

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตัวอย่างการคำนวณผลการทดลองจากชุดทดลอง

ตัวอย่างการคำนวณผลการทดลองจากชุดทดลอง

ตารางที่ ก-1 การคำนวณผลการทดลองจากชุดการทดลอง

ค่าที่วัดได้	ของเหลว
	น้ำ
α	30°
$t(\text{cm})$	6
$L(\text{cm})$	23.5
$H(\text{cm})$	32.7
$H - t(\text{cm})$	26.7
$\frac{L}{H - t}$	0.880
$\tan^{-1} \frac{L}{H - t}$	0.722
$\sin\left(\tan^{-1} \frac{L}{H - t}\right)$	0.661
$\sin(90 - 2\alpha)$	0.5
n	1.32
%Error	0.75%

การคำนวณหาค่าดัชนีหักเหของของเหลว

จากผลการทดลอง สามารถคำนวณหาดัชนีหักเหของของเหลวของน้ำ ได้ดังนี้

วิธีทำ

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

แทนค่าผลการทดลอง
$$\frac{n_1}{1} = \frac{\sin \left(\tan^{-1} \frac{23.5}{26.7} \right)}{\sin (90 - 2 (30))}$$

ดังนั้น
$$n_1 = \frac{\sin 0.722}{\sin 30^\circ}$$

หรือ
$$n_1 = \frac{0.661}{0.5} = 1.32$$

หาค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนจากการทดลองกับค่ามาตรฐาน
ค่า n น้ำ เท่ากับ 1.33

จากสมการ
$$\%Error = \left| \frac{X_t - X_m}{X_t} \right| \times 100\%$$

แทนค่า
$$\%Error = \left| \frac{1.32 - 1.33}{1.33} \right| \times 100\%$$

ดังนั้น
$$\%Error = 0.75\% \quad \text{ตอบ}$$

ภาคผนวก ข

- แบบแสดงความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อนวัตกรรม ชุดทดลองเพื่อหาค่าดัชนีหักเหของของเหลวด้วยการหักเหแสงและคู่มือการใช้งานชุดทดลอง
- แบบการประเมินทักษะในการทดลอง ในการหาค่าดัชนีหักเหของของเหลวของนักเรียน โดยผู้เชี่ยวชาญ
- แบบประเมินทักษะในการทดลอง
- แบบประเมินกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียน

**แบบแสดงความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิที่มีก่อนวัตรกรรม
ชุดทดลองเพื่อหาค่าดัชนีหักเหของเหลวด้วยการหักเหแสงและคู่มือการใช้งานชุดทดลอง**

แบบสอบถามดังกล่าวเป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์ เรื่อง การออกแบบและสร้างชุดทดลอง
เพื่อหาค่าดัชนีหักเหของเหลวด้วยการหักเหแสง (DESIGN AND FABRICATION OF THE
REFRACTIVE INDEX OF LIQUID BY REFRACTION OF LIGHT)

คำชี้แจง ขอให้ท่านได้กรุณาแสดงความคิดเห็นต่อชุดทดลองเพื่อหาค่าดัชนีหักเหของเหลวด้วยการหักเหแสงและคู่มือการใช้งานชุดทดลอง โดยเครื่องหมาย (✓) ลงในช่องความคิดเห็นของท่าน พร้อมเขียนข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการนำไปพิจารณาปรับปรุงต่อไป

รายการขอความคิดเห็น	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
	เหมาะสม 1	ไม่แน่ใจ 0	ไม่เหมาะสม -1	
1. ความสอดคล้องเหมาะสมกับหลักสูตร				
2. ความสอดคล้องเหมาะสมกับธรรมชาติวิชา				
3. ความสอดคล้องเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน				
4. ความสอดคล้องเหมาะสมกับสภาพปัจจุบันและปัญหา				
5. ความเหมาะสมต่อการพัฒนาผู้เรียน				
6. ความเหมาะสมของปก				
7. ความเหมาะสมของคำชี้แจง				
8. ความเหมาะสมของภาพ				
9. ความเหมาะสมของเนื้อหา				
10. ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร				
11. ความเหมาะสมของการใช้ภาษา				
12. ความเหมาะสมกับความสนใจของผู้เรียน				
13. ความเหมาะสมของลำดับกิจกรรมการทดลอง				
14. ความเหมาะสมของรายงานการทดลอง				
15. ความเหมาะสมของรูปเล่ม				

ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

.....

.....

.....

.....

.....

ขอแสดงความขอบคุณอย่างยิ่ง

ลงชื่อ.....

(.....)

ตำแหน่ง.....

(นางสาวศิวพงศ์ ทมานนท์)

ครู โรงเรียนบุรีรัมย์พิทยาคม

ผู้ทรงคุณวุฒิ

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

แบบการประเมินแบบประเมินทักษะในการทดลอง
ในการหาค่าดัชนีหักเหของของเหลวของนักเรียนโดยผู้เชี่ยวชาญ

แบบสอบถามดังกล่าวเป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์ เรื่อง การออกแบบและสร้างชุดทดลอง
 เพื่อหาค่าดัชนีหักเหของของเหลวด้วยการหักเหแสง (DESIGN AND FABRICATION OF THE
 REFRACTIVE INDEX OF LIQUID BY REFRACTION OF LIGHT)

คำชี้แจง ขอให้ท่านได้กรุณาแสดงความคิดเห็นต่อชุดทดลองเพื่อหาค่าดัชนีหักเหของของเหลวด้วยการหักเหแสงและคู่มือการใช้งานชุดทดลอง โดยเครื่องหมาย (✓) ลงในช่องความคิดเห็นของท่าน พร้อมเขียนข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการนำไปพิจารณาปรับปรุงต่อไป

รายการขอความคิดเห็น	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
	เหมาะสม 1	ไม่แก้ไข 0	ไม่เหมาะสม -1	
1.การวางแผนและการออกแบบการทดลอง				
1.1 ชื่อเรื่อง				
1.2 ปัญหา				
1.3 การตั้งสมมติฐาน				
1.4 ตัวแปรต้น				
1.5 ตัวแปรตาม				
1.6 ตัวแปรควบคุม				
1.7 วิธีการทดลอง				
2. การดำเนินการทดลอง				
2.1 การทดลอง				
2.2 วิธีใช้อุปกรณ์				
2.3 การเก็บรักษาอุปกรณ์				
3. ผลการทดลองและสรุปผล				
3.1 การจัดกระทำข้อมูล				
3.2 ความถูกต้องของข้อมูล				
3.3 การแปลความหมายและสรุป				

ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

.....

.....

.....

.....

ขอแสดงความขอบคุณอย่างยิ่ง

ลงชื่อ.....

(.....)

ตำแหน่ง.....

(นางสาวศิวพงศ์ ทมามนต์)

ผู้ทรงคุณวุฒิ

ครู โรงเรียนบุรีรัมย์พิทยาคม

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

แบบประเมินทักษะในการทดลอง

(เพื่อหาประสิทธิภาพในการทำทดลอง)

ชื่อผู้ประเมิน นางสาวศิวห่อง ทยานนท์
 วิทยานิพนธ์ เรื่อง การออกแบบและสร้างชุดทดลองเพื่อหาค่าดัชนีหักเหของของเหลว
 ด้วยการหักเหแสง (DESIGN AND FABRICATION OF THE REFRACTIVE INDEX OF LIQUID BY REFRACTION OF LIGHT)

คำชี้แจง ให้คะแนนลงในช่องคะแนนให้ตรงกับความเป็นจริงมากที่สุด โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน
 ดังรายละเอียดในหน้า 2

เลข ที่	ชื่อ - สกุล	การวางแผนและการออกแบบ การทดลอง (20)						การดำเนินการ ทดลอง (10)		ผลการทดลอง และสรุปผล (10)				รวม	ระดับคุณภาพ
		การตั้งสมมติฐาน	ตัวแปรต้น	ตัวแปรตาม	ตัวแปรควบคุม	วิธีการทดลอง	วิธีการวัด	แบบบันทึกผลการทดลอง	การทดลอง	วิธีใช้อุปกรณ์	การเก็บรักษาอุปกรณ์	การจัดการข้อมูลที่เจอ	ความถูกต้องของข้อมูล	การแปลความหมายและสรุป	
		2	1	1	1	8	4	3	3	4	3	3	2	5	40
1															
2															
3															
4															
5															

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ	ความหมาย
31 – 40	3	ทักษะในการทดลองอยู่ในระดับดีมาก
21 – 30	2	ทักษะในการทดลองอยู่ในระดับดี
11 – 22	1	ทักษะในการทดลองอยู่ในระดับปานกลาง
0 – 10	0	ทักษะในการทดลองอยู่ในระดับน้อย

เกณฑ์การให้คะแนน

การวางแผนและการออกแบบการทดลอง

ชื่อเรื่อง

- | | | | |
|--------------------------|-----|---|-------|
| - สอดคล้องกับปัญหา | ให้ | 1 | คะแนน |
| ไม่สอดคล้องกับปัญหา | ให้ | 0 | คะแนน |
| - ชื่อเรื่องมีความชัดเจน | ให้ | 1 | คะแนน |
| ไม่ชัดเจน | ให้ | 0 | คะแนน |

ปัญหา

- | | | | |
|--------------------------|-----|---|-------|
| - สอดคล้องกับชื่อเรื่อง | ให้ | 1 | คะแนน |
| ไม่สอดคล้องกับชื่อเรื่อง | ให้ | 0 | คะแนน |
| - ครอบคลุมเรื่อง | ให้ | 1 | คะแนน |
| ไม่ครอบคลุมเรื่อง | ให้ | 0 | คะแนน |

การตั้งสมมติฐาน

- | | | | |
|-----------------------------------|-----|---|-------|
| - ตั้งสมมติฐานได้สอดคล้องกับปัญหา | ให้ | 1 | คะแนน |
| ถ้าไม่สอดคล้องกับปัญหา | ให้ | 0 | คะแนน |
| - ตั้งสมมติฐานได้อย่างมีเหตุผล | ให้ | 1 | คะแนน |
| ถ้าสมมติฐานไม่มีเหตุผล | ให้ | 0 | คะแนน |

ตัวแปรต่าง ๆ ทั้ง 3 ตัวแปร

- | | | | |
|--|------------------|---|-------|
| - มีตัวแปรต่าง ๆ และถูกต้อง | ให้คะแนนตัวแปรละ | 1 | คะแนน |
| - มีตัวแปรต่าง ๆ แต่ไม่ถูกต้อง หรือไม่มีตัวแปร | ให้ | 0 | คะแนน |

วิธีการทดลอง

- | | | | |
|---|-----|---|-------|
| - ระบุอุปกรณ์การทดลองครบถ้วน | ให้ | 1 | คะแนน |
| ระบุอุปกรณ์การทดลองไม่ครบถ้วน | ให้ | 0 | คะแนน |
| - ระบุอุปกรณ์การทดลองเหมาะสม | ให้ | 1 | คะแนน |
| ระบุอุปกรณ์การทดลองไม่เหมาะสม | ให้ | 0 | คะแนน |
| - มีวิธีการทดลองเหมาะสม | ให้ | 2 | คะแนน |
| - วิธีการทดลองซ้ำขั้นตอนหรือสลับซับซ้อน | ให้ | 1 | คะแนน |
| - มีวิธีการทดลองไม่เหมาะสม | ให้ | 0 | คะแนน |

การดำเนินการทดลอง

การทดลอง

- | | | | |
|---|-----|---|-------|
| - ดำเนินการทดลองสอดคล้องกับแผนการทดลอง | ให้ | 1 | คะแนน |
| - ดำเนินการทดลองไม่สอดคล้องกับแผนการทดลอง | ให้ | 0 | คะแนน |

วิธีการใช้อุปกรณ์

- | | | | |
|--|-----|---|-------|
| - การดำเนินการทดลองมีวิธีการใช้อุปกรณ์ถูกต้อง | ให้ | 1 | คะแนน |
| - การดำเนินการทดลองมีวิธีการใช้อุปกรณ์ไม่ถูกต้อง | ให้ | 0 | คะแนน |

การเก็บรักษาอุปกรณ์

- | | | | |
|--|-----|---|-------|
| - เก็บรักษาอุปกรณ์การทดลองมีความสะอาด | ให้ | 1 | คะแนน |
| - เก็บรักษาอุปกรณ์การทดลองไม่มีความสะอาด | ให้ | 0 | คะแนน |
| - เก็บรักษาอุปกรณ์การทดลองเป็นระเบียบ | ให้ | 1 | คะแนน |
| - เก็บรักษาอุปกรณ์การทดลองไม่เป็นระเบียบ | ให้ | 0 | คะแนน |
| - เก็บรักษาอุปกรณ์การทดลองไม่ชำรุด | ให้ | 1 | คะแนน |
| - เก็บรักษาอุปกรณ์การทดลองชำรุด | ให้ | 0 | คะแนน |

ผลการทดลองและสรุปผล

การจัดกระทำข้อมูล

- | | | | |
|--------------------------------|-----|---|-------|
| - นำเสนอข้อมูลเข้าใจง่าย | ให้ | 1 | คะแนน |
| - นำเสนอข้อมูลได้เหมาะสม | ให้ | 1 | คะแนน |
| - นำเสนอข้อมูลเป็นลำดับขั้นตอน | ให้ | 1 | คะแนน |
- (ถ้าไม่มีให้ 0 คะแนน ในแต่ละระดับ)

ความถูกต้องของข้อมูล

- | | | | |
|---------------------------------------|-----|---|-------|
| - ข้อมูลที่นำเสนอมีความถูกต้อง | ให้ | 2 | คะแนน |
| - ข้อมูลที่นำเสนอมีความเป็นไปได้อื่นๆ | ให้ | 1 | คะแนน |
| - ข้อมูลที่นำเสนอไม่ถูกต้อง | ให้ | 0 | คะแนน |

การแปลความหมายข้อมูลและสรุปผลการทดลอง

- | | | | |
|--|-----|---|-------|
| - แปลความหมายข้อมูลได้ถูกต้อง | ให้ | 1 | คะแนน |
| - แปลความหมายข้อมูลไม่ถูกต้อง | ให้ | 0 | คะแนน |
| - สรุปผลข้อมูลการทดลองได้สอดคล้องกับจุดประสงค์การทดลอง | ให้ | 1 | คะแนน |
| - สรุปผลข้อมูลการทดลองไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์การทดลอง | ให้ | 0 | คะแนน |

แบบประเมินกระบวนการเรียนรู้

วิทยานิพนธ์ เรื่อง การออกแบบและสร้างชุดทดลองเพื่อหาค่าดัชนีหักเหของของเหลวด้วยการหักเหแสง

(DESIGN AND FABRICATION OF THE REFRACTIVE INDEX OF LIQUID BY
REFRACTION OF LIGHT)

ชื่อผู้ประเมิน นางสาวฉวีพ้อง ทมามนต์

ประเมินนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบุรีรัมย์พิทยาคม อำเภอเมือง จังหวัดบุรีรัมย์

ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2555

เกณฑ์การให้คะแนน ให้แต่ละองค์ประกอบให้คะแนนดังนี้

- | | | |
|---|---------|---------|
| 2 | หมายถึง | ดี |
| 1 | หมายถึง | ปานกลาง |
| 0 | หมายถึง | น้อย |

