

การออกแบบชุดทดลองเรื่องคุณสมบัติของแสงเชิงเรขาคณิต รายวิชา PHY 224 ปฏิบัติการฟิสิกส์ 2

Design of Experiment Kit in PHY 224 : Physics Laboratory II
on Geometrical Properties of Light

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปรีญา อนุพงษ์องอาจ¹

บทคัดย่อ

ในการวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อออกแบบและพัฒนาชุดทดลองเรื่องคุณสมบัติของแสงเชิงเรขาคณิต รายวิชา PHY224 ปฏิบัติการฟิสิกส์ 2 โดยอาศัยหลักการทางฟิสิกส์และทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ ผลการวิจัยได้ ออกแบบและสร้างชุดทดลองเรื่องคุณสมบัติของแสงเชิงเรขาคณิตที่สามารถวัดมุมตกกระทบ มุมหักเหของแสง โดยใช้ Power Supply ทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายไฟให้กับแหล่งกำเนิดแสง และมีวงจรวัดความเข้มแสง โดย แสดงผลของความเข้มด้วยค่าของความต่างศักย์ไฟฟ้า โดยใช้โวลต์มิเตอร์เป็นเครื่องแสดงผลออกมาเป็นตัวเลข นอกจากนี้ยังได้ทำการทดสอบวัดประสิทธิภาพ และประสิทธิผลของชุดทดลอง และการศึกษาในระดับความคิดเห็น ของนักศึกษาเกี่ยวกับความพึงพอใจต่อชุดทดลองเรื่องคุณสมบัติของแสงเชิงเรขาคณิต รายวิชา PHY 224 ปฏิบัติการฟิสิกส์ 2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้เป็นนักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาปฏิบัติการ ฟิสิกส์ 2 (PHY 224) ในภาคเรียนที่ 3 ปีการศึกษา 2555 จำนวน 29 คน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ผลการวิจัยพบว่า

1. ประสิทธิภาพของชุดทดลองเรื่องคุณสมบัติของแสงเชิงเรขาคณิตที่ออกแบบและพัฒนา เมื่อทำการ ทดสอบการทำงานของเครื่องในด้านคุณสมบัติการสะท้อนของแสง พบว่ามุมสะท้อนที่ได้จากการทดลองเทียบกับ มุมสะท้อนทางทฤษฎีมีค่าเท่ากัน และเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนมีค่า 0.00 เมื่อทดสอบคุณสมบัติการหักเห ของแสง พบว่าเมื่อแสงเดินทางจากตัวกลางที่มีความหนาแน่นมากไปสู่ตัวกลางที่มีความหนาแน่นน้อย แสงหักเห จะเบนออกจากเส้นปกติ และเมื่อแสงเดินทางจากตัวกลางที่มีความหนาแน่นน้อยไปสู่ตัวกลางที่มีความหนาแน่น มาก แสงหักเหจะเบนเข้าหาเส้นปกติ นอกจากนี้ยังหาค่าดัชนีหักเหของตัวกลาง พบว่ามีเปอร์เซ็นต์ความ คลาดเคลื่อน 0.53% ส่วนค่ามุมวิกฤตเฉลี่ยของตัวกลาง พบว่า มีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน 0.88% และ ทำการทดสอบคุณสมบัติการสะท้อนกลับหมด พบว่าเมื่อให้แสงตกกระทบทำมุมน้อยกว่ามุมวิกฤต ความเข้ม

¹ อาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต โทร.02-9972200 ต่อ 5052

แสงสะท้อนจะมีค่าลดลง 28.05% แต่ถ้าให้แสงตกกระทบทำมุมมากกว่ามุมวิกฤตความเข้มแสงสะท้อนจะมีค่าเพิ่มขึ้น 3.04%

2. ประสิทธิภาพของชุดทดลองพบว่า ค่าประสิทธิภาพของชุดทดลองเรื่องคุณสมบัติของแสงเชิงเรขาคณิต มีค่า 0.74 แสดงให้เห็นว่าชุดทดลองนี้ ทำให้ผู้เรียนมีความรู้เพิ่มขึ้นร้อยละ 74

3. การศึกษาระดับความคิดเห็นของนักศึกษาเกี่ยวกับความพึงพอใจต่อชุดทดลองเรื่องคุณสมบัติของแสงเชิงเรขาคณิต รายวิชา PHY224 ปฏิบัติการฟิสิกส์ 2 พบว่า มีความพึงพอใจเฉลี่ยมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.52 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.627

คำสำคัญ : คุณสมบัติของแสงเชิงเรขาคณิต ชุดทดลอง ปฏิบัติการฟิสิกส์

Abstract

The purposes of the study were to design and develop an experiment kit for the course PHY 224 by applying the principle of physics and electronics. The implication of the design and development of the experiment kit on geometrical properties of light led to the reflective angle and refractive angle by using the power supply generated the electromotive force to the light source and the measuring intensity of light circuit and display by using a digital voltmeter to show the intensity of light in the form of voltage. Besides, the effectiveness of the experiment kit was studied through students' opinions towards the experiment kit. The subjects included 29 engineering students who registered in the course Laboratory Physics II (PHY 224) in the third semester of the academic year 2012, selected by purposive sampling technique. The obtained data were analyzed by SPSS statistical packages.

