปลี่ยน 180 องศา

แสงเดินทางจากดัชนีหักเหมาก → ดัชนีหักเหน้อย : แสงสะท้อนให้เฟสไม่เปลี่ยน

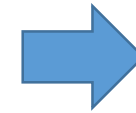
บทที่ 6 : การสะท้อนจากฟิล์มบาง

แสงเดินทางจากดัชนีหักเหน้อย → ดัชนีหักเหมาก : แสงสะท้อนให้เฟสเปลี่ยน 180 องศา

แสงเดินทางจากดัชนีหักเหมาก → ดัชนีหักเหน้อย : แสงสะท้อนให้เฟสไม่เปลี่ยน



เฟสแตกต่าง 180 องศา



หักล้างกัน ได้แถบมืด

$$2t = m\lambda_n$$

$$\lambda_n = \lambda/n$$

$$2nt = m\lambda$$

$$m = 0, 1, 2, \dots$$

เสริมกัน ได้แถบสว่าง

$$2t = (m + 1/2)\lambda_n$$

$$\lambda_n = \lambda/n$$

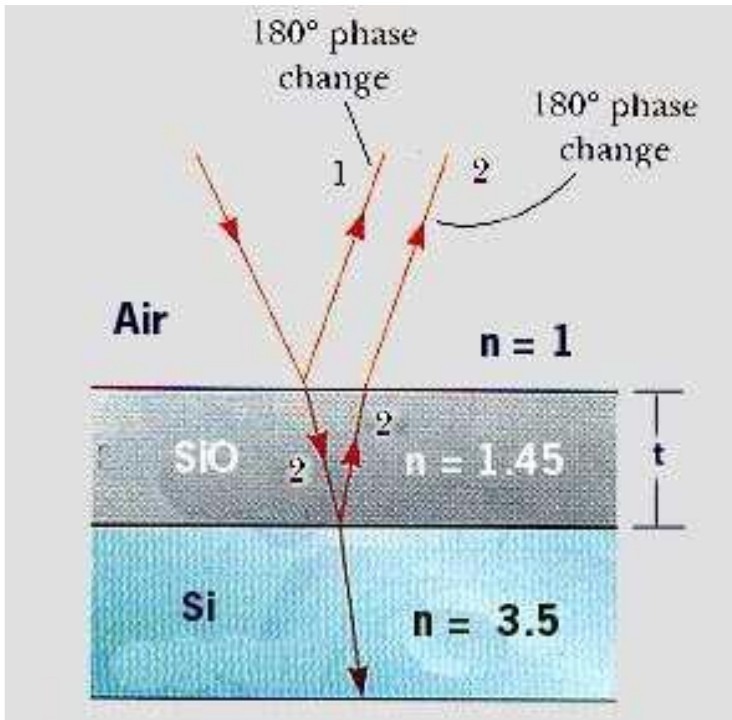
$$2nt = (m + \frac{1}{2})\lambda$$

$$m = 0, 1, 2, \dots$$

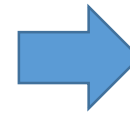
บทที่ 6 : การสะท้อนจากฟิล์มบาง

แสงเดินทางจากดัชนีหักเหน้อย → ดัชนีหักเหมาก : แสงสะท้อนให้เฟสเปลี่ยน 180 องศา

แสงเดินทางจากดัชนีหักเหมาก → ดัชนีหักเหน้อย : แสงสะท้อนให้เฟสไม่เปลี่ยน



