

บทที่ 5

สรุปผลและอภิปรายผล

การวิจัยการออกแบบและสร้างชุดทดลอง เรื่อง การหาค่าดัชนีหักเหของของเหลวจากการเลี้ยวเบนแสง มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างชุดทดลองการหาค่าดัชนีหักเหของของเหลวจากการเลี้ยวเบนแสง และหาค่าดัชนีหักเหของของเหลวอากาศ น้ำ และสารละลายน้ำตาล โดยมีรายละเอียดการสรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะต่าง ๆ ดังนี้

สรุปผล

การออกแบบและสร้างชุดทดลองการหาค่าความยาวคลื่นแสง เพื่อนำไปคำนวณหาค่าดัชนีหักเหของตัวกลางที่ต้องการศึกษา คือ น้ำและสารละลายน้ำตาล ได้ผลการทดลองสรุปได้ดังนี้

1. การออกแบบและสร้างชุดทดลอง

1.1 ลักษณะของชุดทดลองที่สร้างขึ้น ชุดทดลองวัดค่าดัชนีหักเหของของเหลวด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสงที่สร้างขึ้นในงานวิจัยนี้ ประกอบด้วย (1) ตัวชี้เลเซอร์ (laser pointer) สำหรับใช้เป็นแหล่งกำเนิดแสง (2) อุปกรณ์สำหรับให้แสงเลเซอร์ ส่องผ่านแล้วเกิดเลี้ยวเบน 3 แบบ ได้แก่ ช่องแคบเดี่ยว ช่องแคบคู่และเกรตติง (3) กล่องพลาสติก สำหรับใส่ของเหลวที่ต้องการหาค่าดัชนีหักเห และ (4) รางและนากสำหรับสังเกตการแทรกสอดจากการเลี้ยวเบนแสงเลเซอร์ผ่านช่องแคบเดี่ยว ช่องแคบคู่และเกรตติง ทั้งนี้เนื่องจากระยะจากกลางแถบมืดถึงกลางแถบสว่างถึงกลาง (x) สำหรับกรณีที่ใช้ช่องแคบเดี่ยว ช่องแคบคู่และเกรตติงมีค่าต่างกันมากจึงต้องทำ 2 ชุด คือชุดทดลองที่ใช้สลิตเดี่ยวและสลิตคู่ และชุดทดลองที่ใช้เกรตติง

1.2 ผลการทดสอบเบื้องต้น เมื่อนำชุดทดลองที่สร้างขึ้นทั้ง 2 ชุด ไปหาค่าความยาวคลื่นแสงของแหล่งกำเนิดแสงที่ใช้ในการทดลองเพื่อทดสอบความถูกต้องของชุดทดลองที่สร้างขึ้นพบว่า ชุดทดลองที่ใช้สลิตเดี่ยวเป็นตัวเลี้ยวเบนแสง ให้ค่าความยาวคลื่นแสงในช่วง 633 nm - 660 nm โดยมีความคลาดเคลื่อนสูงสุดเท่ากับ 2.62% ส่วนชุดทดลองที่ใช้สลิตคู่เป็นตัวเลี้ยวเบนแสง ให้ค่าความยาวคลื่นแสงในช่วง 567 nm - 600 nm โดยมีความคลาดเคลื่อนสูงสุดเท่ากับ 12.77% และชุดทดลองที่ใช้เกรตติงเป็นตัวเลี้ยวเบนแสง ให้ค่าความยาวคลื่นแสงในช่วง 650 nm - 655 nm โดยมีความคลาดเคลื่อนสูงสุดเท่ากับ 0.77%

2. การทดลองวัดค่าดัชนีหักเหของน้ำ

2.1 การหาค่าดัชนีหักเหของน้ำ เมื่อใช้สลิตเดี่ยวเป็นตัวเลี้ยวเบนแสง จากทดลองพบว่าความยาวคลื่นแสงในอากาศเท่ากับ 650 nm 651 nm และ 647 nm ส่วนความยาวคลื่นแสงในน้ำเท่ากับ 483 nm 483 nm และ 473 nm และเมื่อนำความยาวคลื่นแสงในอากาศและนำมาคำนวณค่าดัชนีหักเหของน้ำพบว่ามีความคลาดเคลื่อนในช่วง 1.35-1.37 โดยมีความคลาดเคลื่อนสูงสุดเท่ากับ 3.01%

