

บทที่ 4

ผลการวิจัย

จากผลการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้แบ่งผลการวิจัยเป็น 3 ส่วนดังนี้

1. ผลการออกแบบและสร้างชุดทดลอง
2. ผลการทดสอบชุดทดลอง
3. ผลการทดลองหาค่าดัชนีหักเหของของเหลว
4. ผลการประเมินการใช้ชุดทดลอง และคู่มือการใช้ชุดทดลองและปฏิบัติการ

ผลการออกแบบและสร้างชุดทดลอง

ชุดทดลองวัดค่าดัชนีหักเหของของเหลวด้วยเทคนิคการหักเหแสง ที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ อาศัยหลักการหักเหแสงตามกฎของสเนลล์ (Snell's law) ที่กล่าวว่าเมื่อแสงเคลื่อนที่จากตัวกลางที่ 1 (ซึ่งมีค่าดัชนีหักเหเท่ากับ n_1) ไปตกกระทบรอยต่อของตัวกลางทำมุมตกกระทบ (θ_1) กับเส้นปกติฉาก ผ่านไปในตัวกลางที่ 2 (ซึ่งมีค่าดัชนีหักเหเท่ากับ n_2) แล้วแสงมีการเปลี่ยนแนวทางการเดินทางในตัวกลางที่ 2 เมื่อเทียบกับแนวทางการเดินทางในตัวกลางที่ 1 ทำมุมหักเห (θ_2) กับเส้นปกติฉาก ความสัมพันธ์ของมุมตกกระทบ (θ_1) กับมุมหักเห (θ_2) และค่าดัชนีหักเหในตัวกลางทั้งสอง เป็นไปตามสมการ $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$ ซึ่งนำมาเป็นแนวคิดพื้นฐานในการจัดชุดทดลอง

เนื่องจากค่าดัชนีหักเหของของเหลวแต่ละชนิดมีค่าไม่เท่ากัน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องศึกษาค่าต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องและมีผลต่อค่าดัชนีหักเห เพื่อเป็นข้อมูลในการสร้างชุดทดลองให้ได้ขนาดที่เหมาะสมกับการทดลอง นำข้อมูลที่ได้มาสร้างชุดทดลอง แล้วสุดท้ายจึงนำชุดทดลองที่สร้างเสร็จแล้วมาทดลองเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

ลักษณะของชุดทดลองที่ออกแบบและสร้างขึ้น

จากร่างต้นแบบชุดทดลองผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างชุดทดลอง โดยได้ชุดทดลอง ดังภาพที่ 4-1 ประกอบด้วย แหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์ กล้องกระจกใสสำหรับใส่ของเหลว ที่ต้องการหาค่าดัชนีหักเหของของเหลว กระจกเงาส่องแสงสำหรับทำให้เกิดการหักเหของแสง และฉากสำหรับระบุตำแหน่งการหักเหของแสง และวัดค่าดัชนีหักเหจากระยะห่างของกล้อง กระจกใสกับฉาก ความสูงของแสงหักเหบนฉากและมุมระหว่างกระจกเงากับแนวแสง เพื่อนำผลจากการทดลองที่ได้ไปหาค่าดัชนีหักเหของของเหลวโดยอาศัยกฎของสเนลล์และการหักเหของแสงผ่านตัวกลางต่างชนิด ตามความสัมพันธ์จากสมการ (4-1)

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\sin \left(\tan^{-1} \frac{L}{H-t} \right)}{\sin (90 - 2 \alpha)} \quad (4-1)$$

โดยที่	n_1	คือ ค่าดัชนีหักเหของของเหลว
	n_2	คือ ค่าดัชนีหักเหของอากาศ
	α	คือ มุมระหว่างกระจกกับแสงเลเซอร์
	t	คือ ความสูงของของเหลว (m)
	H	คือ ความสูงของเลเซอร์ที่กระทบฉาก (m)
	L	คือ ระยะจากจุดที่แสงหักเหที่ผิวของเหลวถึงฉาก (m)

ชุดทดลองที่สร้างขึ้น มีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน ดังนี้

1. ส่วนของตัวชุดทดลอง

- 1.1 โครงไม้เป็นฐานสำหรับวางกล่องกระจกใส ขนาด 20 x 80 x 30 cm
- 1.2 ฉากรับแสง ขนาด 20 x 100 cm ดังภาพที่ 4-2