เกณฑ์การตัดสิน คะแนนรวมตั้งแต่ 5 คะแนน ขึ้นไป ถือว่า ผ่านเกณฑ์

ที่	ชื่อ - สกุล	รายการประเมิน					สรุป	
		มีความกระตือรือร้นในการแสวงหาความรู้	ปฏิบัติตามข้อหาคู่มือและคำตอบ	สนใจศึกษาเรียนรู้เพิ่มเติม	มีความพยายามและทำงานเสร็จตามกำหนด	ช่วยเหลือการศึกษาร่วมเรียนรู้ของเพื่อน	รวม จำนวน รายการ ที่ผ่าน เกณฑ์ ขั้นต่ำ	ผ่าน ไม่ผ่าน
		2	2	2	2	2		
1								
2								
3								
4								
5								

ภาคผนวก ค

- รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ
- แบบรายงานผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา
- แบบสรุปผลค่าความเชื่อมั่นที่มีต่อนวัตกรรมชุดทดลอง เพื่อหาค่าดัชนีหักเหของของเหลวและคู่มือการใช้งานชุดทดลอง
- แบบสรุปผลค่าความเชื่อมั่นที่มีต่อแบบประเมินทักษะในการทดลองในการหาค่าดัชนีหักเหของของเหลวของนักเรียน

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

1. นางสาวปรางค์ มงคลล้ำ ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนบุรีรัมย์พิทยาคม อำเภอเมือง
จังหวัดบุรีรัมย์
ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาและการสอนฟิสิกส์
2. นางประนอม วิริยะ ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนบุรีรัมย์พิทยาคม อำเภอเมือง
จังหวัดบุรีรัมย์
ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาและการสอนฟิสิกส์
3. นายวงศ์ โสภา ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนบุรีรัมย์พิทยาคม อำเภอเมือง
จังหวัดบุรีรัมย์
ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาและการสอนฟิสิกส์
4. นางสาวพิมพ์พรณ ปรุ่งโพธิ์ ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนบุรีรัมย์พิทยาคม อำเภอเมือง
จังหวัดบุรีรัมย์
ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดผลและประเมินผลการศึกษา
5. นางเยาวลักษณ์ จันทนสถิต ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนบุรีรัมย์พิทยาคม อำเภอเมือง
จังหวัดบุรีรัมย์
ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์

ที่ สบ 04263.28/ว17



โรงเรียนบุรีรัมย์พิทยาคม
ถ.เมือง จ.บุรีรัมย์ 31000

10 กันยายน 2555

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ตรวจสอบผลงานทางวิชาการ

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนบุรีรัมย์พิทยาคม

- สิ่งที่ส่งมาด้วย 1. แบบแสดงความคิดเห็นต่อชุดทดลองและข้อสอบ จำนวน 1 ชุด
2. แบบแสดงความคิดเห็นต่อแบบสอบถาม จำนวน 1 ชุด
3. คู่มือการใช้ชุดทดลองและแบบฝึกหัด จำนวน 1 ชุด

ด้วย นางสาวศิวพร ทมายนต์ สอนหนังสือ ครู โรงเรียนบุรีรัมย์พิทยาคม สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่
การศึกษามัธยมศึกษา เขต 32 ได้จัดทำผลงานทางวิชาการเป็นเอกสารประกอบการสอน กลุ่มสาระการเรียนรู้
วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์ ระดับปริญญาโท
เพื่อให้การจัดทำผลงานทางวิชาการเป็นไปด้วยความเรียบร้อยและบรรลุวัตถุประสงค์ โรงเรียน
บุรีรัมย์พิทยาคม จึงขอเรียนแจ้งให้ทราบว่า นางสาวศิวพร ทมายนต์ สอนหนังสือ ครู วิทยฐานะชำนาญการพิเศษ เป็นผู้
มีความรู้ ความสามารถและมีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงได้ขอความอนุเคราะห์ท่าน เป็นผู้เชี่ยวชาญ
ตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการจัดทำผลงานทางวิชาการนี้จาก นางสาวศิวพร ทมายนต์ ในครั้งนี้
ตามเอกสารที่ส่งมาพร้อมนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและพิจารณา ขอขอบคุณอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(นางสมศักดิ์ แลัม โศกสูง)

ผู้อำนวยการโรงเรียนบุรีรัมย์พิทยาคม

ผู้ขอรับทราบไป

โทร. 044-612888

ที่ ศบ 04262.28/717



โรงเรียนบุรีรัมย์พิทยาคม
ถ.เมือง จ.บุรีรัมย์ 31000

10 กันยายน 2553

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ตรวจสอบผลงานทางวิชาการ

เรียน ผู้อำนวยการ โรงเรียนบุรีรัมย์พิทยาคม

- สิ่งที่ส่งมาด้วย 1. แบบแสดงความคิดเห็นต่อชุดทดลองและคู่มือ จำนวน 1 ชุด
2. แบบแสดงความคิดเห็นต่อแบบสอบถาม จำนวน 1 ชุด
3. คู่มือการใช้ชุดทดลองเครื่องฟอกอากาศ จำนวน 1 ชุด

ด้วย นางสาวพิศมัย ทนทานต์ ตำแหน่ง ครู โรงเรียนบุรีรัมย์พิทยาคม สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา ชลบุรี ได้จัดทำผลงานทางวิชาการเป็นเอกสารประกอบการสอน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เพื่อประกอบการนำวิทยานิพนธ์ ระดับปริญญาโท

เพื่อให้การวิจัยทางผลงานทางวิชาการเป็นไปด้วยความเรียบร้อยและบรรลุวัตถุประสงค์ โรงเรียนบุรีรัมย์พิทยาคม ได้พิจารณาแล้วเห็นว่า นางประนอม วิริยะ ตำแหน่งครู วิทยฐานะชำนาญการพิเศษ เป็นผู้มีความรู้ ความสามารถและมีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างสูง จึงได้ขอความอนุเคราะห์ท่าน เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการจัดทำผลงานทางวิชาการในแก่นางสาวพิศมัย ทนทานต์ ในครั้งนี้

ตามเอกสารที่ส่งมาพร้อมนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและพิจารณาขอขอบคุณอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(นายสมศักดิ์ น่วมโคกสูง)

ผู้อำนวยการโรงเรียนบุรีรัมย์พิทยาคม

ฝ่ายบริหารทั่วไป

โทร. 044-612888

ที่ ศท 04262.28/3717



โรงเรียนบุรีรัมย์พิทยาคม
อ.เมือง จ.บุรีรัมย์ 31000

10 กันยายน 2555

เรื่อง ขอลาออกนอกระยะที่ตรวจสอบผลงานทางวิชาการ

เรียน ผู้อำนวยการ โรงเรียนบุรีรัมย์พิทยาคม

- สิ่งที่ส่งมาด้วย 1. แบบแสดงความคิดเห็นต่อชุดทดลองและคู่มือ จำนวน 1 ชุด
2. แบบแสดงความคิดเห็นต่อแบบสอบถาม จำนวน 1 ชุด
3. คู่มือการใช้ชุดทดลองและอุปกรณ์ จำนวน 1 ชุด

ด้วย นางสาวศิวดอง ทุมานนท์ สัมภาษณ์ ครู โรงเรียนบุรีรัมย์พิทยาคม สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา ชลบุรี 32 ได้สมัครขอเป็นวิทยากรเป็นเอกสารประกอบการสอน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์ ระดับปริญญาโท

เพื่อให้การจัดทำผลงานทางวิชาการเป็นไปด้วยความเรียบร้อยและบรรลุวัตถุประสงค์ โรงเรียนบุรีรัมย์พิทยาคม จึงขอแจ้งให้ทราบว่า นายวรงค์ ไชลา ตำแหน่งครู วิทยฐานะชำนาญการพิเศษ เป็นผู้มีความรู้ ความสามารถและมีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี ได้แจ้งขอลาออกนอกระยะที่สาม เป็นผู้ตรวจสอบผลงานหรือมีหน้าที่ใช้ในการจัดทำผลงานทางวิชาการให้แก่ นางสาวศิวดอง ทุมานนท์ ในครั้งนี้ ตามเอกสารที่ส่งมาพร้อมนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและพิจารณาขอขอบคุณอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(นายสมศักดิ์ แด้มโลกสุข)

ผู้อำนวยการ โรงเรียนบุรีรัมย์พิทยาคม

ฝ่ายบริหารทั่วไป

โทร. 044-612888



ที่ ศธ 04262.28/ว717

โรงเรียนบุรีรัมย์พิทยาคม

อ.เมือง จ.บุรีรัมย์ 31000

10 กันยายน 2555

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ตรวจสอบผลงานทางวิชาการ

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนบุรีรัมย์พิทยาคม

- สิ่งที่ส่งมาด้วย 1. แบบแสดงความคิดเห็นต่อชุดทดสอบและคู่มือ จำนวน 1 ชุด
 2. แบบแสดงความคิดเห็นต่อแบบสอบถาม จำนวน 1 ชุด
 3. คู่มือการใช้ชุดทดสอบแบบใหม่ฉบับปรับปรุง จำนวน 1 ชุด

ด้วย นางสาวศิวะต่อง ทนนานนท์ ตำแหน่ง ครู โรงเรียนบุรีรัมย์พิทยาคม สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาบุรีรัมย์ศึกษา เขต 32 ได้จัดทำผลงานทางวิชาการเป็นเอกสารประกอบการสอน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 9 เพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์ ระดับปริญญาโท เพื่อให้การปฏิบัติงานทางวิชาการเป็นไปด้วยความเรียบร้อยและบรรลุวัตถุประสงค์ โรงเรียนบุรีรัมย์พิทยาคม พิจารณาแล้วเห็นว่า นางสาวศิวะต่อง ทนนานนท์ ครู โรงเรียนบุรีรัมย์พิทยาคม มีความรู้ ความสามารถและมีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเรื่องนี้อย่างจริงจังเพื่อนำผลการตรวจสอบไปใช้ในการจัดทำผลงานทางวิชาการให้ท่าน นางสาวศิวะต่อง ทนนานนท์ ในครั้งนี้ ตามเอกสารที่ส่งมาพร้อมนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและพิจารณาขอขอบคุณอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(นายสมศักดิ์ แด้มโลกสูง)

ผู้อำนวยการโรงเรียนบุรีรัมย์พิทยาคม

ฝ่ายบริหารทั่วไป

โทร. 044-612888



ที่ ศธ 04262.28/ว717

โรงเรียนบุรีรัมย์พิทยาคม

อ.เมือง จ.บุรีรัมย์ 31000

10 กันยายน 2555

เรื่อง ขอลงความอนุเคราะห์ตรวจสอบผลงานทางวิชาการ

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนบุรีรัมย์พิทยาคม

- สิ่งที่ส่งมาด้วย 1. แบบแสดงความคิดเห็นต่อชุดทดสอบและคู่มือ จำนวน 1 ชุด
 2. แบบแสดงความคิดเห็นต่อแบบสอบถาม จำนวน 1 ชุด
 3. คู่มือการใช้ชุดทดสอบและคู่มือผู้ศึกษา จำนวน 1 ชุด

ด้วย นางสาวฉวีพ้อง ทนนานนท์ สังกัดโรงเรียนบุรีรัมย์พิทยาคม สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาบุรีรัมย์ เขต 32 ได้จัดทำผลงานทางวิชาการเป็นเอกสารประกอบการสอน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์ ระดับปริญญาโท เพื่อให้ได้วิทยานิพนธ์ทางวิชาการเป็นไปด้วความเรียบร้อยและบรรลุวัตถุประสงค์ โรงเรียนบุรีรัมย์พิทยาคม พิจารณาแล้วเห็นว่า นางสาวฉวีพ้อง ฉันทนสถิตย์ ตำแหน่งครู วิทยฐานะชำนาญการพิเศษ เป็นผู้มีความรู้ ความสามารถและมีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงได้ขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้ช่วยตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการจัดทำผลงานทางวิชาการให้แก่ นางสาวฉวีพ้อง ทนนานนท์ ในครั้งนี้ ตามเอกสารที่ส่งมาพร้อมนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและพิจารณาขอขอบคุณอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(นายสมศักดิ์ น่วมโคกสูง)

ผู้อำนวยการโรงเรียนบุรีรัมย์พิทยาคม

ฝ่ายบริหารทั่วไป

โทร. 044-612885



แบบรายงานผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

๑. ชื่อวิทยานิพนธ์

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ (ภาษาไทย)

การออกแบบและสร้างชุดทดลองเพื่อหาค่าดัชนีหักเหของเหลว
ด้วยการหักเหแสง

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ (ภาษาอังกฤษ)

Design and fabrication of the refractive index of liquid
by refraction of light

๒. ชื่อนิสิต (นาย,นาง,นางสาว):

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

นางสาวฉวีม่อน หนามนั้ รหัสประจำตัว ๕๓๕๖๐๘๕๒
สาขาวิชาฟิสิกส์ศึกษา ภาควิชาฟิสิกส์

๓. หน่วยงานที่สังกัด: คณะวิทยาศาสตร์

๔. ผลการพิจารณาของคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยบูรพา:

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
ได้พิจารณารายละเอียดวิทยานิพนธ์ เรื่องการกล่าวข้างต้นแล้ว ในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับ

- ๑) การขอพรในศักดิ์ศรี และสิทธิของมนุษย์ที่ใช้เป็นตัวอย่างการวิจัย
- ๒) วิธีการที่เหมาะสมในการได้รับความยินยอมจากกลุ่มตัวอย่างก่อนเข้าร่วม
โครงการวิจัย (informed consent) รวมทั้งการปกป้องสิทธิประโยชน์และ
รักษาความลับของกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย
- ๓) การดำเนินการวิจัยอย่างเหมาะสม เพื่อไม่ก่อความเสียหายต่อสิ่งมีชีวิต
ไม่ว่าจะเป็นสิ่งที่มีชีวิต หรือไม่มีชีวิต

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
มีมติเห็นชอบ ดังนี้

- ☒ รับรองโครงการวิจัย
☐ ไม่รับรอง

๕. วันที่ให้การรับรองวันที่ ๑๕ มิถุนายน พ.ศ. ๒๕๕๕

ลงนาม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เอกวิรุ ศรีสุข)

ประธานคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

ตารางที่ ค-1 แบบสรุปผลค่าความเชื่อมั่นที่มีต่อแนวคิดที่มีหักเหของเหลวด้วยการหักเหแสง และคู่มือการใช้งานชุดทดลอง

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	สรุปผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5	$\sum R$	
1. ความสอดคล้องเหมาะสมกับหลักสูตร	+1	+1	+1	+1	+1	5	ยอมรับ
2. ความสอดคล้องเหมาะสมกับธรรมชาติวิชา	+1	+1	+1	+1	+1	5	ยอมรับ
3. ความสอดคล้องเหมาะสมกับวัยผู้เรียน	+1	0	+1	+1	+1	4	ยอมรับ
4. ความสอดคล้องเหมาะสมกับสภาพปัจจุบัน และปัญหา	+1	+1	+1	+1	+1	5	ยอมรับ
5. ความเหมาะสมต่อกระบวนการพัฒนาผู้เรียน	+1	+1	+1	+1	+1	5	ยอมรับ
6. ความเหมาะสมของปก	+1	+1	+1	+1	+1	5	ยอมรับ
7. ความเหมาะสมของคำชี้แจง	+1	+1	+1	+1	+1	5	ยอมรับ
8. ความเหมาะสมของภาพ	+1	0	+1	+1	+1	4	ยอมรับ

