บทความวิจัย

โมเดลอย่างง่ายจากหนังยางเพื่อสืบเสาะกฎของสเนลล์

อิสสระ พิมวัน[1] และสุระ วุฒิพรหม[2,*]
[1]สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
[2]ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
**Email: sura.w@ubu.ac.th*

รับบทความ: 23 ธันวาคม 2564 แก้ไขบทความ: 11 กุมภาพันธ์ 2565 ยอมรับตีพิมพ์: 14 กุมภาพันธ์ 2565

บทคัดย่อ

การทดลองเป็นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการค้นหาความรู้ ทดสอบสมมติฐาน หรือศึกษาปรากฏการณ์ การทดลองการหักเหของคลื่นแสงจำเป็นต้องใช้วัสดุอุปกรณ์ที่แสดงให้เห็นปรากฏการณ์ได้อย่างชัดเจน เพื่อไม่ให้ผู้เรียนเกิดแนวคิดคลาดเคลื่อน ผู้วิจัยจึงพัฒนาแบบจำลองการหักเหของคลื่นแสงอย่างง่ายจากหนังยาง งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาความเข้าใจแนวคิดเรื่องการหักเหของคลื่นแสงของนักเรียน ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับแบบจำลองการหักเหของคลื่นแสงอย่างง่าย กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวนนักเรียน 36 คนได้มาโดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ จำนวน 2 แผน และ แบบทดสอบความเข้าใจเรื่องการหักเหของแสง วิเคราะห์ข้อมูลโดยการทดสอบที (t-test) และค่าความก้าวหน้าทางการเรียนตามวิธีของ Hake ผลการวิจัยพบว่าผู้เรียนมีคะแนนจากแบบทดสอบเรื่องการหักเหของคลื่นแสงหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ค่าความก้าวหน้าทางการเรียน เท่ากับ 0.71 จัดอยู่ในระดับสูง และยังพบอีกว่าหลังเรียนนักเรียนให้เหตุผลถูกต้องเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับแบบจำลองการหักเหของแสงอย่างง่ายสามารถพัฒนาความเข้าใจแนวคิดเรื่องการหักเหของคลื่นแสงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: การหักเหของคลื่นแสง แบบจำลองการหักเหอย่างง่าย กฎของสเนลล์ หนังยาง

อ้างอิงบทความนี้
อิสสระ พิมวัน และสุระ วุฒิพรหม. (2565). โมเดลอย่างง่ายจากหนังยางเพื่อสืบเสาะกฎของสเนลล์. **วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา**, 5(1), 97-106. http://doi.org/10.14456/jsse.2022.9

ลิขสิทธิ์โดย คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

Research Article

A simple model from rubber to investigate Snell's law

Itsara Phimwan[1] and Sura Wuttiprom[2,*]

[1]Science Education Program, Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

[2]Department of Physics, Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

**Email: sura.w@ubu.ac.th*

Received <23 December 2021>; Revised <11 February 2022>; Accepted <14 February 2022>

Abstract

An experiment is a scientific procedure used to discover knowledge, test hypotheses, or demonstrate phenomena. To avoid concepts being misunderstood, refraction of light wave experiments necessitates materials that clearly demonstrate the phenomenon. As a result, researchers created a simple model of light wave refraction by rubber bands. The goal of this study is to improve students' conceptual understanding of light wave refraction before and after teaching an inquiry-based learning approach with a simple model of light wave refraction. A purposive sample of 36 students in grade 11 in the second semester of the academic year 2020 was used to establish the sample. The research tools include two inquiry-based learning approach learning plans, a simple model of light wave refraction and a light wave refraction conceptual test. The t–test statistic and Hake's method for learning gain were used to analyse the data. At a confidence level of .05, the results indicate that students' post-test scores on the refraction of light waves conceptual test were significantly higher than their pre-test scores. The Hake's method for learning gain value is 0.71, which is a high gain. It was also discovered that after studying, students provided more accurate reasoning. An inquiry-based learning approach combined with a simple model of light wave refraction has been shown to effectively improve understanding of the concept of light wave refraction.

