บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและสร้างชุดทดลองวัดค่าดัชนีหักเหของของเหลวด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสง โดยมีรายละเอียดและขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยดังนี้

กรอบแนวคิดของงานวิจัย

ผู้วิจัยแบ่งกิจกรรมการดำเนินงานของงานวิจัยนี้ออกเป็น 5 ส่วน คือ

1. การออกแบบและสร้างชุดทดลอง การหาค่าดัชนีหักเหของของเหลวด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสง เนื่องจากค่าดัชนีหักเหของของเหลวที่ต้องการหาในงานวิจัยนี้จะหาจากอัตราส่วนระหว่างความยาวคลื่นแสงในอากาศต่อความยาวคลื่นแสงในน้ำคูณกับค่าดัชนีหักเหของอากาศ ดังนั้นชุดทดลองที่สร้างขึ้นในงานวิจัยนี้จะเป็นชุดทดลองสำหรับวัดค่าความยาวคลื่นแสงในอากาศและในของเหลวที่ต้องการหาค่าดัชนีหักเห ส่วนนี้เป็นการออกแบบและสร้างชุดทดลองเพื่อนำไปใช้ในการหาค่าความยาวคลื่นของแสงในตัวกลางที่ 2 เพื่อหาค่าดัชนีหักเหของของเหลวโดยชุดทดลองที่สร้างขึ้นจะนำไปวัดค่าความยาวคลื่นแสงในอากาศเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการทำงานของชุดทดลองที่สร้างขึ้น

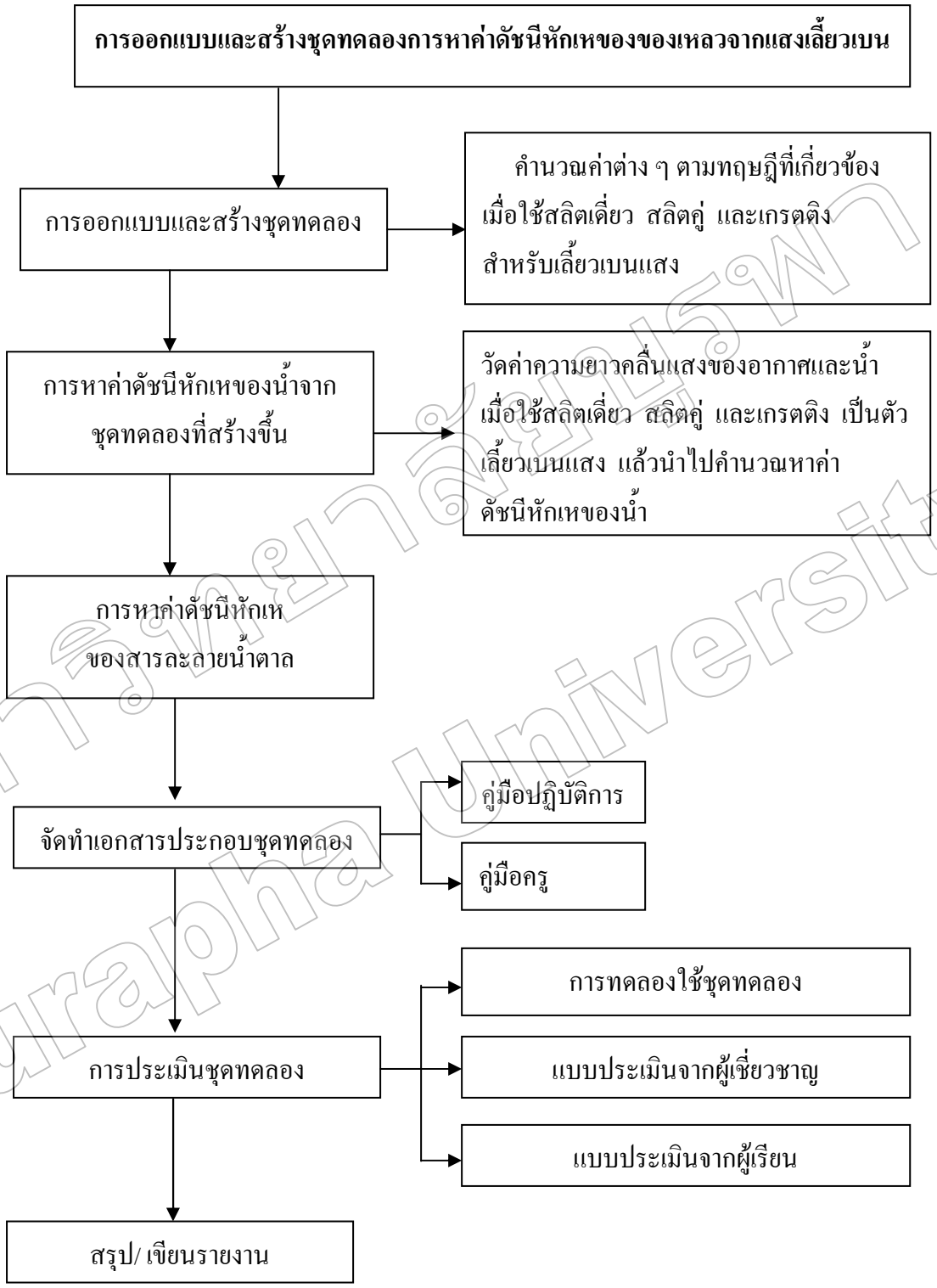
2. การหาค่าดัชนีหักเหของน้ำ ส่วนนี้เป็นการนำชุดทดลองที่สร้างขึ้นมาใช้ในการทดลองหาค่าดัชนีหักเหของน้ำ โดยใช้อุปกรณ์ที่ทำให้เกิดการเลี้ยวเบนแสง 3 ชนิด คือ สลิตเดี่ยว สลิตคู่ และเกรตติง เปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการทดลองของอุปกรณ์ทั้ง 3 ชนิด