2. ส่วนของกล่องกระจกสำหรับใส่ของเหลว

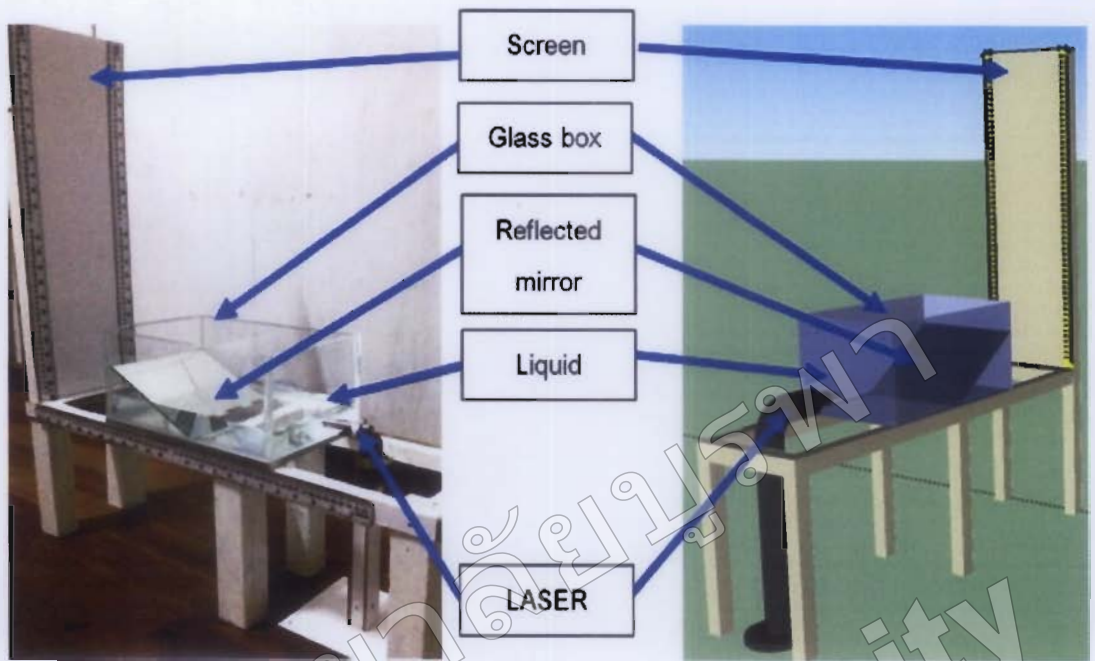
- 2.1 กระจกชนิดใสพิเศษ (Low Iron Glass) ขนาด 15 x 30 cmหนา 6 mm
- 2.2 กระจกชนิดใสพิเศษ (Low Iron Glass) ขนาด 15 x 18.8 cmหนา 6 mm
- 2.3 กระจกชนิดใสพิเศษ (Low Iron Glass) ขนาด 18.8 x 28.8 cmหนา 6 mm
- 2.4 กระจกเงาราบ ขนาด 18x 20cm หนา 3 mm

3. ส่วนของวัสดุ-อุปกรณ์ ที่ใช้ร่วมกับชุดทดลอง

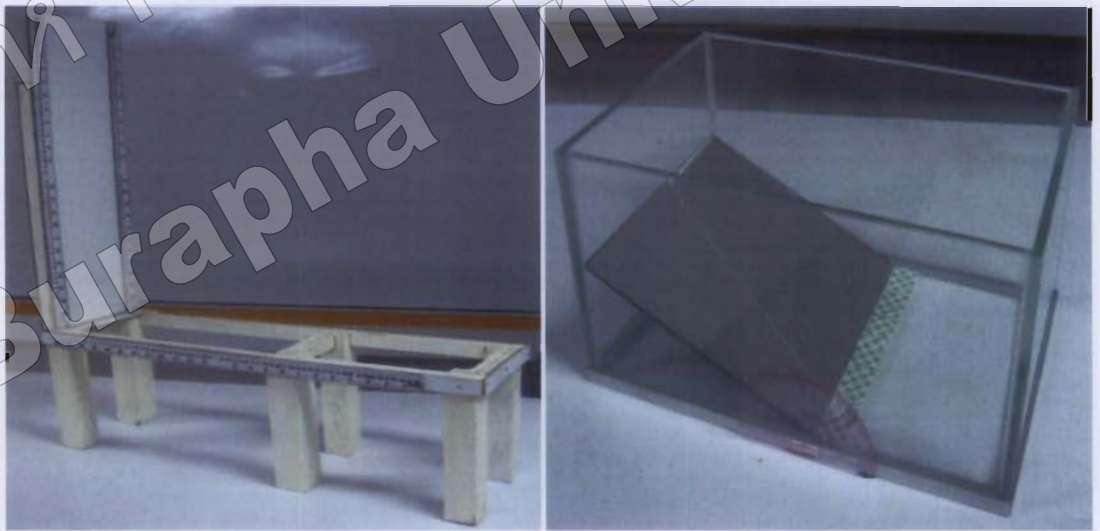
- 3.1 แหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์ ($\lambda = 650 \pm 10$ nm) พร้อมชุดจับและขาตั้ง
- 3.2 ของเหลวที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ น้ำ กลีเซอริน และเอทิลแอลกอฮอล์
- 3.3 ชุดเครื่องมือวัด ได้แก่ ไม้วัดแบบวัดมุม ไม้วัดแบบวัดความยาว