Keywords: Light wave refraction, Simple model of light wave refraction, Snell's law, Rubber band

Cite this article:

Phimwan, I. and Wuttiprom, S. (2022). A simple model from rubber to investigate Snell's law (in Thai). **Journal of Science and Science Education**, 5(1), 97-106. http://doi.org/10.14456/jsse.2022.9

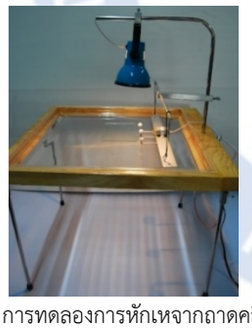
Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

บทนำ

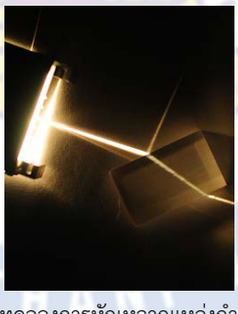
ฟิสิกส์เป็นวิทยาศาสตร์กายภาพที่ศึกษาและอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ ความรู้ทางฟิสิกส์ที่ถูกค้นพบเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ รวมถึงอุตสาหกรรม วิชาฟิสิกส์จึงปรากฏในหลักสูตรทุกระดับตั้งแต่ประถมศึกษาถึงมหาวิทยาลัย (Prongsamrong, 2006) อย่างไรก็ตาม วิชาฟิสิกส์เป็นวิชาหนึ่งที่ผู้เรียนมีปัญหาในการเรียนและมีทัศนคติเชิงลบ ในประเทศไทยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์ส่วนใหญ่เน้นการบรรยาย (lecture based-teaching หรือ traditional teaching) จากงานวิจัยทางฟิสิกส์ศึกษาตลอดระยะเวลากว่า 50 ปี ชี้ให้เห็นว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวไม่ช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาความเข้าใจแนวคิดเชิงมโนมติ (conceptual understanding) ฟิสิกส์อย่างแท้จริง ต่างจากรูปแบบการจัดการเรียนรู้เชิงรุก (active learning) ที่ทำให้ผู้เรียนเข้าใจทั้งแนวคิดและแก้ไขแนวคิดคลาดเคลื่อน (misconception) ไปพร้อมกัน (Bunloet *et al.*, 2019; Feemuasarn *et al.*, 2017)

การประยุกต์ใช้สื่อ เช่น วัสดุ อุปกรณ์ นวัตกรรม ในจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความจำเป็น เนื่องจากสื่อเป็นตัวกลางของการสื่อสารระหว่างผู้สอนและผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาได้ลึกซึ้ง เพิ่มการมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ ทำเรื่องยากให้เป็นเรื่องง่าย เปลี่ยนความรู้จากนามธรรมเป็นรูปธรรม เป็นต้น วิชาฟิสิกส์จำเป็นต้องอาศัยสื่อประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อใช้ในการศึกษาและอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ เช่น การพัฒนาความเข้าใจเรื่องการหักเหของแสงของ Sokolowski (2013) ใช้สื่อการวาดรูปแสดงเส้นรังสี เส้นแนวฉาก และมุมระหว่างเส้นรังสีกับเส้นปกติ (Maneechan 2010) ใช้สื่อวัสดุ อุปกรณ์ เรื่อง ลึกจริงลึกปรากฏ และ Deephad and Jongsala (2008) ใช้สื่อวัสดุ อุปกรณ์ หาค่าดัชนีหักเห