เฟสเหมือนกัน



เสริมกัน ได้แถบสว่าง

$$2t = m\lambda_n$$

$$\lambda_n = \lambda/n$$

$$2nt = m\lambda$$

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

หักล้างได้แถบมืด

$$2t = (m + 1/2)\lambda_n$$

$$\lambda_n = \lambda/n$$

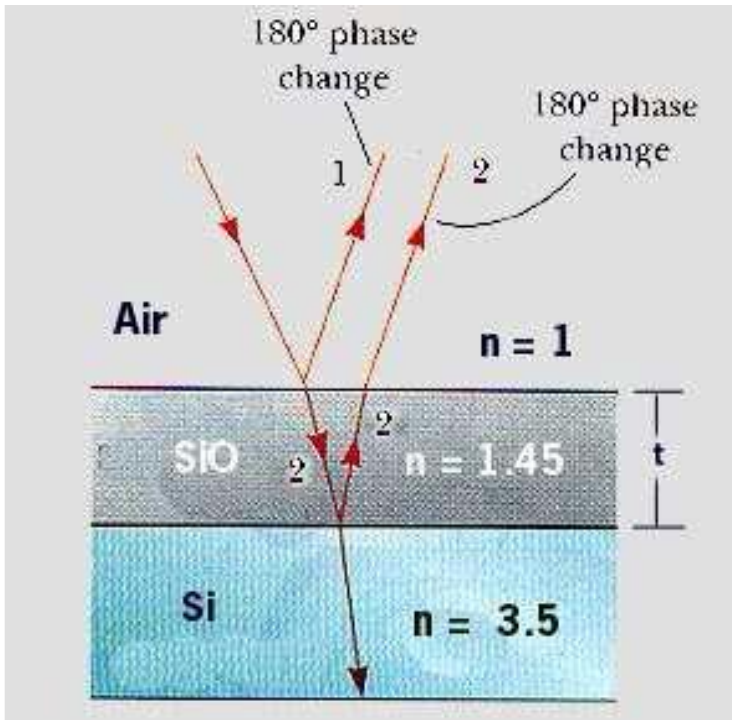
$$2nt = (m + \frac{1}{2})\lambda$$

$$m = 0, 1, 2, \dots$$

บทที่ 6 : การสะท้อนจากฟิล์มบาง

แสงเดินทางจากดัชนีหักเหน้อย → ดัชนีหักเหมาก : แสงสะท้อนให้เฟสเปลี่ยน 180 องศา

แสงเดินทางจากดัชนีหักเหมาก → ดัชนีหักเหน้อย : แสงสะท้อนให้เฟสไม่เปลี่ยน



($t = 94.8 \text{ nm}$)

จากรูป ให้หาความหนาของซิลิคอนออกไซด์ที่ไม่ทำให้เกิดการสะท้อนของแสงความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร

เฟสเหมือนกัน → เสริมกัน ได้แถบสว่าง

$$2t = m\lambda_n$$

$$\lambda_n = \lambda/n$$

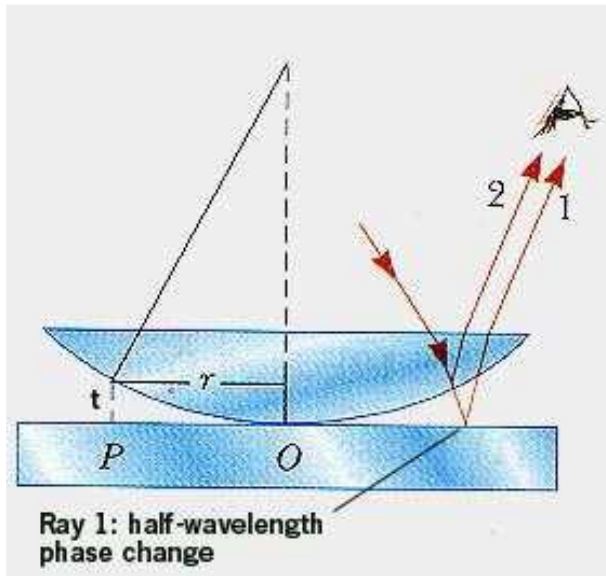
$$2nt = m\lambda \quad m = 1, 2, \dots$$