The findings of the study were as the followings:

1. In terms of the effectiveness of the experiment kit in PHY 224 : Physics Laboratory II, on Geometrical Properties of Light that was designed and developed, it was found, when tested the property of reflection of light, that the reflection angle of the experiment compared with the theoretical angle were equal and the percentage of error was 0.00. When the property of refraction of light refraction was tested, it was found that, when the light traveled from a dense medium to a less dense medium, refracted light was bent away from the normal line and when the light traveled from a less dense medium to a more dense medium, the refracted light was bent toward the normal line. For the refractive

index of the medium, a percentage error of 0.53% was found and the average value of the critical angle of the medium showed a percentage error of 0.88%. The testing of internal reflection properties, showed that when light was incident at an angle less than the critical angle, the reflected light intensity was decreased by 28.05%. But if the light was incident at an angle greater than the critical angle, the reflected light intensity was increased by 3.04%.

2. The achievement scores of the students interacting with the experiment kit in PHY 224: Physics Laboratory II on Geometrical Properties of Light was 0.74; that meant the students increased in knowledge by 74 percent after the experiment.

3. The mean scores and standard deviation of students' opinions toward the experiment kit in PHY224: Physics Laboratory II, on Geometrical Properties of Light were found to be 4.52 and 0.627 respectively.

Keywords : Geometrical Properties of Light , Experiment Kit , Physics Laboratory

บทนำ

วิชาฟิสิกส์เป็นสาขาพื้นฐานที่สำคัญของวิทยาศาสตร์ จะเห็นได้ว่าการพัฒนาทางเทคโนโลยีจะไปได้ไกลนัก ถ้าขาดความรู้พื้นฐานทางฟิสิกส์ ดังนั้นการศึกษาทางฟิสิกส์จึงเป็นสิ่งจำเป็นควบคู่ไปกับการพัฒนาเทคโนโลยี

Frederick Dainton (1972:22) ได้กล่าวถึงความสำคัญของวิชาฟิสิกส์ไว้ว่า “ในบรรดาวิชาต่างๆ ทั้งหมดในวิทยาศาสตร์ วิชาฟิสิกส์เปิดโอกาสให้มีการค้นพบความรู้พื้นฐานที่สำคัญมากที่สุด วิชาฟิสิกส์อยู่ในหัวใจของวิทยาศาสตร์”

ปัจจุบันการนำสื่อการสอนนวัตกรรมมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนกำลังเป็นที่สนใจกันอย่างกว้างขวาง ทั้งนี้ด้วยเหตุผลที่การศึกษาในปัจจุบันมุ่งที่จะพัฒนาผู้เรียนให้รู้จักคิดเป็น ทำเป็น และมีรับความผิดชอบตนเอง ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนจึงต่างไปจากเดิม คือมุ่งให้ผู้เรียนรู้จักวิธีแสวงหาความด้วยตนเอง โดยมีผู้สอนทำหน้าที่คอยช่วยเหลือแนะนำ ผู้สอนจำเป็นต้องนำเอาวิธีการสอนใหม่ๆ พร้อมทั้งสื่อการสอนและนวัตกรรมทางการศึกษามาใช้เพื่อให้การเรียนการสอนดำเนินการไปอย่างมีประสิทธิภาพ

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิตได้จัดการเรียนการสอนนักศึกษาในกลุ่มสาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์และวิทยาศาสตร์สุขภาพ ซึ่งการจัดการเรียนการสอนทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนั้น นักศึกษาจะต้องเรียนรู้ทฤษฎีและการปฏิบัติ ในการเรียนวิชาปฏิบัติการนั้น จำเป็นต้องให้นักศึกษาได้ปฏิบัติหรือทดลองจริง เพื่อให้กระบวนการเรียนการสอนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีจุดประสงค์ที่จะให้นักศึกษานำเอาปรากฏการณ์ที่สังเกตได้ หรือต้องการศึกษาเข้ามาสู่ห้องทดลองหรือห้องปฏิบัติการ และดำเนินการทดลองเพื่อที่จะตอบคำถามที่ต้องการทราบ โดยความน่าเชื่อถือของการทดลองเป็นเรื่องที่สำคัญมาก การทดลองที่มีความน่าเชื่อถือสูงจะต้องประกอบด้วยการใช้เครื่องมือในการวัดข้อมูลที่เหมาะสม มีความละเอียดเพียงพอ มีการดำเนินวิธีการทดลองที่รอบคอบ มีการนำผลการทดลองมาวิเคราะห์ได้อย่างเหมาะสม และถูกต้องแม่นยำ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีเครื่องมือปฏิบัติการต่างๆ ที่มีประสิทธิภาพ เพื่อรองรับและสนับสนุนการเรียนการสอน

สำหรับวิชาปฏิบัติการฟิสิกส์ 2 นี้ การทดลองเรื่องคุณสมบัติเชิงเรขาคณิตของแสง เป็นการศึกษาคุณสมบัติทางด้านการสะท้อนของแสง การหักเหของแสง การเกิดมุมวิกฤตและปรากฏการณ์การสะท้อนกลับหมดของแสง รวมถึงการวัดความเข้มแสงก่อนและหลังการเกิดปรากฏการณ์ว่ามีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร การทดลองในเรื่องคุณสมบัติของแสงที่กล่าวมานี้มีความสำคัญ เนื่องจากคุณสมบัติต่างๆ เหล่านี้ เมื่อนักศึกษามีความรู้และความเข้าใจ นักศึกษาก็จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องได้ เช่น การส่งสัญญาณคลื่นผ่านเส้นใยนำแสง เป็นต้น