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	สรุปผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5	$\sum R$	
9. ความเหมาะสมของเนื้อหา	+1	+1	+1	+1	+1	5	ยอมรับ
10. ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร	+1	+1	+1	+1	+1	5	ยอมรับ
11. ความเหมาะสมของการใช้ภาษา	+1	+1	+1	+1	+1	5	ยอมรับ
12. ความเหมาะสมกับความสนใจของนักเรียน	0	+1	+1	+1	+1	4	ยอมรับ
13. ความเหมาะสมของลำดับกิจกรรมการทดลอง	+1	+1	+1	+1	+1	5	ยอมรับ
14. ความเหมาะสมของรายงานการทดลอง	0	+1	+1	+1	+1	4	ยอมรับ

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	สรุปผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5	$\sum R$	
15. ความเหมาะสมของรูปเล่ม	+1	+1	+1	+1	+1	5	ยอมรับ
รวม	13	13	15	15	15	71	14.2
เฉลี่ย	0.87	0.87	1.00	1.00	1.00	4.74	0.95
							ยอมรับ

ตารางที่ ค-2 แบบสรุปผลค่าความเชื่อมั่นที่มีต่อแบบประเมินทักษะในการทดลอง ในการหาค่าดัชนีหักเหของเหลวด้วยวิธีการหักเหแสงของนักเรียน

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\sum R$	$\bar{X}$	สรุปผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1.การวางแผนและการออกแบบการทดลอง								
1.1 ชื่อเรื่อง	0	+1	+1	0	+1	3	0.60	ใช้ได้
1.2 ปัญหา	-1	+1	+1	+1	+1	3	0.60	ใช้ได้
1.3 การตั้งสมมติฐาน	+1	+1	0	+1	+1	4	0.80	ใช้ได้
1.4 ตัวแปรต้น	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
1.5 ตัวแปรตาม	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
1.6 ตัวแปรควบคุม	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
1.7 วิธีการทดลอง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้

ตารางที่ ค-2 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	สรุปผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5	$\sum R$	
2. การดำเนินการทดลอง							
2.1 การทดลอง	+1	+1	0	+1	+1	4	ใช้ได้
2.2 วิธีใช้อุปกรณ์	+1	+1	+1	+1	0	4	ใช้ได้
2.3 การเก็บรักษาอุปกรณ์	+1	0	+1	+1	+1	4	ใช้ได้
3. ผลการทดลองและสรุปผล							
3.1 การจัดกระทำข้อมูล	+1	0	+1	+1	+1	4	ใช้ได้

ตารางที่ ค-2 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	สรุปผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5	$\sum R$	
3.2 ความถูกต้องของข้อมูล	+1	+1	+1	+1	+1	5	ใช้ได้
3.3 การแปรความหมายและสรุป	+1	+1	0	+1	+1	4	ใช้ได้
รวม	10	11	10	12	12	55	11
เฉลี่ย	0.77	0.85	0.77	0.92	0.92	3.31	0.85

ภาคผนวก ง

- ผลการประเมินทักษะในการทำการทดลอง
- ผลการประเมินสภาพการเรียนรู้ของนักเรียนในการทดลอง

ตารางที่ ง-1 ผลการประเมินทักษะในการทดลอง

องค์ประกอบและ				
คะแนนเต็ม	การวางแผนและการ ออกแบบการทดลอง	การดำเนินการ ทดลอง	ผลการทดลอง และสรุปผล	รวม
นักเรียนคนที่	20	10	10	40
1	19	8	10	37
2	18	8	9	35
3	18	7	7	32
4	17	8	9	34
5	18	9	8	35
6	16	8	8	32
7	20	9	10	39
8	18	7	9	34
9	19	7	8	34
10	15	8	8	31
11	15	8	9	32
12	19	7	8	34
13	18	9	8	35
14	16	8	7	31
15	17	9	8	34
16	14	7	7	28
17	18	8	6	32
18	17	8	8	33
19	18	6	7	31
20	19	7	6	32
21	20	8	8	36
22	17	6	8	31
23	18	8	7	33

ตารางที่ ง-1 (ต่อ)

องค์ประกอบและ				
คะแนนเต็ม	การวางแผนและการ ออกแบบการทดลอง	การดำเนินการ ทดลอง	ผลการทดลอง และสรุปผล	รวม
นักเรียนคนที่	20	10	10	40
24	18	8	7	33
25	19	7	8	34
26	16	7	8	31
27	17	8	8	33
28	18	8	7	33
29	18	9	8	35
30	16	8	7	31
31	18	8	7	33
32	19	9	9	37
33	19	10	9	38
34	17	8	8	33
35	18	8	9	35
36	18	9	8	35
37	17	7	7	31
38	19	10	8	37
39	19	9	8	36

ตารางที่ ง-2 ผลการประเมินกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนในการทำการทดลอง

องค์ประกอบและ คะแนนเต็ม	มีความกระตือ รือร้นในการ แสวงหาความรู้	ซักถาม เพื่อหา คำตอบ	สนใจเรียนรู้ เพิ่มเติม	ทำงาน เสร็จตาม กำหนด	ช่วยเหลือ เพื่อน	รวม
นักเรียนคนที่	2	2	2	2	2	10
1	2	2	1	2	2	9
2	2	2	2	1	1	8
3	1	2	2	2	2	9
4	1	1	2	2	2	8
5	2	1	1	2	2	8
6	2	2	2	1	2	9
7	2	2	2	1	2	9
8	1	1	2	2	2	8
9	2	1	2	1	2	8
10	2	2	2	2	2	10
11	1	2	2	2	2	9
12	1	1	2	2	2	8
13	2	2	1	1	2	8
14	2	2	1	1	2	8
15	1	1	1	2	2	7
16	2	2	2	1	1	8
17	2	2	2	1	1	8
18	2	2	2	2	1	9
19	2	1	2	1	2	8
20	2	2	2	2	2	10
21	1	1	2	2	2	8
22	1	2	2	1	2	8
23	2	2	1	2	2	9

ตารางที่ ง-2 (ต่อ)

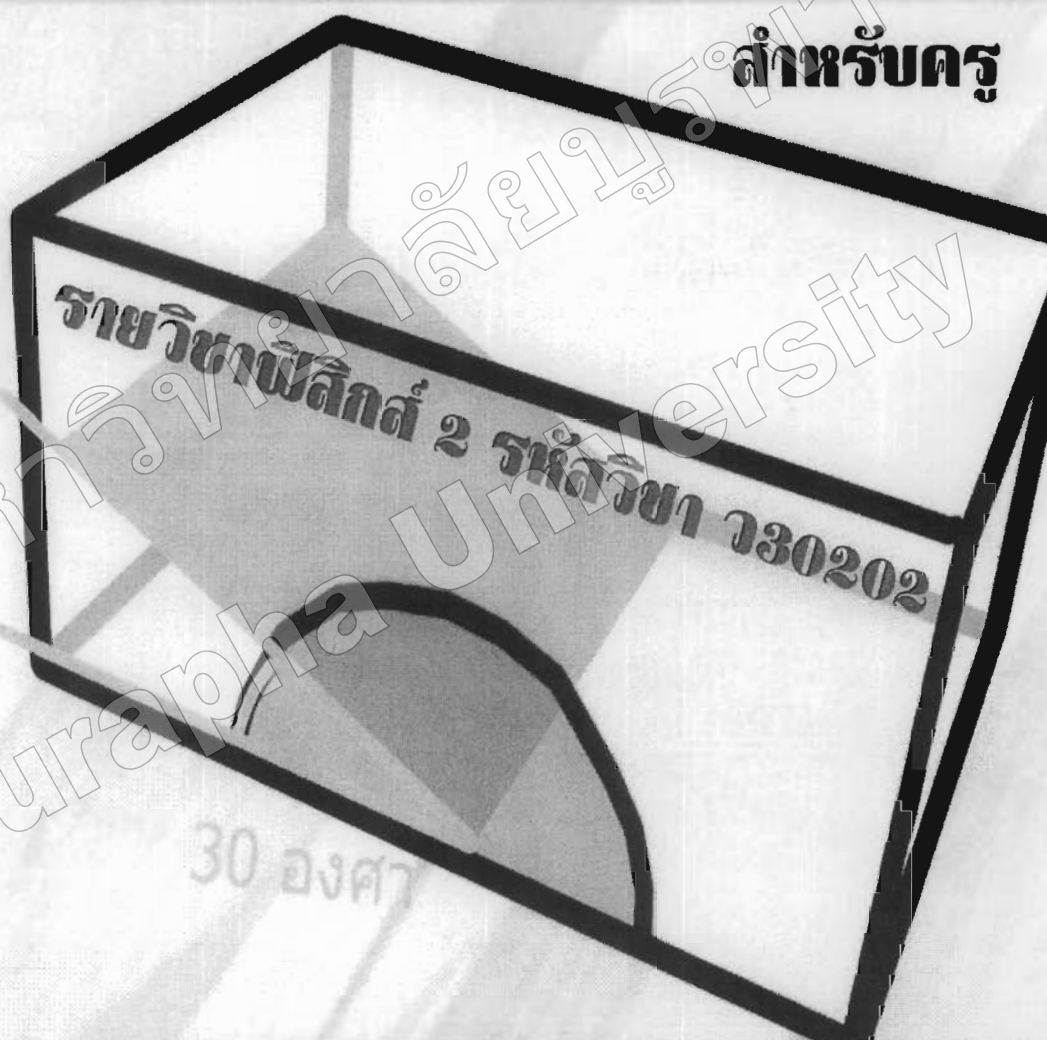
องค์ประกอบและ คะแนนเต็ม	มีความกระตือ รือร้นในการ แสวงหาความรู้	ซักถาม เพื่อหา คำตอบ	สนใจเรียนรู้ เพิ่มเติม	ทำงาน เสร็จตาม กำหนด	ช่วยเหลือ เพื่อน	รวม
นักเรียนคนที่	2	2	2	2	2	10
24	2	2	2	1	2	9
25	2	1	1	2	2	8
26	2	2	2	1	1	8
27	2	2	2	1	2	9
28	2	1	1	2	2	8
29	2	2	1	1	2	8
30	2	1	2	2	2	9
31	2	2	2	2	1	9
32	1	2	2	2	1	8
33	2	1	2	2	2	9
34	2	2	1	1	2	8
35	2	2	2	2	2	10
36	2	1	2	2	2	9
37	2	2	1	1	2	8
38	1	2	1	2	2	8
39	2	1	2	2	2	9

ภาคผนวก จ

คู่มือการใช้ชุดทดลองและปฏิบัติการเพื่อหาค่าดัชนีหักเหของของเหลว
ด้วยการหักเหแสง ฉบับครูผู้สอน

คู่มือการใช้ชุดทดลองและปฏิบัติการ เพื่อหาค่าดัชนีหักเหของขอบเหลวด้วยการหักเหแสง

สำหรับครู



โรงเรียนบุรีรัมย์พิทยาคม

อำเภอเมือง จังหวัดบุรีรัมย์

สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 32

คำชี้แจง

คู่มือการใช้ชุดทดลองและปฏิบัติการเพื่อหาค่าดัชนีหักเหของของเหลวด้วยการหักเหแสง ฉบับครูผู้สอนนี้ ใช้สำหรับประกอบการสอนในรายวิชาฟิสิกส์ 3 (ว30202) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับเรื่อง การหักเหแสง ค่าดัชนีหักเหของของเหลว เพื่อศึกษาค่าดัชนีหักเหของของเหลว จากชุดทดลองหาค่าดัชนีหักเหของของเหลวด้วยการหักเหแสง โดยทำการทดลองกับของเหลว 3 ชนิด คือ น้ำ กลีเซอริน และเอทิลแอลกอฮอล์ และคำนวณหาค่าดัชนีหักเหของของเหลว โดยใช้ความสัมพันธ์จากกฎของสเนลล์ โดยคู่มือชุดนี้จะประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ เอกสารประกอบการทำการทดลอง แนวทางของผลการทดลองและคำถามในการทดลอง สำหรับครูผู้สอนสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพต่อไป

ผู้จัดทำหวังว่าคู่มือชุดนี้จะเป็นประโยชน์ในการจัดการสอนในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี

นางสาวผิวง ทมานนท์
ครูโรงเรียนบุรีรัมย์พิทยาคม
ผู้จัดทำ

แผนการจัดการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ชื่อวิชา ฟิสิกส์

รหัสวิชา ว 30202

เรื่อง การหักเหของแสง

จำนวน 4 ชั่วโมง

ผู้สอน นางสาวผิวก่อง ทมานนท์

โรงเรียนบุรีรัมย์พิทยาคม

มาตรฐานการเรียนรู้ ว5.1 : เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐานการเรียนรู้ ว8.1 : ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้อข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

ทดลอง วิเคราะห์ อภิปราย และคำนวณปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการหักเหของแสงได้

สาระสำคัญ

เมื่อแสงเคลื่อนที่ไปพบสิ่งกีดขวางที่มีดรรชนีหักเหต่างกัน แล้วสามารถผ่านสิ่งกีดขวางไปได้ จะมีผลทำให้แนวการเคลื่อนที่ของแสงเปลี่ยนไปจากเดิม เราเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า การหักเหของแสง และเป็นไปตามกฎการหักเหของแสง ดังนี้ 1) รังสีหักเหอยู่ในระนาบเดียวกันกับรังสีตกกระทบ และเส้นแนวฉาก ณ จุดกระทบ 2) สำหรับตัวกลางคู่หนึ่ง ๆ อัตราส่วนระหว่างไซน์ของมุมตกกระทบในตัวกลางที่หนึ่งกับไซน์ของมุมหักเหในตัวกลางที่สองจะมีค่าคงตัวเสมอ

การบูรณาการ

ส่งเสริมให้นักเรียนรู้จักคิดแก้ปัญหา และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน

พฤติกรรมที่ต้องการจะเน้น (คุณลักษณะที่พึงประสงค์)

1. มีระเบียบวินัย
2. ใฝ่รู้ใฝ่เรียน

กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ชั่วโมงที่ 1-2

1. ครูให้นักเรียนให้นักเรียนดูภาพแท่งดินสอดำในแก้วน้ำใส แล้วสังเกตผลที่เกิดขึ้น พร้อมอภิปรายเกี่ยวกับสิ่งที่เกิดขึ้น
2. ให้นักเรียนที่เป็นตัวแทนของกลุ่มอธิบายวิธีการทดลองการหักเหแสง ตามที่ได้ค้นคว้ามา
3. ให้ตัวแทนนักเรียนอธิบายอุปกรณ์ วิธีการทดลอง การบันทึกผลและข้อควรระวัง ในการทำการทดลอง
4. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลองการหักเหแสง บันทึกและสรุปผลการทดลองในแบบรายงานการทดลอง
5. ให้นักเรียนที่เป็นตัวแทนกลุ่มนำเสนอผลการทดลอง แล้วอภิปรายร่วมกันจนได้ข้อสรุปเกี่ยวกับการหักเหแสง
6. ให้นักเรียนทำใบงานเรื่อง การหักเหของแสง แล้วให้นักเรียนนำเสนอผลที่ได้
7. ให้ตัวแทนนักเรียนออกมาอภิปรายสรุปเกี่ยวกับการหักเหของแสง

