

แผนการสอน

เรื่อง การแทรกสอดและเลี้ยวเบนของแสง
หลักสูตรที่ 3

เวลา 4 ชั่วโมง
ช่วงชั้นที่ 4

แนวความคิดหลัก

เมื่อให้แสงผ่านสลิตคู่ ภาพที่เห็นบนฉากจะมีลักษณะเป็นแถบมืดแถบสว่างสลับกันไป และถ้าระยะระหว่างช่องสลิตเปลี่ยนไป ลักษณะของภาพจะเหมือนเดิมแต่ขนาดแถบจะเปลี่ยนไป

การที่เห็นภาพเป็นแถบมืดแถบสว่างสลับกันป็นี้ มีหลักการทางฟิสิกส์เดียวกับการได้ยินเสียงดัง ค่อย จากลำโพง 2 ตัว ที่เป็นแหล่งกำเนิดอาพันธ์หรือการเห็นภาพที่เกิดจากการแทรกสอดของคลื่นน้ำจากแหล่งกำเนิด 2 แหล่งที่เป็นแหล่งกำเนิดอาพันธ์ เราจึงสรุปได้ว่า แสงที่ออกมาจากช่องสลิตทั้งสองเกิดการแทรกสอดกันขึ้นในแบบเดียวกับการแทรกสอดของคลื่นเสียงหรือ คลื่นน้ำ ทำให้ปรากฏเป็นแถบมืด แถบสว่างขึ้น

ในกรณีที่แสงผ่านสลิตเดี่ยวนั้น ภาพที่เห็นจะคล้ายกับภาพที่เกิดจากสลิตคู่ คือ มีแถบมืดแถบสว่างสลับกันไป แต่แถบสว่างตรงกลางจะกว้างกว่าแถบสว่างอื่น ๆ ถ้าความกว้างของสลิตเพิ่มขึ้นอีก ขนาดของแถบสว่างตรงกลางจะแคบลง จนในที่สุดไม่สามารถแยกแถบมืดแถบสว่างได้ จะเห็นเป็นเงามัว ๆ รอบ ๆ แถบสว่างตรงกลางเท่านั้น

เนื่องจากแสงเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง ถ้าวางสลิตเดี่ยวไว้ให้ห่างไส้หลอดไฟพอสมควร เราอาจกล่าวได้ว่าแสงที่มาถึงสลิตเป็นแสงขนาน ดังนั้นภาพที่ปรากฏบนฉากซึ่งวางไว้ใกล้ๆกับ สลิตควรเป็นแถบสว่างมีขนาดเท่ากับช่องสลิต และถ้าความกว้างของสลิตเดี่ยวลดลง ควรเห็นแถบสว่างมีขนาดเล็กลงด้วย แต่จากการทดลองเราพบว่าแถบสว่างตรงกลางนั้นมีขนาดใหญ่ขึ้น ถ้าช่องสลิตเล็กลง เราจึงสรุปได้ว่าเมื่อแสงผ่านช่องแคบ ๆ จะเกิดการเลี้ยวเบนไป การที่เห็นแถบมืดแถบสว่างนั้นเนื่องจากการที่แสงเลี้ยวเบนผ่านช่องของสลิตแล้วไปแทรกสอดกันทำให้เกิดแถบมืดแถบสว่างขึ้น

จากผลสรุปข้างต้นทำให้ทราบว่า แสงมีการเลี้ยวเบนและการแทรกสอดเช่นเดียวกับคลื่นน้ำและคลื่นเสียง จึงสรุปได้ว่าแสงเป็นคลื่น การศึกษาสมบัติของแสงโดยคิดว่าแสงเป็นคลื่นนี้เรียกว่า **ทัศนศาสตร์เชิงฟิสิกส์** และโดยการศึกษาว่าแสงเป็นคลื่นนี้ ถ้าลากเส้นตั้งฉากกับหน้าคลื่นก็จะได้แนวทางที่แสงเคลื่อนที่ไป เส้นตั้งฉากนี้ก็คือรังสีของแสงที่ใช้ในการศึกษาแสงเชิงเรขาคณิตนั่นเอง ด้วยเหตุนี้การคิดว่าแสงเป็นคลื่นก็สามารถอธิบายการสะท้อนและการหักเหของแสงได้เช่นกัน