และเครื่องคิดเลขแบบวิทยาศาสตร์

- 3.4 เครื่องคอมพิวเตอร์ประสิทธิภาพสูงใช้ในการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ผล



ภาพที่ 4-1 ส่วนประกอบและลักษณะของชุดทดลองที่สร้าง



ภาพที่ 4-2 ชุดสำหรับวางกล่องกระจกใส และฉากรับแสง

ผลการทดสอบชุดทดลอง

การทดสอบชุดทดลองหาค่าดัชนีหักเหของของเหลวด้วยการหักเหแสงนี้ เป็นการทดสอบชุดทดลองเบื้องต้น โดยของเหลวที่ใช้ทดสอบ คือน้ำ จากตารางที่ 4-1 แสดงผลการทดสอบชุดทดลอง โดยเปลี่ยนระดับความสูง (t) ของน้ำ วัดระยะจากจุดที่แสงหักเหที่ผิวของของเหลวถึงฉาก (L) วัดความสูงของแสงเลเซอร์ที่ตกกระทบฉาก (H) แล้วนำค่าที่วัดได้มาคำนวณหาค่าดัชนีหักเหของของเหลว พบว่า ที่ระดับความสูงของน้ำเป็น 6 cm, 7 cm, 8 cm, 9 cm และ 10 cm มีค่าดัชนีหักเห 1.32, 1.31, 1.31, 1.31 และ 1.30 ตามลำดับ และเมื่อนำค่าดัชนีหักเหของของเหลวจากการทดสอบมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน พบว่ามีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.75%, 1.50%, 1.50%, 1.50% และ 2.26% ตามลำดับ

ตารางที่ 4-1 ผลการทดสอบชุดทดลอง

ของเหลว	(t) ความสูง (cm)	ค่าดัชนีหักเห	ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (%)
น้ำ	6.0	1.32	0.75
	7.0	1.31	1.50
	8.0	1.31	1.50
	9.0	1.31	1.50
	10.0	1.30	2.26

ผลการทดลองหาค่าดัชนีหักเหของของเหลว

ผลการทดลองจากชุดทดลองนี้ เป็นการทดลองหาค่าดัชนีหักเหของของเหลวด้วยการหักเหแสง ด้วยชุดการทดลองที่ออกแบบและสร้างขึ้น โดยนำของเหลวที่ทราบค่าดัชนีหักเหมาทดลองโดยใช้ชุดทดลองที่ออกแบบและสร้างขึ้น ของเหลวที่ใช้มี 3 ชนิด คือ น้ำ กลีเซอริน และเอทิลแอลกอฮอล์ ในที่นี้ใช้เลเซอร์ที่มีความยาวคลื่น 650 ± 10 nm เป็นแหล่งกำเนิดแสง วัดความสูงของของเหลวในกล่องกระจกใส (t) วัดระยะจากจุดที่แสงหักเหที่ผิวของของเหลวถึงฉาก (L) วัดความสูงของแสงเลเซอร์ที่ตกกระทบฉาก (H) แล้วนำค่าที่วัดได้มาคำนวณหาค่าดัชนีหักเหของของเหลว ซึ่งมีผลการทดลอง ดังนี้