ปัจจุบันเทคโนโลยีเกี่ยวกับอุปกรณ์ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์มีความเจริญก้าวหน้า อีกทั้งมีราคาถูกลง ทางผู้วิจัยเห็นว่าสามารถนำเทคโนโลยีด้านนี้มาออกแบบชุดทดลองเรื่องคุณสมบัติของแสงเชิงเรขาคณิตได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อออกแบบชุดทดลองเรื่องคุณสมบัติของแสงเชิงเรขาคณิต รายวิชา PHY224 ปฏิบัติการฟิสิกส์ 2
2. ใช้ชุดทดลองนี้เพื่อศึกษาคุณสมบัติของแสงในด้านการสะท้อนการหักเหโดยสามารถหาค่ามุมสะท้อนดัชนีหักเหของตัวกลางที่แสงเคลื่อนที่ผ่าน มุมวิกฤตของตัวกลาง รวมถึงหาค่ามุมสะท้อนกลับหมดและความเข้มของแสงในปรากฏการณ์การสะท้อนกลับหมดได้อย่างถูกต้อง
3. เพื่อศึกษา ประสิทธิภาพและประสิทธิผลของชุดทดลอง และศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อชุดทดลองเรื่องคุณสมบัติของแสงเชิงเรขาคณิตรายวิชา PHY224 ปฏิบัติการฟิสิกส์ 2

วิธีดำเนินการวิจัย (Methods)

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักศึกษาที่เรียนวิชาปฏิบัติการฟิสิกส์ 2 (PHY 224) ในภาคเรียนที่ 3 ปีการศึกษา 2555 จำนวน 1 กลุ่ม ซึ่งมีจำนวน 29 คน
2. กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาที่เรียนวิชาปฏิบัติการฟิสิกส์ 2 (PHY 224) ในภาคเรียนที่ 3 ปีการศึกษา 2555 จำนวน 1 กลุ่ม จำนวน 29 คน ได้มาโดยวิธีสุ่มแบบเจาะจง (โดยใช้กลุ่มนักศึกษาที่ผู้วิจัยรับผิดชอบสอน)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. ชุดทดลองที่ออกแบบโดยผู้วิจัยเรื่องคุณสมบัติของแสงเชิงเรขาคณิต รายวิชา PHY224 ปฏิบัติการฟิสิกส์ 2
2. แบบทดสอบก่อนเรียนเรื่องคุณสมบัติของแสงเชิงเรขาคณิต และแบบทดสอบหลังเรียนเรื่องคุณสมบัติของแสงเชิงเรขาคณิต
3. แบบสอบถามความพึงพอใจชุดทดลองเรื่องคุณสมบัติของแสงเชิงเรขาคณิต รายวิชา PHY224 ปฏิบัติการฟิสิกส์ 2

ขั้นตอนการออกแบบและจัดทำชุดทดลอง

ในการออกแบบและสร้างชุดทดลองเรื่องคุณสมบัติของแสงเชิงเรขาคณิต รายวิชา PHY224 ปฏิบัติการฟิสิกส์ 2 มีขั้นตอน ดังนี้

1. ศึกษาและรวบรวมเอกสารข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเรื่องคุณสมบัติของแสงเชิงเรขาคณิต รายวิชา PHY224 ปฏิบัติการฟิสิกส์ 2 จากเอกสารคำสอนวิชาฟิสิกส์ทั่วไป 2 และ ฟิสิกส์ 2 (PHY133 และ PHY223) เรียบเรียงโดย ผศ.ปรีญา อนุพงษ์ของอาจ
2. กำหนดขอบเขตและรูปแบบของชุดทดลองเรื่องคุณสมบัติของแสงเชิงเรขาคณิต รายวิชา PHY224 ปฏิบัติการฟิสิกส์ 2 พร้อมทั้งออกแบบและสร้างชุดทดลอง การออกแบบแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่หนึ่งเป็น

การออกแบบโครงสร้างของชุดทดลอง ส่วนที่สองเป็นการออกแบบกล่องควบคุม โดยกล่องควบคุมประกอบการทำงานด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนที่หนึ่งเป็น Power Supply ทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้กับกล่องแสง ส่วนที่สองเป็นวงจร Differential Amplifier ต่อกับโวลต์มิเตอร์ชนิดดิจิตอล ซึ่งทำหน้าที่แสดงผลของความเข้มแสงในรูปของสัญญาณความต่างศักย์ไฟฟ้า

ขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพและประสิทธิผลของชุดทดลอง

1. การทดสอบประสิทธิภาพชุดทดลองเรื่องคุณสมบัติของแสงเชิงเรขาคณิต รายวิชา PHY224 ปฏิบัติการฟิสิกส์ 2 เพื่อการทดสอบโดยหาค่ามุมสะท้อน ค่าดัชนีหักเหแสงของตัวกลาง มุมวิกฤต มุมสะท้อนกลับหมด และความเข้มแสงก่อนและหลังสะท้อน โดยมีการทดสอบดังนี้

1.1 ทดสอบการสะท้อนของแสง เมื่อมุมตกกระทบมีค่าเท่ากับ 50, 55, 60, 65 และ 70 องศา วัดมุมสะท้อนที่เกิดขึ้น โดยทำการทดสอบ 3 ครั้ง

1.2 ทดสอบการหักเหของแสงเพื่อหาค่าดัชนีหักเหของตัวกลาง โดยมีการทดสอบ 2 ตอนคือ

ตอนที่ 1 เมื่อแสงเดินทางจากตัวกลางที่มีความหนาแน่นมากไปสู่ตัวกลางที่มีความหนาแน่นน้อย โดยในที่นี้ให้แสงเดินทางจากตัวกลางที่หนึ่งคือแก้ว ไปสู่ตัวกลางที่สองคืออากาศ เมื่อให้แสงตกกระทบทำมุม 10, 20, 30 40 องศา และ 50 องศา กับเส้นปกติ แสงจะเกิดการหักเห แล้ววัดมุมหักเหที่เกิดขึ้น

