

ปฏิบัติการที่ 6

การเลี้ยวเบนและแทรกสอด และการผสมสีของแสง

บทนำ

แสงเป็นคลื่น จึงเกิดปรากฏการณ์สะท้อน หักเห แทรกสอด และเลี้ยวเบนได้เหมือนคลื่นอื่น ๆ ปรากฏการณ์แทรกสอดและเลี้ยวเบนเป็นปรากฏการณ์ที่เราควรเรียนรู้ เพราะจะทำให้เราเข้าใจปรากฏการณ์ธรรมชาติหลายปรากฏการณ์ และเข้าใจการทำงานของเครื่องมือ หรืออุปกรณ์หลายๆ ชนิด ที่เราใช้งานในปัจจุบัน

ตอนที่ 1 การเลี้ยวเบนและการแทรกสอดของแสง

จุดประสงค์

1. ศึกษาคุณสมบัติการเลี้ยวเบนและแทรกสอดของคลื่นแสง
2. หาคความยาวคลื่นแสงจากการเลี้ยวเบนและแทรกสอด

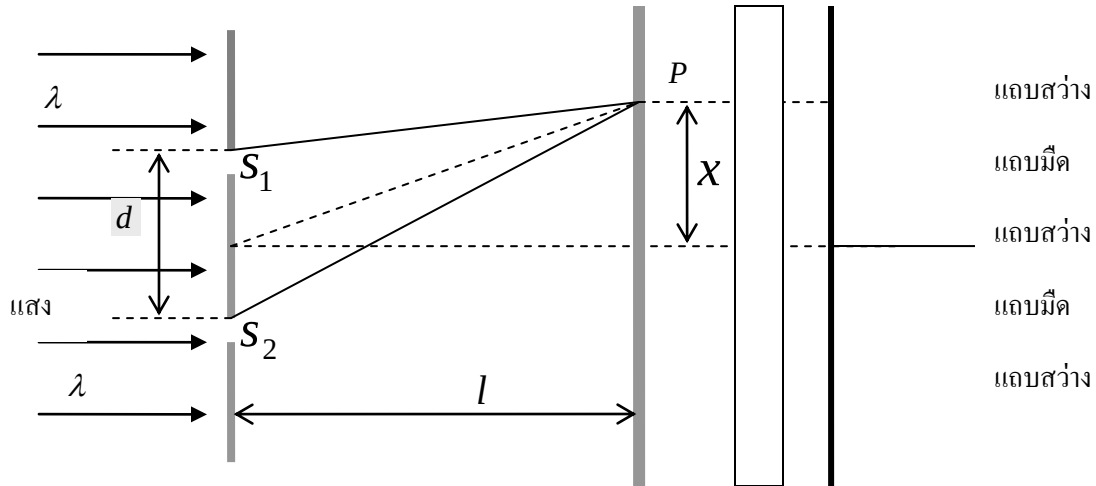
ทฤษฎี

เมื่อให้แสงความถี่เดียว ความยาวคลื่น λ ส่องผ่านช่องแคบคู่เล็กๆ มากๆ ที่มีระยะห่างระหว่างช่อง d แสงที่ผ่านช่องแคบแต่ละช่องจะเกิดการเลี้ยวเบนตามหลักของฮอยเกนส์ มีหน้าคลื่นทรงกลม ความถี่และความยาวคลื่นเท่าเดิม ช่องแคบคู่แต่ละช่องจึงเสมือนเป็นแหล่งกำเนิดคลื่นแสงที่เป็นจุด ให้คลื่นแสงมีความถี่และความยาวคลื่นเท่าเดิม คลื่นแสงจากช่องแคบแต่ละช่องจะรวมกันบริเวณด้านหน้า ซึ่งคลื่นรวมจะมีลักษณะอย่างไรนั้นขึ้นกับแอมพลิจูดและลักษณะคลื่น(เฟส) จากแหล่งกำเนิดคลื่นแต่ละแหล่งที่เดินทางมาถึงตำแหน่งนั้น เราเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า “การเลี้ยวเบนและการแทรกสอดของแสง” ถ้าเรานำฉากไปรับแสงบริเวณด้านหน้าช่องแคบ ซึ่งเป็นบริเวณที่เกิดการแทรกสอดจะเกิดแถบมืดและแถบสว่างสลับกันบนฉาก มีลักษณะดังรูปที่ 7.1