3. การทดลองหาค่าดัชนีหักเหของสารละลายน้ำตาลที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ เพื่อหาความสัมพันธ์ของค่าดัชนีหักเหเมื่อความเข้มข้นของสารละลายเปลี่ยนไป ด้วยชุดทดลองที่ทำให้เกิดการเลี้ยวเบนแสงที่มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด

4. การจัดทำเอกสารประกอบชุดทดลอง ประกอบไปด้วยคู่มือปฏิบัติการและคู่มือครูเพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอนปฏิบัติการ เรื่องการหาค่าดัชนีหักเหของของเหลว

5. การประเมินชุดทดลองที่สร้างขึ้นในงานวิจัยนี้จะประเมินจากค่าดัชนีหักเหของน้ำที่นักเรียนวัดด้วยชุดทดลองที่สร้างขึ้น การวิเคราะห์ค่า IOC จากแบบประเมินของผู้เชี่ยวชาญ และการวิเคราะห์ค่า IOC จากแบบประเมินของนักเรียน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 3-1 กรอบแนวคิดของการวิจัย

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

การออกแบบและสร้างชุดทดลอง

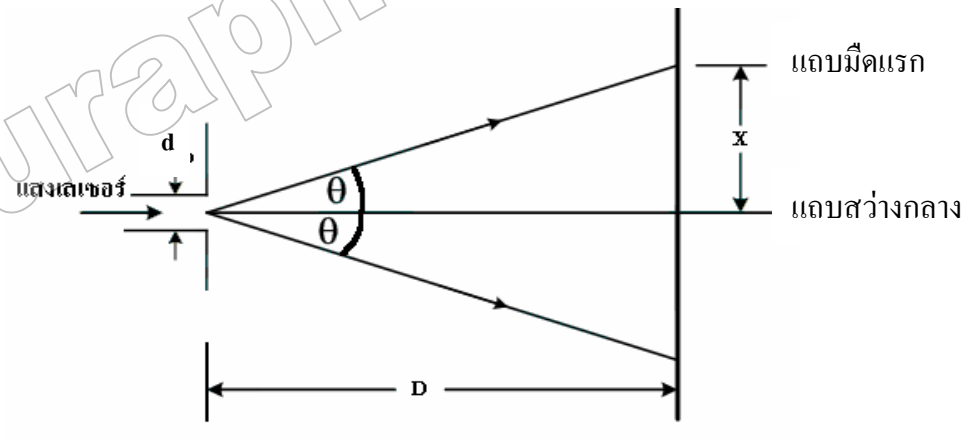