ตอนที่ 2 เมื่อแสงเดินทางจากตัวกลางที่มีความหนาแน่นน้อยไปสู่ตัวกลางที่มีความหนาแน่นมาก โดยในที่นี้ให้แสงเดินทางจากตัวกลางที่หนึ่งคืออากาศ ไปสู่ตัวกลางที่สองคือแก้ว เมื่อให้แสงตกกระทบทำมุม 10, 20, 30, 40 และ 50 องศา กับเส้นปกติ แล้ววัดมุมหักเหที่เกิดขึ้น

1.3 ทดสอบหามุมวิกฤตของตัวกลางที่แสงเดินทางผ่าน

1.4 ทดสอบปรากฏการณ์สะท้อนกลับหมด วัดมุมสะท้อน พร้อมทั้งเปรียบเทียบความเข้มแสงตกกระทบและความเข้มแสงสะท้อนในกรณีที่มีมุมตกกระทบน้อยกว่ามุมวิกฤต และมุมตกกระทบมากกว่ามุมวิกฤต

2. การทดสอบประสิทธิผลของชุดทดลองเรื่องคุณสมบัติของแสงเชิงเรขาคณิต รายวิชา PHY224 ปฏิบัติการฟิสิกส์ 2 ทำโดยเลือกกลุ่มตัวอย่างได้มาโดยวิธีสุ่มแบบเจาะจง ให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบก่อนเรียนเรื่องคุณสมบัติของแสงเชิงเรขาคณิต จากนั้นให้กลุ่มตัวอย่างทำการทดลองเรื่องคุณสมบัติของแสงเชิงเรขาคณิต หลังจากทำการทดลองเสร็จแล้ว ให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบหลังเรียนเรื่องคุณสมบัติของแสงเชิงเรขาคณิต นำข้อมูลผลการทดสอบที่ได้มาวิเคราะห์เชิงสถิติ

3. การประเมินผลความพึงพอใจของผู้ใช้ชุดทดลอง โดยใช้แบบสอบถามความพึงพอใจต่อการใช้ชุดทดลองเรื่องคุณสมบัติของแสงเชิงเรขาคณิต รายวิชา PHY224 ปฏิบัติการฟิสิกส์ 2 โดยแบบสอบถามแบ่งออกเป็น 2 ตอน

ตอนที่ 1 ความคิดเห็นของนักศึกษาเกี่ยวกับความพึงพอใจชุดทดลองเรื่องคุณสมบัติของแสงเชิงเรขาคณิต รายวิชา PHY224 ปฏิบัติการฟิสิกส์ 2 มีลักษณะเป็นแบบปลายปิด 5 ระดับ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้ ส่วนที่ 1 ลักษณะทางกายภาพ และส่วนที่ 2 การนำไปใช้งาน

ตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม มีลักษณะเป็นแบบปลายเปิด

โดยกำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการแปลความหมายของความคิดเห็นของนักศึกษาเกี่ยวกับความพึงพอใจชุดทดลองเรื่องคุณสมบัติของแสงเชิงเรขาคณิต รายวิชา PHY224 ปฏิบัติการฟิสิกส์ 2 ออกเป็น 5 ระดับ ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย 4.50 – 5.00 แสดงว่า เห็นด้วยมากที่สุด

คะแนนเฉลี่ย 3.50 – 4.49 แสดงว่า เห็นด้วยมาก

คะแนนเฉลี่ย 2.50 – 3.49 แสดงว่า เห็นด้วยปานกลาง

คะแนนเฉลี่ย 1.50 – 2.49 แสดงว่า เห็นด้วยน้อย

คะแนนเฉลี่ย 1.00 – 1.49 แสดงว่า เห็นด้วยน้อยที่สุด

ให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับความพึงพอใจชุดทดลองเรื่องคุณสมบัติของแสงเชิงเรขาคณิต รายวิชา PHY224 ปฏิบัติการฟิสิกส์ 2 นำข้อมูลจากแบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับความพึงพอใจชุดทดลองเรื่องคุณสมบัติของแสงเชิงเรขาคณิต รายวิชา PHY224 ปฏิบัติการฟิสิกส์ 2 มาวิเคราะห์ผล ข้อมูลทางสถิติ

สถิติที่ใช้ในการวิจัย

เมื่อรวบรวมข้อมูลจากผลการทดลองและแบบสอบถามมาได้แล้ว ผู้วิจัยนำมาวิเคราะห์ผล ดังนี้
เมื่อรวบรวมข้อมูลจากผลการทดลองและแบบสอบถามมาได้แล้ว ผู้วิจัยนำมาวิเคราะห์ผล ดังนี้

1. ผลการทดสอบชุดทดลองเรื่องคุณสมบัติของแสงเชิงเรขาคณิต รายวิชา PHY224 ปฏิบัติการฟิสิกส์ 2 คำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของผลการทดลองเทียบกับค่ามาตรฐาน (ค่าดัชนีหักเหของแก้ว = 1.5) (ปริยา อนุพงษ์ของอาจ. 2553 : 211) สามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน} = \left| \frac{S - E}{S} \right| \times 100\%$$

