บทที่ 4
ผลการวิจัย

ผลการทดลองตามแนวทางการศึกษาในบทที่ 3 แบ่งเป็น การออกแบบและสร้างชุดทดลอง การหาค่าดัชนีหักเหของน้ำ การหาค่าดัชนีหักเหของสารละลายน้ำตาล และ การจัดทำเอกสารประกอบชุดทดลอง และ การหาประเมินชุดทดลอง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

การออกแบบและสร้างชุดทดลอง

ชุดทดลองหาค่าดัชนีหักเหของของเหลวด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสง ที่จะออกแบบและสร้างขึ้นในงานวิจัยนี้ ใช้ตัวชี้เลเซอร์เป็นแหล่งกำเนิดแสง ใช้สลิตเดี่ยว สลิตคู่และเกรตติง เป็นอุปกรณ์สำหรับให้แสงเลเซอร์ส่องผ่านแล้วเลี้ยวเบนไปตกบนฉากที่วางอยู่ห่างออกไป แล้วเกิดการแทรกสอดเป็นริ้วการแทรกสอดจากแสงเลี้ยวเบน แล้วจึงวัดค่าระยะห่างของแถบการแทรกสอดลำดับแรกกับแถบสว่างกลาง (x) เพื่อนำมาคำนวณหาค่าความยาวคลื่นแสง สำหรับคำนวณหาค่าดัชนีหักเหที่ต้องการต่อไป

อย่างไรก็ดีเนื่องจากริ้วการแทรกสอดของแสงเลี้ยวเบนจากสลิตเดี่ยว สลิตคู่และเกรตติง มีระยะห่างของแถบมืดและแถบสว่างไม่เท่ากัน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องคำนวณค่าต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องทางทฤษฎีเพื่อเป็นข้อมูลในการสร้างชุดทดลองให้ได้ขนาดที่เหมาะสมกับการทดลอง แล้วจึงนำข้อมูลที่ได้มาสร้างชุดทดลอง สุดท้ายจึงนำชุดทดลองที่สร้างเสร็จแล้วมาทดลองเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ซึ่งมีขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

1. การคำนวณหาค่าทางทฤษฎี

ชุดทดลองสำหรับหาค่าดัชนีหักเหของของเหลวด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสง ที่จะออกแบบและสร้างขึ้นในงานวิจัยนี้ เป็นการวัดทางอ้อม โดยค่าดัชนีหักเห (n) ของของเหลวที่ต้องการทราบค่าจะมีค่าเท่ากับ อัตราส่วนของความยาวคลื่นแสงในอากาศต่อความยาวคลื่นแสงในของเหลวที่ต้องการทราบค่าคูณกับค่าดัชนีหักเหของอากาศ ดังนั้นชุดทดลองที่สร้างขึ้นจะเป็นชุดทดลองสำหรับวัดความยาวคลื่นแสงในอากาศและน้ำด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสงจากริ้วหรือแถบการแทรกสอดของแสงเลี้ยวเบนบนฉาก ดังนั้นข้อมูลสำคัญสำหรับการออกแบบและสร้างชุดทดลอง คือขนาดความกว้างของฉาก ที่สามารถรองรับริ้วหรือแถบการแทรกสอดของแสงเลี้ยวเบนได้ ซึ่งสัมพันธ์กับระยะห่างจากตัวเลี้ยวเบนถึงฉาก (D) โดยงานวิจัยนี้ใช้ตัวเลี้ยวเบนแสง 3 ชนิด ดังนี้

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

1.1 กรณีสลิตเดี่ยว ระยะความกว้างจากกลางแถบมืดถึงกลางแถบสว่าง (x) หาได้จากสมการ

$$x = \frac{m'\lambda D}{d} \tag{4-1}$$

โดยที่ m' มีค่าเป็น 1 เนื่องจากเป็นแถบมืดแถบแรก

D คือ ระยะห่างจากสลิตเดี่ยวถึงฉาก

λ คือ ความยาวคลื่นแสงของแหล่งกำเนิดแสง (650 nm)

x คือ ระยะจากกลางแถบมืดถึงกลางแถบสว่างกึ่งกลาง

d คือ ความกว้างของสลิตเดี่ยว

ตารางที่ 4-1 แสดงค่าระยะจากกลางแถบมืดถึงกลางแถบสว่างกึ่งกลาง (x) ของริ้วการแทรกสอดจากแสงเลี้ยวเบน เมื่อระยะห่างจากสลิตเดี่ยวถึงฉาก (D) ต่าง ๆ กัน ที่ได้จากการคำนวณทางทฤษฎี ตามสมการที่ (4-1) เมื่อแปรค่าระยะ D ในช่วง 25 cm ถึง 200 cm พบว่า ค่าระยะ x ที่ได้จากการคำนวณจะมีค่าอยู่ในช่วง 3.25 cm ถึง 26.00 cm ตามลำดับ จะเห็นว่าเมื่อฉากอยู่ห่างจากสลิตเดี่ยว ระยะ x จะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย

ตารางที่ 4-1 ระยะ x เมื่อแปรค่า D ของสลิตเดี่ยว จากการคำนวณทางทฤษฎี

D (cm)	$x_{n=1}$ (mm)	$x_{n=2}$ (mm)	$x_{n=3}$ (mm)
25	3.25	6.50	9.75
50	6.50	13.00	19.50
75	9.750	19.50	29.25
100	13.00	26.00	39.00
125	16.25	32.50	48.75
150	19.50	39.00	58.50
175	22.75	45.50	68.25
200	26.00	52.00	78.00

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

1.2 กรณีสลิตคู่ ระยะความกว้างจากกึ่งกลางแถบสว่างกลางถึงกลางแถบสว่าง (x) หาได้จากสมการ

$$x = (m + \frac{1}{2})\frac{\lambda D}{a} \quad (4\text{-}2)$$

โดยที่ m มีค่าเป็น 0 เนื่องจากเป็นแถบมืดแรก

D คือ ระยะห่างจากสลิตคู่ถึงฉาก

λ คือ ความยาวคลื่นแสงของแหล่งกำเนิดแสง (650 nm)

x คือ ระยะความกว้างจากกึ่งกลางแถบสว่างกลางถึงกลางแถบมืดแรก

a คือ ระยะห่างระหว่างกึ่งกลางของสลิตคู่

ตารางที่ 4-2 แสดงค่าระยะความกว้างจากกึ่งกลางแถบสว่างกลางถึงกลางแถบมืดแรก (x) ของริ้วการแทรกสอดจากแสงเลี้ยวเบน เมื่อระยะห่างจากสลิตคู่ถึงฉาก (D) ต่าง ๆ กัน ที่ได้จากการคำนวณทางทฤษฎี ตามสมการที่ (4-2) เมื่อแปรค่าระยะ D ในช่วง 25 cm ถึง 200 cm พบว่า ค่าระยะ x ที่ได้จากการคำนวณจะมีค่าอยู่ในช่วง 1.63 mm ถึง 13.00 mm ตามลำดับ จะเห็นว่าเมื่อฉากอยู่ห่างจากตัวสลิตคู่ ระยะ x จะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย

ตารางที่ 4-2 ระยะ x เมื่อแปรค่า D ของสลิตคู่ จากการคำนวณทางทฤษฎี

D (cm)	$x_{n=1}$ (mm)	$x_{n=2}$ (mm)	$x_{n=3}$ (mm)
25	1.63	4.88	8.13
50	3.25	9.75	16.25
75	4.88	14.63	24.38
100	6.50	19.50	32.50
125	8.13	24.38	40.63
150	9.75	29.25	48.75
175	11.38	34.13	56.88
200	13.00	39.00	65.00

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

1.3 เกรตติง ค่าเฉลี่ยระยะห่างแถบสว่างทางด้านขวาและด้านซ้ายของแถบสว่างกลาง (x) หาได้จากสมการ

$$x = \frac{\left(\frac{m\lambda}{a}\right)D}{\sqrt{1-\left(\frac{m\lambda}{a}\right)^2}} \qquad (4\text{-}3)$$

โดยที่ m คือ อันดับของแถบสว่างที่ได้บนฉาก มีค่าเป็น 1 เนื่องจากเป็นแถบสว่างแรก

D คือ ระยะห่างจากเกรตติงถึงฉาก (cm)

λ คือ ความยาวคลื่นแสงของแหล่งกำเนิดแสง (650 nm)

x คือ ค่าเฉลี่ยระยะห่างแถบสว่างทางด้านขวาและด้านซ้ายของแถบสว่างกลาง

a คือ ระยะห่างระหว่างช่องของเกรตติง 1016.8 nm
(ขนาด 25,000 เส้นต่อเซนติเมตร)