แถบสว่างเกิดจากการรวมกันของคลื่นแสงแบบเสริมกัน ซึ่งเกิดเมื่อคลื่นแสงมีเฟสตรงกัน(เฟสต่างกันเท่ากับศูนย์) ส่วนแถบมืดเกิดจากการรวมกันของคลื่นแสงแบบหักล้างกัน ซึ่งเกิดเมื่อคลื่นแสงมีเฟสตรงกันข้าม (เฟสต่างกัน 180°) สมการของแถบมืดและแถบสว่าง มีดังนี้

$$\text{แถบสว่าง} \quad d\left(\frac{x}{l}\right) = n\lambda \quad \text{เมื่อ } n = 0, 1, 2, 3, \dots \quad (6.1)$$

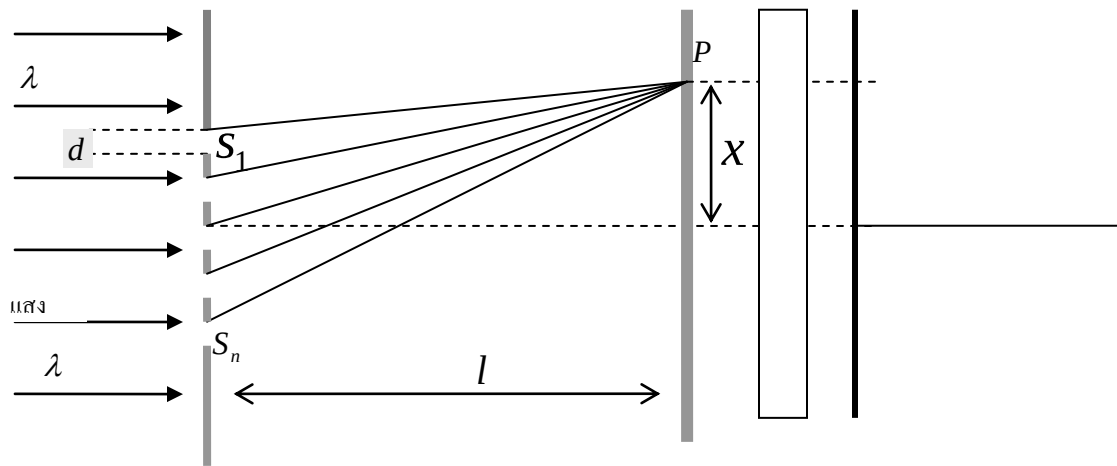
$$\text{แถบมืด} \quad d\left(\frac{x}{l}\right) = \left(n - \frac{1}{2}\right)\lambda \quad \text{เมื่อ } n = 1, 2, 3, \dots \quad (6.2)$$



รูปที่ 6.1 การเลี้ยวเบนและแทรกสอดของแสงผ่านช่องแคบคู่

โดย n หมายถึงลำดับที่แถบสว่างหรือแถบมืด โปรดสังเกตว่าแถบสว่างมีตั้งแต่แถบสว่างกลาง ($n=0$) แถบสว่างที่ 1 ($n=1$) แถบสว่างที่ 2 ($n=2$) แถบสว่างที่ 3 ($n=3$) ไปเรื่อยๆ ส่วนแถบมืดมีตั้งแต่แถบมืดที่ 1 ($n=1$) เป็นต้นไป

ถ้าให้แสงความถี่เดียวส่องผ่านเกรตติงที่มีจำนวนช่องมากๆ ภาพบนฉากจะเป็นเส้นสว่างเล็กๆ ดังรูป 6.2