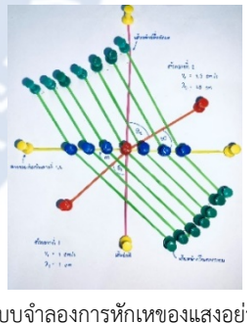
นอกจากสื่อประกอบการจัดการเรียนรู้ การจัดการเรียนรู้เชิงรุก ก็เป็นอีกปัจจัยสำคัญที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และบรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้ได้ เช่น การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry based learning) ที่เน้นให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรงในการสร้างองค์ความรู้ของตนเองผ่านการลงมือปฏิบัติ ดังนั้นจึงมีนักวิจัยทางการศึกษาได้นำเอาการจัดการเรียนรู้เชิงรุกนี้ไปผนวกกับการใช้สื่อ (Kamluamee and Duangkumnoi, 2019; Parneesong, 2017) ผลวิจัยชี้ให้เห็นว่า ช่วยให้นักเรียนบรรลุวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้ได้ง่าย กระตุ้นการเข้าร่วมกิจกรรมและมีความร่วมมือในการทำกิจกรรมมากขึ้น พัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ดี รวมทั้งพัฒนาความรู้ความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์และสามารถลดแนวคิดคลาดเคลื่อนได้เป็นอย่างดี



(a) การทดลองการหักเหจากถาดคลื่น



(b) การทดลองการหักเหจากแหล่งกำเนิดแสง



(c) แบบจำลองการหักเหของแสงอย่างง่าย

รูปที่ 1 เปรียบเทียบการทดลองเรื่องการหักเหตามกฎของสเนลล์

การสะท้อนและการหักเหของแสง เป็นอีกหนึ่งหัวข้อที่พบแนวคิดคลาดเคลื่อนตรงกันของผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาและมหาวิทยาลัยของผู้เรียนได้ และสอดคล้องกับผู้เรียนในต่างประเทศ (Kaewkhong *et al.*, 2010; Dido *et al.*, 2020; John, Molepo and Chirwa, 2015) จากประสบการณ์สอนของผู้วิจัยพบแนวคิดคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการสะท้อนและการหักเหของแสงกับผู้เรียนเช่นเดียวกัน โดยผู้วิจัยได้สันนิษฐานสาเหตุเบื้องต้นของแนวคิดคลาดเคลื่อน ดังนี้ (1) ผู้วิจัยใช้สื่อวีดีโอการทดลองแทนการทดลองจริง เนื่องจากที่โรงเรียนไม่มีห้องปฏิบัติการทางแสง (ห้องมืด) (2) ข้อจำกัดของอุปกรณ์การทดลอง เช่น การใช้ถาดคลื่น (รูปที่ 1a) มีข้อจำกัดคือ ไม่ปรากฏเส้นรังสี การใช้ปริซึม (รูปที่ 1b) มีข้อจำกัด คือ ต้องใช้แหล่งกำเนิดแสงที่มีความเข้มแสงสูง และต้องการห้องปฏิบัติการทางแสง เพื่อให้สามารถสังเกตการเกิดการหักเหของแสงได้อย่างชัดเจน อีกทั้งการหักเหของแสงก็ไม่ได้ปรากฏเส้นหน้าคลื่นหักเห และเส้นหน้าคลื่นตกกระทบ ส่งผลให้นักเรียนเข้าใจหลักการหักเหจากการทดลองได้ยาก

จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการพัฒนาความเข้าใจและแก้ไขแนวคิดคลาดเคลื่อนของผู้เรียนในเรื่องการหักเหของคลื่นแสงโดยได้นำการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้สื่อ วัสดุ อุปกรณ์ สร้างแบบจำลองการหักเหของแสงอย่างง่าย รูปที่ 1c) **แบบจำลองการหักเหของคลื่นแสงอย่างง่าย** มีจุดเด่นคือ นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองการหักเหตามเงื่อนไขที่กำหนด และคำนวณปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการหักเหของแสงตามกฎของสเนลล์ (Snell's law) จนสามารถสรุปเป็นกฎของสเนลล์ได้ด้วยตนเอง แบบจำลองการหักเหของคลื่นแสงอย่างง่ายนี้มีราคาถูก สามารถหาซื้อได้ตามร้านขายอุปกรณ์เครื่องเขียนทั่วไป และถือเป็นวัตกรรมทางการศึกษา วัสดุ อุปกรณ์ ประกอบด้วย แผ่นพลาสวูดหรือแผ่นโฟมแข็ง กระดาษสีขาว