งานวิจัยนี้ได้ออกแบบและสร้างชุดทดลองวัดค่าดัชนีหักเหของของเหลวด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสงโดยใช้ตัวชี้เลเซอร์เป็นแหล่งกำเนิดแสง ใช้สลิตเดี่ยว สลิตคู่และเกรตติง เป็นอุปกรณ์เลี้ยวเบนแสงไปตกบนฉากที่วางอยู่ห่างออกไป แล้วเกิดการแทรกสอดเป็นริ้วการแทรกสอดในลักษณะต่าง ๆ จากนั้นจึงนำมาคำนวณหาค่าความยาวคลื่นของแสง เพื่อนำมาคำนวณหาค่าดัชนีหักเหของน้ำ ดังนั้นข้อมูลสำคัญสำหรับการออกแบบและสร้างชุดทดลอง คือขนาดความกว้างของฉาก ที่รองรับริ้วการแทรกสอดของแสงเลี้ยวเบนได้ ซึ่งสัมพันธ์กับระยะห่างจากตัวเลี้ยวเบนแสงถึงฉาก

การหาค่าความกว้างของริ้วการแทรกสอด (x) บนฉากที่อยู่ห่าง D เมื่อผ่านตัวกลางใด ๆ จากเทคนิคการเลี้ยวเบนแสงของอุปกรณ์ทั้ง 3 ชนิด สามารถหาได้ดังนี้

1. กรณีแสงเลี้ยวเบนผ่านสลิตเดี่ยว เมื่อฉายแสงเลเซอร์ผ่านสลิตเดี่ยวขนาด d แล้วเกิดริ้วการแทรกสอดบนฉากที่อยู่ห่าง D โดยระยะจากกลางแถบมืดถึงกลางแถบสว่างกึ่งกลางเท่ากับ x (ภาพที่ 3-2) สามารถหาค่าความยาวคลื่นแสงจากสมการ

$$x = \frac{m'\lambda D}{d} \qquad (3\text{-}1)$$

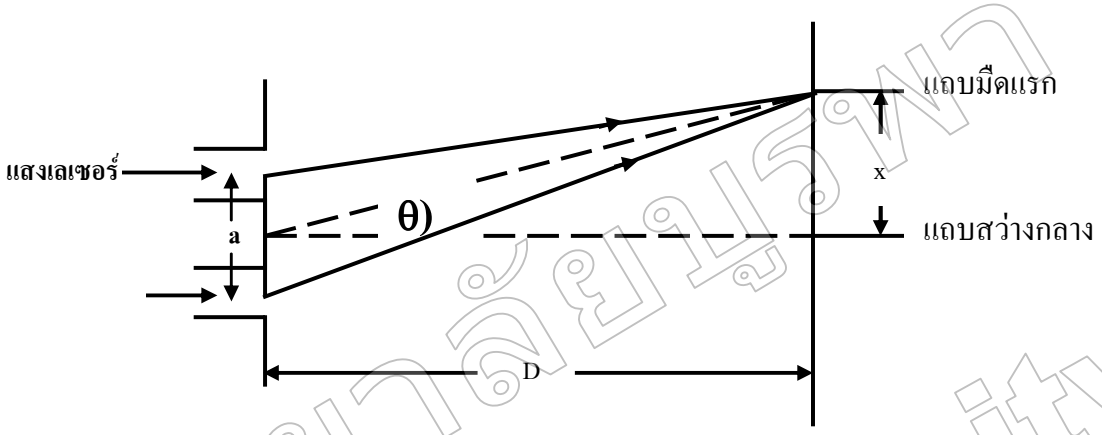
เมื่อ m' คือ ลำดับของแถบมืด (= +1, +2 , +3, .. .)