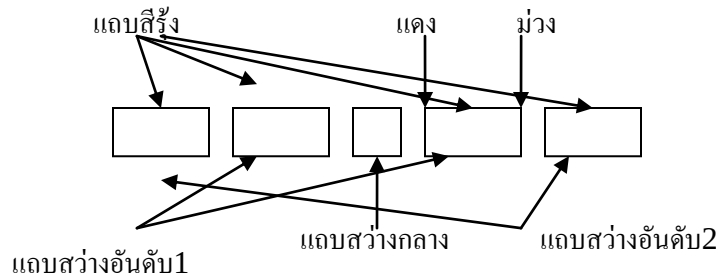


รูปที่ 6.2 การเลี้ยวเบนและแทรกสอดของแสงผ่านเกรตติง

สมการเส้นสว่าง
$$d \left(\frac{x}{l} \right) = n\lambda \quad \text{เมื่อ } n = 0, 1, 2, 3, \dots \quad (6.3)$$

โดยกรณีนี้ d จะหมายถึงระยะห่างระหว่างช่องที่ติดกัน

เมื่อดูผลการทดลองจริงในห้องมืดจะพบว่า แถบสว่างกลางและแถบสว่างแรกจะมองเห็นชัดเจน แถบสว่างอันดับต่อไปจะลดลงความสว่างลงเรื่อยๆ จนมองไม่เห็น ถ้าแสงประกอบด้วยแสงหลายความถี่ เช่น แสงขาวจากดวงอาทิตย์ซึ่งประกอบด้วยแสงสีรุ้ง 7 สี แถบสว่างกลางจะเป็นสีขาว ส่วนแถบสว่างอันดับที่หนึ่งเป็นต้นไปจะเป็นแถบสีรุ้ง เพราะความถี่ของแสงสีรุ้งแต่ละสีไม่เท่ากัน ระยะ x บนฉากจึงต่างกัน ดังรูปที่ 6.3



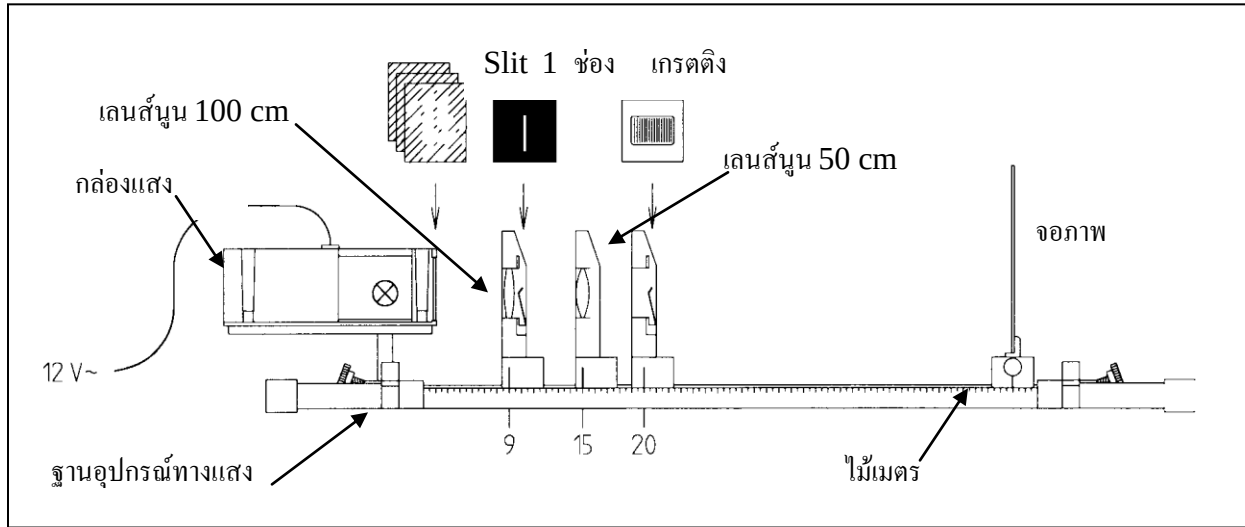
รูปที่ 6.3 ภาพการแทรกสอดของแสงขาว เมื่อผ่านเกรตติง

เราสามารถนำหลักการแทรกสอดของแสง ไปหาความยาวคลื่นแสงความถี่เดียวได้ และยังนำไปประยุกต์ได้หลายๆกรณี ดังจะทดลองในลำดับต่อไป