ขนาด A4 หนังยางคละสี เข็มหมุด ไม้บรรทัด ชุดไม้โปรแทรกเตอร์และดินสอ วัสดุ อุปกรณ์ทั้งหมดสามารถบรรจุในกล่อง (portable) สามารถสร้างแบบจำลองนี้ได้เองที่บ้านในช่วงสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019

วัตถุประสงค์การวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาความเข้าใจแนวคิดเชิงมโนมติ (conceptual understanding) เรื่องการหักเหของคลื่นแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับแบบจำลองการหักเหของคลื่นแสงอย่างง่าย

วิธีดำเนินการวิจัย

1) รูปแบบการวิจัย ผู้วิจัยได้ใช้แผนการวิจัยแบบ ใช้กลุ่มตัวอย่างเพียงกลุ่มเดียวทดสอบก่อนและหลังเรียน

2) กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 โรงเรียนพยัคฆภูมิวิทยาคาร อำเภอพยัคฆภูมิพิสัย จังหวัดมหาสารคาม จำนวนนักเรียน 36 คนได้มาโดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling)

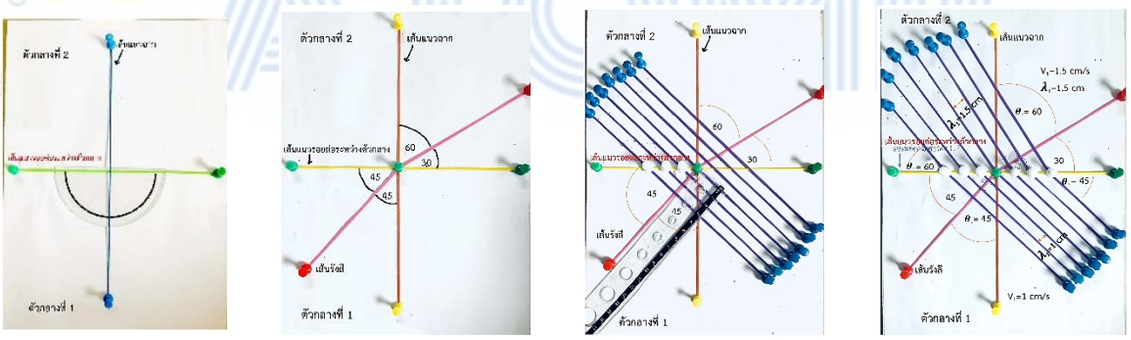
3) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ และ แบบทดสอบความเข้าใจเรื่องการหักเหของแสง

แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ จำนวน 2 แผน ซึ่งประกอบแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องลักษณะการหักเหของแสงจำนวน 2 ชั่วโมง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ดรรชนีหักเหและการหักเหของแสง จำนวน 2 ชั่วโมง สำหรับกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละแผนมีความคล้ายกันผู้วิจัยจึงขอยกตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 โดยมีรายละเอียดดังนี้

ขั้นที่ 1 การสร้างความสนใจ (15 นาที) ครูใช้ 2 สถานการณ์ นำเข้าสู่บทเรียนดังนี้ สถานการณ์ที่ 1 ครูใช้โปรแกรม PhET สร้างสถานการณ์จำลอง การหักเหของแสงผ่านตัวกลางชนิดเดียวกัน (ลำแสงจะไม่หักเห) ให้นักเรียนสังเกต พร้อมกับตั้งคำถามว่า “ถ้าเปลี่ยนตัวกลางที่ 2 ลำแสงจะเปลี่ยนหรือไม่อย่างไร” สถานการณ์ที่ 2 ครูเพิ่มคำถามว่า “ถ้าเปลี่ยนตัวกลางที่ 2 เส้นที่แสดงความยาวคลื่น ความเร็วคลื่นและทิศทางของคลื่นจะเปลี่ยนแปลงหรือไม่อย่างไร”