วัตถุประสงค์ เพื่อให้ผู้เรียนศึกษาสมบัติความเป็นคลื่นของแสงโดย

1. ศึกษาภาพที่เกิดจากการแทรกสอดของแสง
2. ศึกษาภาพที่เกิดจากการเลี้ยวเบนของแสง
3. หาความยาวคลื่นแสง
4. ศึกษาหลักการเกิดแถบสีจากการแทรกสอดของแผ่น CD และการเกิดแถบมืด-สว่างจากไม้บรรทัดเหล็ก

วิธีการจัดการเรียนรู้ : ตามกระบวนการ 5Es ดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement : E₁)

- 1.1 ผู้สอนนำแผ่น CD ทั้งที่มีแผ่นเคลือบและไม่มีแผ่นเคลือบให้ผู้เรียนสังเกต สีจากแผ่น CD เหมือนหรือแตกต่างอย่างไร
- 1.2 ผู้สอนนำเสนอฟองสบู่หรือฟิล์มสบู่โดยใช้บ่วง แล้วให้ผู้เรียนเปรียบเทียบแถบสีต่าง ๆ ระหว่างแผ่น CD กับฟองสบู่หรือฟิล์มสบู่ แล้วตั้งคำถามว่า แถบสีต่าง ๆ จากแผ่น CD และฟองสบู่หรือฟิล์มสบู่เกิดขึ้นได้อย่างไร

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration : E₂)

- 2.1 ให้ผู้เรียนทำการทดลอง 13.1 และ 13.2 ตามใบกิจกรรม 1
- 2.2 ให้ผู้เรียนทำการทดลอง 13.3 ตามใบกิจกรรม 2 หาความยาวคลื่นของแสงสีต่าง ๆ รวมทั้งเลเซอร์

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation : E₃)

ผู้เรียนนำผลการทดลองที่ได้ร่วมกันอภิปรายลงข้อสรุปเกี่ยวกับสมบัติการเป็นคลื่นของแสงและการหาความยาวคลื่นแสง

4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration : E₄)

- 4.1 ให้ผู้เรียนทำการทดลองตามใบกิจกรรม 3 แล้วอธิบายหลักการเกิดแถบการแทรกสอด โดยการอภิปรายร่วมกัน รวมทั้งหาแนวทางการหาจำนวนเส้นต่อเซนติเมตรของแผ่น CD
- 4.2 ให้ผู้เรียนศึกษาแถบสีจากการแทรกสอดของแผ่น CD และการเกิดแถบมืด-สว่างจากไม้บรรทัดเหล็ก

5. ขั้นประเมิน (Evaluation : E₅)

ให้ผู้เรียนอธิบายหลักการของ

- 5.1 เมื่อฉายแสงเลเซอร์ผ่านกระดาษรูเข็มเล็กจะเกิดเป็นวงบนฉากและเปรียบเทียบกับภาพที่เกิดจากกล้องรูเข็ม
- 5.2 แถบสีต่าง ๆ ที่เกิดจากแสงขาวผ่านปริซึมเหมือนหรือแตกต่างจากแถบสีของฟองสบู่และแถบสีจากการแทรกสอดของแผ่น CD
- 5.3 การใช้หลักการเลี้ยวเบนและแทรกสอดวัดขนาดของเม็ดเลือดแดงหรือรัศมีเส้นผม