ตารางที่ 4-2 แสดงผลการทดลองจากชุดทดลอง ของเหลวที่ใช้ทดลอง คือ น้ำ กลีเซอริน และเอทิลแอลกอฮอล์ โดยกำหนดระดับความสูง (t) ของของเหลวทั้งสามชนิดเป็น 6 cm (จากการทดสอบชุดทดลอง ของน้ำที่ระดับความสูง 6 cm มีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด) วัดระยะจากจุดที่แสงหักเหที่ผิวของของเหลวถึงฉาก (L) วัดความสูงของแสงเลเซอร์ที่ตกกระทบฉาก (H) แล้วนำค่าที่วัดได้มาคำนวณหาค่าดัชนีหักเหของของเหลว พบว่า น้ำ กลีเซอริน และ เอทิลแอลกอฮอล์ มีค่าดัชนีหักเหเท่ากับ 1.32, 1.49 และ 1.27 ตามลำดับ และเมื่อนำค่าดัชนีหักเหของของเหลวทั้งสามชนิดที่ได้จากการทดลองมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน พบว่ามีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.75%, 1.36% และ 6.62% ตามลำดับ

ตารางที่ 4-2 ผลการทดลองหาค่าดัชนีหักเหของของเหลว

ของเหลว	ค่าดัชนีหักเห	ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน
น้ำ	1.32	0.75
กลีเซอริน	1.49	1.36
เอทิลแอลกอฮอล์	1.27	6.62

ผลการประเมินการใช้ชุดทดลอง และคู่มือการใช้ชุดทดลองและปฏิบัติการ

ผู้วิจัยได้ออกแบบ สร้าง และทดสอบชุดทดลอง ประกอบคู่มือการใช้ชุดทดลองและปฏิบัติการเพื่อหาค่าดัชนีหักเหของของเหลวด้วยการหักเหแสง เนื้อหาในการประเมินชุดทดลองมีดังต่อไปนี้ คือ

1. เปรียบเทียบค่าที่ได้จากการทดลองกับค่ามาตรฐาน

จากผลการทดลองนำค่าดัชนีหักเหของของเหลว ของน้ำ กลีเซอริน และเอทิลแอลกอฮอล์เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่นำมาอ้างอิง (วัชร รัตตัมฤทธิ์, 2553) ซึ่งน้ำมีค่าดัชนีหักเหเท่ากับ 1.32 กลีเซอรินมีค่าดัชนีหักเหเท่ากับ 1.47 และเอทิลแอลกอฮอล์มีค่าดัชนีหักเหเท่ากับ 1.36 จากผลการทดลองพบว่า น้ำ กลีเซอริน และเอทิลแอลกอฮอล์มีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.75%, 1.36% และ 6.62% ตามลำดับ

2. ผลการวิเคราะห์ของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดทดลอง คู่มือการใช้ชุดทดลองและปฏิบัติการ และแบบประเมินทักษะในการทดลองของนักเรียน

ผู้วิจัยนำชุดทดลอง คู่มือการใช้ชุดทดลองและปฏิบัติการ และแบบประเมินทักษะในการทดลองของนักเรียน ให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการเรียนการสอน ด้านเนื้อหา และด้านวัดผลและประเมินผล จำนวน 5 คน (ภาคผนวก ก) ตรวจสอบ ประเมินและวิเคราะห์ค่า IOC ดังแสดงต่อไปนี้

ตารางที่ 4-3 การวิเคราะห์ค่า IOC ของผู้เชี่ยวชาญต่อชุดทดลอง และคู่มือการใช้ชุดทดลอง และปฏิบัติการ

ผู้เชี่ยวชาญคนที่	ค่า IOC	สรุปผล
1	0.87	ยอมรับ
2	0.87	ยอมรับ
3	1.00	ยอมรับ
4	1.00	ยอมรับ
5	1.00	ยอมรับ
รวมเฉลี่ย	0.95	ยอมรับ

จากตารางที่ 4-3 การตรวจสอบ และประเมินชุดทดลองและคู่มือการใช้ชุดทดลอง และปฏิบัติการจากผู้เชี่ยวชาญ ได้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) โดยรวมเฉลี่ย 0.95 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ที่ 0.5 จึงสรุปได้ว่าชุดทดลองและคู่มือการใช้ชุดทดลองและปฏิบัติการนี้ มีคุณสมบัติที่เหมาะสม เมื่อปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญแล้ว สามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้

ตารางที่ 4-4 การวิเคราะห์ค่า IOC ของผู้เชี่ยวชาญต่อแบบประเมินทักษะในการทดลองของนักเรียน