ขั้นที่ 2 สำรวจและค้นหา (40 นาที) นักเรียนจัดเป็น 5 กลุ่ม คละความสามารถในการเรียนรู้ เก่ง ปานกลาง อ่อน และทำกิจกรรมจากใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง ลักษณะการหักเหของแสง โดยใช้ชุดแบบจำลองการหักเหของคลื่นแสงอย่างง่าย เพื่อศึกษาการหักเหของแสง ดังนี้

1) ใช้หนังยางสร้างเส้นแนวรอยต่อระหว่างตัวกลางที่ 1 และ 2 พร้อมกับเส้นแนวฉาก ดังรูปที่ 2 ลำดับการสร้างแบบจำลอง (a) สร้างเส้นแนวรอยต่อระหว่างตัวกลางและเส้นแนวฉาก
2) ใช้หนังยางสร้างเส้นรังสีตกกระทบและเส้นรังสีหักเห พร้อมทั้งระบุมุมตกกระทบและมุมหักเห ดังรูปที่ 2 ลำดับการสร้างแบบจำลอง (b) สร้างเส้นรังสีตกกระทบและรังสีหักเห
3) ใช้หนังยางสร้างเส้นหน้าคลื่นตกกระทบ และเส้นหน้าคลื่นหักเห ในขั้นตอนนี้เพื่อง่ายต่อการวัดระยะห่างของหน้าคลื่น ควรยังไม่ให้เกิดเส้นหน้าคลื่นหักเหดังรูปที่ 2 ลำดับการสร้างแบบจำลอง (c) สร้างเส้นหน้าคลื่น
4) สร้างเส้นหน้าคลื่นหักเห โดยการเอียงหนังยางหน้าคลื่นหักเหให้ทำมุมตั้งฉากกับเส้นรังสีหักเห ดังรูปที่ 2 ลำดับการสร้างแบบจำลอง (d) แบบจำลองลักษณะการหักเหของคลื่นแสง สังเกต วัดค่าต่างๆ บันทึกผล และตอบคำถาม (ครูทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวกระหว่างนักเรียนทำกิจกรรม)



(a) สร้างเส้นแนวรอยต่อระหว่างตัวกลางและเส้นแนวฉาก (b) สร้างเส้นรังสีตกกระทบและรังสีหักเห (c) สร้างเส้นหน้าคลื่น (d) แบบจำลองลักษณะการหักเหของคลื่นแสง

รูปที่ 2 ลำดับการสร้างแบบจำลอง

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

ขั้นที่ 3 อธิบายและลงข้อสรุป (30 นาที) ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลในประเด็นดังต่อไปนี้ จากการทดลองใน 2 สถานการณ์แรก เส้นที่แสดงความยาวคลื่น ความเร็วคลื่นและทิศทางของคลื่น มีความเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร ครูอธิบายและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพิ่มเติมว่า “ถ้าเราให้แสงเคลื่อนที่จากน้ำไปสู่อากาศ ความยาวคลื่น อัตราเร็วคลื่น การหักเหของแสงจะเปลี่ยนแปลงอย่างไร" และได้เชื่อมโยงการหักเหจากโปรแกรมทดลอง PhET กับแบบจำลองการหักเหของแสงอย่างง่ายที่นักเรียนสร้างขึ้น โดยอธิบายให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของมุมตกกระทบ มุมหักเห ความเร็วคลื่น และความยาวคลื่น เมื่อตัวกลางเปลี่ยนไป

ขั้นที่ 4 ขยายความรู้ (20 นาที) ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปผลการทำกิจกรรมอีกครั้ง เรื่อง ลักษณะการหักเหของแสง ในประเด็นที่ว่า “แสงเดินทางผ่านตัวกลาง ที่มีความหนาแน่นน้อย (อากาศ) ไปยังตัวกลางที่มีความหนาแน่นมาก (แท่งแก้ว พลาสติก) จะส่งผลต่อความเร็วคลื่น ความยาวคลื่น ความถี่ มุมตกกระทบและมุมหักเห หรือไม่อย่างไร