การวัดและประเมินผล

1. ประเมินขณะปฏิบัติกิจกรรม
 - ความสนใจความร่วมมือในการทำกิจกรรมกลุ่ม ความรับผิดชอบ ความซื่อสัตย์ต่อข้อมูล
 - ทักษะการปฏิบัติ ความคล่องแคล่วในการทำกิจกรรม การใช้เครื่องมือ
 - การถามคำถาม การตอบคำถาม และการอภิปราย
2. ประเมินผลการทำกิจกรรม ได้แก่ รายงาน การนำเสนอและบันทึกของผู้เรียน
3. ผู้เรียนประเมินตนเองจากการร่วมกิจกรรม
4. ผู้เรียนประเมินกันเองจากการนำเสนอของแต่ละกลุ่ม

วัสดุอุปกรณ์ สื่อและแหล่งเรียนรู้

วัสดุอุปกรณ์

1. กล่องแสง 1 กล่อง
2. หม้อแปลงโวลต์ต่ำ 1 เครื่อง
3. ชุดแสง 1 ชุด
4. ไม้เมตร 1 อัน
5. แผ่น CD ผ่านการบันทึกแล้ว
6. น้ำสบู่อ้อมปวง
7. เลเซอร์ไดโอด
8. ไม้บรรทัดเหล็ก (ที่มีช่องสเกลละเอียด 0.5 มิลลิเมตร)

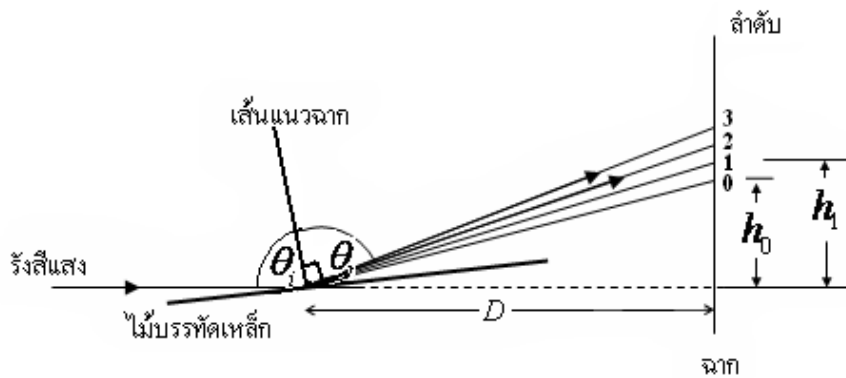
สื่อและแหล่งเรียนรู้

1. หนังสือเรียนและคู่มือครูสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติมฟิสิกส์ เล่ม 2
2. อินเทอร์เน็ต
3. ใบกิจกรรม