ผู้เชี่ยวชาญคนที่	ค่า IOC	สรุปผล
1	0.77	ยอมรับ
2	0.85	ยอมรับ
3	0.77	ยอมรับ
4	0.92	ยอมรับ
5	0.92	ยอมรับ
รวมเฉลี่ย	0.85	ยอมรับ

จากตารางที่ 4-4 การตรวจสอบ และประเมินทักษะในการทดลองของนักเรียนในการหาค่าดัชนีหักเหของของเหลวจากผู้เชี่ยวชาญ ได้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) โดยรวมเฉลี่ย 0.85 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ที่ 0.5 จึงสรุปได้ว่าแบบประเมินทักษะในการทดลองของนักเรียนนี้มีคุณสมบัติที่เหมาะสม เมื่อปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญแล้ว สามารถนำไปใช้กับนักเรียนได้

3. ผลการวิเคราะห์การใช้ชุดทดลองและคู่มือการทดลองและปฏิบัติการของนักเรียน

ผู้วิจัยได้นำชุดทดลองและคู่มือการใช้ชุดทดลองและปฏิบัติการ มาหาประสิทธิภาพจากการใช้ชุดทดลองจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบุรีรัมย์พิทยาคม อำเภอเมือง จังหวัดบุรีรัมย์ ที่เรียนในรายวิชาฟิสิกส์ 2 (ว 30202) ปีการศึกษา 2555 ที่มีความสนใจในการเข้าร่วมการวิจัย จำนวน 39 คน ดำเนินการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์แบบประเมินทักษะในการทดลองของนักเรียนระหว่างการทดลอง และแบบประเมินกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียน ดังแสดงต่อไปนี้

ตารางที่ 4-5 การประเมินทักษะในการทดลองของนักเรียน

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.
1. การวางแผนและการออกแบบการทดลอง	17.69	1.36
2. การดำเนินการทดลอง	7.97	0.93
3. ผลการทดลองและสรุปผล	7.92	0.93
รวม	33.59	2.30
ระดับคุณภาพ	ดีมาก	

จากตารางที่ 4-5 เมื่อประเมินทักษะในการทดลองของนักเรียน ด้วยวิธีสังเกต พบว่า โดยรวมนักเรียนแต่ละคนมีทักษะในการทดลอง ในระดับดีมาก ($\bar{X} = 33.59$ S.D.= 2.30) เมื่อพิจารณาแต่ละด้าน เรียงจากมากไปหาน้อย ดังนี้ ด้านการวางแผนและการออกแบบการทดลอง ($\bar{X} = 17.69$ S.D.= 1.36) ด้านการดำเนินการทดลอง ($\bar{X} = 7.97$ S.D.= 0.93) และด้านผลการทดลองและสรุปผล ($\bar{X} = 7.92$ S.D.= 2.30)

ตารางที่ 4-6 การประเมินกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียน

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.
1. มีความกระตือรือร้นในการแสวงหาความรู้	1.74	0.44
2. ชักถามเพื่อหาเหตุผลและคำตอบ	1.64	0.49
3. สนใจศึกษาเรียนรู้เพิ่มเติม	1.69	0.47
4. มีความพยายามและทำงานเสร็จตามกำหนด	1.59	0.50
5. ช่วยเหลือการศึกษาเรียนรู้ของเพื่อน	1.82	0.39
รวม	8.49	0.68
ระดับคุณภาพ	ดี	

จากตารางที่ 4-6 เมื่อประเมินกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียน ด้วยวิธีสังเกต พบว่า โดยรวมกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนในการทดลอง ในระดับดี ($\bar{X} = 8.49$ S.D.= 0.68) เมื่อพิจารณาแต่ละด้าน เรียงจากมากไปหาน้อย ดังนี้ ด้านช่วยเหลือการศึกษาเรียนรู้ของเพื่อน ($\bar{X} = 1.82$ S.D.= 0.39) ด้านมีความกระตือรือร้นในการแสวงหาความรู้ ($\bar{X} = 1.74$ S.D.= 0.44) ด้านสนใจศึกษาเรียนรู้เพิ่มเติม ($\bar{X} = 1.69$ S.D.= 0.47) ด้านชักถามเพื่อหาเหตุผลและคำตอบ ($\bar{X} = 1.64$ S.D.= 0.49) และด้านมีความพยายามและทำงานเสร็จตามกำหนด ($\bar{X} = 1.59$ S.D.= 0.50)