ขั้นที่ 5 การประเมินผล (15 นาที) ครูประเมินจากใบกิจกรรมที่ เรื่อง ลักษณะการหักเหของแสง และสัมภาษณ์นักเรียนที่ยังคงมีประเด็นคำตอบที่ไม่ชัดเจน

แบบทดสอบความเข้าใจเรื่องการหักเหของแสง เป็นข้อสอบ 2 ลำดับขั้น เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก และอธิบายเหตุผลประกอบ จำนวน 10 ข้อ โดยผู้วิจัยเลือกมาจากงานวิจัยของ Deephad (2010) ค่าความยากง่ายอยู่ในช่วง 0.20 - 0.80 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป มีความเหมาะสมและครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้ เกณฑ์การให้คะแนนแบ่งเป็น 1 และ 0 คะแนน ได้ 1 คะแนน เมื่อตอบถูกทั้ง 2 ลำดับขั้น (เลือกตัวเลือกถูกและอธิบายเหตุผลประกอบถูก) ได้ 0 คะแนน เมื่อตอบผิดทั้ง 2 ลำดับขั้น (เลือกตัวเลือกผิดและอธิบายเหตุผลประกอบผิด) หรือ ตอบถูกเฉพาะลำดับขั้นที่ 1 (เลือกตัวเลือกถูก แต่อธิบายเหตุผลประกอบผิด)

4) การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบทดสอบความเข้าใจเรื่องการหักเหของแสง จำนวน 10 ข้อ ภายในเวลา 30 นาที ก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

5) การวิเคราะห์ข้อมูล

1) การวิเคราะห์คะแนนด้วยการทดสอบค่าทีแบบตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน (dependent samples t-test)

2) วิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียน normalized gain <g> ตามแนวทางของ Hake (1998) โดยหาได้จากสัดส่วนระหว่างผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริง (actual gain) หารด้วยผลการเรียนรู้สูงสุดที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นไปได้ (maximum possible gain) ดังสมการ Normalized gain <g> = (%post-test - %pre-test) ÷ (100% - %pre-test) ความก้าวหน้าทางการเรียน มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1 แบ่งเป็น 3 ระดับ คือ Low gain (ค่า <g> น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.3) Medium gain (ค่า <g> มากกว่า 0.30 แต่น้อยกว่า 0.70) และ High gain (<g> มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.70)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากคะแนนแบบทดสอบความเข้าใจเรื่องการหักเหของแสง ผู้วิจัยนำมาวิเคราะห์ ดังนี้

1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความก้าวหน้าทางการเรียน

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าที และค่าความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ย Normalized gain <g>

คะแนนทดสอบ	$\bar{x}$	S.D.	t	Normalized gain <g>	แปลผล
ก่อนเรียน	3.44	0.73	36.44*	0.71	High gain
หลังเรียน	8.14	0.42			