อุปกรณ์ แหล่งกำเนิดไฟฟ้าโวลต์ต่ำ กล้องแสง แกนเหล็ก ฐานไม้เมตร ขาตั้ง เลนส์นูน 100 mm ฐานอุปกรณ์ทางแสง เลนส์นูน 50 mm ฐานยึดเลนส์ เกรตติง แผ่นกรองแสงสีต่างๆ ฐาน Diaphragm holder แผ่นไดอะแฟรม สลิต 1 ช่อง

การทดลอง

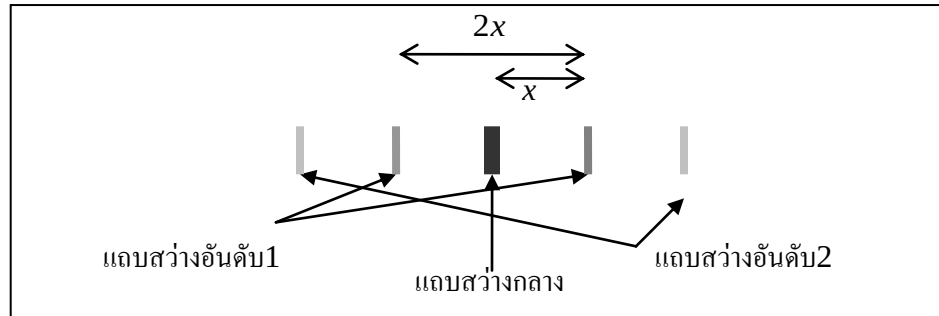
1. ติดตั้งฐานอุปกรณ์ทดลองทางแสง (optical bench) โดยใช้แกนเหล็กสองอันและฐานสองอันที่ปรับได้ วางไม้เมตรไว้บนฐาน ต่อกำลังแสงกับแหล่งจ่ายไฟฟ้าสลับ 12 V (ไม่เปิดไฟ) ติดตั้งกล้องแสงกับขาตั้งที่ปลายด้านซ้ายสุดของฐานอุปกรณ์ทดลองทางแสง โดยหันด้านไม่มีเลนส์ไปทางขวา ปิดช่องแสงอีกด้านหนึ่งของกล้องแสง (ด้านซ้าย) ด้วยแผ่นพลาสติกให้มืด ติดตั้งจอร์รับภาพ ไว้ที่ปลายด้านขวาสุดของฐาน ตามรูป 7.4
2. ติดตั้งฐานใส่เลนส์นูนความยาวโฟกัส 100 mm ถัดจากกล้องแสงและอยู่ชิดกล้องแสง เพื่อทำหน้าที่เป็นเลนส์ใกล้วัตถุ (objective) ปรับเลื่อนเลนส์จนกระทั่งได้ภาพบนจอมีขนาดพอๆ กับเลนส์ และติดตั้งฐาน Diaphragm holder ชิดกับฐานยึดเลนส์ และสอดใส่แผ่นไดอะแฟรมที่มี สลิต 1 ช่อง กับเฟรมของเลนส์นี้