ใบความรู้

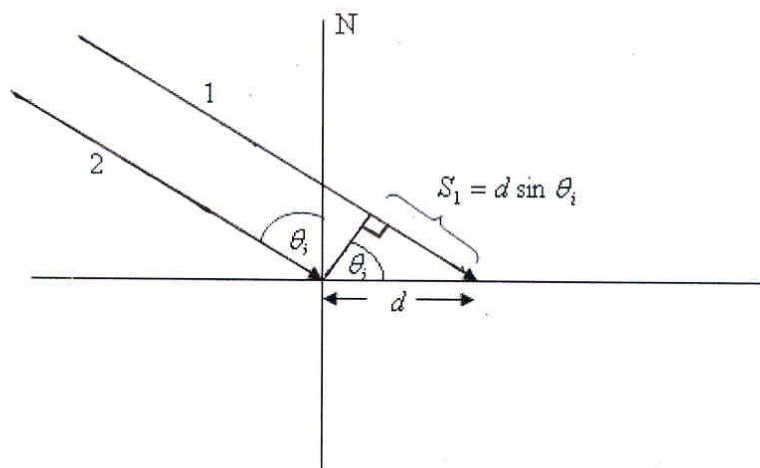
การหาความยาวคลื่นโดยใช้เกรตติงแบบสะท้อน

ไม้บรรทัดเหล็ก (ที่มีช่องสเกลละเอียดถึง 0.5 มิลลิเมตร) หรือเวอร์เนียร์ คาลิเปอร์ สามารถใช้เป็นเกรตติงแบบสะท้อน (reflection grating) ได้ เมื่อฉายแสงเลเซอร์ตกกระทบบนร่องสเกล (ควรใช้เลเซอร์ที่ให้ความยาวคลื่นที่สั้นกว่าความยาวช่องสเกล) จะเกิดการสะท้อนและแทรกสอดเกิดภาพบนฉาก (ที่อยู่ห่างออกไป 3 เมตร) จะมีลักษณะเป็นจุดสว่างเรียงกันในแนวตั้ง ตำแหน่งสว่างที่สุดจะเรียกว่า ลำดับที่ศูนย์ (zero order) ตำแหน่งสว่างถัดไปเรียกว่า ลำดับที่ 1 (first order) ลำดับที่ 2 (second order) ฯลฯ ตามลำดับ ดังรูป

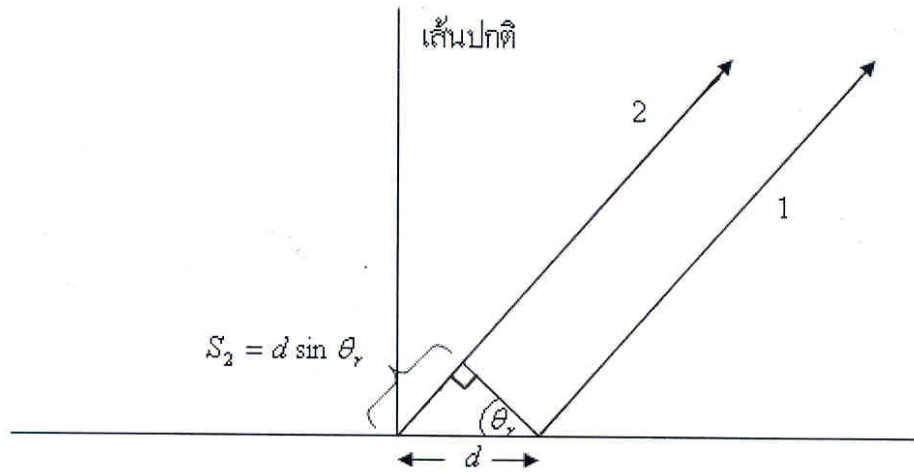


D เป็นระยะในแนวราบจากศูนย์กลางที่เลเซอร์ตกกระทบบนไม้บรรทัดถึงฉาก
 h_j เป็นระยะในแนวตั้งจากแนวที่เลเซอร์ตกกระทบบนถึงตำแหน่งสว่างต่างๆ บนฉาก

เราสามารถหาความยาวคลื่นของเลเซอร์จาก



$S_1 = \text{Path difference}$ เมื่อรังสีตกกระทบบนของเส้นที่ 1 มากกว่าเส้นที่ 2



$S_2 =$ Path different เมื่อรังสีสะท้อนของเส้นที่ 1 มากกว่าเส้นที่ 2

$$d(\sin \theta_i - \sin \theta_r) = m\lambda$$

เมื่อ θ_i และ θ_r เป็นมุมตกกระทบและมุมสะท้อน ตามลำดับ

m เป็นลำดับที่ของแถบการแทรกสอดมีค่า 0, 1, 2, 3,...