ภาพที่ 3-2 แนวทางเดินของแสงผ่านสลิตเดี่ยว

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2. กรณีแสงเลี้ยวเบนผ่านสลิตคู่ เมื่อฉายแสงเลเซอร์ผ่านสลิตคู่ที่มีระยะห่างระหว่างกึ่งกลางของสลิตคู่ขนาด a แล้วเกิดริ้วการแทรกสอดบนฉากที่อยู่ห่าง D โดยระยะจากกลางแถบมืดถึงกลางแถบสว่างกึ่งกลางเท่ากับ x (ภาพที่ 3-3) สามารถหาค่าความยาวคลื่นแสงจากสมการ

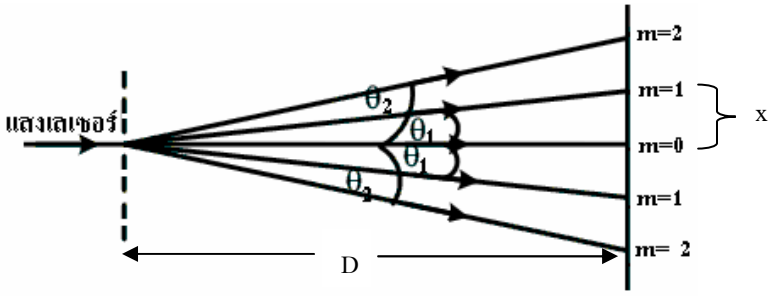


ภาพที่ 3-3 แนวทางเดินของแสงผ่านสลิตคู่

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

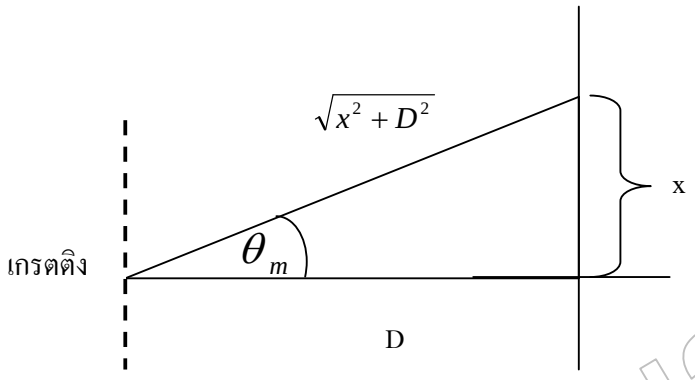
เมื่อ m คือ ลำดับของแถบมืด (= 0, +1, +2,...)

3. กรณีแสงเลี้ยวเบนผ่านเกรตติง ที่มีระยะห่างระหว่างช่องของเกรตติงขนาด a แล้วเกิดริ้วการแทรกสอดบนฉากที่อยู่ห่าง D โดยค่าเฉลี่ยระยะห่างแถบสว่างทางด้านขวาและด้านซ้ายของแถบสว่างกลางเท่ากับ x (ภาพที่ 3-4 และ 3-5) ความยาวคลื่นแสงหาได้จากสมการ



ภาพที่ 3-4 แนวทางเดินของแสงผ่านเกรตติง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 3-5 แนวทางเดินของแสงผ่านเกรตติงที่ใช้คำนวณทางทฤษฎี