ชั่วโมงที่ 3-4

1. ครูให้ตัวแทนนักเรียนออกมาทบทวนเกี่ยวกับการหักเหของแสง ที่เรียนไปจากครั้งก่อน
2. ครูอธิบายเนื้อหาคำดัชนีหักเหบนกระดาน และมอบหมายให้นักเรียนศึกษาการทดลองเรื่องการหักเหของแสงของเหลวด้วยการหักเหแสง
3. ครูอธิบายวิธีการติดตั้งอุปกรณ์ วิธีการทดลอง การบันทึกผลและข้อควรระวังในการทำการทดลอง
4. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลองกิจกรรมการใช้ชุดทดลองการหักเหของแสงของเหลวด้วยการหักเหแสง บันทึกและสรุปผลการทดลองในแบบรายงานการทดลอง
5. ให้นักเรียนที่เป็นตัวแทนกลุ่มนำเสนอผลการทดลอง แล้วอภิปรายร่วมกันจนได้ข้อสรุปเกี่ยวกับการทดสอบหาคำดัชนีหักเหของของเหลวด้วยการหักเหแสง

6. ให้นักเรียนทำใบงานเรื่องค่าดัชนีหักเหของแสง แล้วให้นักเรียนนำเสนอผลที่ได้หน้าห้องเรียน

7. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายสรุปเกี่ยวกับค่าดัชนีหักเหของแสง

สื่อการเรียนรู้

1. หนังสือเรียนวิชาฟิสิกส์ 2
2. ชุดทดลองการหักเหแสง
3. ชุดทดลองการหาค่าดัชนีหักเหของของเหลวด้วยการหักเหแสง
4. ใบงานเรื่อง การหักเหแสง
5. ใบงานเรื่อง ค่าดัชนีหักเหของแสง

แหล่งการเรียนรู้

1. ห้องสมุดโรงเรียน
2. ศูนย์คอมพิวเตอร์ (อินเทอร์เน็ต)

กระบวนการวัดผล-ประเมินผล

1. การวัดผล-ประเมินผลตามจุดประสงค์การเรียนรู้

สิ่งที่ต้องการวัดผล	วิธีการวัดผล	เครื่องมือวัดผล	เกณฑ์การประเมินผล
1. องค์ความรู้	1. การตรวจใบงาน	แบบประเมินผลตามจุดประสงค์การเรียนรู้	ระดับ ดีมาก (80-100 คะแนน) ระดับ ดี (70-79 คะแนน)
2. กระบวนการในการทดลอง	2. สังเกตจากพฤติกรรมในการทำการทดลอง และ การตรวจผล รายงาน การทดลอง	แบบประเมินความสามารถในการทดลองและแบบประเมินกระบวนการกลุ่ม	ระดับ ดีพอใช้ (60-69 คะแนน) ระดับ พอใช้ (50-59 คะแนน) ระดับ ปรับปรุง (น้อยกว่า 50 คะแนน)

2. การวัดผล-ประเมินผลตามพฤติกรรมที่ต้องการเน้น (คุณลักษณะที่พึงประสงค์)

สิ่งที่ต้องการวัดผล	วิธีการวัดผล	เครื่องมือวัดผล	เกณฑ์การประเมินผล
1. มีระเบียบวินัย 2. ใฝ่รู้ใฝ่เรียน	การตรวจใบงาน และสังเกตพฤติกรรม จากการเรียน และ การมี ส่วนร่วมในชั้นเรียน	ประเมินแบบสอบถาม สภาพการเรียนรู้	ระดับ ดีมาก (71-100 คะแนน) ระดับ ดี (51-70 คะแนน) ระดับปรับปรุง (0-50 คะแนน)

เอกสารประกอบการทำการทดลอง

การปฏิบัติการโดยใช้ชุดทดลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุ

1. วัตถุประสงค์ของการทดลอง

1. นักเรียนสามารถอธิบายการหักเหแสง ค่าดัชนีหักเหของของเหลว และคำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้
2. นักเรียนสามารถใช้ชุดทดลองการหาค่าดัชนีหักเหของของเหลวด้วยการหักเหแสง

2. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการทดลอง

1. นักเรียนสามารถใช้ชุดการทดลองเพื่อหาค่าดัชนีหักเหของของเหลวด้วยการหักเหแสงได้
2. นักเรียนมีความรู้ (K) ทักษะกระบวนการ (P) และคุณลักษณะที่พึงประสงค์ (A)
3. นักเรียนรู้จักคิด แก้ปัญหา และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน

3. เนื้อหาและทฤษฎี

แสง (Light)

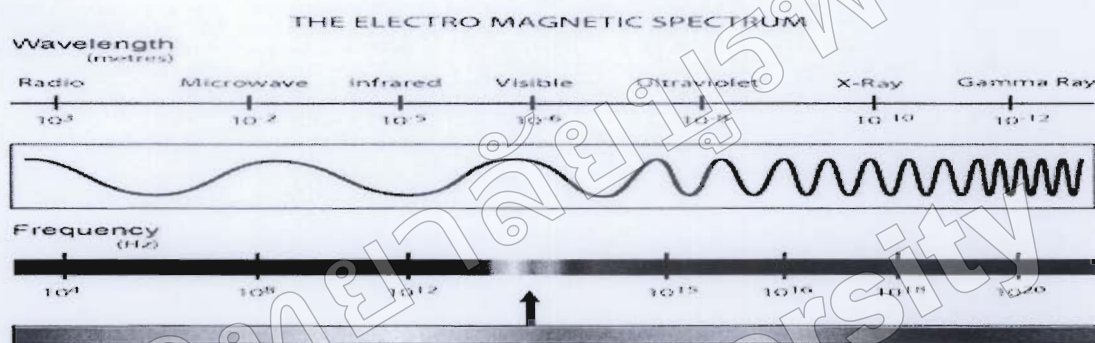
แสงเป็นพลังงานรูปหนึ่ง เดินทางในรูปคลื่นด้วยอัตราเร็วเท่ากับ 3×10^8 m/s

แหล่งกำเนิดแสงมีทั้งแหล่งกำเนิดที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น ดวงอาทิตย์ แหล่งกำเนิดแสงที่มนุษย์สร้างขึ้น เช่น แสงจากหลอดไฟ เป็นต้น เมื่อแสงเคลื่อนที่ผ่านกลุ่มควันหรือฝุ่นละอองจะเห็นลำแสงเส้นตรง และสามารถทะลุผ่านวัตถุได้ วัตถุที่ยอมให้แสงเคลื่อนที่ผ่านเป็นเส้นตรงไปได้นั้นเรียกวัตถุนี้ว่า วัตถุโปร่งใส เช่น แก้ว อากาศ น้ำ เป็นต้น ถ้าแสงเคลื่อนที่ผ่านวัตถุบางชนิดแล้วเกิดการกระจายของแสงออกไปโดยรอบทำให้แสงเคลื่อนที่ไม่เป็นเส้นตรงเรียกวัตถุนั้นว่า วัตถุโปร่งแสง เช่น กระดาษฝ้า กระดาษไข พลาสติกฝ้า เป็นต้น ส่วนวัตถุที่ไม่ยอมให้แสงเคลื่อนที่ผ่านไปได้เรียกว่า วัตถุทึบแสง เช่น ผนังคอนกรีต กระดาษแข็งหนา ๆ เป็นต้น วัตถุทึบแสงจะสะท้อนแสงบางส่วนและดูดกลืนแสงบางส่วนไว้ทำให้เกิดเงาขึ้น

แสงคือ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงความยาวคลื่นที่สายตามนุษย์มองเห็น แสงจะแสดงสมบัติเป็นทวิภาวะคือเป็นทั้งคลื่น (wave) และอนุภาค (particle) ในเวลาเดียวกัน กล่าวคือ

1. แสงเป็นคลื่น ในศตวรรษที่ 18 แมกซ์เวลล์ (James C. Maxwell) ค้นพบว่าแสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเช่นเดียวกับคลื่นไมโครเวฟ คลื่นวิทยุ รังสียูวี รังสีเอกซ์เรย์และรังสี

แกมมา คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแต่ละชนิดแตกต่างกันที่ความยาวคลื่น และเรียกแถบความยาวคลื่นทั้งหมดของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าว่า แถบสเปกตรัม โดยที่ระนาบการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กตั้งฉากกับระนาบการเปลี่ยนแปลงของสนามไฟฟ้า และตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น และแสงก็มีการเลี้ยวเบนด้วย ซึ่งการเลี้ยวเบนก็แสดงสมบัติของคลื่น แสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่อยู่ในช่วงของสเปกตรัมที่สามารถมองเห็นได้ซึ่งมีความยาวคลื่นระหว่างประมาณ 400 – 750 nm ดังภาพที่ 2-1



ภาพที่ 1 สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

สมบัติที่สำคัญของคลื่น คือ ความยาวคลื่น (wavelength) แอมพลิจูด (amplitude) และเฟส (phase) ซึ่งทำให้คลื่นสามารถแสดงสมบัติที่สำคัญคือการหักเห (refraction) การสะท้อน (reflection) การเลี้ยวเบน (diffraction) และการแทรกสอด (interference)

2. แสงเป็นอนุภาค ไอน์สไตน์ (A. Einstein) เป็นบุคคลแรกที่สามารถอธิบายปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กตริก (photoelectric effects) ได้ โดยพิจารณาว่าแสงมีลักษณะเป็นก้อนๆ เรียกว่าโฟตอน (photon) วิ่งมาชนผิวของโลหะแล้วถ่ายทอดโมเมนตัมให้กับอิเล็กตรอน ซึ่งพลังงานของแสงที่ชนจะขึ้นอยู่กับความถี่ของแสง นั่นคือโฟตอนของแสงสีม่วงมีพลังงานมากกว่าโฟตอนของแสงสีแดง

แสงเป็นก้อนพลังงานมีค่าพลังงาน $E = hf$ โดยที่ h คือค่าคงตัวของพลังค์ และ f คือความถี่ของแสง เรียกอนุภาคแสงว่าโฟตอน เมื่อฉายแสงไปตกกระทบที่ผิวของโลหะแล้วทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกมา โดยที่พลังงานจลน์ของอิเล็กตรอนที่หลุดออกมาจะไม่ขึ้นอยู่กับความเข้ม (แอมพลิจูด) ของแสง แต่จะขึ้นอยู่กับความถี่ เรียกปรากฏการณ์ดังกล่าวว่า “ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กตริก”

แสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่อยู่ในช่วงสเปกตรัม ที่สามารถมองเห็นได้ คือ อยู่ในย่านความถี่ 380 THz ($3.8 \times 10^{14} \text{ Hz}$) ถึง 750 THz ($7.5 \times 10^{14} \text{ Hz}$) จากความสัมพันธ์ระหว่างความเร็ว (v) ความถี่ (f) และความยาวคลื่น (λ) ของแสง และ ความเร็วของแสงในสุญญากาศมีค่าคงที่ ดังนั้นเราจึงสามารถจำแนกแสงโดยใช้ตามความยาวคลื่นได้ โดยแสงที่เรามองเห็นได้ข้างต้นนั้นจะมีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 400 nm และ 800 nm (ในสุญญากาศ)

สมบัติของแสง

1. การสะท้อนของแสง เมื่อแสงตกกระทบผิวของวัตถุใด ๆ โดยที่พื้นที่ผิวของวัตถุไม่ดูดกลืนพลังงานแสงทั้งหมด พลังงานที่เหลือจะสะท้อนออกมาจากผิวของวัตถุนั้น ๆ ไม่ว่าวัตถุจะมีผิวอย่างไร การสะท้อนของแสงจะเป็นไปตามกฎการสะท้อนของแสง คือ รังสีตกกระทบ รังสีสะท้อน และเส้นแนวฉาก อยู่บนระนาบเดียวกัน และมุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน เมื่อรังสีของแสงตกกระทบผิววัตถุที่จุดใด ถ้าเรลากเส้นตั้งฉากกับผิววัตถุนั้น เส้นตั้งฉากที่ลากนี้ เรียกว่าเส้นแนวฉาก และเรียกมุมที่รังสีตกกระทบทำกับเส้นแนวฉากว่า มุมตกกระทบ มุมที่รังสีสะท้อนทำกับแนวฉาก เรียกว่า มุมสะท้อน วัตถุที่สะท้อนแสงได้ดีจะต้องมีผิวเรียบและเป็นมัน เช่น กระจกเงา จะทำให้เกิดการสะท้อนอย่างมีระเบียบ แต่ถ้าวัตถุที่มีผิวไม่เรียบจะเกิดการสะท้อนไม่มีระเบียบ แต่การสะท้อนของแสงเป็นไปตามกฎการสะท้อนของแสง

2. การหักเหของแสง เมื่อแสงเดินทางพรอยต่อระหว่างตัวกลางหรือแสงเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางต่างชนิดกันจะทำให้ทางเดินของแสงเปลี่ยนไปและเกิดการหักเห การหักเหจะเกิดขึ้นเฉพาะผิวรอยต่อของตัวกลางเท่านั้น เงื่อนไขของการหักเห คือ แสงผ่านตัวกลางสองชนิด แสงผ่านผิวรอยต่อของตัวกลาง และแนวทางเดินของแสงต้องไม่ตั้งฉากกับผิวรอยต่อของตัวกลางคู่แสง จึงจะเกิดการหักเหขึ้น

3. การแทรกสอดของแสง เกิดได้ต่อเมื่อคลื่นแสง 2 ขบวนเคลื่อนที่มาพบกัน จะเกิดการรวมตัวกันและแทรกสอดกันเกิดเป็นแถบมืดและแถบสว่างบนฉาก โดยแหล่งกำเนิดแสงจะต้องเป็นแหล่งกำเนิดอาพันธ์ (Coherent Source) คือเป็นแหล่งกำเนิดที่ให้คลื่นแสงที่มีความถี่ ความยาวคลื่น และแอมพลิจูดเท่ากัน แถบสว่างบนฉากเกิดจากการแทรกสอดแบบเสริมและแถบมืดเกิดจากการแทรกสอดแบบหักล้าง

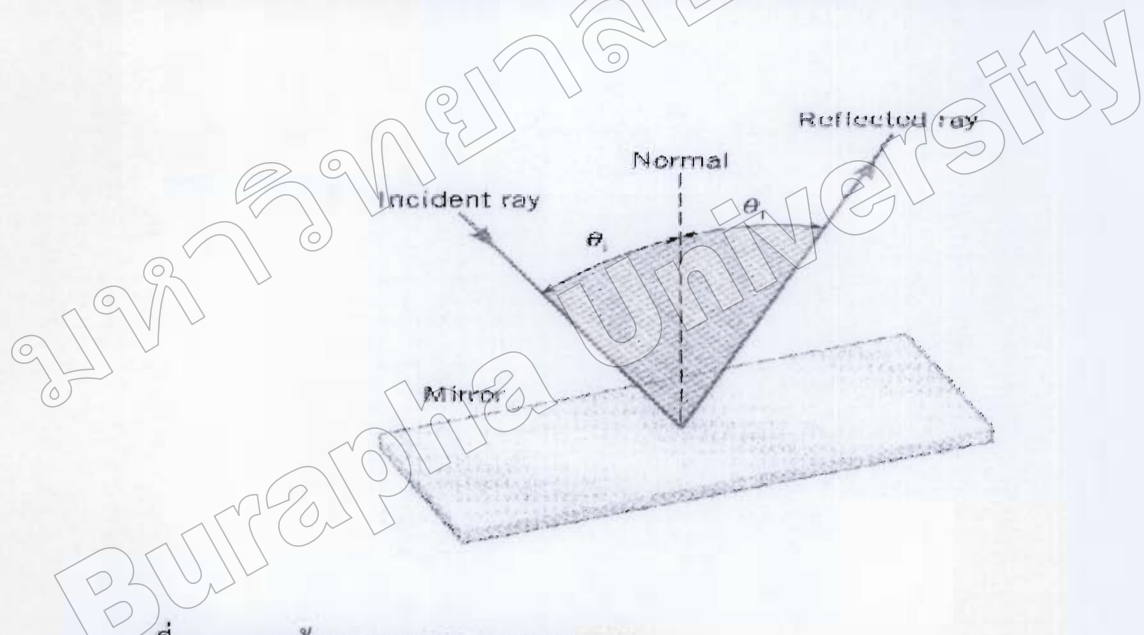
4. การเลี้ยวเบนของแสง การเลี้ยวเบนแสงเป็นปรากฏการณ์ที่คลื่นเปลี่ยนเส้นทางเคลื่อนที่ เมื่อผ่านสิ่งกีดขวางขนาดเล็กหรือที่ทึบหรือช่องเปิดขนาดเล็ก การเลี้ยวเบนสามารถเกิดได้ดีเมื่อสิ่งกีดขวางหรือช่องเปิดมีขนาดเท่ากับหรือน้อยกว่าความยาวคลื่นของแสงที่ตกกระทบ ถ้าสลิตเดี่ยวมีความกว้างใกล้เคียงกับความยาวคลื่นของแสงที่ตกกระทบ จะเกิดการแทรกสอดเป็น