ตารางที่ 4-3 แสดงค่าเฉลี่ยระยะห่างแถบสว่างแรกทางด้านขวาและด้านซ้ายของแถบสว่างกลาง (x) ของริ้วการแทรกสอดจากแสงเลี้ยวเบน เมื่อระยะห่างจากเกรตติงถึงฉาก (D) ต่าง ๆ กัน ที่ได้จากการคำนวณทางทฤษฎี ตามสมการที่ (4-3) เมื่อแปรค่าระยะ D ในช่วง 2 cm ถึง 10 cm พบว่า ค่าระยะ x ที่ได้จากการคำนวณจะมีค่าอยู่ในช่วง 1.66 cm ถึง 6.65 cm ตามลำดับ จะเห็นว่าเมื่อฉากอยู่ห่างจากเกรตติง ระยะ x จะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย

ตารางที่ 4-3 ค่าเฉลี่ยของระยะ x เมื่อแปรค่า D ของเกรตติง จากการคำนวณทางทฤษฎี

D (cm)	x (cm)
2	1.66
4	3.33
6	4.99
8	6.65
10	8.31

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2 . ลักษณะของชุดทดลองที่ออกแบบและสร้างขึ้น

จากการคำนวณหาค่าต่าง ๆ ตามทฤษฎีที่เกี่ยวข้องพบว่าในการสร้างชุดทดลองเพื่อหาค่าความยาวคลื่นของแสงโดยใช้สลิตเดี่ยว สลิตคู่ และเกรตติง สามารถออกแบบและสร้างชุดทดลองได้ 2 ชุด คือ ชุดทดลองของสลิตเดี่ยวและสลิตคู่ และชุดทดลองของแผ่นเกรตติง เนื่องจากสลิตเดี่ยวและสลิตคู่ สามารถอ่านค่าระยะความกว้างจากกึ่งกลางแถบสว่างกลางถึงกลางแถบมืดแรก (x) ได้ชัดเจน ที่ระยะห่างจากอุปกรณ์เลี้ยวเบนแสงถึงฉาก (D) ตั้งแต่ 50 cm แต่แผ่นเกรตติงทำการทดลองเห็นค่าได้ที่ระยะใกล้ ๆ คือตั้งแต่ 2 cm จึงได้จัดทำชุดทดลองที่มี 2 ขนาด ประกอบด้วย

สำหรับรายละเอียดของชุดทดลองที่สร้างขึ้นในงานวิจัยทั้ง 2 ชุด มีดังนี้

2.1 ชุดทดลองที่ 1 ชุดทดลองนี้ใช้สลิตเดี่ยวและสลิตคู่ เป็นตัวเลี้ยวเบนแสง ทั้งนี้เนื่องจากผลการคำนวณทางทฤษฎีพบว่า ระยะ x ของชุดทดลองที่ใช้สลิตเดี่ยวและสลิตคู่ เป็นอุปกรณ์เลี้ยวเบนแสงนั้นมีค่าเท่ากัน ดังนั้นจึงสามารถใช้อุปกรณ์ชุดเดียวกันได้ ซึ่งมีรายละเอียดดังภาพที่ 4-1

ภาพที่ 4-1 ชุดทดลองวัดค่าดัชนีหักเห กรณีใช้สลิตเดี่ยวและสลิตคู่เป็นตัวเลี้ยวเบนแสง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ชุดทดลองที่ 1 ที่ใช้สลิตเดี่ยวและสลิตคู่เป็นตัวเลี้ยวเบนแสงมีรายละเอียดดังนี้

1. อุปกรณ์ที่ทำให้เกิดการเลี้ยวเบนแสง 2 ชนิด ได้แก่ สลิตเดี่ยว และสลิตคู่ ซึ่งจะติดตั้งอยู่ในกล่องพลาสติกใสสำหรับใส่ของเหลว

2. แหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์ที่ให้แสงเลเซอร์ขนาดความยาวคลื่น 650±10 nm

3. อุปกรณ์ใส่กระบอกเลเซอร์ทำจากท่อเหล็ก มีช่องสำหรับใส่กระบอกเลเซอร์ ตรงกลางช่องบนติดหางปลา 1 อัน เพื่อทำหน้าที่ปิด–เปิดสวิทช์ของเลเซอร์ มีเสาสูง 27 cm ที่สามารถปรับระดับเลื่อนขึ้นและลงได้ (ดังภาพที่ 4-2)

4. ฉากรองรับริ้วหรือแถบการแทรกสอด ขนาด 30x20 cm ขามีล้อเลื่อนที่สามารถเลื่อนเข้าและออกได้ตามระยะที่กำหนด ติดกระดาษกราฟที่ฉากเพื่อใช้ในการขีดเส้นชี้ตำแหน่งแถบมืด (ดังภาพที่ 4-3)

5. รางเลื่อนขนาด 7x200 cm มีสเกลวัดระยะติดรางเลื่อนตรงกลาง เพื่อในการอ่านค่าขณะเลื่อนไปยังตำแหน่งที่กำหนด (ดังภาพที่ 4-4)

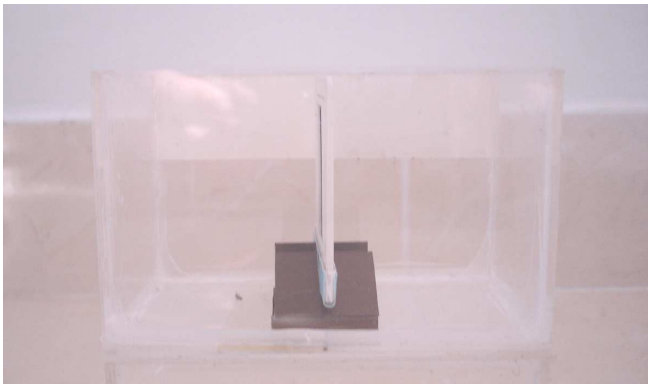
6. กล่องพลาสติกใสสำหรับใส่ของเหลวที่ต้องการหาค่าดัชนีหักเห ขนาด 5x10 cm ภายในมีฐานรองสำหรับวางอุปกรณ์ที่ต้องการวัดโดยวางไว้ตำแหน่งกลางกล่อง คือ 5 cm (ดังภาพที่ 4-5)

ภาพที่ 4-2 แท่งใส่กระบอกเลเซอร์

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ภาพที่ 4-3 ฉากรับริ้วการแทรกสอดของแสง

ภาพที่ 4-4 รางเลื่อนฉาก



ภาพที่ 4-5 กล่องพลาสติกใสสำหรับใส่ของเหลวที่ต้องการหาค่าดัชนีหักเห

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2.2 ชุดทดลองที่ 2 ชุดทดลองนี้ใช้เกรตติงเป็นตัวเลี้ยวเบนแสง ทั้งนี้เนื่องจากผลการคำนวณทางทฤษฎีพบว่า ระยะ x ของชุดทดลองที่ใช้เกรตติงเป็นตัวเลี้ยวเบนแสงนั้น มีค่ามากที่ระยะ D ใกล้ ๆ ดังนั้นจึงสร้างชุดทดลองที่ใช้เกรตติงเป็นอุปกรณ์เลี้ยวเบนแสงให้มีขนาด D น้อย ๆ แต่ความกว้างของริ้วการแทรกสอดของแสงบนฉากมีค่ามาก ซึ่งมีรายละเอียดดังภาพที่ 4-6

ชุดทดลองที่ 2 ที่ใช้เกรตติงเป็นตัวเลี้ยวเบนแสงมีรายละเอียดดังนี้

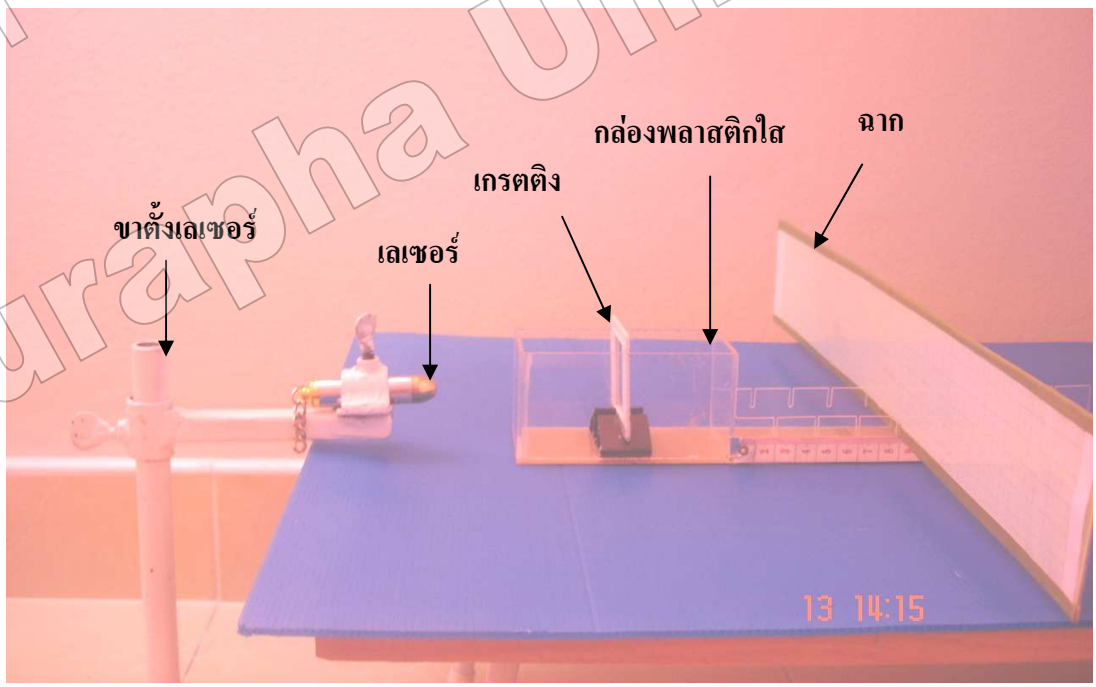
1. ใช้เกรตติงเป็นอุปกรณ์ที่ทำให้เกิดการเลี้ยวเบนแสง ซึ่งจะติดตั้งอยู่ในกล่องพลาสติกใสสำหรับใส่ของเหลว

2. แหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์ที่ให้แสงเลเซอร์ขนาดความยาวคลื่น 650±10 nm

3. อุปกรณ์ใส่กระบอกเลเซอร์ทำจากท่อเหล็ก มีช่องสำหรับใส่กระบอกเลเซอร์ตรงกลางช่องบนติดหางปลา 1 อัน เพื่อทำหน้าที่ปิด–เปิดสวิทช์ของเลเซอร์ มีเสาสูง 27 cm ที่สามารถปรับระดับเลื่อนขึ้นและลงได้ (ดังภาพที่ 4-2)

4. กล่องพลาสติกใสที่มีขนาด 5x10 cm มีแขนทั้ง 2 ข้าง ยาว 20 cm สำหรับใส่ฉาก โดยแขนทั้ง 2 ข้างมีช่องห่างกันช่องละ 2 cm ลึก 1 cm จำนวน 10 ช่อง

5. ฉากทำจากแผ่นพลาสติกติดกระดาษกราฟ สูง 5 cm ยาว 30 cm



ภาพที่ 4-6 ชุดทดลองวัดค่าดัชนีหักเหเมื่อใช้เกรตติงเป็นตัวเลี้ยวเบนแสง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3. การทดสอบชุดทดลองเบื้องต้น

เมื่อประกอบชุดทดลองทั้งสองชุดตามที่ได้ออกแบบไว้แล้ว ขั้นต่อไปเป็นการทดสอบการทำงานของชุดทดลองที่สร้างขึ้น โดยการนำมาทดลองวัดความยาวคลื่นแสงในอากาศของแหล่งกำเนิดแสงที่ทราบความยาวคลื่น ในที่นี้ใช้ตัวชี้เลเซอร์ที่มีความยาวคลื่นเท่ากับ 650$\pm$10 nm เป็นแหล่งกำเนิดแสง จากนั้นนำมาทดลองวัดความยาวคลื่นแสงด้วยเทคนิคเลี้ยวเบน โดยใช้ตัวเลี้ยวเบนแสง 3 ชนิดคือ สลิตเดี่ยว สลิตคู่ และเกรตติง เพื่อทดสอบการทำงานของชุดทดลองที่ออกแบบและสร้างขึ้น ซึ่งมีผลการทดลองดังนี้

1. การทดลองหาค่าความยาวคลื่นแสงในอากาศ เมื่อใช้สลิตเดี่ยวเป็นตัวเลี้ยวเบนแสง

จากการทดลองวัดขนาดความกว้างของริ้วหรือแถบการแทรกสอดของแสงเลี้ยวเบน (x) ผ่านสลิตเดี่ยว ที่มีขนาด d เท่ากับ 50 μm เพื่อนำมาคำนวณหาค่าความยาวคลื่นของแสงในอากาศ ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4-4 พบว่าการวัดขนาดความกว้างของริ้วการแทรกสอดที่ระยะความยาวห่างจากฉากถึงสลิตเดี่ยว 50 cm 100 cm และ 150 cm และนำไปคำนวณหาค่าความยาวคลื่นแสงในอากาศพบว่ามีค่าเท่ากับ 650 nm 660 nm และ 633 nm ตามลำดับ

ตารางที่ 4-4 ค่าความยาวคลื่นแสงในอากาศ เมื่อแสงเลี้ยวเบนผ่านสลิตเดี่ยว

D (cm)	λ (nm)	% ความคลาดเคลื่อน
50	650	0.00
100	660	1.54
150	633	2.62

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2. การทดลองหาค่าความยาวคลื่นของแสงในอากาศที่ผ่านสลิตคู่

จากตารางที่ 4-5 การทดลองวัดขนาดความกว้างของริ้วหรือแถบการแทรกสอดด้วยแสงเลเซอร์สีแดงโดยใช้สลิตคู่ เพื่อนำมาคำนวณหาค่าความยาวคลื่นของแสงในอากาศ พบว่าการวัดขนาดความกว้างของริ้วการแทรกสอด ที่ระยะความยาวห่างจากฉากถึงสลิตคู่ 50 cm 100 cm และ 150 cm และนำไปคำนวณหาค่าความยาวคลื่นแสงในอากาศพบว่ามีค่าเท่ากับ 600 nm 580 nm และ 567 nm ตามลำดับ

ตารางที่ 4-5 ค่าความยาวคลื่นแสงในอากาศ เมื่อแสงเลี้ยวเบนผ่านสลิตคู่

D (cm)	λ (nm)	% ความคลาดเคลื่อน
50	600	7.69
100	580	10.77
150	567	12.77

3. การทดลองหาค่าความยาวคลื่นของแสงในอากาศที่ผ่านเกรตติง

จากตารางที่ 4-6 การทดลองวัดขนาดความกว้างของริ้วหรือแถบการแทรกสอดด้วยแสงเลเซอร์สีแดง โดยใช้เกรตติง ขนาด 25,000 เส้นต่อเซนติเมตร เพื่อนำมาคำนวณหาค่าความยาวคลื่นของแสงในอากาศ พบว่าการวัดขนาดความกว้างของริ้วการแทรกสอด ที่ระยะความยาวห่างจากฉากถึงเกรตติง 50 cm 100 cm และ 150 cm และนำไปคำนวณหาค่าความยาวคลื่นแสงในอากาศพบว่ามีค่าเท่ากับ 655 nm 650 nm และ 654 nm ตามลำดับ

ตารางที่ 4-6 ค่าความยาวคลื่นแสงในอากาศ เมื่อแสงเลี้ยวเบนผ่านเกรตติง

D (cm)	λ (nm)	% ความคลาดเคลื่อน
6	650	0.00
8	654	0.62
10	655	0.77

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

การทดลองวัดค่าดัชนีหักเหของน้ำ

การทดลองตอนนี้เป็นการทดลองวัดค่าดัชนีหักเหของน้ำ ด้วยชุดทดลองที่ออกแบบและสร้างขึ้น โดยนำชุดทดลองที่ประกอบแล้วทั้ง 2 แบบคือ ชุดทดลองที่ใช้สลิตเดี่ยวและสลิตคู่เป็นตัวเลี้ยวเบนแสง และชุดทดลองที่ใช้เกรตติงเป็นตัวเลี้ยวเบนแสง มาทดลองวัดความยาวคลื่นแสงในอากาศและในน้ำของแหล่งกำเนิดแสงที่ทราบความยาวคลื่น ในที่นี้ใช้ตัวชี้เลเซอร์ที่มีความยาวคลื่นเท่ากับ 650 nm เป็นแหล่งกำเนิดแสง แล้วนำมาคำนวณหาค่าดัชนีหักเหของน้ำ การทดลองนี้แบ่งเป็น 3 ตอน คือ การหาค่าดัชนีหักเหของน้ำเมื่อใช้สลิตเดี่ยว สลิตคู่และเกรตติง เป็นตัวเลี้ยวเบนแสง ซึ่งมีผลการทดลองดังนี้

1. การหาค่าดัชนีหักเหของน้ำ เมื่อใช้สลิตเดี่ยวเป็นตัวเลี้ยวเบนแสง

1.1 การหาความยาวคลื่นแสงในอากาศและในน้ำ

ทำการทดลองหาค่าความยาวคลื่นของแสงในอากาศและในน้ำผ่านสลิตเดี่ยว โดยทำทดลองที่ระยะห่างจากฉากถึงสลิตเดี่ยว 3 ค่า คือ 50 cm 100 cm และ 150 cm ทดลองวัดขนาดความกว้างของริ้วการแทรกสอดระยะห่างละ 5 ครั้ง หาค่าเฉลี่ย และนำมาคำนวณหาค่าความยาวคลื่นของแสงในอากาศและในน้ำ