หักล้างได้แถบมืด

$$2nt = (m + \frac{1}{2})\lambda$$

$$m = 0, 1, 2, \dots$$

บทที่ 6 : การแทรกสอดที่ฟิล์มอากาศบาง หรือวงแหวนนิวตัน



$$r^2 = 2Rt$$

R คือรัศมีความโค้งของเลนส์

เฟสแตกต่างกัน 180 องศา



หักล้างกัน ได้วงมืดก่อน

$$2t = m\lambda_n$$

$$\lambda_n = \lambda/n = \lambda$$

อากาศ $n = 1$

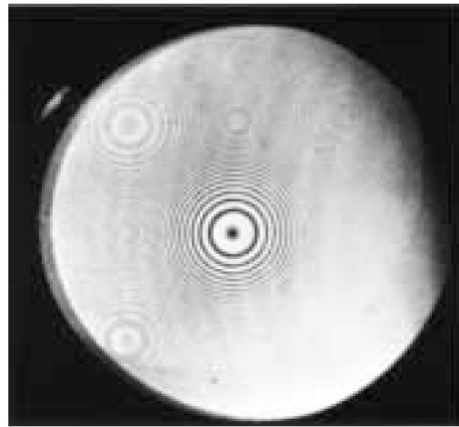
$$2t = m\lambda$$

$m = 0, 1, 2, \dots$

เสริมกัน ได้วงสว่าง :

$$2t = (m + \frac{1}{2})\lambda$$

$m = 0, 1, 2, \dots$



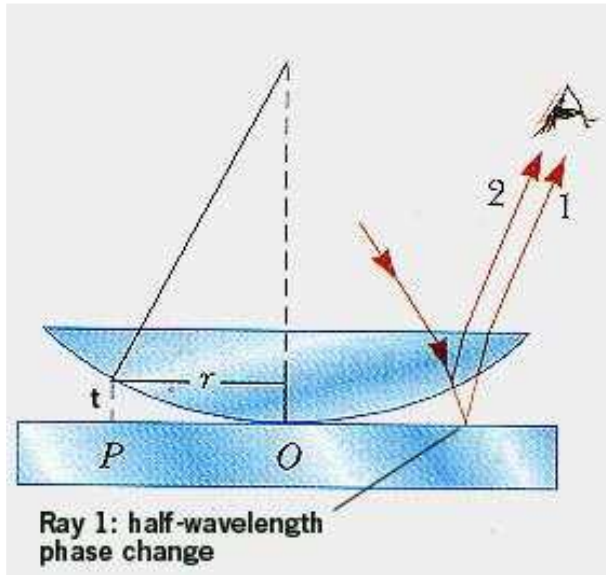
Courtesy of Bausch and Lomb Optical Company

(b)

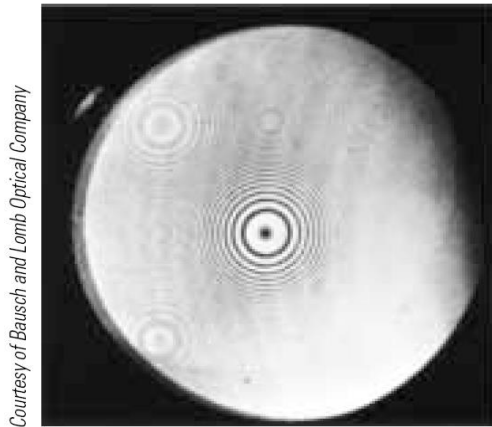
แสงเดินทางจากดัชนีหักเห **น้อย** → ดัชนีหักเห **มาก** : แสงสะท้อนให้เฟสเปลี่ยน 180 องศา

แสงเดินทางจากดัชนีหักเห **มาก** → ดัชนีหักเห **น้อย** : แสงสะท้อนให้เฟส **ไม่เปลี่ยน**

บทที่ 6 : การแทรกสอดที่ฟิล์มอากาศบาง หรือวงแหวนนิวตัน



การทดลองวงแหวนนิวตันใช้แสงความยาวคลื่น 600 nm และเลนส์มีรัศมีหักเห 1.5 และมีรัศมีความโค้ง R เท่ากับ 2.5 m จงหาว่ามี r ของริ้วสว่างที่ 5 ของวงแหวนนิวตัน