$$d \sin\theta_m = m\lambda \tag{3-3}$$

$$\sin\theta_m = \frac{m\lambda}{d} \tag{3-4}$$

จะได้ $$\sin\theta_m = \frac{x}{\sqrt{x^2 + D^2}}$$

$$(\sin\theta_m)^2 (x^2 + D^2) = x^2$$

$$(\sin\theta_m)^2 x^2 + (\sin\theta_m)^2 D^2 = x^2$$

$$(\sin\theta_m)^2 D^2 = x^2 \left(1 - (\sin\theta_m)^2\right)$$

$$x^2 = \frac{(\sin\theta_m)^2 D^2}{\left(1 - (\sin\theta_m)^2\right)}$$

$$x = \frac{\sin\theta_m D}{\sqrt{1 - (\sin\theta_m)^2}}$$

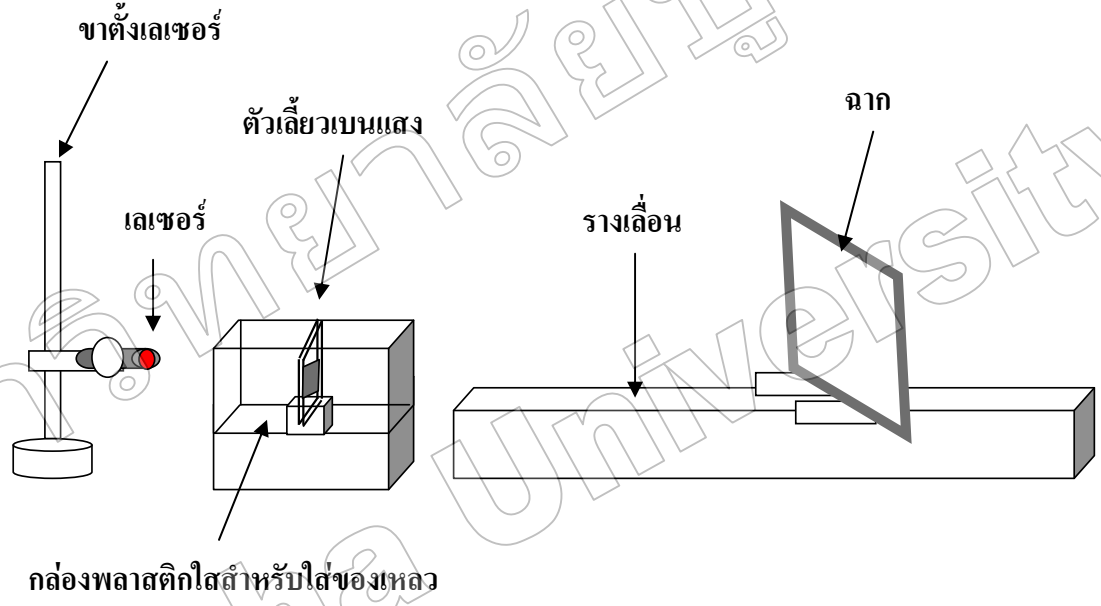
แทนค่า $\sin\theta_m$ จากสมการ (3-4) จะได้

$$x = \frac{\left(\frac{m\lambda}{a}\right) D}{\sqrt{1 - \left(\frac{m\lambda}{a}\right)^2}} \tag{3-5}$$

เมื่อ m คือ ลำดับของแถบมืด (= +1, +2, +3,...)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ชุดทดลองวัดค่าดัชนีหักเหของของเหลวด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสงที่สร้างขึ้นในงานวิจัยนี้ มีส่วนประกอบหลักดังนี้คือ (1) ตัวชี้เลเซอร์ (laser pointer) สำหรับใช้เป็นแหล่งกำเนิดแสงมีความยาวคลื่นเท่ากับ 650 nm (2) อุปกรณ์สำหรับให้แสงเลเซอร์ส่องผ่านแล้วเกิดเลี้ยวเบน 3 แบบ ได้แก่ สลิตเดี่ยว สลิตคู่และเกรตติง (3) กล่องพลาสติกใสสำหรับใส่ของเหลวที่ต้องการหาค่าดัชนีหักเห และ (4) รางและฉากสำหรับสังเกตริ้วการแทรกสอดจากการเลี้ยวเบนแสง ไดอะแกรมของชุดทดลองที่จะสร้างขึ้นในงานวิจัยนี้แสดงได้ดังรูปที่ 3-6



ภาพที่ 3-6 ไดอะแกรมของชุดทดลองที่จะสร้างขึ้นในงานวิจัยนี้

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

การหาค่าดัชนีหักเหของน้ำด้วยชุดทดลองที่สร้างขึ้น

ส่วนนี้เป็นการนำชุดทดลองที่สร้างขึ้นมาใช้ในการทดลองหาค่าดัชนีหักเหของน้ำ การทดลองแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน คือ