ตารางที่ 4-7 แสดงค่าความยาวคลื่นแสงในอากาศ เมื่อแสงเลี้ยวเบนผ่านสลิตเดี่ยว จากการวัดขนาดความกว้างของริ้วการแทรกสอด เพื่อนำมาคำนวณหาค่าความยาวคลื่นของแสงในอากาศ พบว่าที่ระยะห่างจากฉากถึงสลิตเดี่ยว (D) 50 cm 100 cm และ 150 cm วัดขนาดความกว้างของระยะห่างจากกลางแถบสว่างกลางถึงกลางแถบมืดแรก (x) ได้ 6.50×10^{-3} m 13.04×10^{-3} m และ 19.40×10^{-3} m ตามลำดับ และนำไปคำนวณหาค่าความยาวคลื่นของแสงในอากาศพบว่ามีค่าเท่ากับ 650 nm 651 nm และ 647 nm ตามลำดับ

ตารางที่ 4-8 เป็นค่าความยาวคลื่นแสงในน้ำ เมื่อแสงเลี้ยวเบนผ่านสลิตเดี่ยว การวัดขนาดความกว้างของริ้วการแทรกสอด เพื่อนำมาคำนวณหาค่าความยาวคลื่นของแสงในน้ำ พบว่าที่ระยะห่างจากฉากถึงสลิตเดี่ยว (D) 50 cm 100 cm และ 150 cm วัดขนาดความกว้างของระยะห่างจากกลางแถบสว่างกลางถึงกลางแถบมืดแรก (x) ได้ 4.83×10^{-3} m 9.65×10^{-3} m และ 14.18×10^{-3} m ตามลำดับ และเมื่อนำไปคำนวณหาค่าความยาวคลื่นของแสงในน้ำพบว่ามีค่าเท่ากับ 483 nm 483 nm และ 473 nm ตามลำดับ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

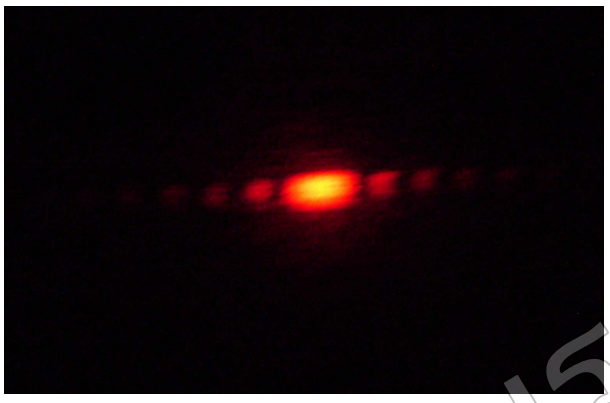
ตารางที่ 4-7 ค่าความยาวคลื่นแสงในอากาศ เมื่อแสงเลี้ยวเบนผ่านสลิตเดี่ยว

D (cm)	x (mm)	$\lambda_{\text{อากาศ}}$ (nm)
50	6.50	650
100	13.04	651
150	19.40	647

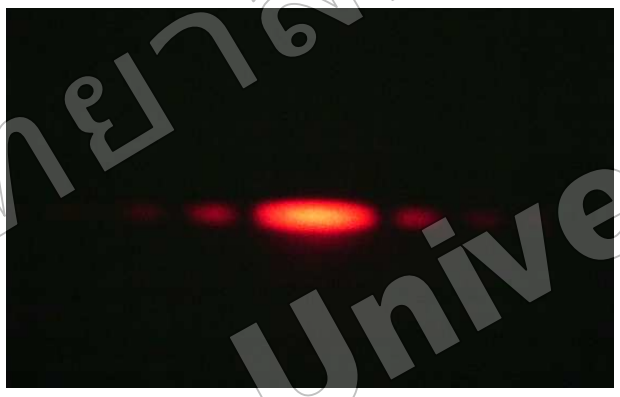
ตารางที่ 4-8 ค่าความยาวคลื่นแสงในน้ำ เมื่อแสงเลี้ยวเบนผ่านสลิตเดี่ยว

D (cm)	x (mm)	$\lambda_{\text{น้ำ}}$ (nm)
50	4.83	483
100	9.65	483
150	14.18	473

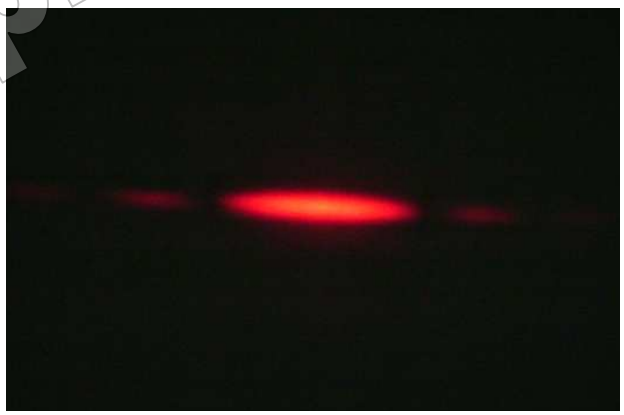
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 4-7 ตัวอย่างแถบการแทรกสอดของแสงเลี้ยวเบนผ่านสลิตเดี่ยวในอากาศที่ระยะ D 50 cm

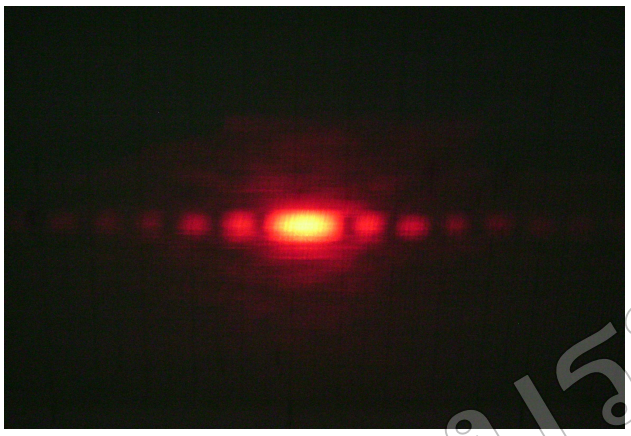


ภาพที่ 4-8 ตัวอย่างแถบการแทรกสอดของแสงเลี้ยวเบนผ่านสลิตเดี่ยวในอากาศที่ระยะ D 100 cm



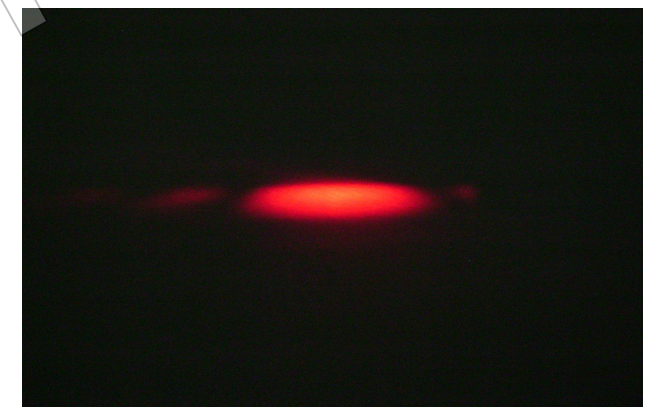
ภาพที่ 4-9 ตัวอย่างแถบการแทรกสอดของแสงเลี้ยวเบนผ่านสลิตเดี่ยวในอากาศที่ระยะ D 150 cm

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 4-10 ตัวอย่างแถบการแทรกสอดของแสงเลี้ยวเบนผ่านสลิตเดี่ยวในน้ำที่ระยะ D 50 cm

ภาพที่ 4-11 ตัวอย่างแถบการแทรกสอดของแสงเลี้ยวเบนผ่านสลิตเดี่ยวในน้ำที่ระยะ D 100 cm



ภาพที่ 4-12 ตัวอย่างแถบการแทรกสอดของแสงเลี้ยวเบนผ่านสลิตเดี่ยวในน้ำที่ระยะ D 150 cm

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

1.2 การคำนวณค่าดัชนีหักเหของน้ำ

จากการทดลองหาค่าความยาวคลื่นของแสงในอากาศและในน้ำผ่านสลิตเดี่ยว ที่ระยะห่างจากฉากถึงสลิตเดี่ยว 3 ค่า คือ 50 cm 100 cm และ 150 cm แล้วนำมาคำนวณหาค่าความยาวคลื่นของแสงในอากาศและในน้ำ จากนั้นนำความยาวคลื่นแสงที่ได้มาคำนวณหาค่าดัชนีหักเหของแสงในน้ำ และหาค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการทดลอง ซึ่งมีผลการทดลองดังนี้