d เป็นความกว้างของช่องระหว่างซิด

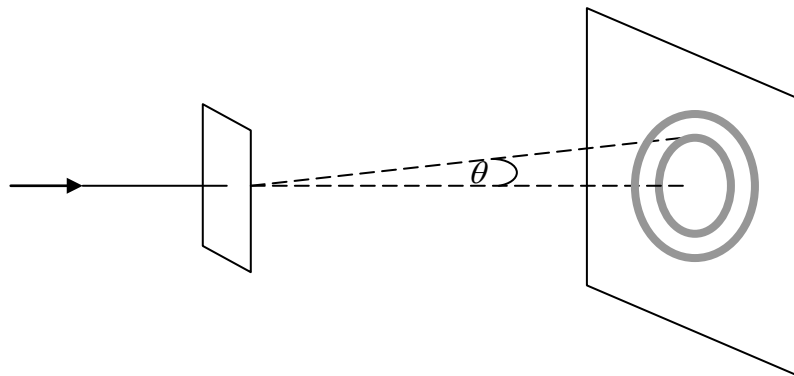
λ เป็นความยาวคลื่นของเลเซอร์

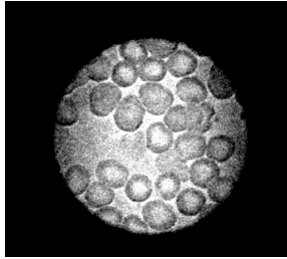
$\sin \theta_i$ หาจากวัดมุม θ_i

$$\sin \theta_r \text{ หาจากวัดมุม } \theta_r = \frac{h_j}{\sqrt{D^2 + h_j^2}} \simeq \frac{h_j}{D}$$

การหาขนาดของเซลล์เม็ดเลือดแดง

เราสามารถใช้เวลาเซอร์หาขนาดของเซลล์เม็ดเลือดแดงได้ เมื่อฉายเลเซอร์ไปที่เซลล์เม็ดเลือดแดงจะเกิดการเลี้ยวเบน





รูป เซลล์เม็ดเลือดแดงที่มองจากกล้องจุลทรรศน์



รูป แถบการแทรกสอดที่เกิดขึ้นบนฉากเมื่อใช้เลเซอร์หาขนาดของเซลล์เม็ดเลือดแดง

ขนาดหรือเส้นผ่านศูนย์กลางของเซลล์เม็ดเลือดแดง หาได้จากสมการ

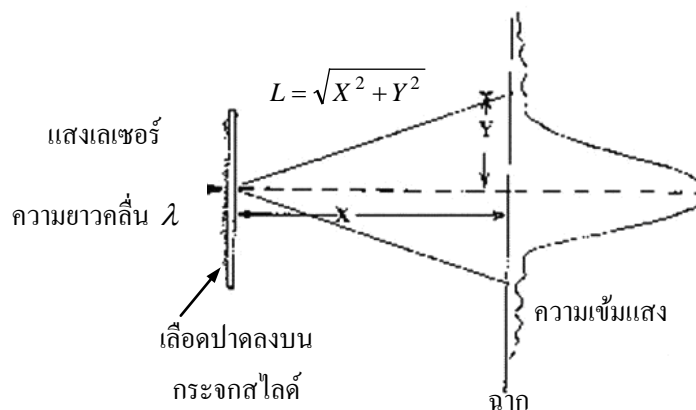
$$d \sin \theta = m\lambda$$

เมื่อ λ เป็นความยาวคลื่นของเลเซอร์ มีค่าเท่ากับ 632.8 นาโนเมตร

m เป็นลำดับที่ของการแทรกสอด มีค่า 1, 2, 3,...

θ เป็นมุมระหว่างเส้นที่ลากจากแผ่นสไลด์ไปจุดสว่างกลางกับแถบวงกลมมืด

d เป็นเส้นผ่านศูนย์กลางของเซลล์เม็ดเลือดแดง



$$\text{เส้นผ่านศูนย์กลางเม็ดเลือด} = \frac{\lambda \sqrt{X^2 + Y^2}}{Y}$$

ใบกิจกรรม 1

กิจกรรมที่ 1 การแทรกสอดและเลี้ยวเบนของแสง

วัตถุประสงค์ เพื่อให้ผู้เรียน

ศึกษาภาพที่เกิดจากการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสง

วัสดุอุปกรณ์

1. ชุดกล่องแสง 1 ชุด
2. สลิตเดี่ยวความกว้าง 400, 200, 100 และ 50 ไมโครเมตร
3. สลิตคู่ที่มีระยะห่างระหว่างช่องสลิต 250, 100 และ 50 ไมโครเมตร
4. หม้อแปลงโวลต์ต่ำ 1 เครื่อง