รูปที่ 6.4 แสดงการจัดอุปกรณ์หาความยาวคลื่นแสง

3. ติดตั้งเลนส์นูนความยาวโฟกัส 50 mm กับฐานถัดจากเลนส์อันแรก เลื่อนเลนส์นี้ไปมา จนเกิดภาพ (วงสว่าง) คมชัดบนจอ
4. ติดตั้งฐานที่มีสเกลถัดจากเลนส์นูน 50 mm สอดใส่แผ่นเกรตติงในฐานนี้ เปิดสวิตช์ให้หลอดไฟในกล่องแสงสว่าง เลื่อนฐานเกรตติงและเลนส์ไปมา จนเกิดภาพการคล้ำรูปที่ 6.3 ใช้ความพยายามปรับอุปกรณ์ให้เกิดแสงสีต่างๆ ชัดเจนที่สุด แล้วสังเกตว่าแสงสีอะไรที่เลี้ยวเบนมากที่สุด และแสงสีอะไรที่เลี้ยวเบนน้อยที่สุด เป็นไปตามทฤษฎีหรือไม่ บันทึกข้อสังเกตอย่างละเอียด
5. ใส่แผ่นกรองแสงสีแดงหน้ากล่องแสง เพื่อให้แสงออกมาเฉพาะสีแดง จะเกิดภาพการแทรกสอดเป็นเส้นแสงสีแดงบนฉาก เลื่อนเลนส์และเกรตติงไปมาจนภาพชัดเจน (สังเกตความคมของขอบเส้น) หาดำแหน่งแถบสว่างกลางและแถบสว่างอันดับที่ 1 ทั้งด้านซ้ายและด้านขวา แล้ววัดระยะห่างระหว่างกึ่งกลางแถบสว่างอันดับที่ 1 ตามรูปที่ 6.5 บันทึกผลเป็นระยะ $2x$ หาระยะห่างจากกึ่งกลางถึงแถบสว่างอันดับที่ 1 หรือระยะ x (ครึ่งหนึ่งของ $2x$) บันทึกผล
- 6 วัดระยะห่างระหว่างเกรตติงกับฉาก บันทึกผลเป็น l
- 7 อ่านจำนวนช่องต่อเซนติเมตรของเกรตติงที่ใช้ แล้วคำนวณหาระยะห่างระหว่างช่องของเกรตติง บันทึกผลเป็น d

- 8 ทำการทดลองซ้ำตามข้อ 7 อีก 2 ครั้ง (ถ้าเปลี่ยนเกรตติงแต่ละครั้งได้จะดีมาก) บันทึก ระยะ x ระยะ l และระยะ d ของแต่ละครั้ง



รูปที่ 7.5 แสดงการวัดระยะ $2x$

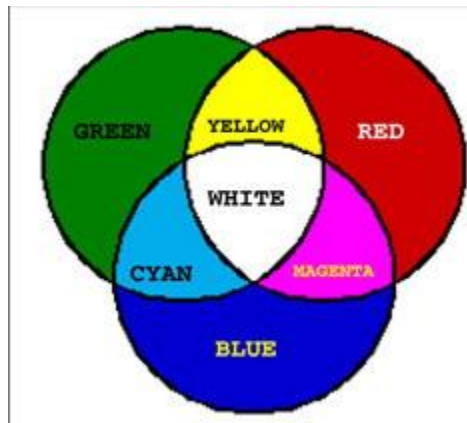
- 9 กำหนดหาความยาวคลื่นแสงสีแดง ของการทดลองทั้ง 3 ครั้ง ตามสมการ 6.3 (โปรดระมัดระวังการแทนค่า หน่วยที่ใช้ และการคำนวณ สำหรับกรณีนี้ $n=1$ เพราะเป็นการพิจารณาแถบสว่างอันดับที่ 1)
- 10 หาค่าความยาวคลื่นแสงสีแดงที่ดีที่สุดและความคลาดเคลื่อน โดยการวิเคราะห์ทางสถิติ บันทึกผล
- 11 เปรียบเทียบค่าความยาวคลื่นแสงสีแดงที่ทดลองได้ กับช่วงความยาวคลื่นแสงสีแดงมาตรฐาน ซึ่งค่าความยาวคลื่นที่ทดลองได้ควรอยู่ในช่วงความยาวคลื่นของแสงสีแดง (หาได้จากตารางฟิสิกส์ และ Website ในอินเทอร์เน็ต) ถ้าไม่อยู่ในช่วงความยาวคลื่นมาตรฐานแสดงว่าการทดลองหรือการคำนวณ หรือทั้งสองอย่างมีความผิดพลาด ให้ตรวจสอบและแก้ไข ในกรณีตรวจสอบและแก้ไขแล้วก็ยังไม่อยู่ในช่วงมาตรฐาน แล้วหาเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเทียบกับค่าน้อยสุดหรือมากที่สุด กับช่วงความยาวคลื่นแสงสีแดงมาตรฐาน
- 12 เปลี่ยนแผ่นกรองแสงเป็นสีอื่น ๆ เช่นสี เขียว สีนํ้าเงิน ฯลฯ แล้วทำการทดลองซ้ำ อย่างน้อยอีก 1 สี บันทึกผล