แถบมืดและแถบสว่างสลับกัน ส่วนการเลี้ยวเบนผ่านสลิตคู่ เมื่อคลื่นเลี้ยวเบนผ่านสลิตคู่ไปจะเกิดการแทรกสอดกัน และเป็นไปตามเงื่อนไขการแทรกสอด

การสะท้อนของแสง

การสะท้อนของแสง คือ การที่รังสีของแสงตกกระทบกับสิ่งกีดขวาง แล้วจะเกิดการสะท้อนกลับ ตามกฎของการสะท้อนดังนี้

1. รังสีตกกระทบ รังสีสะท้อน และเส้นปกติต้องอยู่ในระนาบเดียวกัน
2. มุมตกกระทบ (incident angle) มีขนาดเท่ากับมุมสะท้อน (reflected angle) เมื่อแสงจากแหล่งกำเนิดตกกระทบบนผิวของวัตถุจะเกิดการสะท้อนแสง และการสะท้อนจะเกิดขึ้นได้ก็ถ้าวัตถุนั้นมีผิวเรียบ เป็นมัน เช่น ผิวของโลหะขัดมัน ผิวกระจกเงาระนาบ เป็นต้น



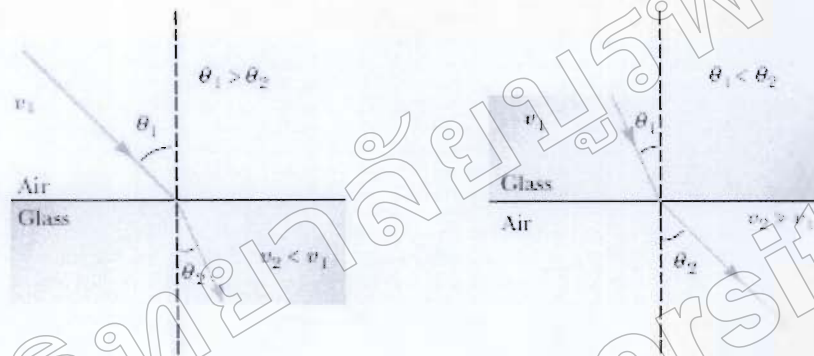
ภาพที่ 2 การสะท้อนของแสงบนกระจกเงาระนาบ

การหักเหของแสง

การหักเหของแสง คือ การที่รังสีของแสงตกกระทบและเข้าสู่ตัวกลางใหม่โดยทำมุมมุมหนึ่ง โดยรังสีของแสงนี้เมื่อเปลี่ยนตัวกลาง ความเร็วและทิศทางจะเปลี่ยน รังสีที่หักเหออกมาจะเรียกว่า รังสีหักเห (refracted ray) การหักเหของแสงนั้นแบ่งออกตามการเบี่ยงเบนของรังสีหักเหได้เป็น 2 แบบ คือ

1. การหักเหเข้า คือ การที่รังสีหักเหเบนเข้าหาเส้นปกติ เกิดจากการที่รังสีของแสงเดินทางจากตัวกลางที่มีความหนาแน่นน้อยไปสู่ตัวกลางที่มีความหนาแน่นมากกว่า เช่น เดินทางจากอากาศไปสู่ น้ำ เป็นต้น

2. การหักเหออก คือ การที่รังสีหักเหเบนออกจากเส้นปกติ เกิดจากการที่รังสีของแสงเดินทางจากตัวกลางที่มีความหนาแน่นมากไปสู่ตัวกลางที่มีความหนาแน่นน้อยกว่า เช่น เดินทางจากน้ำไปสู่อากาศ เป็นต้น



ภาพที่ 3 การหักเหเข้าและหักเหออกของแสง จากเกณฑ์ฉาก (ปวีณา ชารักษ์, 2551)

โดยการหักเหที่มีการเชื่อมต่อของตัวกลางนี้ เกิดขึ้นเนื่องจากเมื่อคลื่นแสงเดินทางกระทบเข้าสู่ตัวกลางใหม่ มันจะเปลี่ยนความเร็วและความยาวคลื่น แต่ความถี่ของแสงยังคงเดิม ซึ่งการหักเหจะเป็นไปตามกฎของสเนลล์ (Snell's law)

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} \quad (1)$$

โดยที่ n_1 คือ ค่าดัชนีหักเหของตัวกลางที่ 1
 n_2 คือ ค่าดัชนีหักเหของตัวกลางที่ 2
 θ_1 คือ มุมตกกระทบในตัวกลางที่ 1
 θ_2 คือ มุมหักเหในตัวกลางที่ 2

ค่าดัชนีหักเห

ค่าดัชนีหักเห (refractive index) คือ อัตราส่วนของอัตราเร็วของแสงในสุญญากาศ c ซึ่งมีค่าคงตัวประมาณ 2.99792458×10^8 m/s กับอัตราเร็วของแสงในตัวกลางใด ๆ ตัวเลขค่าดัชนีหักเห นั้น โดยทั่วไปมีค่ามากกว่าหนึ่ง โดยยิ่งวัสดุมีความหนาแน่นมากกว่าเท่าไร แสงก็จะเดินทางได้ช้าลงเท่านั้น ดังนั้นค่าดัชนีในวัตถุหนึ่ง ๆ คือ ค่าที่บอกว่ารังสีของแสงมีการเบี่ยงเบนไปมากหรือน้อย เมื่อแสงผ่านเข้าไปในวัตถุนั้น ค่าดัชนีหักเหยิ่งสูง แสงยิ่งเบนมาก ตัวอย่างเช่น แสงจะเบนในตัวกลางที่เป็นแก้วมากกว่าในตัวกลางที่เป็นอากาศ หรือในน้ำ เพราะว่าแก้วหักเหแสงได้ดีกว่า หรืออาจกล่าวได้ว่าแก้วมีค่าดัชนีหักเหสูงกว่าอากาศหรือน้ำ ซึ่งหาค่าได้ดังสมการ

$$n = \frac{c}{v} \quad (2)$$

โดยที่ n คือ ค่าดัชนีหักเหของตัวกลาง

c คือ อัตราเร็วของแสงในสุญญากาศ (m/s)

v คือ อัตราเร็วของแสงในตัวกลาง (m/s)

ปัจจัยที่มีผลต่อค่าดัชนีหักเห

1. ความยาวคลื่นแสง

ความยาวคลื่นแสงมีความสำคัญกับค่าดัชนีหักเห เนื่องจากเมื่อแสงเดินทางตกกระทบเข้าสู่ตัวกลางใหม่ มันจะเปลี่ยนอัตราเร็วและความยาวคลื่น แต่ความถี่ของแสงยังคงเดิม ซึ่งจะทำให้เกิดการหักเหขึ้น

2. อุณหภูมิของตัวกลาง

อุณหภูมิของตัวกลางเป็นปัจจัยที่สำคัญ อันเนื่องมาจากการที่ตัวกลางหนึ่งได้รับความร้อนมากขึ้น มีอุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้โมเลกุลเกิดการสั่นสะเทือนและเคลื่อนที่มากขึ้น จึงเกิดการขยายตัวของตัวกลางทำให้ความหนาแน่นของตัวกลางลดลง ดังนั้นแสงจะเดินทางในตัวกลางได้เร็วขึ้น จะเกิดการเบี่ยงเบนแสงน้อยกว่าตัวกลางที่มีความหนาแน่นมาก

3. ชนิดของตัวกลาง

แสงเดินทางในตัวกลางใด ๆ ด้วยความเร็วที่ต่างกัน และในตัวกลางที่มีสถานะก๊าซ แสงจะเดินทางได้เร็วที่สุด และในตัวกลางที่มีสถานะเป็นของแข็ง แสงจะเดินทางได้ช้าที่สุด จึงเป็นผลให้ค่าดัชนีหักเหของตัวกลางต่างชนิดกันมีค่าต่างกันไป ดังแสดงในตารางที่ 1

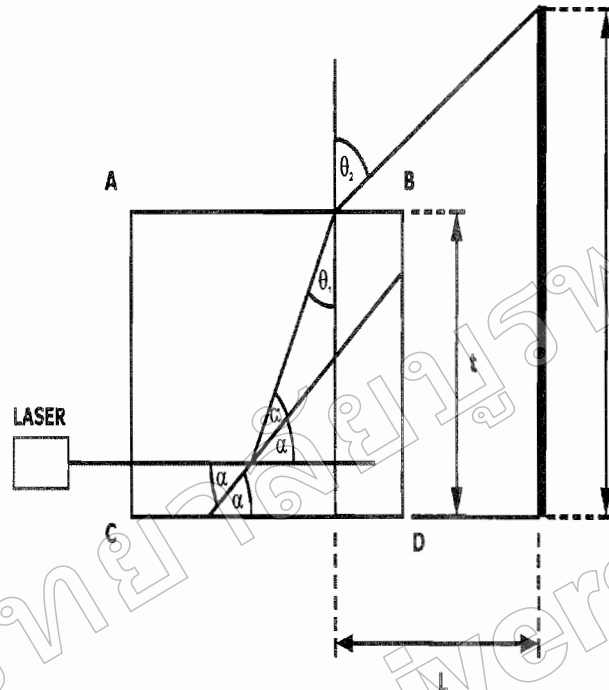
ตารางที่ 1 ค่าดัชนีหักเหของสารต่างชนิดต่าง ๆ (วัชรระ รอดสัมฤทธิ์, 2553)

ชื่อสาร	ค่าดัชนีหักเห
สุญญากาศ	1.0
อากาศ	1.00029
คาร์บอนไดออกไซด์	1.00045
ฮีเลียม	1.000034
น้ำ (20 °C)	1.3330
กลีเซอริน	1.4700
เอทิลแอลกอฮอล์	1.3617
เมทิลแอลกอฮอล์	1.3292
เบนซีน	1.5014
คาร์บอนไดซัลไฟด์	1.6279
น้ำเชื่อม 50%	1.4200
แก้ว, light crown	1.517
แก้ว, dense crown	1.588
แก้ว, heavy crown	1.579
ฟลูออไรท์	1.434
เพชร	2.417

4. ความเข้มข้นของตัวกลาง (ความหนาแน่นของตัวกลาง)

ถ้าความหนาแน่นของตัวกลางลดลง แสงจะเดินทางในตัวกลางได้เร็วขึ้น และเกิดการเบี่ยงเบนแสงน้อยกว่าตัวกลางที่มีความหนาแน่นมากกว่า

4. หลักการทำงานของชุดทดลอง



ภาพที่ 4 หลักการทำงานของชุดทดลอง

จากภาพที่ 4 แสงเลเซอร์จากตัวชี้เลเซอร์ที่ใช้เป็นแหล่งกำเนิดแสง ส่องเข้าไปในกล่องกระจกใสที่บรรจุของเหลวความสูง t ที่ต้องการหาค่าดัชนีหักเห ตัวกลางที่ 1) ในแนวระนาบ ตกกระทบกระจกเงาราบที่วางทำมุม α กับแนวทางการเดินของแสงเลเซอร์ ซึ่งจะสะท้อนขึ้นด้านบนของกล่องกระจกใสไปตกกระทบรอยต่อของตัวกลางที่ 1 (ของเหลว) ทำมุม θ_1 แล้วหักเหผ่านออกสู่ตัวกลางที่ 2 (อากาศ) ทำมุม θ_2 ไปตกกระทบบนฉากที่ตำแหน่งความสูง H โดยฉากรับแสงนี้วางห่างเป็นระยะ L จากตำแหน่งจุดหักเหของแสงเลเซอร์จากตัวกลางที่ 1 สู่ตัวกลางที่ 2 วัดระยะต่าง ๆ และนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองหาค่าดัชนีหักเหของของเหลวด้วยการหักเหแสงจากสมการความสัมพันธ์ (4-2)

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\sin \left(\tan^{-1} \frac{L}{H-t} \right)}{\sin (90 - 2\alpha)} \quad (3)$$

โดยที่

- n_1 คือ ค่าดัชนีหักเหของของเหลว
 n_2 คือ ค่าดัชนีหักเหของอากาศ
 α คือ มุมระหว่างกระจกกับแสงเลเซอร์
 t คือ ความสูงของของเหลว (m)
 H คือ ความสูงของเลเซอร์ที่กระทบฉาก (m)
 L คือ ระยะจากจุดหักเหที่ผิวของเหลวถึงฉาก (m)

5. วัสดุ-อุปกรณ์ ในการทดลอง

ชุดทดลองที่นำไปใช้ มีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน ดังนี้

1. ส่วนของตัวชุดทดลอง

1.1 โครงไม้เป็นฐานสำหรับวางกล่องกระจกใส ขนาด 20 x 80 x 30 cm

1.2 ฉากรับแสง ขนาด 20 x 100 cm



ภาพที่ 5 ส่วนตัวชุดทดลอง

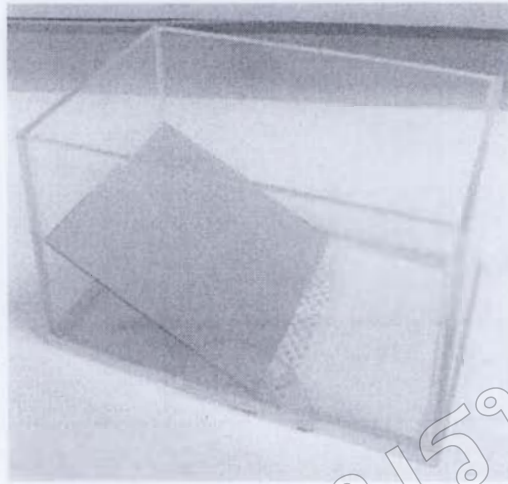
2. ส่วนของกล่องกระจกสำหรับใส่ของเหลว

2.1 กระดาษชนิดใสพิเศษ (Low Iron Glass) ขนาด 15 x 30 cm หน้า 6 mm

2.2 กระดาษชนิดใสพิเศษ (Low Iron Glass) ขนาด 15 x 18.8 cm หน้า 6 mm

2.3 กระดาษชนิดใสพิเศษ (Low Iron Glass) ขนาด 18.8 x 28.8 cm หน้า 6 mm

2.4 กระดาษแรบบ ขนาด 18 x 20 cm หน้า 3 mm



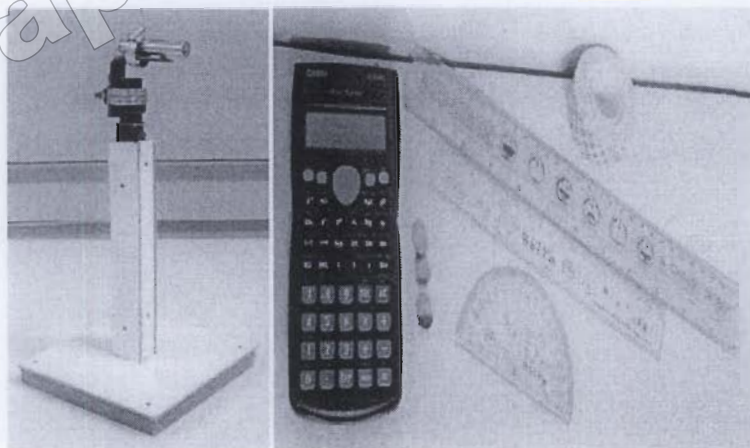
ภาพที่ 6 กล่องกระจกใสสำหรับบรรจุของเหลวในชุดทดลอง