1. กรณีใช้สลิตเดี่ยวเป็นตัวเลี้ยวเบนแสง ทำการทดลองโดยฉายแสงเลเซอร์ผ่านสลิตเดี่ยวขนาดความกว้าง (d) 50 μm จะเกิดริ้วการแทรกสอดบนฉากที่อยู่ห่าง D วัดระยะจากกลางแถบมืดถึงกลางแถบสว่างกึ่งกลาง (x) นำมาคำนวณหาค่าความยาวคลื่นของแสงในอากาศ (λ_1 หรือ $\lambda_{อากาศ}$) และในน้ำ (λ_2 หรือ $\lambda_{น้ำ}$) แล้วคำนวณหาค่าดัชนีหักเหของน้ำ ทำการทดลองที่ระยะห่างจากฉากถึงสลิตเดี่ยว 3 ค่า ระยะห่างละ 5 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย โดยสามารถหาค่าความยาวคลื่นแสงกรณีใช้สลิตเดี่ยวเป็นตัวเลี้ยวเบนแสงได้จากสมการ (3-1) คือ

$$\lambda = \frac{dx}{m'D} \tag{3-6}$$

2. กรณีใช้สลิตคู่เป็นตัวเลี้ยวเบนแสง ทำการทดลองโดยฉายแสงเลเซอร์ผ่านสลิตคู่ที่มีระยะห่างระหว่างกึ่งกลางของสลิตคู่ขนาด (a) 50 μm จะเกิดริ้วการแทรกสอดบนฉากที่อยู่ห่าง D วัดระยะจากกลางแถบมืดถึงกลางแถบสว่างกึ่งกลาง (x) จากนั้นนำมาคำนวณหาค่าความยาวคลื่นของแสงในอากาศ (λ_1 หรือ $\lambda_{อากาศ}$) และในน้ำ (λ_2 หรือ $\lambda_{น้ำ}$) แล้วคำนวณหาค่าดัชนีหักเหของน้ำ ทำการทดลองที่ระยะห่างจากฉากถึงสลิตคู่ 3 ค่า ระยะห่างละ 5 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย โดยสามารถหาค่าความยาวคลื่นแสงกรณีใช้สลิตคู่เป็นตัวเลี้ยวเบนแสงได้จากสมการ (3-2) คือ

$$\lambda = \frac{ax}{\left(m + \frac{1}{2}\right)D} \tag{3-7}$$

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3. กรณีใช้เกรตติงเป็นตัวเลี้ยวเบนแสง ทำการทดลองโดยฉายแสงเลเซอร์ผ่านสลิตคู่ขนาด 25,000 เส้นต่อเซนติเมตร ที่มีระยะห่างระหว่างกึ่งกลางของสลิตคู่ขนาด (a) 50 μm จะเกิดริ้วการแทรกสอดบนฉากที่อยู่ห่าง D วัดระยะทางจากแถบสว่างกลางถึงแถบสว่างด้านซ้ายและด้านขวาแล้วหาค่าเฉลี่ยของระยะห่าง (x) จากนั้นนำมาคำนวณหาค่าความยาวคลื่นของแสงในอากาศ (λ_1 หรือ $\lambda_{อากาศ}$) และในน้ำ (λ_2 หรือ $\lambda_{น้ำ}$) แล้วคำนวณหาค่าดัชนีหักเหของน้ำ ทำการทดลองที่ระยะห่างจากฉากถึงเกรตติง 3 ค่า ระยะห่างละ 5 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย โดยสามารถหาค่าความยาวคลื่นแสงกรณีใช้เกรตติงเป็นตัวเลี้ยวเบนแสงได้จากสมการที่ (3-3) คือ

$$\lambda = \frac{a\sin\theta}{m} \tag{3-8}$$

โดยที่ $\sin\theta = \frac{x}{\sqrt{x^2 + D^2}}$

การทดลองหาค่าดัชนีหักเหของสารละลายน้ำตาล

ส่วนนี้เป็นการทดลองหาค่าดัชนีหักเหของสารละลายน้ำตาลที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ เพื่อหาความสัมพันธ์ของค่าดัชนีหักเหเมื่อความเข้มข้นของสารละลายเปลี่ยนไป โดยใช้อุปกรณ์ที่ทำให้เกิดการเลี้ยวเบนแสงที่มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด

สำหรับการทดลองวัดค่าดัชนีหักเหของสารละลายน้ำตาลจากชุดทดลองที่ใช้อุปกรณ์ที่ทำให้เกิดการเลี้ยวเบนแสงที่มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด ทำการทดลองโดยฉายแสงเลเซอร์ผ่านตัวเลี้ยวเบนแสง วัดระยะริ้วการแทรกสอดของการเลี้ยวเบนที่ปรากฏบนฉาก (x) จากนั้นนำมาคำนวณหาค่าความยาวคลื่นแสงของสารละลายน้ำตาล แล้วหาค่าดัชนีหักเหของสารละลายน้ำตาล ทำการทดลองที่ความเข้มข้น 5 ค่า ดังนี้ 10%, 20%, 30%, 40% และ 50% โดยน้ำหนัก ความเข้มข้นละ 5 ครั้งแล้วหาค่าเฉลี่ย

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

การจัดทำเอกสารประกอบชุดทดลอง

จัดทำเอกสารประกอบชุดทดลอง คือ คู่มือปฏิบัติการ และคู่มือครู ดังนี้

1. คู่มือปฏิบัติการ เป็นเอกสารที่ให้ผู้เรียนใช้ประกอบการทดลองเรื่องการหาค่าดัชนีหักเหของของเหลว ประกอบด้วยรายละเอียดดังนี้

1.1 ใบเนื้อหา

1.2 ใบทดลอง

1.3 หลักการและเหตุผล

1.4 วัตถุประสงค์

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.6 ทฤษฎี

1.7 ส่วนประกอบชุดทดลองและของเหลวที่ใช้ทดลอง

1.8 วิธีการทดลอง

1.9 ใบทดสอบ

2. คู่มือครู เป็นเอกสารที่ให้ครูใช้ประกอบการทดลองเรื่องการหาค่าดัชนีหักเหของของเหลว ประกอบด้วยรายละเอียดดังนี้

2.1 ข้อแนะนำการใช้คู่มือครู

2.2 ใบเนื้อหา

2.3 ใบทดลอง

2.3.1 หลักการและเหตุผล

2.3.2 วัตถุประสงค์

2.3.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

2.3.4 ทฤษฎี

2.3.5 ส่วนประกอบชุดทดลองและของเหลวที่ใช้ทดลอง

2.3.6 วิธีการทดลอง

2.3.7 ตารางบันทึกผลการทดลอง

2.3.8 สรุป

2.4 ใบทดสอบ

2.5 เฉลยใบทดสอบ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

การประเมินชุดทดลอง

การประเมินชุดทดลองที่สร้างขึ้นแบ่งเป็น 3 ขั้นตอนคือ

1. การทดลองใช้ชุดทดลอง ส่วนนี้เป็นการทดลองวัดค่าดัชนีหักเหของน้ำ โดยนักเรียนจะใช้ชุดทดลองที่สร้างขึ้นในงานวิจัยนี้ เมื่อใช้ตัวเลี้ยวเบนแสงต่างกัน 3 ชนิด คือ สลิตเดี่ยว สลิตคู่ และเกรตติง แล้วเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานเพื่อหาค่าเปอร์เซ็นต์ความเคลื่อนจากการทดลอง

2. การวิเคราะห์แบบประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ ส่วนนี้เป็นการหาประสิทธิภาพจากการประเมินจากแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดทดลองการหาค่าดัชนีหักเหของของเหลวจากแสงเลี้ยวเบน โดยการวิเคราะห์ค่า IOC 3 ด้าน คือ ด้านประสิทธิภาพการทดลอง ด้านการออกแบบชุดทดลองและด้านใบเนื้อหา ใบทดสอบ คู่มือปฏิบัติการกับคู่มือครู

3. การวิเคราะห์แบบประเมินจากผู้เรียน เป็นการหาประสิทธิภาพจากการประเมินจากแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียนที่มีต่อชุดทดลองการหาค่าดัชนีหักเหของของเหลวจากแสงเลี้ยวเบน โดยการวิเคราะห์ค่า IOC 3 ด้าน คือ ด้านการออกแบบชุดทดลอง ด้านใบเนื้อหาและใบทดสอบกับด้านใบทดลอง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University