โดย S แทนค่ามาตรฐาน และ E แทนค่าผลการทดลอง

2. นำผลคะแนนการทดสอบก่อนเรียนและผลคะแนนการทดสอบหลังเรียนมาหาค่าประสิทธิภาพผลของชุดทดลอง โดยงานวิจัยนี้หาค่าดัชนีประสิทธิผลของชุดทดลองโดยใช้วิธีของ กูดแมน เฟรทเซอร์ และ ชไนเดอร์ (Goodman, et al. , 1980 : 30 – 34) มีสูตรดังนี้

$$\text{ดัชนีประสิทธิผล} = \frac{\text{ผลรวมของคะแนนทดสอบหลังเรียน} - \text{ผลรวมของคะแนนทดสอบก่อนเรียน}}{(\text{จำนวนผู้เรียนทั้งหมด})(\text{คะแนนเต็ม}) - \text{ผลรวมของคะแนนสอบก่อนเรียน}}$$

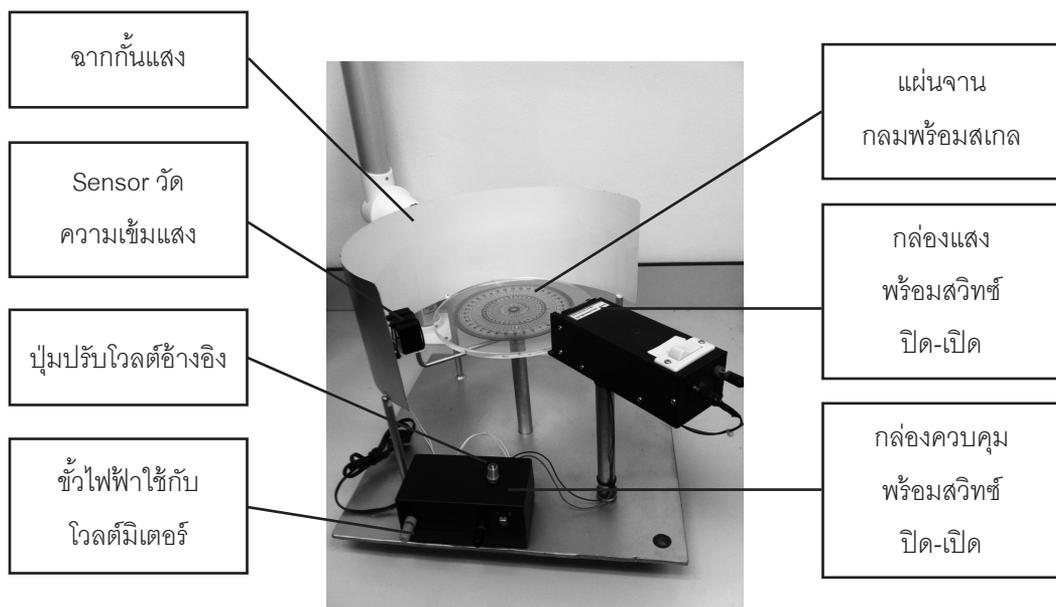
3. ข้อมูลจากแบบสอบถามนำมาวิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 17.0 ได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

3.1 ข้อมูลเกี่ยวกับความคิดเห็นของนักศึกษาเกี่ยวกับ ความพึงพอใจชุดทดลองเรื่องคุณสมบัติของแสงเชิงเรขาคณิต รายวิชา PHY224 ปฏิบัติการฟิสิกส์ 2 วิเคราะห์ความคิดเห็นโดยหาค่าความถี่ (Frequency) และสรุปออกมาเป็นร้อยละ (Percentage)

3.2 ข้อมูลเกี่ยวกับความคิดเห็นของนักศึกษาเกี่ยวกับ ความพึงพอใจชุดทดลองเรื่องคุณสมบัติของแสงเชิงเรขาคณิต รายวิชา PHY224 ปฏิบัติการฟิสิกส์ 2 ลักษณะแบบประเมินเป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) วิเคราะห์โดยใช้วิธีหาค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD) และสรุปตามเกณฑ์การให้คะแนน

ผลการวิจัย

1. การออกแบบและสร้างชุดทดลองเรื่องคุณสมบัติของแสงเชิงเรขาคณิต รายวิชา PHY224 ปฏิบัติการฟิสิกส์ 2 โดยผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างชุดทดลอง ทำให้ได้ชุดการทดลองมีลักษณะตามที่ออกแบบ ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ชุดทดลองคุณสมบัติของแสงเชิงเรขาคณิต