วิธีการ

1. ต่อหลอดไฟของกล่องแสงเข้ากับหม้อแปลงโวลต์ต่ำ 12 โวลต์ แล้ววางแผ่นกรองแสงสีแดงกั้นหน้าหลอดไฟ จัดให้ไส้หลอดไฟห่างจากตาประมาณ 0.5 เมตร
 2. มองไส้หลอดไฟผ่านสลิตคู่ที่มีระยะห่างระหว่างช่องสลิต 250 ไมโครเมตร โดยจัดให้สลิตอยู่ใกล้ ๆ ตา และให้ช่องสลิตขนานกับไส้หลอด สังเกตและบันทึกภาพที่เห็นโดยเฉพาะบริเวณที่ตรงกับไส้หลอดไฟ
 3. ทำการทดลองตามข้อ 2 โดยใช้สลิตคู่ที่มีระยะห่างระหว่างช่องสลิต 100 และ 50 ไมโครเมตร
 4. ทำการทดลองตามข้อ 2 โดยใช้สลิตเดี่ยวที่มีความกว้างของสลิต 400, 200, 100 และ 50 ไมโครเมตร สังเกตและบันทึกภาพที่เห็นโดยเฉพาะบริเวณที่ตรงกับไส้หลอดไฟ
- เมื่อมองผ่านสลิตคู่ทั้งสาม ภาพที่เห็นมีลักษณะอย่างไร มีความแตกต่างกันหรือไม่อย่างไร
- เมื่อมองผ่านสลิตเดี่ยวทั้งสี่ ภาพที่เห็นมีลักษณะอย่างไร มีความแตกต่างกันหรือไม่อย่างไร
- ความสว่าง ณ ตำแหน่งต่าง ๆ บนภาพที่เห็นเป็นอย่างไร แตกต่างจากกรณีมองโดยไม่ผ่านสลิตหรือไม่

ใบกิจกรรม 2

กิจกรรมที่ 2 การหาความยาวคลื่นแสงโดยใช้เกรตติง

วัตถุประสงค์ เพื่อให้ผู้เรียน

หาความยาวคลื่นแสงโดยใช้เกรตติง

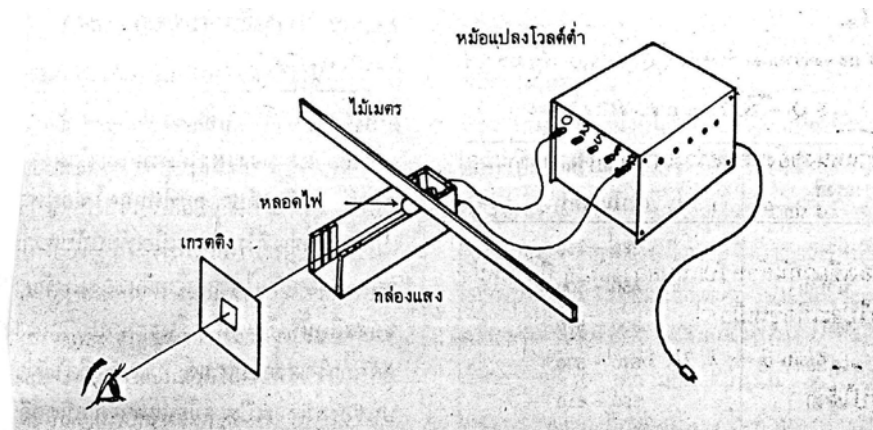
วัสดุอุปกรณ์

1. ชุดกล่องแสง 1 ชุด
2. เกรตติง 1 อัน
3. หม้อแปลงโวลต์ต่ำ 1 เครื่อง
4. ไม้เมตร 1 อัน