ตารางที่ 4-9 แสดงค่าดัชนีหักเหของน้ำ ที่ได้จากชุดทดลองที่สร้างขึ้นในงานวิจัย พบว่า ที่ระยะห่างจากฉากถึงสลิตเดี่ยวเท่ากับ 50 cm 100 cm และ 150 cm ค่าดัชนีหักเหของน้ำมีค่าเท่ากับ 1.35 1.35 และ1.37 ตามลำดับ และเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของดัชนีหักเหของน้ำมีค่า 1.50 % 1.50% และ 3.01% ตามลำดับ

ตารางที่ 4-9 ค่าดัชนีหักเหของน้ำเมื่อใช้สลิตเดี่ยวเป็นตัวเลี้ยวเบนแสง

D (cm)	$\lambda_{อากาศ}$ (nm)	$\lambda_{น้ำ}$ (nm)	($n_{น้ำ}$)	%error
50	650	483	1.35	1.50
100	651	483	1.35	1.50
150	647	473	1.37	3.01

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2. การหาค่าดัชนีหักเหของน้ำ เมื่อใช้สลิตคู่เป็นตัวเลี้ยวเบนแสง

2.1 การหาความยาวคลื่นแสงในอากาศและในน้ำ

ทำการทดลองหาค่าความยาวคลื่นของแสงในอากาศและในน้ำผ่านสลิตคู่ โดยทำทดลองที่ระยะห่างจากฉากถึงสลิตคู่ 3 ค่า คือ 50 cm100 cm และ 150 cm ทดลองวัดขนาดความกว้างของริ้วการแทรกสอดระยะห่างละ 5 ครั้ง หาค่าเฉลี่ย และนำมาคำนวณหาค่าความยาวคลื่นของแสงในอากาศและในน้ำ

ตารางที่ 4-10 แสดงค่าความยาวคลื่นแสงในอากาศ เมื่อแสงเลี้ยวเบนผ่านสลิตคู่จากการวัดขนาดความกว้างของริ้วหรือแถบการแทรกสอด เพื่อนำมาคำนวณหาค่าความยาวคลื่นของแสงในอากาศ พบว่าที่ระยะห่างจากฉากถึงสลิตคู่ (D) 50 100 และ 150 cm วัดขนาดความกว้างของระยะห่างจากกลางแถบสว่างกลางถึงกลางแถบมืดแรก (x) ได้ $2.88x10^{-3}$ m $5.76x10^{-3}$ m และ $8.65x10^{-3}$ m ตามลำดับ และนำไปคำนวณหาค่าความยาวคลื่นของแสงในอากาศพบว่ามีค่าเท่ากับ 576 nm 576 nm และ 577 nm ตามลำดับ

ตารางที่ 4-11 เป็นค่าความยาวคลื่นแสงในน้ำ เมื่อแสงเลี้ยวเบนผ่านสลิตคู่จากการวัดขนาดความกว้างของริ้วหรือแถบการแทรกสอด เพื่อนำมาคำนวณหาค่าความยาวคลื่นของแสงในน้ำ พบว่าที่ระยะห่างจากฉากถึงสลิตคู่ (D) 50 cm 100 cm และ 150 cm วัดขนาดความกว้างของระยะห่างจากกลางแถบสว่างกลางถึงกลางแถบมืดแรก (x) ได้ $2.14x10^{-3}$ m $4.40x10^{-3}$ m และ$6.73x10^{-3}$ m ตามลำดับ และนำไปคำนวณหาค่าความยาวคลื่นของแสงในน้ำพบว่ามีค่าเท่ากับ 428 nm 440 nm และ 449 nm ตามลำดับ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

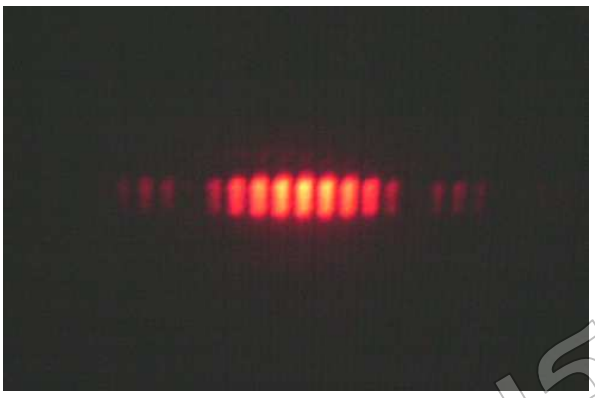
ตารางที่ 4-10 ค่าความยาวคลื่นแสงในอากาศ เมื่อแสงเลี้ยวเบนผ่านสลิตคู่

D (cm)	x (mm)	$\lambda_{\text{อากาศ}}$ (nm)
50	2.88	576
100	5.76	576
150	8.65	577

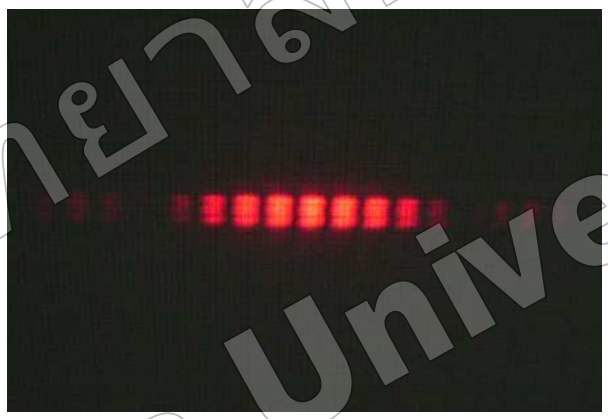
ตารางที่ 4-11 ค่าความยาวคลื่นแสงในน้ำ เมื่อแสงเลี้ยวเบนผ่านสลิตคู่

D (cm)	x (mm)	$\lambda_{\text{น้ำ}}$ (nm)
50	2.14	428
100	4.40	440
150	6.73	449

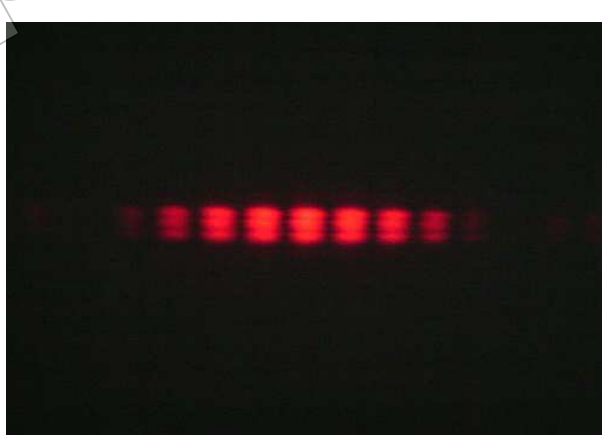
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 4-13 ตัวอย่างแถบการแทรกสอดของแสงเลี้ยวเบนผ่านสลิตคู่ในอากาศที่ระยะ D 50 cm

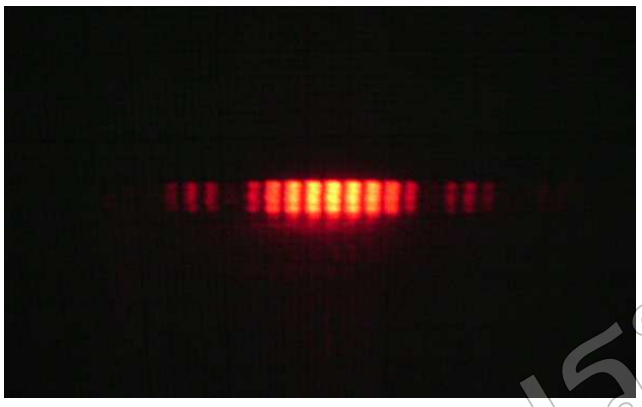


ภาพที่ 4-14 ตัวอย่างแถบการแทรกสอดของแสงเลี้ยวเบนผ่านสลิตคู่ในอากาศที่ระยะ D 100 cm

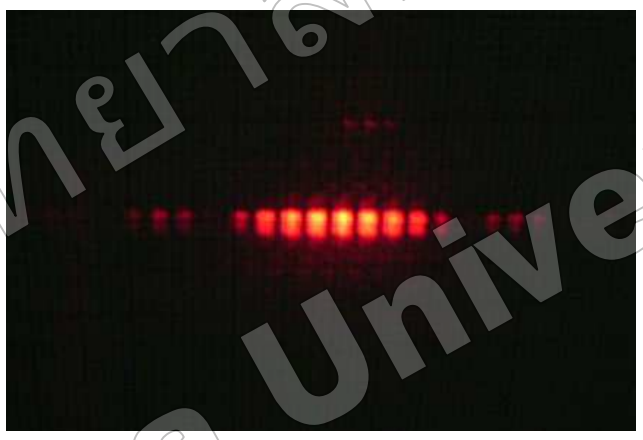


ภาพที่ 4-15 ตัวอย่างแถบการแทรกสอดของแสงเลี้ยวเบนผ่านสลิตคู่ในอากาศที่ระยะ D 150 cm