ชุดทดลองเรื่องคุณสมบัติของแสงเชิงเรขาคณิต รายวิชา PHY224 ปฏิบัติการฟิสิกส์ 2 ประกอบด้วย
ฐานรองชุดทดลองทำด้วยแผ่นเหล็กขนาด กว้าง 40 cm ยาว 40 cm และหนา 5 cm ทำหน้าที่รองรับชุดทดลอง
ฐานชุดทดลองติดตั้งอยู่บนสกรู 4 ตัว ที่สามารถปรับระดับได้ตามที่ต้องการ ใช้กล่องแสงเป็นแหล่งกำเนิดแสง
โดยเป็นกล่องพลาสติก ปลายด้านหนึ่งปิด ติดหัวไฟฟ้าพร้อมหลอดไฟฮาโลเจน อีกด้านเป็นช่องสำหรับเสียบสลิต
มีสลิตอยู่ด้านบน ใช้ไฟฟ้ากระแสตรง 12 VDC ติดตั้งบนแท่งเหล็กเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.1 cm สูง 19.7 cm
ซึ่งติดตั้งบนฐานรองรับชุดทดลอง แผ่นจานกลมอะคริลิกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 cm หนา 8 cm ทำหน้าที่
เป็นแผ่นหมุนโดยมีแผ่นกลมสเกลมาตรฐานวัดมุมได้ตั้งแต่ 0-360 องศา ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 cm ติดตั้ง
บนแผ่นจานกลม โดยทั้งหมดติดตั้งอยู่บนแท่งเหล็กเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.1 cm สูง 19 cm และมีแป้นรองชุดทดลอง
ที่สามารถหมุนได้ 360 องศา รองรับผ่านจาน LDR ทำหน้าที่เป็น Sensor เป็นอุปกรณ์ใช้วัดความเข้มแสง
โดยยึดติดกับแท่งเหล็กยาว 18 cm ที่ปลายข้างหนึ่ง ส่วนปลายอีกข้างหนึ่งของแท่งเหล็กยึดติดกับแป้นหมุน ทำให้
Sensor สามารถหมุนได้รอบแผ่นจาน และมีสกรูล็อกที่แป้นหมุน ในกรณีที่ต้องการให้แผ่นจานหมุนและ Sensor
หยุดนิ่ง นอกจากนี้ชุดทดลองยังประกอบด้วยกล่องควบคุม สวิตช์สำหรับ เปิด-ปิด การทำงาน ภายในกล่อง
ควบคุมประกอบการทำงานด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เป็น Power Supply ทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้า
ให้กับกล่องแสง ส่วนที่ 2 เป็นวงจรวัดความเข้มแสง โดยต่อกับโวลต์มิเตอร์ชนิดดิจิทัล ซึ่งทำหน้าที่แสดงผล
ของความเข้มแสงในรูปของสัญญาณความต่างศักย์ไฟฟ้า โดยกล่องควบคุมติดตั้งอยู่บนฐานรองชุดทดลอง
โดยบนกล่องควบคุมมีปุ่มปรับ Voltage Adjust เพื่อปรับค่าความเข้มแสงเริ่มต้น ด้านบนเป็นแผ่นเหล็กขนาด
กว้าง 15 cm ยาว 65 cm หนา 2 mm ดัดเป็นรูปครึ่งวงกลมรัศมี 18.5 cm ซึ่งทำหน้าที่เป็นฉากรองรับแสง
ยึดติดกับแท่งโลหะจำนวน 3 แท่ง ซึ่งทำหน้าที่เป็นขาตั้งของฉากรับแสงโดยขาตั้งของฉากรับแสงนี้ติดตั้งอยู่บน
ฐานรองชุดทดลอง

2. การทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลอง โดยทดสอบคุณสมบัติการสะท้อนแสง เมื่อมุมตกกระทบมี
ค่าเท่ากับ 50, 55, 60, 65 และ 70 องศา โดยทำการทดสอบ 3 ครั้ง พบว่า มุมสะท้อนที่ได้จากการทดลองเทียบกับ
มุมสะท้อนทางทฤษฎีมีค่าเท่ากัน และเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนมีค่า 0.00

3. การทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลอง โดยทดสอบคุณสมบัติการหักเหของแสง พบว่าเมื่อแสง
เดินทางจากตัวกลางที่มีความหนาแน่นมากไปสู่ตัวกลางที่มีความหนาแน่นน้อย โดยในที่นี้ให้แสงเดินทางจาก
ตัวกลางที่ 1 คือ แก้ว ไปสู่ตัวกลางที่ 2 คือ อากาศ โดยดัชนีหักเหของอากาศ มีค่าเท่ากับ 1 พบว่า เมื่อให้แสง
ตกกระทบทำมุม 10, 20, 30 และ 40 องศา กับเส้นปกติ แสงจะเกิดการหักเห โดยมุมหักเหมีค่าเฉลี่ย 15.2, 30.5,
48.0 และ 75.3 องศา ตามลำดับ แต่ถ้ามุมตกกระทบ = 50 องศา ไม่สามารถวัดค่ามุมหักเหได้ เนื่องจากแสงเกิด
การสะท้อนกลับหมด และเมื่อคำนวณหาค่าดัชนีหักเหของตัวกลาง ซึ่งในที่นี้ใช้แก้วเป็นตัวกลาง สามารถหาค่า
ดัชนีหักเหเฉลี่ยของแก้วได้เท่ากับ 1.50 โดยมีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน 1.64% และเมื่อแสงเดินทางจาก
ตัวกลางที่มีความหนาแน่นน้อยไปสู่ตัวกลางที่มีความหนาแน่นมาก โดยในที่นี้ให้แสงเดินทางจากตัวกลางที่ 1
คือ อากาศ ไปสู่ตัวกลางที่ 2 คือ แก้ว โดยดัชนีหักเหของอากาศ มีค่าเท่ากับ 1 พบว่า เมื่อให้แสงตกกระทบ
ทำมุม 10, 20, 30, 40 และ 50 องศา กับเส้นปกติ แสงจะเกิดการหักเห โดยมุมหักเหมีค่าเฉลี่ย 6.7, 13.0, 19.3,

25.0 และ 30.2 องศา ตามลำดับ และเมื่อคำนวณหาค่าดัชนีหักเหของตัวกลาง ซึ่งในที่นี้ใช้แก้วเป็นตัวกลาง สามารถหาค่าดัชนีหักเหเฉลี่ยของแก้วได้เท่ากับ 1.512 โดยมีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน 0.53%

4. การทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองโดยหาค่ามุมวิกฤตของตัวกลางพบว่า ค่ามุมวิกฤตเฉลี่ยจากการทดลองมีค่า 41.5 องศา มีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน 0.88%

5. การทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองโดยทำการทดสอบคุณสมบัติการสะท้อนกลับหมด พบว่า เมื่อให้แสงตกกระทบทำมุมน้อยกว่ามุมวิกฤต ความเข้มแสงสะท้อนจะมีค่าลดลง 28.05% แต่ถ้าให้แสงตกกระทบทำมุมมากกว่ามุมวิกฤต ความเข้มแสงสะท้อนจะมีค่าเพิ่มขึ้น 3.04%