วิธีการ

ตอนที่ 1

1. ต่อหลอดไฟของกล่องแสงเข้ากับหม้อแปลงโวลต์ต่ำ 12 โวลต์
2. วางไม้เมตรบนกล่องแสงในแนวตั้งฉากกับความยาวของกล่องแสง ดังรูป
3. มองไส้หลอดไฟผ่านเกรตติง โดยให้เกรตติงห่างจากไส้หลอด 1 เมตร
4. วัดระยะห่าง x ของแสงสีต่าง ๆ ในแถบสว่างแรกจากแถบสว่างกลางโดยวัดทั้งทางซ้ายมือ และขวามือของแถบสว่างกลาง บันทึกผลในตารางบันทึกผลการทดลอง
5. คำนวณหาความยาวคลื่นของแสงสีต่าง ๆ โดยใช้ความสัมพันธ์ $d \sin \theta = m\lambda$ แล้วบันทึกผลในตาราง



รูป แสดงการจัดตั้งอุปกรณ์เพื่อหาความยาวคลื่นของแสง

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ตำแหน่งจุดกึ่งกลางของแถบสว่างกลาง =เซนติเมตร

แถบสี	แถบสีทางขวามือ		แถบสีทางซ้ายมือ		ระยะ x เฉลี่ย (cm)	ความยาว คลื่น (nm)
	ตำแหน่ง (cm)	ระยะ x (cm)	ตำแหน่ง (cm)	ระยะ x (cm)		
ม่วง						
น้ำเงิน						
เขียว						
เหลือง						
แสด						
แดง						

แสงสีต่าง ๆ กันมีความยาวคลื่นเท่ากันหรือไม่ อย่างไร

ตอนที่ 2

ใช้แผ่นกระดาษแข็งสีขาวที่กว้างประมาณ 1 เมตร วางตั้งในแนวตั้งเป็นฉากกับแสง วางแผ่นเกรตติงในแนวตั้งบนโต๊ะและให้อยู่ห่างจากฉากประมาณ 50 เซนติเมตร ฉายแสงเลเซอร์จากอุปกรณ์เลเซอร์ไดโอดผ่านเกรตติง จะปรากฏภาพการแทรกสอดของแสงเลเซอร์ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ บนฉาก

วัดระยะห่างระหว่างแถบสว่างที่ 1 กับแถบสว่างกลาง โดยวัดระยะห่างทั้งสองข้างของแถบสว่างที่ 1 (เพื่อหาระยะห่างเฉลี่ย) บันทึกค่าในตาราง คำนวณหาความยาวคลื่นของแสงเลเซอร์ โดยใช้ความสัมพันธ์ $d \sin \theta = \lambda (m = 1)$