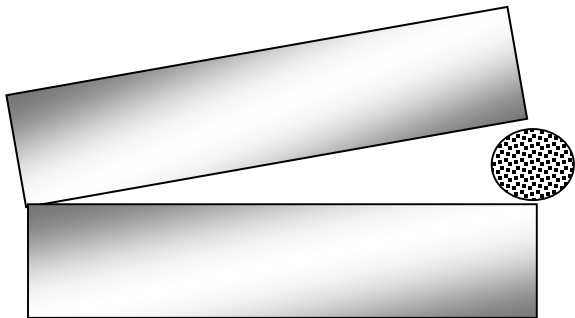


(b)

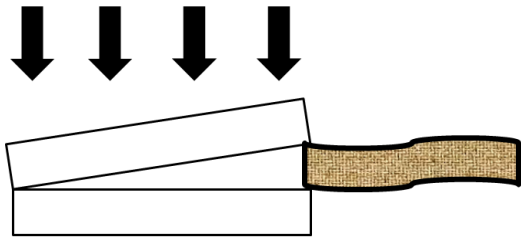
บทที่ 6 : การแทรกสอดที่ฟิล์มอากาศบาง

นำแผ่นแก้ว 2 แผ่นประกบกัน แล้วคั่นด้วยเส้นไหมที่ปลายด้านหนึ่งทำให้เกิดฟิล์มอากาศดังรูป เมื่อส่องแสงที่มีความยาวคลื่น 500 nm แล้วมองจากด้านบน นับแถบมืดได้ทั้งหมด 21 แถบพอดี

1. เมื่อลดขนาดเส้นไหมจาก D เป็น $D/2$ ระยะทางระหว่างแถบมืดเปลี่ยนไปอย่างไร
2. เส้นไหมมีขนาดรัศมีเท่าใด



นำแผ่นแก้ว 2 แผ่นประกบกัน แล้วคั่นด้วยแผ่นกระดาษที่ปลายด้านหนึ่งดังรูป
เมื่อส่องแสงที่มีความยาวคลื่น 600 nm แล้วมองจากด้านบน นับแถบมืดได้
ทั้งหมด 101 แถบพอดี หาค่าความหนาของแผ่นกระดาษ

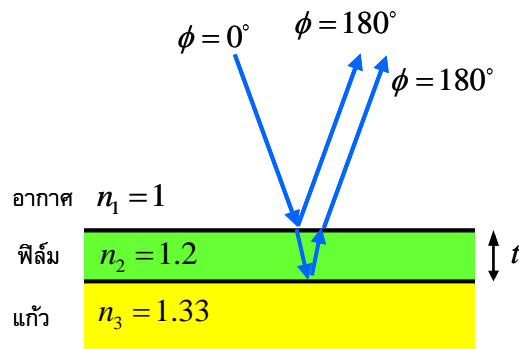


(30 ไมโครเมตร)

บทที่ 6 : แบบฝึกหัด

เลนส์แว่นกันแดดชนิดหนึ่งสร้างโดยการเคลือบฟิล์มบางที่มีค่าดัชนีหักเห $n_f = 1.2$ ลงบนผิวแก้วที่มีค่าดัชนีหักเห $n_g = 1.33$ จงหาความหนาของฟิล์มที่น้อยที่สุดที่ทำให้

1. สะท้อนแสงสีม่วง ความยาวคลื่น 400 nm ได้มากที่สุด
2. สะท้อนแสงสีแดง ความยาวคลื่น 600 nm ได้น้อยที่สุด