6. การทดสอบประสิทธิภาพผลของชุดทดลองพบว่า คะแนนรวมแบบทดสอบก่อนเรียนมีค่าเท่ากับ 198 คะแนน จากคะแนนเต็มรวมทั้งหมด 290 คะแนน และคะแนนเฉลี่ยแบบทดสอบก่อนเรียนมีค่าเท่ากับ 6.83 คะแนน จากคะแนนเต็ม 10 คะแนน คะแนนรวมแบบทดสอบหลังเรียนมีค่าเท่ากับ 266 คะแนน จากคะแนนเต็มรวมทั้งหมด 290 คะแนน และคะแนนเฉลี่ยแบบทดสอบหลังเรียนมีค่าเท่ากับ 9.17 คะแนน จากคะแนนเต็ม 10 คะแนน และเมื่อนำผลคะแนนรวมแบบทดสอบก่อนเรียนและคะแนนรวมแบบทดสอบหลังเรียน มาคำนวณหาค่าประสิทธิภาพของชุดทดลองเรื่องคุณสมบัติของแสงเชิงเรขาคณิต ค่าประสิทธิภาพของชุดทดลองเรื่องคุณสมบัติของแสงเชิงเรขาคณิต มีค่า 0.74

7. การศึกษาระดับความคิดเห็นของนักศึกษาเกี่ยวกับความพึงพอใจต่อชุดทดลองเรื่องคุณสมบัติของแสงเชิงเรขาคณิต รายวิชา PHY224 ปฏิบัติการฟิสิกส์ 2 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาปฏิบัติการฟิสิกส์ 2 (PHY224) จำนวน 29 คน เมื่อนำระดับความคิดเห็นของนักศึกษาเกี่ยวกับความพึงพอใจต่อชุดทดลองเรื่องคุณสมบัติของแสงเชิงเรขาคณิต รายวิชา PHY224 ปฏิบัติการฟิสิกส์ 2 มาวิเคราะห์รายชื่อพบว่า

● ลักษณะทางกายภาพ

1. ชุดทดลองมีความสวยงาม ขนาดเหมาะสม ระดับความคิดเห็นของนักศึกษามากที่สุดคือ เห็นด้วยมาก จำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 51.7

2. ชุดทดลองมีความเหมาะสมต่อการใช้งาน ระดับความคิดเห็นของนักศึกษามากที่สุดคือ เห็นด้วยมากที่สุด จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 58.6

3. ชุดทดลองมีความแข็งแรง ระดับความคิดเห็นของนักศึกษามากที่สุดคือ เห็นด้วยมาก จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 55.2

4. ชุดทดลองง่ายต่อการเก็บรักษา ระดับความคิดเห็นของนักศึกษามากที่สุดคือ เห็นด้วยมากที่สุด จำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 51.7

5. วัสดุที่นำมาสร้างชุดทดลองหาได้ง่ายและราคาถูก ระดับความคิดเห็นของนักศึกษามากที่สุดคือ เห็นด้วยมากที่สุด จำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 48.3

6. ชิ้นส่วนของชุดทดลองสามารถหาค่าได้ง่าย ระดับความคิดเห็นของนักศึกษามากที่สุดคือ เห็นด้วยมากที่สุด จำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 69.0

7. ชิ้นส่วนของชุดทดลองสามารถซ่อมแซมและเปลี่ยนง่าย ระดับความคิดเห็นของนักศึกษามากที่สุดคือ เห็นด้วยมาก จำนวน 21 คน คิดเป็นร้อยละ 72.4

● ความเหมาะสมต่อการนำไปใช้งาน

1. ชุดทดลองติดตั้งง่าย ระดับความคิดเห็นของนักศึกษามากที่สุดคือ เห็นด้วยมากที่สุด จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 65.5

2. การวางทัศนอุปกรณ์สามารถทำได้ง่ายและสะดวก ระดับความคิดเห็นของนักศึกษามากที่สุดคือ เห็นด้วยมากที่สุด จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 65.5

3. สเกลบนชุดทดลองสามารถอ่านได้ง่าย ระดับความคิดเห็นของนักศึกษามากที่สุดคือ เห็นด้วยมากที่สุด จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 55.2

4. การต่อโวลต์มิเตอร์เข้าใช้งานได้ง่าย ระดับความคิดเห็นของนักศึกษามากที่สุดคือ เห็นด้วยมากที่สุด จำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 69.0

5. การวัดแสงจากเซ็นเซอร์สามารถใช้งานง่าย ระดับความคิดเห็นของนักศึกษามากที่สุดคือ เห็นด้วยมาก จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 65.5

6. ชุดทดลองนี้สามารถใช้ทดสอบคุณสมบัติของแสงเชิงเรขาคณิตได้ ระดับความคิดเห็นของนักศึกษามากที่สุดคือ เห็นด้วยมากที่สุด จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 58.6

นอกจากนี้ เมื่อคำนวณหาค่าระดับเฉลี่ย พบว่า มีค่าเท่ากับ 4.52 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.627

ผู้ตอบข้อเสนอนี้แบบปลายเปิดของแบบสอบถามระดับความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อชุดทดลองเรื่องคุณสมบัติของแสงเชิงเรขาคณิต มีจำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 3.45 และผู้ไม่ตอบข้อเสนอนี้แบบปลายเปิดมีจำนวน 28 คน คิดเป็นร้อยละ 96.55 โดยข้อเสนอนี้แบบปลายเปิดของผู้ตอบแบบสอบถาม คือ อุปกรณ์มีน้อยไม่เพียงพอแก่นักศึกษา และควรมีชุดทดลองเพิ่มมากกว่านี้อย่างยิ่ง