3. ส่วนของวัสดุ-อุปกรณ์ ที่ใช้ร่วมกับชุดทดลอง

3.1 แหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์ ($\lambda = 650 \pm 10 \text{ nm}$) พร้อมชุดจับและขาตั้งตัวชี้เลเซอร์ (laser pointer)

3.2 ชุดเครื่องมือวัด ได้แก่ ไม้บรรทัดแบบวัดมุม ไม้บรรทัดแบบวัดความยาว และเครื่องคิดเลขแบบวิทยาศาสตร์

3.3 เครื่องคอมพิวเตอร์ประสิทธิภาพสูงใช้ในการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ผล



ภาพที่ 7 ส่วนของวัสดุ-อุปกรณ์ ที่ใช้ร่วมกับชุดทดลอง

6. วิธีดำเนินการทดลอง

1. ดำเนินการทดลองและเก็บข้อมูลจากชุดทดลอง มีขั้นตอนและรายละเอียดดังนี้

1.1 จัดเตรียมวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่

1.1.1 ชุดทดลองที่สร้างขึ้นประกอบด้วย กล้องกระจกใสสำหรับบรรจุของเหลว กระจกเงาราบ ฉาก แหล่งกำเนิดแสง (เลเซอร์)

1.1.2 ของเหลวที่ใช้ทดลอง คือ น้ำ กลีเซอริน และเอทิลแอลกอฮอล์

1.1.3 ชุดเครื่องมือวัด ได้แก่ ไม้บรรทัด เครื่องคิดเลขแบบวิทยาศาสตร์

1.1.4 เครื่องคอมพิวเตอร์ประสิทธิภาพสูงใช้ในการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ผล

1.2 ดำเนินการทดลอง ตามขั้นตอนดังนี้

1.2.1 ติดตั้งชุดทดลองการหาค่าดัชนีหักเหของของเหลวด้วยการหักเหแสง ดัง

ภาพที่ 8



ภาพที่ 8 ลักษณะการติดตั้งอุปกรณ์ เพื่อทดลอง

1.2.2 กำหนดมุมระหว่างกระจกกับแสงเลเซอร์ (α) คือ 30 องศา

1.2.3 วัดความสูงของของเหลวในกล้องกระจกใสสำหรับใส่ของเหลว (l)

บันทึกค่าไว้

1.2.4 วัดระยะจากจุดหักเหที่ผิวของของเหลวถึงฉาก (L) บันทึกค่าไว้

1.2.5 วัดความสูงของแสงเลเซอร์ที่กระทบฉาก (H) บันทึกค่าไว้

1.2.6 ทำการทดลองข้อ 1.2.2 – 1.2.5 ซ้ำ กับของเหลวชนิดเดียวกัน

จำนวน 3 ครั้ง

1.2.7 เปลี่ยนของเหลวที่ใช้ทดลองเป็นกลีเซอริน และเอทิลแอลกอฮอล์ โดยแต่

ละชนิดให้ทำการทดลองตามข้อ 1.2.2 – 1.2.6

1.3 การทดลองและคำนวณหาค่าดัชนีหักเหของของเหลวแต่ละชนิด

1.3.1 คำนวณค่าดัชนีหักเหของของเหลวแต่ละชนิด (n_l) จากสมการ (3)

1.3.2 หาค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (Relative Error) หรือ Percent Error (%Error) คือ ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนได้จากค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เปรียบเทียบกับค่าจริง

$$\%Error = \left| \frac{X_t - X_m}{X_t} \right| \times 100\% \quad (4)$$

โดยที่ %Error คือค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน

X_t คือค่าที่ขอมรับได้หรือค่าจริง

X_m คือค่าที่ได้จากการทดลอง

1.3.3 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

รายงานการทดลอง เรื่องค่าดัชนีหักเหของของเหลว

กิจกรรม การใช้ชุดทดลองหาค่าดัชนีหักเหของของเหลวด้วยการหักเหแสง

ชื่อผู้ทดลอง.....	ระดับชั้น.....	เลขที่.....
ชื่อผู้ร่วมทดลอง.....	ระดับชั้น.....	เลขที่.....
ชื่อผู้ร่วมทดลอง.....	ระดับชั้น.....	เลขที่.....
ชื่อผู้ร่วมทดลอง.....	ระดับชั้น.....	เลขที่.....
ชื่อผู้ร่วมทดลอง.....	ระดับชั้น.....	เลขที่.....

วัตถุประสงค์ของการทดลอง

1. นักเรียนสามารถอธิบายการหักเหแสง ค่าดัชนีหักเหของของเหลว และคำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้
2. นักเรียนสามารถใช้ชุดทดลองการหาค่าดัชนีหักเหของของเหลวด้วยการหักเหแสง

คำถามก่อนการทดลอง

ให้นักเรียนบอกตัวแปรที่มีผลต่อค่าดัชนีหักเหของของเหลว

.....

.....

.....

.....

.....

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ค่าที่วัดได้	ของเหลว		
			
α			
t (cm)			
L (cm)			
H (cm)			
$H-t$ (cm)			
$\frac{L}{H-t}$			
$\tan^{-1} \frac{L}{H-t}$			
$\sin \left(\tan^{-1} \frac{L}{H-t} \right)$			
$\sin(90-2\alpha)$			
n			
%Error			

คำถามระหว่างการทดลอง

นักเรียนคิดว่าค่าดัชนีหักเหของของเหลวต่างชนิดกัน เหมือนหรือต่างกันอย่างไร และปัจจัยใดที่ส่งผลให้ค่าดัชนีหักเหของของเหลวต่างกัน

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามหลังการทดลอง

การใช้ชุดทดลองหาค่าดัชนีหักเหของของเหลว มีความคลาดเคลื่อนมากน้อยเพียงใด มีสาเหตุจากอะไรบ้าง

.....

.....

.....

.....

อภิปรายผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะจากการทดลอง

.....

.....

.....

.....

แนวทางของผลการทดลองและคำถามในการทดลอง

ตัวอย่างการบันทึกผล

ค่าที่วัดได้	ของเหลว		
	น้ำ	กลีเซอริน	เอทิลแอลกอฮอล์
α	30°	30°	30°
t (cm)	6	6	6
L (cm)	23.5	22.5	24.3
H (cm)	32.7	26.1	35.4
$H - t$ (cm)	26.7	20.1	29.4
$\frac{L}{H - t}$	0.880	1.119	0.827
$\tan^{-1} \frac{L}{H - t}$	0.722	0.842	0.691
$\sin \left(\tan^{-1} \frac{L}{H - t} \right)$	0.661	0.746	0.637
$\sin (90 - 2\alpha)$	0.5	0.5	0.5
n	1.32	1.49	1.27
%Error	0.75%	1.36%	6.62%

การคำนวณหาค่าดัชนีหักเหของของเหลว

จากผลการทดลอง สามารถคำนวณหาค่าดัชนีหักเหของของเหลวของน้ำ ได้ดังนี้

วิธีทำ

จากสมการ

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

แทนค่าผลการทดลอง

$$\frac{n_1}{1} = \frac{\sin \left(\tan^{-1} \frac{23.5}{26.7} \right)}{\sin (90 - 2 (30))}$$

ดังนั้น

$$n_1 = \frac{\sin 0.722}{\sin 30^\circ}$$

หรือ

$$n_1 = \frac{0.661}{0.5} = 1.32$$

หาค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนจากการทดลองกับค่ามาตรฐาน
ค่า n นำ เท้ากับ 1.33

จากสมการ

$$\%Error = \left| \frac{X_t - X_m}{X_t} \right| \times 100\%$$

แทนค่า

$$\%Error = \left| \frac{1.32 - 1.33}{1.33} \right| \times 100\%$$

ดังนั้น

$$\%Error = 0.75\% \quad \text{ตอบ}$$

ลักษณะการตอบคำถามก่อน ระหว่าง และหลังทำทดลอง

คำถามก่อนการทดลอง

ให้นักเรียนบอกตัวแปรที่มีผลต่อค่าดัชนีหักเหของของเหลว

แนวคำตอบ

ชนิดของของเหลว ความหนาแน่น อุณหภูมิ

คำถามระหว่างการทำทดลอง

นักเรียนคิดว่าค่าดัชนีหักเหของของเหลวต่างชนิดกัน เหมือนหรือต่างกันอย่างไร และปัจจัยใดที่ส่งผลให้ค่าดัชนีหักเหของของเหลวต่างกัน

แนวคำตอบ

ตามทฤษฎีค่าดัชนีหักเหของของเหลวจะต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดของของเหลว ความหนาแน่นของของเหลว อุณหภูมิของของเหลวขณะทดลอง

คำถามหลังการทดลอง

การใช้ชุดทดลองหาค่าดัชนีหักเหของของเหลว มีความคลาดเคลื่อนมากน้อยเพียงใด มีสาเหตุจากอะไรบ้าง

แนวคำตอบ

ให้นักเรียนระบุค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนที่คำนวณ จากการทดลองของของเหลวชนิดต่างๆ และสาเหตุของความคลาดเคลื่อน ได้แก่ จากกระบวนการทดลอง ความแม่นยำของชุดทดลอง วิธีการวัด และประสบการณ์ของผู้ทำการวิจัย เป็นต้น

ภาคผนวก ก

คู่มือการใช้ชุดทดลองและปฏิบัติการเพื่อหาดัชนีหักเหของเหลว
ด้วยการหักเหแสง ฉบับนักเรียน

คู่มือการใช้ชุดทดลองและปฏิบัติการ เพื่อหาค่าดัชนีหักเหของขอบเหลวด้วยการหักเหแสง

สำหรับนักเรียน

รายวิชาฟิสิกส์ 2 รหัสวิชา ว30202



โรงเรียนบุรีรัมย์พิทยาคม

อำเภอเมือง จังหวัดบุรีรัมย์

สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 32

คำชี้แจง

คู่มือการใช้ชุดทดลองและปฏิบัติการเพื่อหาค่าดัชนีหักเหของของเหลวด้วยการหักเหแสง ฉบับครูผู้สอนนี้ ใช้สำหรับประกอบการสอนในรายวิชาฟิสิกส์ 3 (ว30202) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับเรื่อง การหักเหแสง ค่าดัชนีหักเหของของเหลว เพื่อศึกษาค่าดัชนีหักเหของของเหลว จากชุดทดลองหาค่าดัชนีหักเหของของเหลวด้วยการหักเหแสง โดยทำการทดลองกับของเหลว 3 ชนิด คือ น้ำ กลีเซอริน และเอทิลแอลกอฮอล์ และคำนวณหาค่าดัชนีหักเหของของเหลว โดยใช้ความสัมพันธ์จากกฎของสเนลล์ โดยคู่มือชุดนี้จะประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ เอกสารประกอบการทำการทดลอง แนวทางของผลการทดลองและคำถามในการทดลอง สำหรับครูผู้สอนสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพต่อไป

ผู้จัดทำหวังว่าคู่มือชุดนี้จะเป็นประโยชน์ในการจัดการสอนในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี

นางสาวผิวง ทมานนท์
ครูโรงเรียนบุรีรัมย์พิทยาคม
ผู้จัดทำ

เอกสารประกอบการทำการทดลอง

การปฏิบัติการโดยใช้ชุดทดลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุ

1. วัตถุประสงค์ของการทดลอง

1. นักเรียนสามารถอธิบายการหักเหแสง ค่าดัชนีหักเหของของเหลว และคำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้
2. นักเรียนสามารถใช้ชุดทดลองการหาค่าดัชนีหักเหของของเหลวด้วยการหักเหแสง

2. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการทดลอง

1. นักเรียนสามารถใช้ชุดการทดลองเพื่อหาค่าดัชนีหักเหของของเหลวด้วยการหักเหแสงได้
2. นักเรียนมีความรู้ (K) ทักษะกระบวนการ (P) และคุณลักษณะที่พึงประสงค์ (A)
3. นักเรียนรู้จักคิด แก้ปัญหา และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน

3. เนื้อหาและทฤษฎี

แสง (Light)

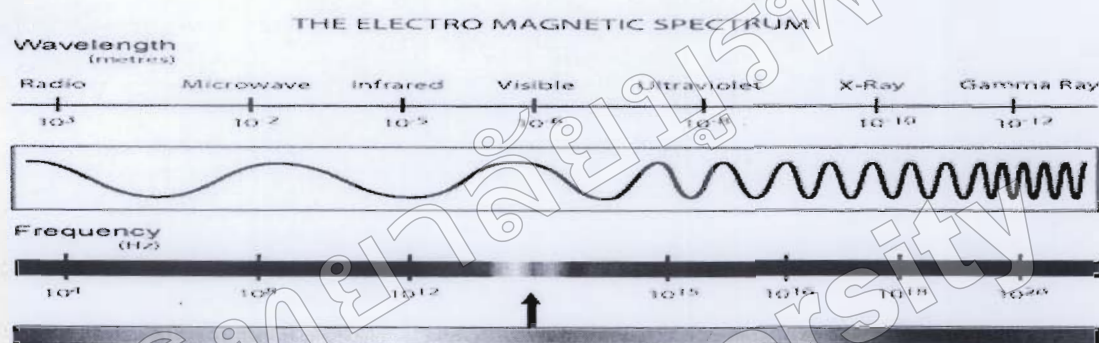
แสงเป็นพลังงานรูปหนึ่ง เดินทางในรูปคลื่นด้วยอัตราเร็วเท่ากับ 3×10^8 m/s

แหล่งกำเนิดแสงมีทั้งแหล่งกำเนิดที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น ดวงอาทิตย์ แหล่งกำเนิดแสงที่มนุษย์สร้างขึ้น เช่น แสงจากหลอดไฟ เป็นต้น เมื่อแสงเคลื่อนที่ผ่านกลุ่มควันหรือฝุ่นละอองจะเห็นลำแสงเส้นตรง และสามารถทะลุผ่านวัตถุได้ วัตถุที่ยอมให้แสงเคลื่อนที่ผ่านเป็นเส้นตรงไปได้นั้นเรียกวัตถุนี้ว่า วัตถุโปร่งใส เช่น แก้ว อากาศ น้ำ เป็นต้น ถ้าแสงเคลื่อนที่ผ่านวัตถุบางชนิดแล้วเกิดการกระจายของแสงออกไปโดยรอบทำให้แสงเคลื่อนที่ไม่เป็นเส้นตรงเรียกวัตถุนั้นว่า วัตถุโปร่งแสง เช่น กระดาษฝ้า กระดาษไข พลาสติกฝ้า เป็นต้น ส่วนวัตถุที่ไม่ยอมให้แสงเคลื่อนที่ผ่านไปได้เรียกว่า วัตถุทึบแสง เช่น ผนังคอนกรีต กระดาษแข็งหนา ๆ เป็นต้น วัตถุทึบแสงจะสะท้อนแสงบางส่วนและดูดกลืนแสงบางส่วนไว้ทำให้เกิดเงาขึ้น