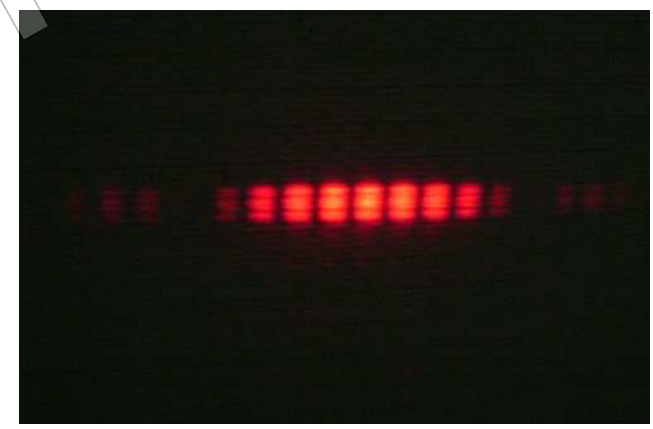
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 4-16 ตัวอย่างแถบการแทรกสอดของแสงเลี้ยวเบนผ่านสลิตคู่ในน้ำที่ระยะ D 50 cm



ภาพที่ 4-17 ตัวอย่างแถบการแทรกสอดของแสงเลี้ยวเบนผ่านสลิตคู่ในน้ำที่ระยะ D 100 cm



ภาพที่ 4-18 ตัวอย่างแถบการแทรกสอดของแสงเลี้ยวเบนผ่านสลิตคู่ในน้ำที่ระยะ D 150 cm

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2.2 การคำนวณค่าดัชนีหักเหของน้ำ

จากการทดลองหาค่าความยาวคลื่นของแสงในอากาศและในน้ำผ่านสลิตคู่ที่ระยะห่างจากฉากถึงสลิตคู่ 3 ค่า คือ 50 cm 100 cm และ 150 cm แล้วนำมาคำนวณหาค่าความยาวคลื่นของแสงในอากาศและในน้ำ จากนั้นนำความยาวคลื่นแสงที่ได้มาคำนวณหาค่าดัชนีหักเหของแสงในน้ำ และหาค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการทดลอง ซึ่งมีผลการทดลองดังนี้

ตารางที่ 4-12 แสดงค่าดัชนีหักเหของน้ำ ที่ได้จากชุดทดลองที่สร้างขึ้นในงานวิจัย พบว่า ที่ระยะห่างจากฉากถึงสลิตคู่ 50 cm 100 cm และ 150 cm ค่าดัชนีหักเหของน้ำมีค่าเท่ากับ 1.35 1.31 และ 1.29 ตามลำดับ และเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของดัชนีหักเหของน้ำมีค่า 1.50 % 1.50 % และ 3.01 % ตามลำดับ

ตารางที่ 4-12 ค่าดัชนีหักเหของน้ำเมื่อใช้สลิตคู่เป็นตัวเลี้ยวเบนแสง

D (cm)	$\lambda_{อากาศ}$ (nm)	$\lambda_{น้ำ}$ (nm)	($n_{น้ำ}$)	%error
50	576	428	1.35	1.50
100	576	440	1.31	1.50
150	577	449	1.29	3.01

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3. การหาค่าดัชนีหักเหของน้ำ เมื่อใช้เกรตติงเป็นตัวเลี้ยวเบนแสง

3.1 การหาความยาวคลื่นแสงในอากาศและในน้ำ

ทำการทดลองหาค่าความยาวคลื่นของแสงในอากาศและในน้ำผ่านเกรตติง โดยใช้เกรตติง ขนาด 25,000 เส้นต่อเซนติเมตร ทำทดลองที่ระยะห่างจากฉากถึงเกรตติง 3 ค่า คือ 6 cm 8 cm และ 10 cm ทดลองวัดขนาดความกว้างของริ้วการแทรกสอดระยะห่างละ 5 ครั้ง หาค่าเฉลี่ย และนำมาคำนวณหาค่าความยาวคลื่นของแสงในอากาศและในน้ำ

ตารางที่ 4-13 แสดงค่าความยาวคลื่นแสงในอากาศ เมื่อแสงเลี้ยวเบนผ่านเกรตติง จากการวัดขนาดความกว้างของริ้วการแทรกสอด เพื่อนำมาคำนวณหาค่าความยาวคลื่นของแสงในอากาศ พบว่าที่ระยะห่างจากฉากถึงเกรตติง (D) 6 cm 8 cm และ 10 cm วัดขนาดความกว้างของระยะห่างระหว่างจุดสว่างกลางกับจุดสว่างทางซ้ายและจุดสว่างทางขวาแล้วหาค่าเฉลี่ยของระยะห่าง ได้ 5.01 cm 6.71 cm และ 8.40 cm ตามลำดับ และนำไปคำนวณหาค่าความยาวคลื่นของแสงในอากาศพบว่ามีค่าเท่ากับ 652 nm 653 nm และ 654 nm ตามลำดับ

ตารางที่ 4-14 เป็นค่าความยาวคลื่นแสงในน้ำ เมื่อแสงเลี้ยวเบนผ่านเกรตติงจากการวัดขนาดความกว้างของริ้วการแทรกสอด เพื่อนำมาคำนวณหาค่าความยาวคลื่นของแสงในน้ำ พบว่าที่ระยะห่างจากฉากถึงเกรตติง (D) 6 cm 8 cm และ 10 cm วัดขนาดความกว้างของระยะห่างระหว่างจุดสว่างกลางกับจุดสว่างทางซ้ายและจุดสว่างทางขวาแล้วหาค่าเฉลี่ยของระยะห่าง ได้ 3.28 cm 4.53 cm และ 5.76 cm ตามลำดับ และนำไปคำนวณหาค่าความยาวคลื่นของแสงในน้ำพบว่ามีค่าเท่ากับ 488 nm 501 nm และ 507 nm ตามลำดับ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

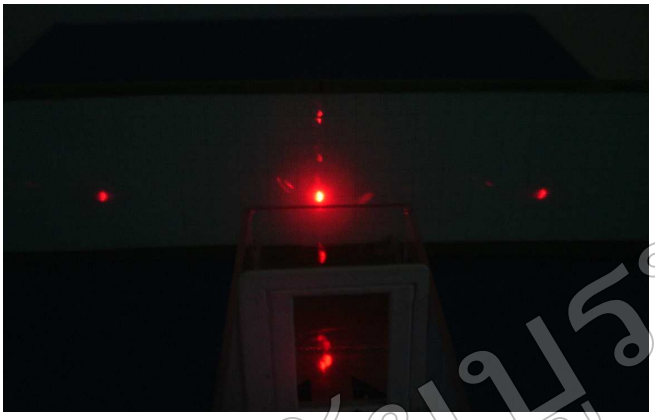
ตารางที่ 4-13 ค่าความยาวคลื่นแสงในอากาศ เมื่อแสงเลี้ยวเบนผ่านเกรตติง

D (cm)	ระยะห่างระหว่างจุดสว่างกลาง (x)			$\lambda_{อากาศ}$ (nm)
	$x_{ซ้าย}$ (mm)	$x_{ขวา}$ (mm)	$\bar{x}$ (mm)	
6	4.90	5.12	5.01	6.52
8	6.64	6.78	6.71	6.53
10	8.24	8.55	8.40	6.54

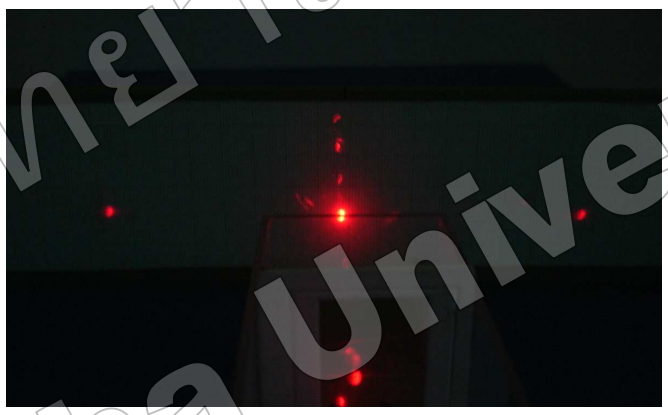
ตารางที่ 4-14 ค่าความยาวคลื่นแสงในน้ำ เมื่อแสงเลี้ยวเบนผ่านเกรตติง

D (cm)	ระยะห่างระหว่างจุดสว่างกลาง (x)			$\lambda_{น้ำ}$ (nm)
	$x_{ซ้าย}$ (mm)	$x_{ขวา}$ (mm)	$\bar{x}$ (mm)	
6	3.26	3.30	328	488
8	4.42	4.64	4.53	501
10	5.62	5.90	5.76	507