2.2 การหาค่าดัชนีหักเหของน้ำ เมื่อใช้สลิตคู่เป็นตัวเลี้ยวเบนแสง จากทดลองพบว่าความยาวคลื่นแสงในอากาศเท่ากับ 576 nm 576 nm และ 577 nm ส่วนความยาวคลื่นแสงในน้ำเท่ากับ 483 nm 483 nm และ 473 nm และเมื่อนำความยาวคลื่นแสงในอากาศและนำมาคำนวณค่าดัชนีหักเหของน้ำพบว่ามีความคลาดเคลื่อนในช่วง 1.29-1.35 โดยมีความคลาดเคลื่อนสูงสุดเท่ากับ 3.01%

2.3 การหาค่าดัชนีหักเหของน้ำ เมื่อใช้เกรตติงเป็นตัวเลี้ยวเบนแสง จากทดลองพบว่าความยาวคลื่นแสงในอากาศเท่ากับ 652 nm 653 nm และ 654 nm ส่วนความยาวคลื่นแสงในน้ำเท่ากับ 488 nm 501 nm และ 507 nm และเมื่อนำความยาวคลื่นแสงในอากาศและนำมาคำนวณค่าดัชนีหักเหของน้ำพบว่ามีความคลาดเคลื่อนในช่วง 1.30-1.34 โดยมีความคลาดเคลื่อนสูงสุดเท่ากับ 2.26%

ผลการทดลองจะพบว่า ชุดทดลองที่สร้างขึ้นในงานวิจัยนี้ทั้ง 3 ชุดให้ค่าดัชนีหักเหของน้ำได้ใกล้เคียงค่ามาตรฐาน ($n_{\text{น้ำ}} = 1.33$) มีความคลาดเคลื่อนสูงสุดของชุดทดลองที่ใช้สลิตเดี่ยว สลิตคู่ และเกรตติง เป็นตัวเลี้ยวเบนแสง คือ 3.01% 3.01% และ 2.26% ตามลำดับ โดยชุดทดลองที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด คือ ชุดทดลองที่ใช้เกรตติงเป็นตัวเลี้ยวเบนแสง

3. การทดลองวัดค่าดัชนีหักเหของสารละลายน้ำตาลที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ

นำชุดทดลองที่ใช้เกรตติงเป็นตัวเลี้ยวเบนแสง ไปทดลองหาค่าความยาวคลื่นแสงในสารละลายน้ำตาลที่มีความเข้มข้นในช่วง 10%-50% โดยน้ำหนัก แล้วคำนวณหาค่าดัชนีหักเหของสารละลายน้ำตาล พบว่าค่าดัชนีหักเหของสารละลายน้ำตาลจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของสารละลายเพิ่มขึ้น โดยค่าดัชนีหักเหของสารละลายน้ำตาลมีความคลาดเคลื่อนในช่วง 1.30-1.49 และค่าดัชนีหักเหและความเข้มข้นของสารละลายมีความสัมพันธ์กันแบบเชิงเส้น กล่าวคือ เมื่อความเข้มข้นของสารละลายมากขึ้นค่าดัชนีหักเหของสารละลายนั้น ๆ ก็จะเพิ่มขึ้นในอัตราส่วนคงที่

4. การประเมินชุดทดลอง ผลการประเมินชุดทดลองที่สร้างขึ้น มีดังนี้

4.1 การทดลองหาค่าดัชนีหักเหของน้ำที่นักเรียนวัดด้วยชุดทดลองที่สร้างขึ้น พบว่าชุดทดลองที่ใช้สลิตเดี่ยวเป็นตัวเลี้ยวเบนแสง มีค่าดัชนีหักเหของน้ำในช่วง 1.35 - 1.37 โดยมีความคลาดเคลื่อนสูงสุดเท่ากับ 3.01% ส่วนชุดทดลองที่ใช้สลิตคู่เป็นตัวเลี้ยวเบนแสง ให้ค่าดัชนีหักเหของน้ำในช่วง 1.30 - 1.31 โดยมีความคลาดเคลื่อนสูงสุดเท่ากับ 2.26% และชุดทดลองที่ใช้เกรตติงเป็นตัวเลี้ยวเบนแสง ให้ค่าดัชนีหักเหของน้ำในช่วง 1.29 - 1.35 โดยมีความคลาดเคลื่อนสูงสุดเท่ากับ 2.26%

4.2 การวิเคราะห์ค่า IOC จากแบบประเมินของผู้เชี่ยวชาญ

ผลการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดทดลอง 3 ท่าน มีระดับค่าเฉลี่ยรวมทั้ง 3 ด้าน เท่ากับ 0.84 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 0.5 ($IOC > 0.5$) ที่กำหนดไว้ สรุปได้ว่าผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นสอดคล้องกับชุดทดลองที่สร้างขึ้น