แสงเลเซอร์ที่ใช้ในการทดลองมีความยาวคลื่นเท่าใด

ใบกิจกรรม 3

กิจกรรมที่ 3 แลกการแทรกสอดโดยแผ่น CD และไม้บรรทัดเหล็ก

วัตถุประสงค์ เพื่อให้ผู้เรียน

ศึกษาแลกเปลี่ยนการแทรกสอดโดยแผ่น CD และไม้บรรทัดเหล็ก

วัสดุอุปกรณ์

1. เลเซอร์ไดโอด
2. ไม้บรรทัดเหล็ก (ไม้บรรทัดต้องมีสเกล 0.5 มิลลิเมตร)
3. แผ่น CD

วิธีการ

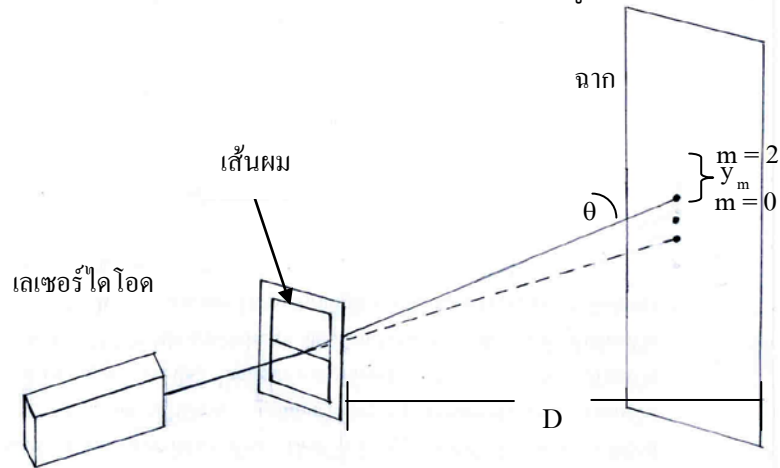
1. ใช้เลเซอร์ไดโอดที่ทราบความยาวคลื่นแล้ว (จากการทดลองโดยเกรตติง) ฉายลงบน CD และไม้บรรทัดเหล็ก โดยทำมุมตกกระทบต่าง ๆ กัน สังเกต จุดหลายจุดที่เกิดจากการสะท้อนปรากฏบนฉาก
2. สังเกตมุมตกกระทบ มุมสะท้อน ระยะห่างจากเลเซอร์ไปยังฉากและระยะห่างระหว่างจุดบนฉาก
3. นำแผ่น CD ที่ลอกแผ่นเคลือบสะท้อนออก ฉายเลเซอร์ทะลุผ่านไปยังฉาก สังเกตจุดหลาย ๆ จุดที่ปรากฏบนฉาก
4. ใช้ไม้บรรทัดเหล็กทำการทดลองในการคำนวณหาความยาวคลื่นของเลเซอร์ไดโอดที่ไม่ทราบค่าความยาวคลื่น

ใบกิจกรรม 4

กิจกรรมที่ 4 การหาเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นผม

วิธีการ

1. ตัดเส้นผมลงในกรอบสไลด์
2. ยิงแสงเลเซอร์ที่ทราบความยาวคลื่นกระทบเส้นผม ดังรูป



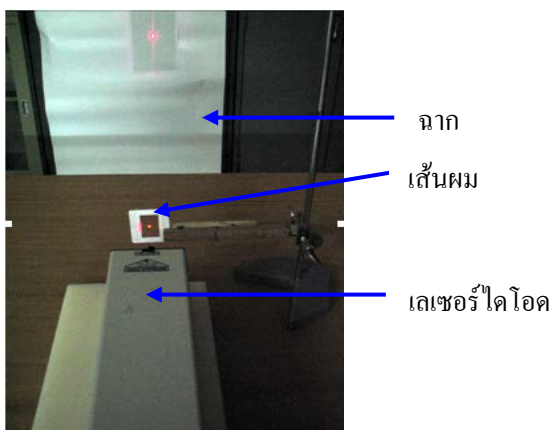
3. สังเกตแถบการแทรกสอดแล้ววัดระยะต่าง ๆ เพื่อหาเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นผมจากความสัมพันธ์

$$\frac{dy_m}{D} = m\lambda \quad ; m = 0, 1, 2, \dots$$

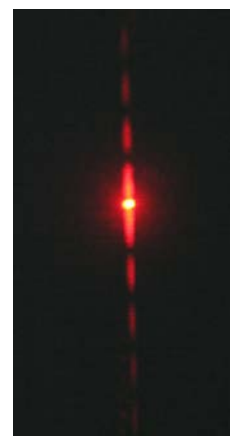
D เป็น ระยะระหว่างเส้นผมกับฉาก

d เป็น เส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นผม

y_m เป็น ระยะระหว่างแถบสว่างกลาง ($m=0$) กับแถบมืดลำดับต่าง ๆ ($m=1, 2, \dots$)



รูป การหาเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นผม



รูป แถบการแทรกสอดที่เกิดขึ้นบนฉากเมื่อใช้เลเซอร์หาเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นผม