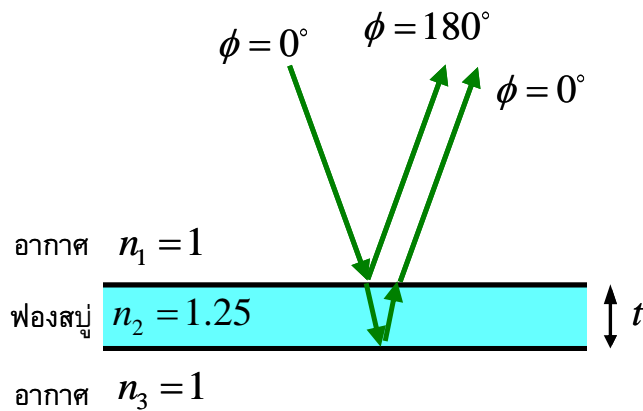


คราบน้ำมัน ดัชนีหักเหของแสงเท่ากับ 1.45 ลอยบนผิวน้ำ แสงสีขาวตกกระทบในแนวตั้งฉาก ความหนาของแผ่นฟิล์มเท่ากับ 80 nm จงหาสีของแสงสะท้อนที่เด่นที่สุด

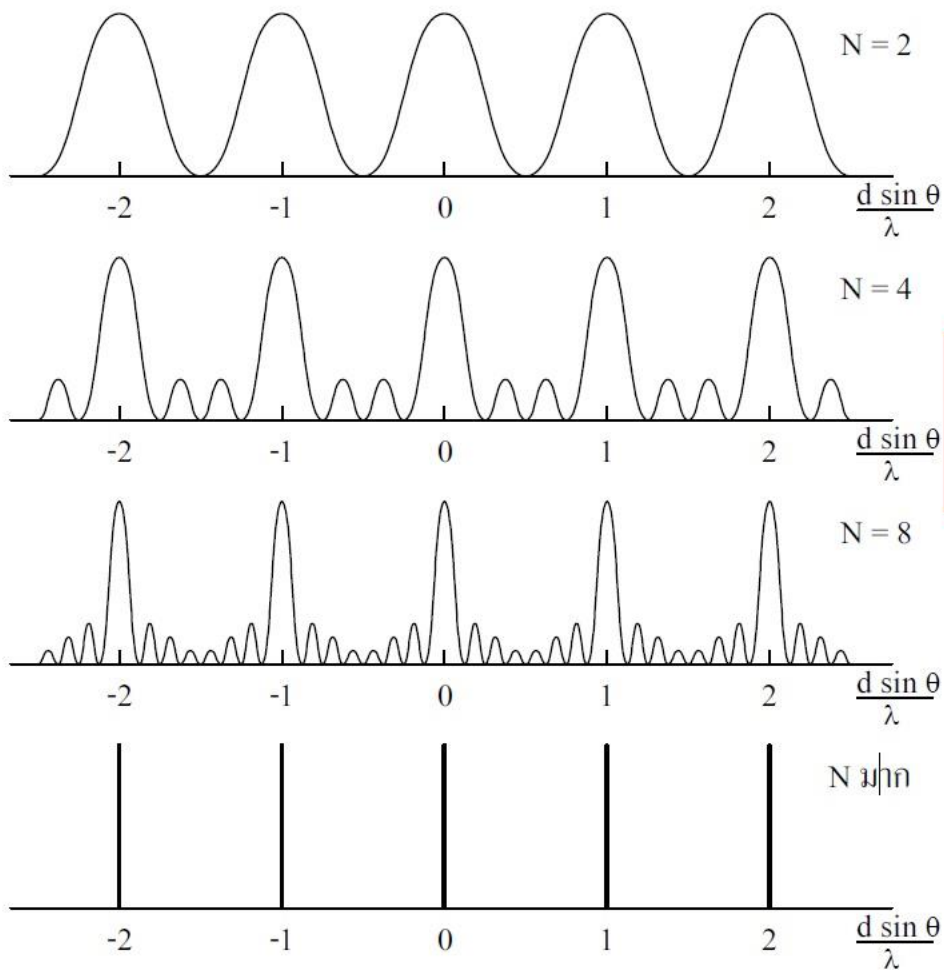
บทที่ 6 : แบบฝึกหัด

ฟองสบู่ดัชนีหักเห $n = 1.25$ ลอยอยู่ในอากาศจงหาว่าความหนาของฟองสบู่ต้องมีค่าอย่างน้อยเป็นเท่าใด จึงจะสามารถ