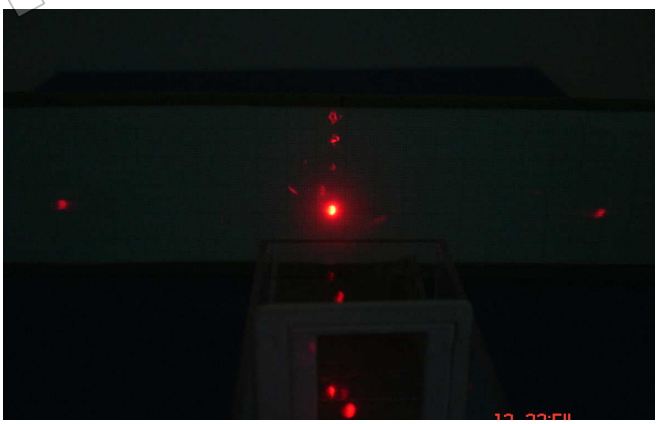
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 4-19 ตัวอย่างแถบการแทรกสอดของแสงเลี้ยวเบนผ่านเกรตติงในอากาศที่ระยะ D 50 cm

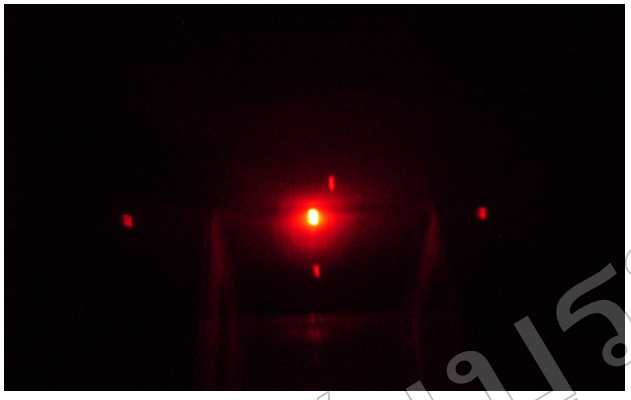


ภาพที่ 4-20 ตัวอย่างแถบการแทรกสอดของแสงเลี้ยวเบนผ่านเกรตติงในอากาศที่ระยะ D 100 cm



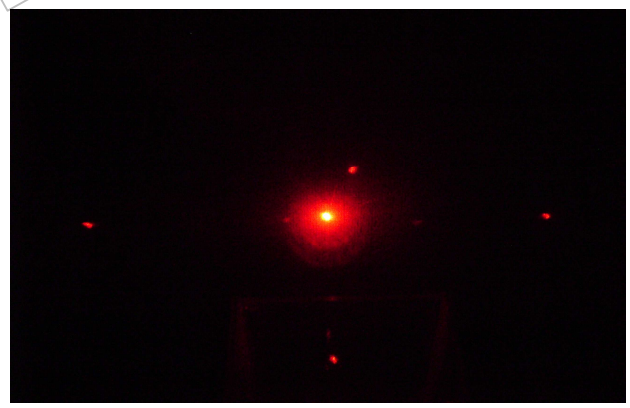
ภาพที่ 4-21 ตัวอย่างแถบการแทรกสอดของแสงเลี้ยวเบนผ่านเกรตติงในอากาศที่ระยะ D 150 cm

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 4-22 ตัวอย่างแถบการแทรกสอดของแสงเลี้ยวเบนผ่านเกรตติงในน้ำที่ระยะ D 50 cm

ภาพที่ 4-23 ตัวอย่างแถบการแทรกสอดของแสงเลี้ยวเบนผ่านเกรตติงในน้ำที่ระยะ D 100 cm



ภาพที่ 4-24 ตัวอย่างแถบการแทรกสอดของแสงเลี้ยวเบนผ่านเกรตติงในน้ำที่ระยะ D 150 cm

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3.2 การคำนวณค่าดัชนีหักเหของน้ำ

จากการทดลองหาค่าความยาวคลื่นของแสงในอากาศและในน้ำผ่านเกรตติง ที่ระยะห่างจากฉากถึงเกรตติง 3 ค่า คือ 6 cm 8 cm และ 10 cm แล้วนำมาคำนวณหาค่าความยาวคลื่นของแสงในอากาศและในน้ำ จากนั้นนำความยาวคลื่นแสงที่ได้มาคำนวณหาค่าดัชนีหักเหของแสงในน้ำ และหาค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการทดลอง ซึ่งมีผลการทดลองดังนี้

ตารางที่ 4-15 แสดงค่าดัชนีหักเหของน้ำ ที่ได้จากชุดทดลองที่สร้างขึ้นในงานวิจัย พบว่า ที่ระยะห่างจากฉากถึงเกรตติง 6 cm 8 cm และ 10 cm ค่าดัชนีหักเหของน้ำมีค่าเท่ากับ 1.34 1.32 และ 1.30 ตามลำดับ และเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของดัชนีหักเหของน้ำมีค่า 0.75 % 0.75 % และ 2.26 % ตามลำดับ

ตารางที่ 4-15 ค่าดัชนีหักเหของน้ำเมื่อใช้เกรตติงเป็นตัวเลี้ยวเบนแสง

D (cm)	$\lambda_{อากาศ}$ (nm)	$\lambda_{น้ำ}$ (nm)	($n_{น้ำ}$)	%error
6	6.56	4.88	1.34	0.75
8	6.54	4.97	1.32	0.75
10	6.54	5.06	1.30	2.26

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

การทดลองวัดค่าดัชนีหักเหของสารละลายน้ำตาลที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ

จากผลการทดลองจะพบว่า ชุดทดลองที่สร้างขึ้นในงานวิจัยนี้ทั้ง 3 ชุดให้ค่าดัชนีหักเหของน้ำได้ใกล้เคียงค่ามาตรฐาน ($n_{น้ำ} = 1.33$) มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดของชุดทดลองที่ใช้สลิตเดี่ยว สลิตคู่ และเกรตติง เป็นตัวเลี้ยวเบนแสง คือ 1.50% 1.50% และ 0.75% ตามลำดับ โดยชุดทดลองที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด คือ ชุดทดลองที่ใช้เกรตติงเป็นตัวเลี้ยวเบนแสง ส่วนหนึ่งเนื่องจากแถบการแทรกสอดของแสงเลี้ยวเบนจากเกรตติงชัดเจนมาก ทำให้การวัดระยะ x เพื่อใช้ในการคำนวณสามารถทำได้อย่างแม่นยำ

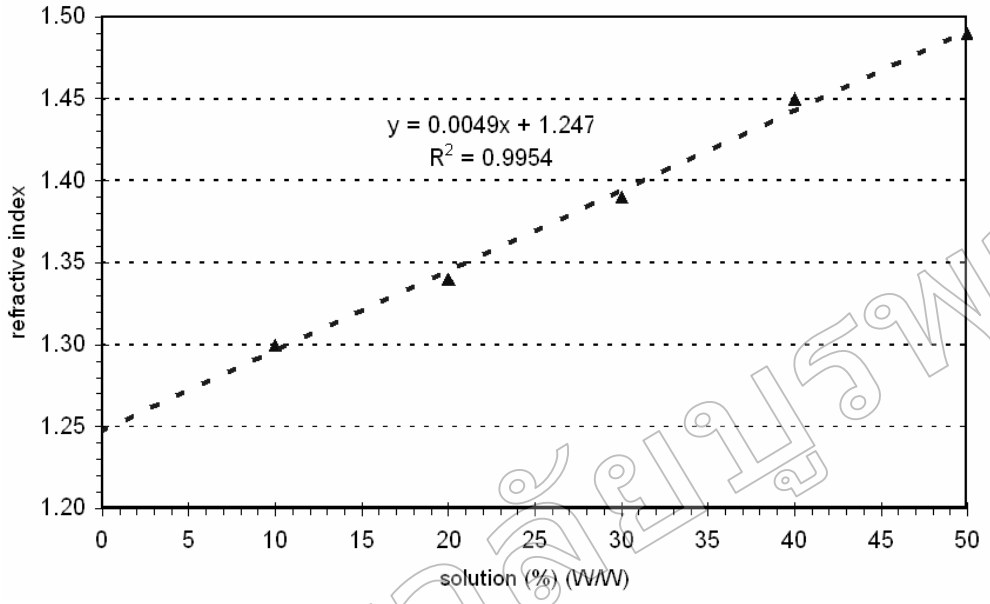
นำชุดทดลองที่ใช้เกรตติงเป็นตัวเลี้ยวเบนแสงมาทดลองวัดค่าดัชนีหักเหของสารละลายน้ำตาลที่ความเข้มข้น 5 ค่า ดังนี้ 10% 20% 30% 40% และ 50% โดยน้ำหนัก ซึ่งมีผลการทดลองดังนี้