4.3 การวิเคราะห์ค่า IOC จากแบบประเมินของผู้เรียน

ผลการประเมินความคิดเห็นของผู้เรียนที่มีต่อชุดทดลอง 3 คน มีระดับค่าเฉลี่ยรวมทั้ง 3 ด้าน เท่ากับ 0.97 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 0.5 ($IOC > 0.5$) ที่กำหนดไว้ สรุปได้ว่าผู้เรียนมีความเห็นสอดคล้องกับชุดทดลองที่สร้างขึ้น

อภิปรายผล

1. การออกแบบและสร้างชุดทดลอง ลักษณะของชุดทดลองที่สร้างขึ้นในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย (1) ตัวซีเลเซอร์ สำหรับใช้เป็นแหล่งกำเนิดแสง (2) อุปกรณ์สำหรับให้แสงเลเซอร์ส่องผ่านแล้วเกิดเลี้ยวเบน 3 แบบ ได้แก่ สลิตเดี่ยว สลิตคู่และเกรตติง (3) กล่องพลาสติกใสสำหรับใส่ของเหลวที่ต้องการหาค่าดัชนีหักเห และ (4) รางและฉากสำหรับสังเกตแถบการแทรกสอดจากการเลี้ยวเบนแสงเลเซอร์ผ่านสลิตเดี่ยว สลิตคู่และเกรตติง ทั้งนี้เนื่องจากระยะจากกลางแถบมืดถึงกลางแถบสว่างกึ่งกลาง (x) สำหรับกรณีที่ใช้สลิตเดี่ยว สลิตคู่และเกรตติง มีค่าต่างกันมาก จึงต้องทำ 2 ชุด คือ ชุดทดลองที่ใช้สลิตเดี่ยวและสลิตคู่ และชุดทดลองที่ใช้เกรตติง ซึ่งได้ผลการทดสอบเบื้องต้นเมื่อนำชุดทดลองที่สร้างขึ้นทั้ง 2 ชุด ไปหาความยาวคลื่นแสงของแหล่งกำเนิดแสงที่ใช้ในการทดลองเพื่อทดสอบความถูกต้องของชุดทดลองที่สร้างขึ้น พบว่า ชุดทดลองที่มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดคือเกรตติง สลิตเดี่ยว และสลิตคู่ ตามลำดับซึ่งมีค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.77% 2.62% และ 12.77% ตามลำดับ ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีค่าความยาวคลื่นที่ใกล้เคียงกับค่าความยาวคลื่นของแหล่งกำเนิดที่ทราบค่า (แสงเลเซอร์มีความยาวคลื่นเท่ากับ 650 nm)

2. การวัดค่าดัชนีหักเหของน้ำด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสง ชุดทดลองวัดค่าดัชนีหักเหของน้ำด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสงที่สร้างขึ้นในงานวิจัยนี้ ประกอบด้วย แหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์ กล้องพลาสติกใสสำหรับใส่น้ำที่ต้องการหาค่าดัชนีหักเห พร้อมอุปกรณ์สำหรับเลี้ยวเบนแสงแล้วเกิดการแทรกสอดกันบนฉากที่วางอยู่ห่างออกไป 3 แบบ ได้แก่ ช่องแคบเดี่ยว ช่องแคบคู่ และเกรตติง ค่าดัชนีหักเหของน้ำที่วัดจากชุดทดลองที่สร้างขึ้นนี้มีค่าใกล้เคียงกันคือ 1.33-1.34 แต่ชุดทดลองที่ใช้เกรตติงในการเลี้ยวเบนแสงมีความสะดวกในการใช้งานมากที่สุด เนื่องจากการเลี้ยวเบนแสงผ่านเกรตติงไม่ต้องใช้ระยะจากเกรตติงถึงฉากไกลมากนัก อีกทั้งแถบการแทรกสอดจากเกรตติงมีความชัดเจนกว่าแถบการแทรกสอดจากสลิตเดี่ยวหรือสลิตคู่ ซึ่งความเข้มของแถบการแทรกสอดจะลดลง เมื่อระยะห่างของสลิตเดี่ยวหรือสลิตคู่ถึงฉากเพิ่มขึ้น