แสงคือ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงความยาวคลื่นที่สายตามนุษย์มองเห็น แสงจะแสดงสมบัติเป็นทวิภาวะคือเป็นทั้งคลื่น (wave) และอนุภาค (particle) ในเวลาเดียวกัน กล่าวคือ

1. แสงเป็นคลื่น ในศตวรรษที่ 18 แมกซ์เวลล์ (James C. Maxwell) ค้นพบว่าแสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเช่นเดียวกับคลื่นไมโครเวฟ คลื่นวิทยุ รังสียูวี รังสีเอกซ์เรย์และรังสี

แกมมา คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแต่ละชนิดแตกต่างกันที่ความยาวคลื่น และเรียกแถบความยาวคลื่นทั้งหมดของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าว่า แถบสเปกตรัม โดยที่ระนาบการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กตั้งฉากกับระนาบการเปลี่ยนแปลงของสนามไฟฟ้า และตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น และแสงก็มีการเลี้ยวเบนด้วย ซึ่งการเลี้ยวเบนก็แสดงสมบัติของคลื่น แสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่อยู่ในช่วงของสเปกตรัมที่สามารถมองเห็นได้ซึ่งมีความยาวคลื่นระหว่างประมาณ 400 – 750 nm ดังภาพที่ 2-1



ภาพที่ 1 สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

สมบัติที่สำคัญของคลื่น คือ ความยาวคลื่น (wavelength) แอมพลิจูด (amplitude) และเฟส (phase) ซึ่งทำให้คลื่นสามารถแสดงสมบัติที่สำคัญคือการหักเห (refraction) การสะท้อน (refraction) การแทรกสอด (interference) และการเลี้ยวเบน (diffraction)

2. แสงเป็นอนุภาค ไอน์สไตน์ (A. Einstein) เป็นบุคคลแรกที่สามารถอธิบายปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กตริก (photoelectric effects) ได้ โดยพิจารณาว่าแสงมีลักษณะเป็นก้อนๆ เรียกว่าโฟตอน (photon) วิ่งมาชนผิวของโลหะแล้วถ่ายทอดโมเมนตัมให้กับอิเล็กตรอน ซึ่งพลังงานของแสงที่ชนจะขึ้นอยู่กับความถี่ของแสง นั่นคือโฟตอนของแสงสีม่วงมีพลังงานมากกว่าโฟตอนของแสงสีแดง

แสงเป็นก้อนพลังงานมีค่าพลังงาน $E = hf$ โดยที่ h คือค่าคงตัวของพลังค์ และ f คือความถี่ของแสง เรียกอนุภาคแสงว่าโฟตอน เมื่อฉายแสงไปตกกระทบที่ผิวของโลหะแล้วทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกมา โดยที่พลังงานจลน์ของอิเล็กตรอนที่หลุดออกมาจะไม่ขึ้นอยู่กับความเข้ม (แอมพลิจูด) ของแสง แต่จะขึ้นอยู่กับความถี่ เรียกปรากฏการณ์ดังกล่าวว่า “ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กตริก”

แสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่อยู่ในช่วงสเปกตรัม ที่สามารถมองเห็นได้ คือ อยู่ในย่านความถี่ 380 THz (3.8×10^{14} Hz) ถึง 750 THz (7.5×10^{14} Hz) จากความสัมพันธ์ระหว่างความเร็ว (v) ความถี่ (f) และ ความยาวคลื่น (λ) ของแสง และ ความเร็วของแสงในสุญญากาศมีค่าคงที่ ดังนั้นเราจึงสามารถจำแนกแสงโดยใช้ตามความยาวคลื่นได้ โดยแสงที่เรามองเห็นได้ข้างต้นนั้นจะมีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 400 nm และ 800 nm (ในสุญญากาศ)

สมบัติของแสง

1. การสะท้อนของแสง เมื่อแสงตกกระทบผิวของวัตถุใด ๆ โดยที่พื้นที่ผิวของวัตถุไม่ดูดกลืนพลังงานแสงทั้งหมด พลังงานที่เหลือจะสะท้อนออกมาจากผิวของวัตถุนั้น ๆ ไม่ว่าวัตถุจะมีผิวอย่างไร การสะท้อนของแสงจะเป็นไปตามกฎการสะท้อนของแสง คือ รังสีตกกระทบ รังสีสะท้อน และเส้นแนวฉาก อยู่บนระนาบเดียวกัน และมุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน เมื่อรังสีของแสงตกกระทบผิววัตถุที่จุดใด ถ้าเราลากเส้นตั้งฉากกับผิววัตถุนั้น เส้นตั้งฉากที่ลากนี้ เรียกว่าเส้นแนวฉาก และเรียกมุมที่รังสีตกกระทบทำกับเส้นแนวฉากว่า มุมตกกระทบ มุมที่รังสีสะท้อนทำกับแนวฉาก เรียกว่า มุมสะท้อน วัตถุที่สะท้อนแสงได้ดีจะต้องมีผิวเรียบและเป็นมัน เช่น กระจกเงา จะทำให้เกิดการสะท้อนอย่างมีระเบียบ แต่ถ้าวัตถุที่มีผิวไม่เรียบจะเกิดการสะท้อนไม่มีระเบียบ แต่การสะท้อนของแสงเป็นไปตามกฎการสะท้อนของแสง

2. การหักเหของแสง เมื่อแสงเดินทางพรอยต่อระหว่างตัวกลางหรือแสงเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางต่างชนิดกันจะทำให้ทางเดินของแสงเปลี่ยนไปและเกิดการหักเห การหักเหจะเกิดขึ้นเฉพาะผิวรอยต่อของตัวกลางเท่านั้น เงื่อนไขของการหักเห คือ แสงผ่านตัวกลางสองชนิด แสงผ่านผิวรอยต่อของตัวกลาง และแนวทางเดินของแสงต้องไม่ตั้งฉากกับผิวรอยต่อของตัวกลางคู่แสง จึงจะเกิดการหักเหขึ้น

3. การแทรกสอดของแสง เกิดได้ต่อเมื่อคลื่นแสง 2 ขบวนเคลื่อนที่มาพบกัน จะเกิดการรวมตัวกันและแทรกสอดกันเกิดเป็นแถบมืดและแถบสว่างบนฉาก โดยแหล่งกำเนิดแสงจะต้องเป็นแหล่งกำเนิดอาพันธ์ (Coherent Source) คือเป็นแหล่งกำเนิดที่ให้คลื่นแสงที่มีความถี่ ความยาวคลื่น และแอมพลิจูดเท่ากัน แถบสว่างบนฉากเกิดจากการแทรกสอดแบบเสริมและแถบมืดเกิดจากการแทรกสอดแบบหักล้าง

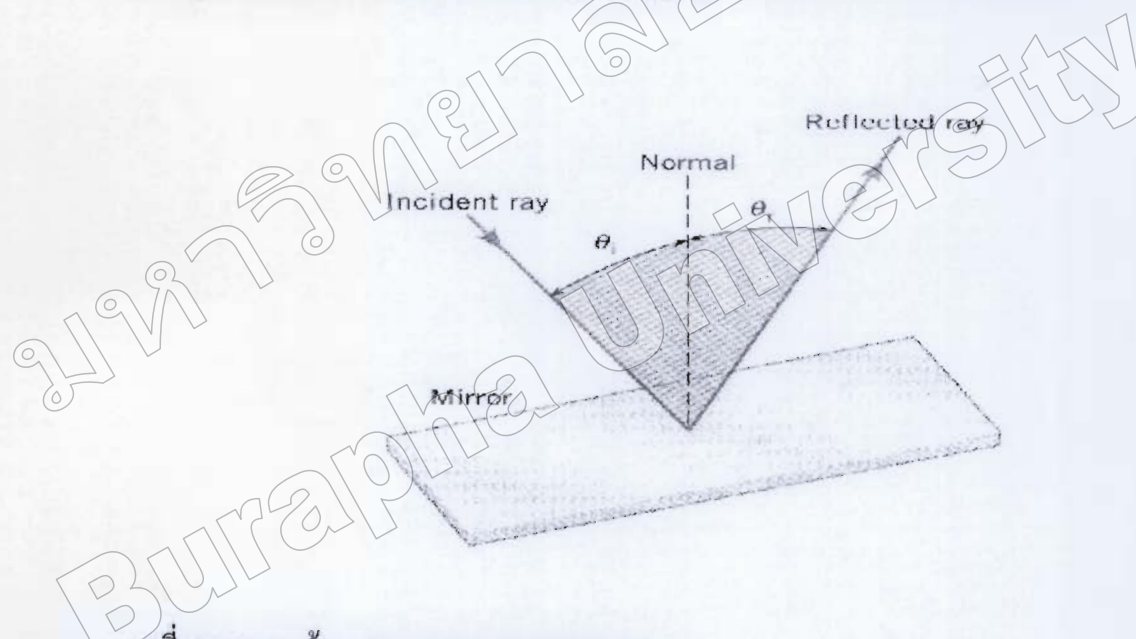
4. การเลี้ยวเบนของแสง การเลี้ยวเบนแสงเป็นปรากฏการณ์ที่คลื่นเปลี่ยนเส้นทางการเคลื่อนที่ เมื่อผ่านสิ่งกีดขวางขนาดเล็กหรือที่บีบหรือช่องเปิดขนาดเล็ก การเลี้ยวเบนสามารถเกิดได้ดีเมื่อสิ่งกีดขวางหรือช่องเปิดมีขนาดเท่ากับหรือน้อยกว่าความยาวคลื่นของแสงที่ตกกระทบ ถ้าสลิตเดี่ยวมีความกว้างใกล้เคียงกับความยาวคลื่นของแสงที่ตกกระทบ จะเกิดการแทรกสอดเป็น

แถบมืดและแถบสว่างสลับกัน ส่วนการเลี้ยวเบนผ่านสลิตคู่ เมื่อคลื่นเลี้ยวเบนผ่านสลิตคู่ไปจะเกิดการแทรกสอดกัน และเป็นไปตามเงื่อนไขการแทรกสอด

การสะท้อนของแสง

การสะท้อนของแสง คือ การที่รังสีของแสงตกกระทบกับสิ่งกีดขวาง แล้วจะเกิดการสะท้อนกลับ ตามกฎของการสะท้อนดังนี้

1. รังสีตกกระทบ รังสีสะท้อน และเส้นปกติต้องอยู่ในระนาบเดียวกัน
2. มุมตกกระทบ (incident angle) มีขนาดเท่ากับมุมสะท้อน (reflected angle) เมื่อแสงจากแหล่งกำเนิดตกกระทบบนผิวของวัตถุจะเกิดการสะท้อนแสง และการสะท้อนจะเกิดขึ้นได้ก็ถ้าวัตถุนั้นมีผิวเรียบ เป็นมัน เช่น ผิวของโลหะขัดมัน ผิวกระจกเงาระนาบ เป็นต้น



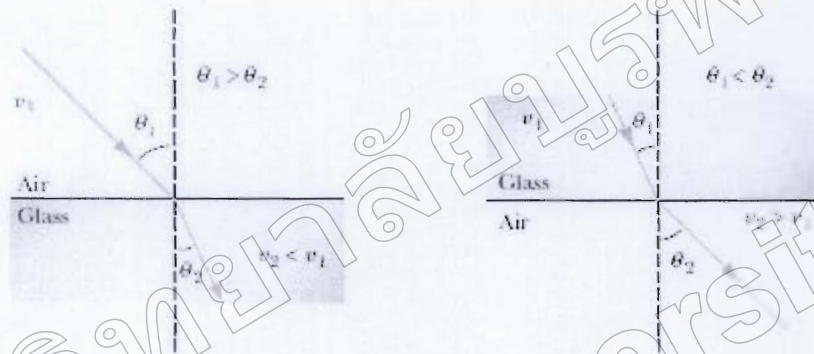
ภาพที่ 2 การสะท้อนของแสงบนกระจกเงาระนาบ

การหักเหของแสง

การหักเหของแสง คือ การที่รังสีของแสงตกกระทบและเข้าสู่ตัวกลางใหม่โดยทำมุมมุมหนึ่ง โดยรังสีของแสงนี้เมื่อเปลี่ยนตัวกลาง ความเร็วและทิศทางจะเปลี่ยน รังสีที่หักเหออกมาจะเรียกว่า รังสีหักเห (refracted ray) การหักเหของแสงนั้นแบ่งออกตามการเบี่ยงเบนของรังสีหักเหได้เป็น 2 แบบ คือ

1. การหักเหเข้า คือ การที่รังสีหักเหเบนเข้าหาเส้นปกติ เกิดจากการที่รังสีของแสงเดินทางจากตัวกลางที่มีความหนาแน่นน้อยไปสู่ตัวกลางที่มีความหนาแน่นมากกว่า เช่น เดินทางจากอากาศไปสู่น้ำ เป็นต้น

2. การหักเหออก คือ การที่รังสีหักเหเบนออกจากเส้นปกติ เกิดจากการที่รังสีของแสงเดินทางจากตัวกลางที่มีความหนาแน่นมากไปสู่ตัวกลางที่มีความหนาแน่นน้อยกว่า เช่น เดินทางจากน้ำไปสู่อากาศ เป็นต้น



ภาพที่ 3 การหักเหเข้าและหักเหออกของแสง จากเลนส์บาง (ปวีณา ธารักษ์, 2551)

โดยการหักเหที่มีการเชื่อมต่อของตัวกลางนี้ เกิดขึ้นเนื่องจากเมื่อคลื่นแสงเดินทางกระทบเข้าสู่ตัวกลางใหม่ มันจะเปลี่ยนความเร็วและความยาวคลื่น แต่ความถี่ของแสงยังคงเดิม ซึ่งการหักเหจะเป็นไปตามกฎของสเนลล์ (Snell's law)

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} \quad (1)$$

โดยที่ n_1 คือ ค่าดัชนีหักเหของตัวกลางที่ 1
 n_2 คือ ค่าดัชนีหักเหของตัวกลางที่ 2
 θ_1 คือ มุมตกกระทบในตัวกลางที่ 1
 θ_2 คือ มุมหักเหในตัวกลางที่ 2