ตอนที่ 2 การผสมสีของแสง

- วัตถุประสงค์**
1. ศึกษาแสงสี และหลักการพื้นฐานของการเกิดแสงสีต่าง ๆ
 2. ศึกษาสาเหตุที่ทำให้เรามองเห็นวัตถุเป็นสีต่าง ๆ

ทฤษฎี

แสงสีพื้นฐานมี 3 แสงสี คือ แสงสีแดง เขียว และน้ำเงิน ถ้าแสงสีพื้นฐานทั้ง 3 นี้ผสมกัน ในความเข้มเท่ากันจะได้เป็นแสงสีขาว ตามรูป 6.6



รูปที่ 7.6 แผนภาพแสดงการผสมสีต่าง ๆ

เราสามารถทำให้แสงสีผสมที่เกิดขึ้นนี้มีความเข้มมากน้อยแตกต่างกัน เช่น เหลืองอ่อน เหลืองแก่ หรือแดงเข้ม ฯลฯ โดยปรับความเข้มแสงแสงสีพื้นฐาน

ถ้าแสงสีใดเข้าตาเราจะมองเห็นแสงสีนั้น เช่น ถ้าแสงสีแดงมาเข้าตาเราจะมองเห็นแสงสีแดง เป็นต้น วัตถุแต่ละชนิด มีคุณสมบัติการดูดกลืนแสงไม่เหมือนกัน จึงสะท้อนแสงออกมาแตกต่างกัน เช่นวัตถุใดที่ดูดกลืนแสงสีพื้นฐานทั้ง 3 สีหมดครบบริบูรณ์ จะไม่มีแสงสีใดสะท้อนออกมาเข้าตา เราจะมองเห็นวัตถุนั้นมีสีดำ ส่วนวัตถุใดไม่ดูดกลืนแสงสีแดงแต่ดูดกลืนแสงสีอื่นหมดครบบริบูรณ์ แสงสีแดงจะสะท้อนจากวัตถุนั้นมาเข้าตาเราจะมองเห็นวัตถุนั้นเป็นสีแดง วัตถุใดไม่ดูดกลืนแสงสีเขียวและแสงสีแดงแต่ดูดกลืนแสงสีอื่นหมดครบบริบูรณ์ จะมีแสงสีเขียวและแสงสีแดงสะท้อนออกมา เราจะมองเห็นวัตถุนั้นเป็นสีเขียว สรุปว่าเรามองเห็นวัตถุเป็นสีใดนั้น ขึ้นอยู่กับว่าวัตถุนั้นไม่ดูดกลืนหรือสะท้อนแสงสีใดออกมา เป็นปริมาณความเข้มมากน้อยเพียงใดนั่นเอง

แผ่นกรองแสง (Color Filter) เป็นวัสดุที่ใช้สร้างแสงสีต่าง ๆ โดยที่แผ่นกรองแสงจะยอมให้แสงสีบางชนิดผ่านและดูดกลืนแสงสีบางชนิด เช่นแผ่นกรองแสงสีแดงจะยอมให้แสงสีแดงผ่านได้

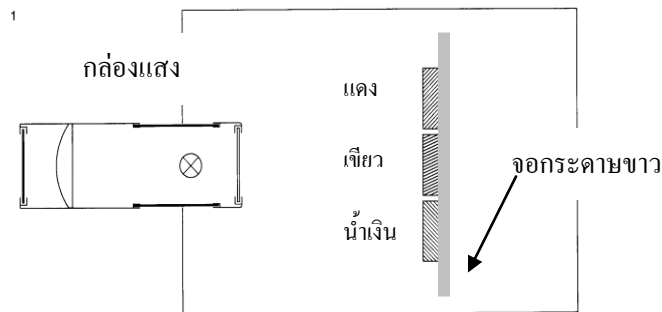
แต่ดูคลื่นแสงสีเขียวและน้ำเงินไว้ แผ่นกรองแสงสีเหลืองจะยอมให้แสงสีแดงและเขียวผ่านได้แต่
ดูดกลืนแสงสีน้ำเงินไว้