3. การวัดค่าดัชนีหักเหของสารละลายน้ำตาลด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสง ชุดทดลองวัดค่าดัชนีหักเหของสารละลายน้ำตาลด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสงนี้จะใช้ชุดทดลองที่มีเกรตติงเป็นตัวเลี้ยวเบนแสง เนื่องจากเป็นชุดทดลองที่มีขนาดเล็กสะดวกในการทดลองและให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนในการทดลองน้อยที่สุด ซึ่งประกอบด้วยตัวชี้เลเซอร์พร้อมขาตั้งสำหรับเป็นแหล่งกำเนิดแสง เกรตติงสำหรับให้แสงเลเซอร์ส่องผ่านแล้วเลี้ยวเบนไปแทรกสอดเกิดเป็นแถบมืด-แถบสว่าง (ริ้วการแทรกสอด) กล้องพลาสติกใสสำหรับบรรจุของเหลวที่ต้องการหาค่าดัชนีหักเห และรางพร้อมฉากรับแสงที่เลี้ยวเบนจากเกรตติงมาแทรกสอดกันเป็นแถบมืด-แถบสว่าง ทั้งนี้เมื่อนำชุดทดลองที่จัดขึ้นนี้มาวัดค่าดัชนีหักเหของน้ำที่อุณหภูมิห้องพบว่ามีค่าในช่วง 1.30-1.34 ใกล้เคียงกับค่าดัชนีหักเหมาตรฐานของน้ำซึ่งเท่ากับ 1.33 (ปฐมพงษ์ ชุ่มมงคล, 2549) แสดงให้เห็นว่าชุดทดลองนี้ใช้วัดค่าดัชนีหักเหของของเหลวได้ ข้อดีของชุดทดลองที่จัดขึ้นในงานวิจัยนี้นอกจากจะให้แถบการแทรกสอดที่คมชัดทำให้ไม่จำเป็นต้องใช้ห้องมืดในการทดลองแล้ว

ชุดทดลองนี้ยังมีขนาดเล็กกระทัดรัดเหมาะสำหรับใช้สาธิตหรือประกอบการเรียนการสอนในห้องปฏิบัติการฟิสิกส์อย่างไรก็ดีค่าดัชนีหักเหที่วัดได้จากชุดทดลองนี้อาจมีความคลาดเคลื่อนบ้างเนื่องจากการวัดระยะ x ซึ่งส่งผลต่อการคำนวณค่าต่าง ๆ เมื่อนำชุดทดลองนี้ไปวัดค่าดัชนีหักเหของสารละลายน้ำตาลพบว่าค่าดัชนีหักเหและความเข้มข้นของสารละลายมีความสัมพันธ์กันแบบเชิงเส้น กล่าวคือ เมื่อความเข้มข้นของสารละลายมากขึ้นค่าดัชนีหักเหของสารละลายนั้น ๆ ก็จะเพิ่มขึ้นในอัตราส่วนคงที่

4. การประเมินชุดทดลอง จากผลการวิจัยปรากฏว่าชุดทดลองการหาค่าดัชนีหักเหของของเหลวด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสงที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดทดลอง เรื่อง การหาค่าดัชนีหักเหของของเหลวจากการเลี้ยวเบนแสงในด้านประสิทธิภาพมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.84 ซึ่งมากกว่า 0.5 ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ดี ในด้านการออกแบบชุดทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.80 ซึ่งมากกว่า 0.5 ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ดี และในด้านใบเนื้อหา ใบทดสอบและคู่มือครูมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.87 ซึ่งมากกว่า 0.5 ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ดี

และความคิดเห็นของผู้เรียนที่มีต่อชุดทดลอง เรื่อง การหาค่าดัชนีหักเหของของเหลวจากการเลี้ยวเบนแสงในด้านการออกแบบชุดทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.0 ซึ่งมากกว่า 0.5 ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ดี ในด้านใบเนื้อหาและใบทดสอบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.92 ซึ่งมากกว่า 0.5 ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ดี และในด้านใบทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.0 ซึ่งมากกว่า 0.5 ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ดี

สรุปผลการวิเคราะห์แบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญและผู้เรียนที่มีต่อชุดทดลองเรื่องการหาค่าดัชนีหักเหของของเหลวจากแสงการเลี้ยวเบนทั้ง 3 ด้าน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.84 และ 0.97 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 0.5 หมายความว่า ชุดทดลองดังกล่าวสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงกล่าวได้ว่าที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสามารถนำมาใช้สอนนักเรียนได้และมีประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์ดี

ข้อเสนอแนะ

1. การนำอุปกรณ์การทดลองคือ สลิตเดี่ยว สลิตคู่ และเกรตติง วางในกล่องแก้ว ระวังอย่าให้อุปกรณ์โดนมือเพราะจะทำให้มีรอย และขนาดของช่องอาจเปลี่ยนได้
2. ขณะหาความกว้างของแถบการแทรกสอดให้แสงเลเซอร์ผ่าน ไม่ควรใช้แสงไฟจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ เพราะจะทำให้ตาแสบและยากขึ้น ควรจัดห้องมืดไว้เตรียมการทดลอง
3. การวัดแถบสว่างควรทำหลาย ๆ ครั้งเนื่องจากอาจมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้น