ค่าดัชนีหักเห

ค่าดัชนีหักเห (refractive index) คือ อัตราส่วนของอัตราเร็วของแสงในสุญญากาศ c ซึ่งมีค่าคงตัวประมาณ 2.99792458×10^8 m/s กับอัตราเร็วของแสงในตัวกลางใด ๆ ตัวเลขค่าดัชนีหักเห นั้น โดยทั่วไปมีค่ามากกว่าหนึ่ง โดยยิ่งวัสดุมีความหนาแน่นมากกว่าเท่าไร แสงก็จะเดินทางได้ช้าลงเท่านั้น ดังนั้นค่าดัชนีในวัตถุหนึ่ง ๆ คือ ค่าที่บอกว่ารังสีของแสงมีการเบี่ยงเบนไปมากหรือน้อย เมื่อแสงผ่านเข้าไปในวัตถุนั้น ค่าดัชนีหักเหยิ่งสูง แสงยิ่งเบนมาก ตัวอย่างเช่น แสงจะเบนในตัวกลางที่เป็นแก้วมากกว่าในตัวกลางที่เป็นอากาศ หรือในน้ำ เพราะว่าแก้วหักเหแสงได้ดีกว่า หรืออาจกล่าวได้ว่าแก้วมีค่าดัชนีหักเหสูงกว่าอากาศหรือน้ำ ซึ่งหาค่าได้ดังสมการ

$$n = \frac{c}{v} \quad (2)$$

โดยที่ n คือ ค่าดัชนีหักเหของตัวกลาง

c คือ อัตราเร็วของแสงในสุญญากาศ (m/s)

v คือ อัตราเร็วของแสงในตัวกลาง (m/s)

ปัจจัยที่มีผลต่อค่าดัชนีหักเห

1. ความยาวคลื่นแสง

ความยาวคลื่นแสงมีความสำคัญกับค่าดัชนีหักเห เนื่องจากเมื่อแสงเดินทางตกกระทบเข้าสู่ตัวกลางใหม่ มันจะเปลี่ยนอัตราเร็วและความยาวคลื่น แต่ความถี่ของแสงยังคงเดิม ซึ่งจะทำให้เกิดการหักเหขึ้น

2. อุณหภูมิของตัวกลาง

อุณหภูมิของตัวกลางเป็นปัจจัยที่สำคัญ อันเนื่องมาจากการที่ตัวกลางหนึ่งได้รับความร้อนมากขึ้น มีอุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้โมเลกุลเกิดการสั่นสะเทือนและเคลื่อนที่มากขึ้น จึงเกิดการขยายตัวของตัวกลางทำให้ความหนาแน่นของตัวกลางลดลง ดังนั้นแสงจะเดินทางในตัวกลางได้เร็วขึ้น จะเกิดการเบี่ยงเบนแสงน้อยกว่าตัวกลางที่มีความหนาแน่นมาก

3. ชนิดของตัวกลาง

แสงเดินทางในตัวกลางใด ๆ ด้วยความเร็วที่ต่างกัน และในตัวกลางที่มีสถานะก๊าซ แสงจะเดินทางได้เร็วที่สุด และในตัวกลางที่มีสถานะเป็นของแข็ง แสงจะเดินทางได้ช้าที่สุด จึงเป็นผลให้ค่าดัชนีหักเหของตัวกลางต่างชนิดกันมีค่าต่างกันไป ดังแสดงในตารางที่ 1

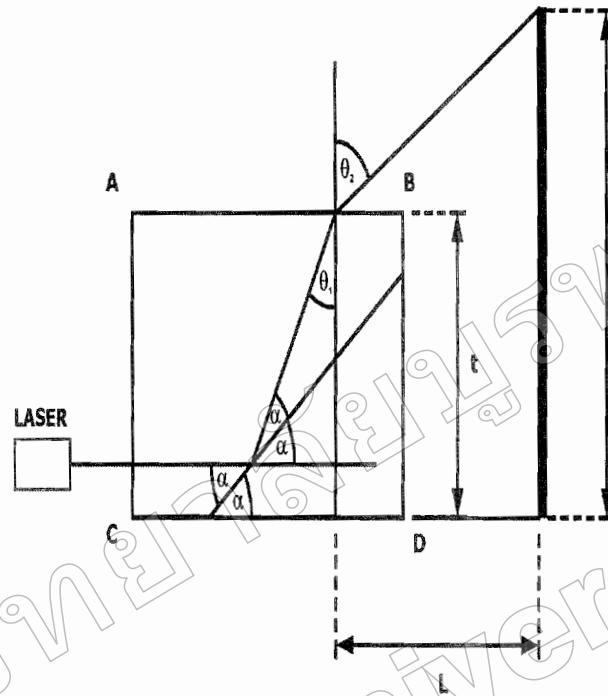
ตารางที่ 1 ค่าดัชนีหักเหของสารต่างชนิดต่าง ๆ (วัชร รัตสัมฤทธิ์, 2553)

ชื่อสาร	ค่าดัชนีหักเห
สุญญากาศ	1.0
อากาศ	1.00029
คาร์บอนไดออกไซด์	1.00045
ฮีเลียม	1.000034
น้ำ (20 °C)	1.3330
กลีเซอริน	1.4700
เอทิลแอลกอฮอล์	1.3617
เมทิลแอลกอฮอล์	1.3292
เบนซิน	1.5014
คาร์บอนไดซัลไฟด์	1.6279
น้ำเชื่อม 50%	1.4200
แก้ว, light crown	1.517
แก้ว, dense crown	1.588
แก้ว, heavy crown	1.579
ฟลูออไรท์	1.434
เพชร	2.417

4. ความเข้มข้นของตัวกลาง (ความหนาแน่นของตัวกลาง)

ถ้าความหนาแน่นของตัวกลางลดลง แสงจะเดินทางในตัวกลางได้เร็วขึ้น และเกิดการเบี่ยงเบนแสงน้อยกว่าตัวกลางที่มีความหนาแน่นมากกว่า

4. หลักการทำงานของชุดทดลอง



ภาพที่ 4 หลักการทำงานของชุดทดลอง

จากภาพที่ 4 แสงเลเซอร์จากตัวชี้เลเซอร์ที่ใช้เป็นแหล่งกำเนิดแสง ส่องเข้าไปในกล่องกระจกใสที่บรรจุของเหลวความสูง t ที่ต้องการหาค่าดัชนีหักเห ตัวกลางที่ 1) ในแนวระนาบ ตกกระทบบนกระจกเงารูปที่วางทำมุม α กับแนวทางการเดินทางของแสงเลเซอร์ ซึ่งจะสะท้อนขึ้นด้านบนของกล่องกระจกใสไปตกกระทบบนรอยต่อของตัวกลางที่ 1 (ของเหลว) ทำมุม θ_1 แล้วหักเหผ่านออกสู่ตัวกลางที่ 2 (อากาศ) ทำมุม θ_2 ไปตกกระทบบนฉากที่ตำแหน่งความสูง H โดยฉากรับแสงนี้วางห่างเป็นระยะ L จากตำแหน่งจุดหักเหของแสงเลเซอร์จากตัวกลางที่ 1 สู่ตัวกลางที่ 2 วัดระยะต่าง ๆ และนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองหาค่าดัชนีหักเหของของเหลวด้วยการหักเหแสงจากสมการความสัมพันธ์ (4-2)

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\sin \left(\tan^{-1} \frac{L}{H-t} \right)}{\sin (90 - 2\alpha)} \quad (3)$$

โดยที่

- n_1 คือ ค่าดัชนีหักเหของของเหลว
 n_2 คือ ค่าดัชนีหักเหของอากาศ
 α คือ มุมระหว่างกระจกกับแสงเลเซอร์
 t คือ ความสูงของของเหลว (m)
 H คือ ความสูงของเลเซอร์ที่กระทบฉาก (m)
 L คือ ระยะจากจุดหักเหที่ผิวของเหลวถึงฉาก (m)

5. วัสดุ-อุปกรณ์ ในการทดลอง

ชุดทดลองที่นำไปใช้ มีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน ดังนี้

1. ส่วนของตัวชุดทดลอง

1.1 โครงไม้เป็นฐานสำหรับวางกล่องกระจกใส ขนาด 20 x 80 x 30 cm

1.2 ฉากรับแสง ขนาด 20 x 100 cm



ภาพที่ 5 ส่วนตัวชุดทดลอง

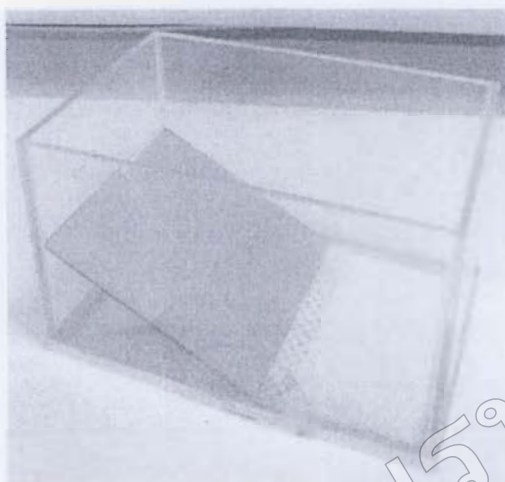
2. ส่วนของกล่องกระจกสำหรับใส่ของเหลว

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



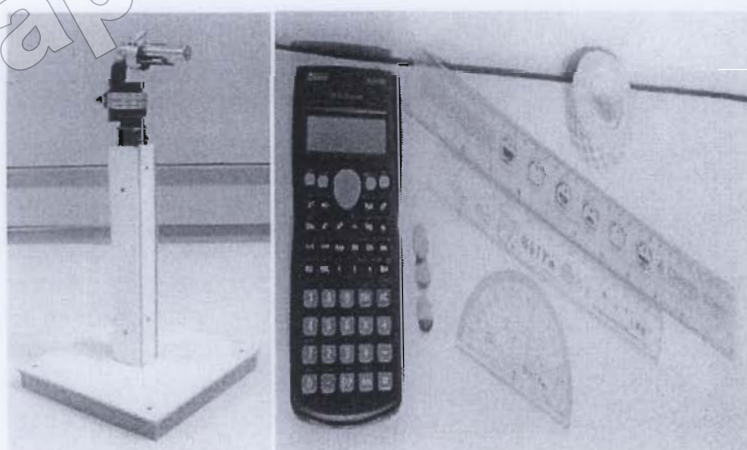
ภาพที่ 6 กล้องกระจกใสสำหรับบรรจุของเหลวในชุดทดลอง

3. ส่วนของวัสดุ – อุปกรณ์ ที่ใช้ร่วมกับชุดทดลอง

3.1 แหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์ $\lambda = 650 \pm 10 \text{ nm}$ (พร้อมชุดจับและขาตั้งตัวชี้เลเซอร์ (laser pointer))

3.2 ชุดเครื่องมือวัด ได้แก่ ไม้บรรทัดแบบวัดมุม ไม้บรรทัดแบบวัดความยาว และ เครื่องคิดเลขแบบวิทยาศาสตร์

3.3 เครื่องคอมพิวเตอร์ประสิทธิภาพสูงใช้ในการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ผล



ภาพที่ 7 ส่วนของวัสดุ – อุปกรณ์ ที่ใช้ร่วมกับชุดทดลอง

6. วิธีดำเนินการทดลอง

1. ดำเนินการทดลองและเก็บข้อมูลจากชุดทดลอง มีขั้นตอนและรายละเอียดดังนี้

1.1 จัดเตรียมวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่

1.1.1 ชุดทดลองที่สร้างขึ้นประกอบด้วย กล่องกระจกใสสำหรับบรรจุของเหลว กระจกเงาราบ ฉาก แหล่งกำเนิดแสง (เลเซอร์)

1.1.2 ของเหลวที่ใช้ทดลอง คือ น้ำ กลีเซอริน และเอทิลแอลกอฮอล์

1.1.3 ชุดเครื่องมือวัด ได้แก่ ไม้บรรทัด เครื่องคิดเลขแบบวิทยาศาสตร์

1.1.4 เครื่องคอมพิวเตอร์ประสิทธิภาพสูงใช้ในการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ผล

1.2 ดำเนินการทดลอง ตามขั้นตอนดังนี้

1.2.1 ติดตั้งชุดทดลองการหักเหของแสงของเหลวด้วยการหักเหแสง ดัง

ภาพที่ 8



ภาพที่ 8 ลักษณะการติดตั้งอุปกรณ์ เพื่อทดลอง

1.2.2 กำหนดมุมระหว่างกระจกกับแสงเลเซอร์ (α) คือ 30 องศา

1.2.3 วัดความสูงของของเหลวในกล่องกระจกใสสำหรับใส่ของเหลว (l)

บันทึกค่าไว้

1.2.4 วัดระยะจากจุดหักเหที่ผิวของของเหลวถึงฉาก (L) บันทึกค่าไว้

1.2.5 วัดความสูงของแสงเลเซอร์ที่กระทบฉาก (H) บันทึกค่าไว้

1.2.6 ทำการทดลองข้อ 1.2.2 – 1.2.5 ซ้ำ กับของเหลวชนิดเดียวกัน

จำนวน 3 ครั้ง

1.2.7 เปลี่ยนของเหลวที่ใช้ทดลองเป็นกลีเซอริน และเอทิลแอลกอฮอล์ โดยแต่

ละชนิดให้ทำการทดลองตามข้อ 1.2.2 – 1.2.6

1.3 การทดลองและคำนวณหาค่าดัชนีหักเหของของเหลวแต่ละชนิด

1.3.1 คำนวณค่าดัชนีหักเหของของเหลวแต่ละชนิด (n_d) จากสมการ (3)

1.3.2 หาค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (Relative Error) หรือ Percent Error (%Error) คือ ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนได้จากค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เปรียบเทียบกับค่าจริง

$$\%Error = \left| \frac{X_t - X_m}{X_t} \right| \times 100\% \quad (4)$$

โดยที่ %Error คือค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน

X_t คือค่าที่ยอมรับได้หรือค่าจริง

X_m คือค่าที่ได้จากการทดลอง

1.3.3 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

รายงานการทดลอง เรื่องค่าดัชนีหักเหของของเหลว

กิจกรรม การใช้ชุดทดลองหาค่าดัชนีหักเหของของเหลวด้วยการหักเหแสง

ชื่อผู้ทดลอง.....	ระดับชั้น.....	เลขที่.....
ชื่อผู้ร่วมทดลอง.....	ระดับชั้น.....	เลขที่.....
ชื่อผู้ร่วมทดลอง.....	ระดับชั้น.....	เลขที่.....
ชื่อผู้ร่วมทดลอง.....	ระดับชั้น.....	เลขที่.....
ชื่อผู้ร่วมทดลอง.....	ระดับชั้น.....	เลขที่.....

วัตถุประสงค์ของการทดลอง

1. นักเรียนสามารถอธิบายการหักเหแสง ค่าดัชนีหักเหของของเหลว และคำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้
2. นักเรียนสามารถใช้ชุดทดลองหาค่าดัชนีหักเหของของเหลวด้วยการหักเหแสง

คำถามก่อนการทดลอง

ให้นักเรียนบอกตัวแปรที่มีผลต่อค่าดัชนีหักเหของของเหลว

.....

.....

.....

.....

.....

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ค่าที่วัดได้	ของเหลว		
			
α			
t (cm)			
L (cm)			
H (cm)			
$H - t$ (cm)			
$\frac{L}{H - t}$			
$\tan^{-1} \frac{L}{H - t}$			
$\sin \left(\tan^{-1} \frac{L}{H - t} \right)$			
$\sin (90 - 2\alpha)$			
n			
%Error			

คำถามระหว่างการทดลอง

นักเรียนคิดว่าค่าดัชนีหักเหของของเหลวต่างชนิดกัน เหมือนหรือต่างกันอย่างไร และปัจจัยใดที่ส่งผลให้ค่าดัชนีหักเหของของเหลวต่างกัน

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามหลังการทดลอง

การใช้ชุดทดลองหาค่าดัชนีหักเหของของเหลว มีความคลาดเคลื่อนมากน้อยเพียงใด มีสาเหตุจากอะไรบ้าง

.....

.....

.....

.....

อภิปรายผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะจากการทดลอง

.....

.....

.....

.....