การศึกษาเกี่ยวกับแสงสีต่าง ๆ จะช่วยให้เราอธิบายแสงสีที่เราเห็นและประยุกต์เพื่อใช้
ประดิษฐ์เครื่องมือเครื่องใช้ต่าง ๆ เช่น การทำงานของจอภาพเครื่องรับโทรทัศน์ และจอคอมพิวเตอร์
เป็นต้น

อุปกรณ์การทดลอง แหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง วัสดุสีแดง วัสดุสีน้ำเงิน วัสดุสีเขียว จอภาพสีขาว
แผ่นกรองแสงสีต่าง ๆ กล้องแสง

วิธีทดลอง

- 1 จัดเครื่องมือตามรูปที่ 6.7 วางวัตถุที่มีสีแดง สีเขียว และน้ำเงิน หน้ากล้องแสง



รูปที่ 7.7 การจัดเครื่องมือทดลองการผสมแสงสี

- 2 ต่อแหล่งจ่ายไฟ 12VAC เข้ากับขั้วหลอดไฟของกล้องแสง
- 3 ใส่ฟิลเตอร์สีแดงด้านหน้ากล้องแสง ตามรูป เปิดสวิตช์ให้เกิดแสงสว่าง สังเกตและบันทึก
สีของวัตถุที่เรามองเห็นและสีแสงที่ตกบนจอกระดาดขาว
- 4 เปลี่ยนแผ่นฟิลเตอร์ไปตามตารางและทดลองเช่นเดียวกับข้อ 3 จนครบตามตาราง

บันทึกผลปฏิบัติการที่ 6

การเลี้ยวเบนและการแทรกสอด และการผสมสีของแสง

ชื่อ สกุล รหัส คณะ

วันที่ เดือน พ.ศ. 25..... กลุ่มที่ ทดลองครั้งที่

ผู้ร่วมงาน รหัส

ผู้ร่วมงาน รหัส

ผู้ร่วมงาน รหัส

ตอนที่ 1 การเลี้ยวเบนและการแทรกสอดของแสง

บันทึกการสังเกต ตามข้อ 4

.....

.....

แผ่นกรองแสงสีแดง

จำนวนช่องเกรตติง (.....)	d (.....)	l (.....)	$2x$ (.....)	x (.....)	λ ที่คำนวณได้ (.....)

สรุปผลการทดลอง

λ เฉลี่ยแสงสีแดงจากการทดลอง = (.....)

แสดงการคำนวณ.....

.....

.....

ช่วงความยาวแสงสีแดงมาตรฐาน คือ

% ความคลาดเคลื่อนระหว่าง λ จากการทดลองกับค่ามาตรฐาน เท่ากับ

แสดงการคำนวณ.....

.....

.....

แผ่นกรองแสงสี.....

จำนวนช่องเกรตติง (.....)	d (.....)	l (.....)	$2x$ (.....)	x (.....)	λ ที่คำนวณได้ (.....)

สรุปผลการทดลอง

λ เฉลี่ยแสงสี.....จากการทดลอง =(.....)

ช่วงความยาวแสงสี.....มาตรฐาน คือ

% ความคลาดเคลื่อน เท่ากับ

แผ่นกรองแสงสี.....

จำนวนช่องเกรตติง (.....)	d (.....)	l (.....)	$2x$ (.....)	x (.....)	λ ที่คำนวณได้ (.....)

สรุปผลการทดลอง

λ เฉลี่ยแสงสี.....จากการทดลอง =(.....)

ช่วงความยาวแสงสี.....มาตรฐาน คือ

% ความคลาดเคลื่อน เท่ากับ

ตอนที่ 2 การผสมสีของแสง

สีแผ่นกรองแสง ปิดหน้ากล่องแสง	สีของที่มองเห็นเมื่อตกกระทบ.....			
	จอกระดาษขาว	วัตถุสีแดง	วัตถุสีเขียว	วัตถุสีน้ำเงิน
Red(แดง)				
Green(เขียว)				
Blue(น้ำเงิน)				
Yellow(เหลือง)				
Cyan(เขียวน้ำเงิน)				
Purple(ม่วง)				