อภิปรายผลการวิจัย

ในการออกแบบและสร้างชุดทดลองเรื่องคุณสมบัติของแสงเชิงเรขาคณิต รายวิชา PHY224 ปฏิบัติการฟิสิกส์ 2 ทำให้ได้ชุดทดลองที่สามารถใช้ในการทดสอบคุณสมบัติของแสงเชิงเรขาคณิต ซึ่งสามารถศึกษาคุณสมบัติการสะท้อนของแสง การหักเหของแสง การหาค่ามุมวิกฤตของตัวกลาง การสะท้อนกลับหมดของแสง อีกทั้งยังสามารถหาค่าความเข้มแสงได้ โดยเมื่อทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลอง โดยทดสอบคุณสมบัติ

การสะท้อนแสง พบว่า มุมสะท้อนที่ได้จากการทดลองเทียบกับมุมสะท้อนทางทฤษฎีมีค่าเท่ากัน และมีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนมีค่า 0.00 ทดสอบคุณสมบัติการหักเหของแสง พบว่าเมื่อแสงเดินทางจากตัวกลางที่มีความหนาแน่นมากไปสู่ตัวกลางที่มีความหนาแน่นน้อย แสงหักเหจะเบนออกจากเส้นปกติ และเมื่อแสงเดินทางจากตัวกลางที่มีความหนาแน่นน้อยไปสู่ตัวกลางที่มีความหนาแน่นมาก แสงหักเหจะเบนเข้าหาเส้นปกติ นอกจากนี้ยังหาค่าดัชนีหักเหของตัวกลาง พบว่ามีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน 0.53% หาค่ามุมวิกฤตเฉลี่ยของตัวกลาง พบว่า มีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน 0.88% และทำการทดสอบคุณสมบัติการสะท้อนกลับหมด พบว่าเมื่อให้แสงตกกระทบทำมุมน้อยกว่ามุมวิกฤต ความเข้มแสงสะท้อนจะมีค่าลดลง 28.05% แต่ถ้าให้แสงตกกระทบทำมุมมากกว่ามุมวิกฤต ความเข้มแสงสะท้อนจะมีค่าเพิ่มขึ้น 3.04% และการทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองพบว่า ค่าประสิทธิภาพของชุดทดลองเรื่องคุณสมบัติของแสงเชิงเรขาคณิต มีค่า 0.74 แสดงให้เห็นว่าชุดทดลองนี้ ทำให้ผู้เรียนมีความรู้เพิ่มขึ้นร้อยละ 74 การศึกษาระดับความคิดเห็นของนักศึกษาเกี่ยวกับความพึงพอใจต่อชุดทดลองเรื่องคุณสมบัติของแสงเชิงเรขาคณิต รายวิชา PHY224 ปฏิบัติการฟิสิกส์ 2 พบว่า มีความพึงพอใจเฉลี่ยมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.52 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.627 แสดงว่า นักศึกษามีความพึงพอใจต่อการใช้ชุดทดลองนี้ อยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด ผู้ตอบข้อเสนอนี้แบบปลายเปิดของแบบสอบถามมีข้อเสนอแนะ คือ อุปกรณ์มีน้อยไม่เพียงพอแก่นักศึกษา และควรมีชุดทดลองเพิ่มมากกว่านี้อย่างยิ่ง

จากผลทดสอบทางด้านประสิทธิภาพและประสิทธิภาพของชุดทดลอง รวมถึงผลการศึกษาระดับความคิดเห็นของนักศึกษาที่มีต่อชุดทดลองนี้ แสดงให้เห็นว่าชุดทดลองนี้สามารถนำมาใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนในวิชาปฏิบัติการฟิสิกส์ 2 ได้

ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป

แผ่นงานที่มีสเกลองศาควรเป็นพื้นสีขาว เพื่อให้ง่ายการอ่านค่า ควรติดตั้ง Sensor วัดแสงให้หมุนได้อย่างอิสระ และในการวัดความเข้มแสงควรใช้ Lux Meter ในการวัดความเข้มแสงซึ่งดีกว่าการใช้โวลต์มิเตอร์ที่วัดความเข้มแสงออกมาในรูปของศักย์ไฟฟ้า

บรรณานุกรม

- ธวัช แก้วกัณฑ์. (2553). *เอกสารประกอบการสอนวิชาอิเล็กทรอนิกส์ 2 (BMI323)*. ม.ป.ท.: คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต.
- ปรีชา อนุพงษ์อาจ.(2553). *ฟิสิกส์2และ ฟิสิกส์ทั่วไป 2 (PHY223, PHY133)*. (พิมพ์ครั้งที่13).
- โรงพิมพ์ ปทุมธานี : ศูนย์สนับสนุนและพัฒนาการเรียนการสอน มหาวิทยาลัยรังสิต.
- สาโรจน์ จงสละ. (2553). *การใช้ชุดทดลองทัศนศาสตร์เพื่อเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนเรื่องเลนส์ และทัศนอุปกรณ์*. ค้นเมื่อ 18 เมษายน 2556, จาก<http://www.tci-thaijo.org/index.php/Veridian-E-Journal/article/view/7534>
- Dainton, F. (1972). *Teaching School Physics*. London : William Clowes & Sons.
- Goodman, R.I., & K.A., Fletcher., & E.W., Schneider. (1980, September). The Effectiveness Index as Comparative Measure in Media Product Evaluation. *Educational Technology*, 20, 30-34.