ตารางที่ 4-16 เป็นค่าดัชนีหักเหของสารละลายน้ำตาล ที่ความเข้มข้นในช่วง 10%-50% โดยน้ำหนัก ที่วัดได้จากชุดทดลองวัดค่าดัชนีหักเหที่จัดขึ้นในงานวิจัยนี้ ผลการทดลองพบว่า ค่าดัชนีหักเหของสารละลายน้ำตาลจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของสารละลายเพิ่มขึ้น โดยค่าดัชนีหักเหของสารละลายน้ำตาลมีค่าอยู่ในช่วง 1.30-1.49

ตารางที่ 4-16 ค่าดัชนีหักเหของสารละลายน้ำตาลที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน

ความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาล (%W/W)	n_{sugar}
10	1.30
20	1.34
30	1.39
40	1.45
50	1.49

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 4-25 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีหักเหกับความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลจากชุดทดลองที่จัดขึ้นในงานวิจัย

ภาพที่ 4-25 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีหักเหของสารละลายน้ำตาลที่มีความเข้มข้นในช่วง 10% - 50% โดยน้ำหนัก ทั้งนี้จะเห็นว่าค่าดัชนีหักเหและความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลมีความสัมพันธ์กันแบบเชิงเส้นตามสมการ

$$n_{Sugar} = 0.0049x + 1.247 \quad (4\text{-}4)$$

และมีค่า $R^2 = 0.9954$ ซึ่งใกล้เคียงกับ 1 มาก

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

การประเมินชุดทดลองที่สร้างในงานวิจัย

การประเมินชุดทดลองที่สร้างขึ้นในงานวิจัยนี้จะประเมินจากค่าดัชนีหักเหของน้ำที่นักเรียนวัดด้วยชุดทดลองที่สร้างขึ้น การวิเคราะห์ค่า IOC จากแบบประเมินของผู้เชี่ยวชาญ และการวิเคราะห์ค่า IOC จากแบบประเมินของนักเรียน ซึ่งมีผลการศึกษาดังนี้

1. ผลการทดลองวัดค่าดัชนีหักเหของน้ำ

จากการที่ให้นักเรียนได้ทำการทดลองวัดค่าดัชนีหักเหของน้ำ ด้วยชุดทดลองที่ออกแบบและสร้างขึ้น 2 แบบ คือ ชุดทดลองที่ใช้สลิตเดี่ยวและสลิตคู่เป็นตัวเลี้ยวเบนแสง และชุดทดลองที่ใช้เกรตติงเป็นตัวเลี้ยวเบนแสง เพื่อหาค่าความยาวคลื่นของแสงในอากาศและในน้ำ จากนั้นนำความยาวคลื่นแสงที่ได้มาคำนวณหาค่าดัชนีหักเหของแสงในน้ำ และหาค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนจากการทดลอง ซึ่งมีผลการทดลองดังนี้

ตารางที่ 4-17 แสดงค่าดัชนีหักเหของน้ำ ที่ได้จากชุดทดลองที่ใช้สลิตเดี่ยวเป็นตัวเลี้ยวเบนแสง พบว่า ที่ระยะห่างจากฉากถึงสลิตเดี่ยวเท่ากับ 50 cm 100 cm และ 150 cm ค่าดัชนีหักเหของน้ำมีค่าเท่ากับ 1.35 1.36 และ 1.37 ตามลำดับ และเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของดัชนีหักเหของน้ำมีค่า 1.50% 2.26% และ 3.01% ตามลำดับ

ตารางที่ 4-18 แสดงค่าดัชนีหักเหของน้ำ ที่ได้จากชุดทดลองที่ใช้สลิตคู่เป็นตัวเลี้ยวเบนแสง พบว่า ที่ระยะห่างจากฉากถึงสลิตคู่เท่ากับ 50 cm 100 cm และ 150 cm ค่าดัชนีหักเหของน้ำมีค่าเท่ากับ 1.31 1.30 และ 1.30 ตามลำดับ และเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของดัชนีหักเหของน้ำมีค่า 1.50% 2.26% และ 2.26% ตามลำดับ

และตารางที่ 4-19 แสดงค่าดัชนีหักเหของน้ำ ที่ได้จากชุดทดลองที่ใช้เกรตติงเป็นตัวเลี้ยวเบนแสง พบว่า ที่ระยะห่างจากฉากถึงเกรตติง 6 cm 8 cm และ 10 cm ค่าดัชนีหักเหของน้ำมีค่าเท่ากับ 1.34 1.35 และ 1.29 ตามลำดับ และเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของดัชนีหักเหของน้ำมีค่า 0.75% 0.75% และ 2.26% ตามลำดับ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4-17 ค่าดัชนีหักเหของน้ำที่อุณหภูมิห้องเมื่อใช้สลิตเดี่ยวเป็นตัวเลี้ยวเบนแสง

D (cm)	$\lambda_{อากาศ}$(nm)	$\lambda_{น้ำ}$(nm)	$n_{น้ำ}$	%error
50	652	482	1.35	1.50
100	648	477	1.36	2.26
150	647	473	1.37	3.01

ตารางที่ 4-18 ค่าดัชนีหักเหของน้ำที่อุณหภูมิห้องเมื่อใช้สลิตคู่เป็นตัวเลี้ยวเบนแสง

D (cm)	$\lambda_{อากาศ}$(nm)	$\lambda_{น้ำ}$(nm)	$n_{น้ำ}$	%error
50	574	440	1.31	1.50
100	572	440	1.30	2.26
150	573	446	1.30	2.26

ตารางที่ 4-19 ค่าดัชนีหักเหของน้ำที่อุณหภูมิห้องเมื่อใช้เกรตติงเป็นตัวเลี้ยวเบนแสง

D (cm)	$\lambda_{อากาศ}$(nm)	$\lambda_{น้ำ}$(nm)	$n_{น้ำ}$	%error
6	652	485	1.34	0.75
8	655	486	1.32	0.75
10	654	507	1.30	2.26

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2. การวิเคราะห์แบบประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ

ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดทดลอง เรื่อง การหาค่าดัชนีหักเหของของเหลวด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสง โดยการวิเคราะห์ค่า IOC ซึ่งมีจำนวนผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 4-20 แสดงผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดทดลอง

รายการความคิดเห็น	ค่า IOC
1. ด้านประสิทธิภาพการทดลอง	0.84
2. ด้านการออกแบบชุดทดลอง	0.80
3. ด้านใบเนื้อหา ใบทดสอบและคู่มือครู	0.87
ผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดทดลองทั้ง 3 ด้าน	0.84

จากตารางที่ 4-20 แสดงให้เห็นว่าความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดทดลอง เรื่อง การหาค่าดัชนีหักเหของของเหลวด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสง ในด้านประสิทธิภาพการทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.84 ซึ่งมากกว่า 0.5 ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ดี ในด้านการออกแบบชุดทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.80 ซึ่งมากกว่า 0.5 ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ดี และในด้านใบเนื้อหา ใบทดสอบและคู่มือครูมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.87 ซึ่งมากกว่า 0.5 ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ดีเป็นไปตามสมมติฐาน

สรุปผลการวิเคราะห์แบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดทดลอง เรื่อง การหาค่าดัชนีหักเหของของเหลวด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสงทั้ง 3 ด้าน เท่ากับ 0.84 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 0.5

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3. การวิเคราะห์แบบประเมินของผู้เรียน

ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบประเมินความคิดเห็นของผู้เรียนที่มีต่อชุดทดลอง เรื่อง การหาค่าดัชนีหักเหของของเหลวด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสง โดยการวิเคราะห์ค่า IOC ซึ่งมีจำนวนผู้เรียน 3 ท่าน ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 4-21 แสดงผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้เรียนที่มีต่อชุดทดลอง

รายการความคิดเห็น	ค่า IOC
1. ด้านการออกแบบชุดทดลอง	1.00
2. ด้านใบเนื้อหาและใบทดสอบ	0.92
3. ด้านใบทดลอง	1.00
ผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้เรียนที่มีต่อชุดทดลองทั้ง 3 ด้าน	0.97

จากตารางที่ 4-21 แสดงให้เห็นว่าความคิดเห็นของผู้เรียนที่มีต่อชุดทดลอง เรื่อง การหาค่าดัชนีหักเหของของเหลวด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสง ในด้านการออกแบบชุดทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.0 ซึ่งมากกว่า 0.5 ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ดี ในด้านใบเนื้อหาและใบทดสอบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.92 ซึ่งมากกว่า 0.5 ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ดี และในด้านใบทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.0 ซึ่งมากกว่า 0.5 ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ดี

สรุปผลการวิเคราะห์แบบประเมินความคิดเห็นของผู้เรียนที่มีต่อชุดทดลอง เรื่อง การหาค่าดัชนีหักเหของของเหลวด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสงทั้ง 3 ด้าน เท่ากับ 0.97 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 0.5

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University