1. สะท้อนแสงสีน้ำเงิน ความยาวคลื่น 450 nm ได้มากที่สุด
2. สะท้อนแสงสีแดง ความยาวคลื่น 600 nm ได้น้อยที่สุด

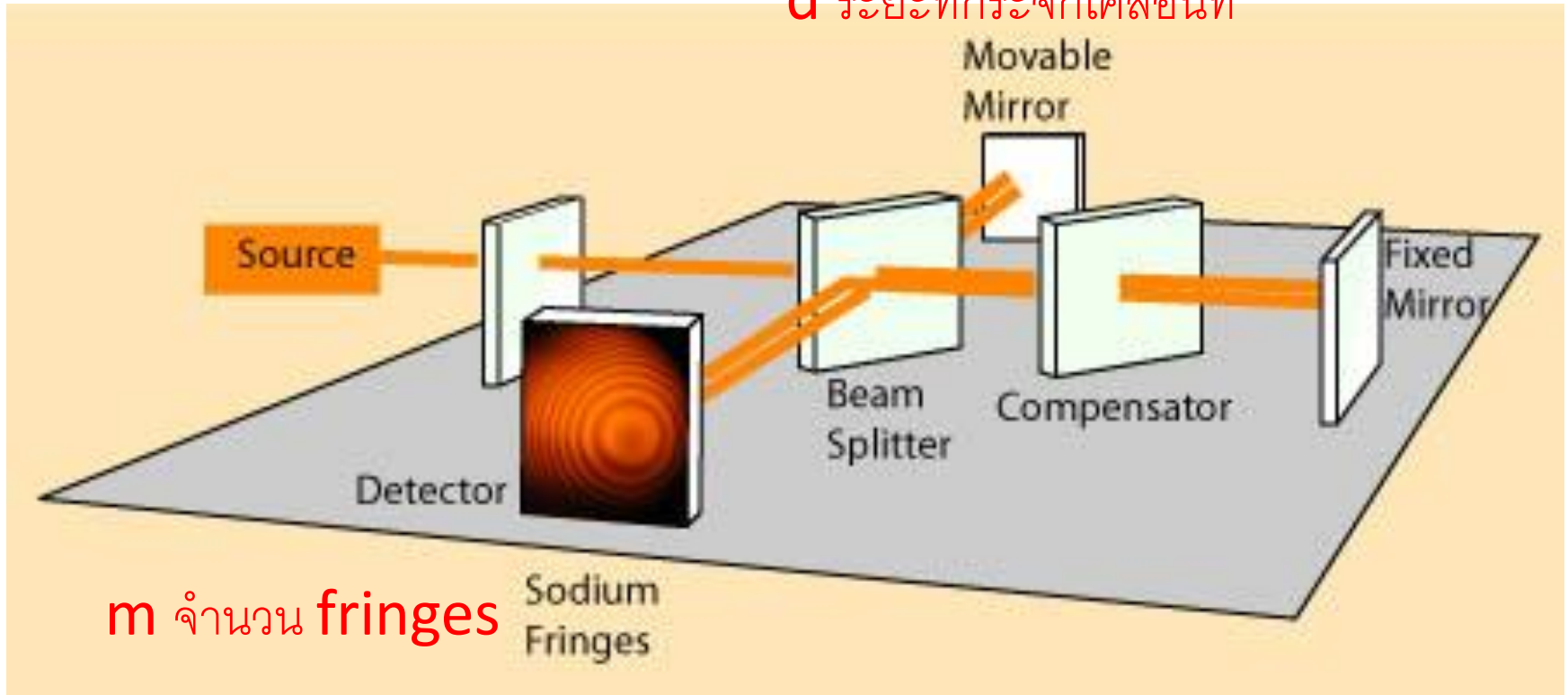


ความเข้มแสง กับการแทรกสอดของจำนวนช่องเปิด



$$I = \frac{I_0 \sin^2 (N \phi/2)}{\sin^2 (\phi/2)}$$

d ระยะที่กระจกเคลื่อนที่



$$d = m\lambda/2$$