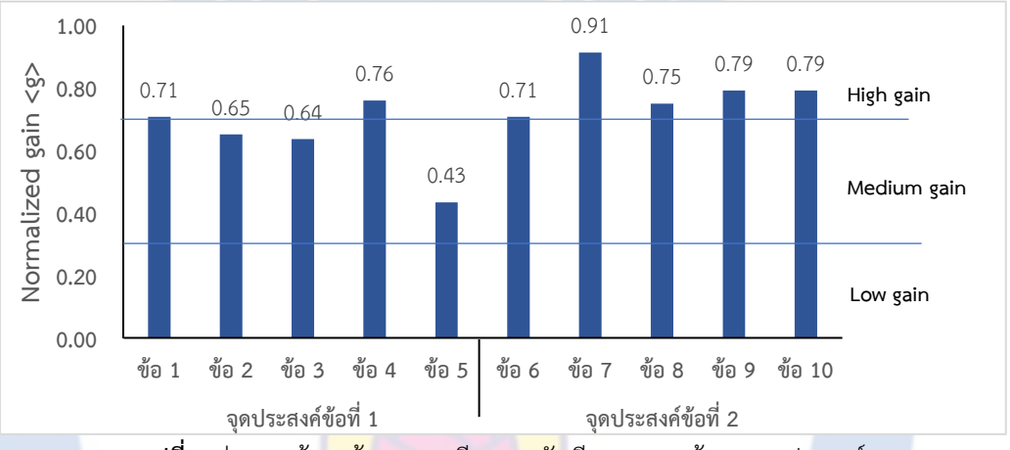
*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 1 นักเรียนมีคะแนนทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน เท่ากับ 3.44 คะแนน และ 8.14 คะแนนตามลำดับ เมื่อทดสอบค่า t พบว่า คะแนนสอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การหักเหของคลื่นแสง หลังจากนักเรียนผ่านการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับแบบจำลองการหักเหของแสงอย่างง่ายเพิ่มขึ้น เนื่องจากเรียนได้สร้างแบบจำลองและได้สืบเสาะหาความรู้กฎของสเนลล์ด้วยตนเอง ตามทฤษฎีการเรียนรู้ constructivism ผลวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Deephad (2010) ที่สามารถพัฒนาความเข้าใจเรื่องการหักเหของแสง ของนักเรียนให้อยู่ในระดับ Medium gain โดยใช้ชุดการเรียนรู้ร่วมกับการสอบแบบสืบเสาะ และ

สอดคล้องกับงานวิจัยของ Supatchaiyawong (2020) ที่สามารถพัฒนานักเรียนส่วนใหญ่ให้มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องตรงตามแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับการใช้แบบจำลองเป็นฐาน

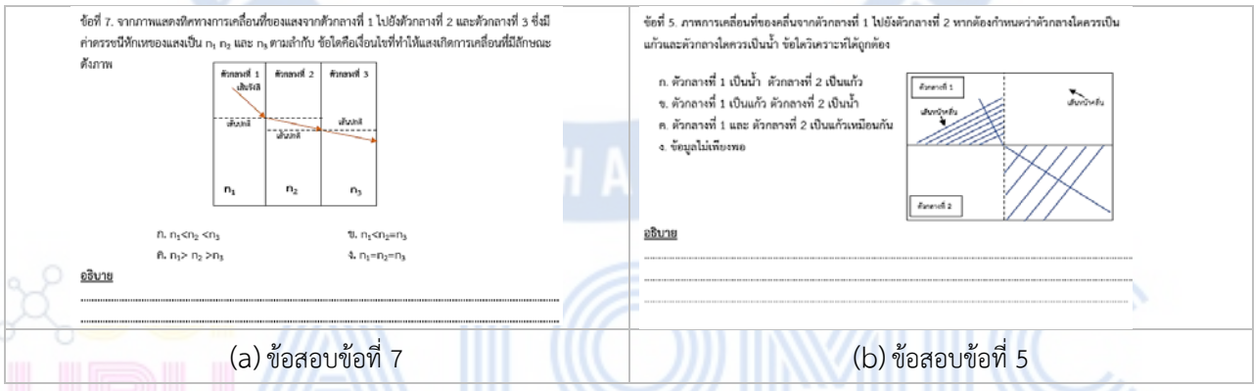
2) ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียน

จากตารางที่ 1 ค่าความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ย เท่ากับ 0.71 จัดอยู่ในระดับ High gain แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจแนวคิด (conceptual understanding) เรื่องการหักเหของคลื่นแสง และเมื่อวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนรายจุดประสงค์การเรียนรู้ (Conceptual dimensional normalized gain) พบว่า ในจุดประสงค์การเรียนรู้ข้อที่ 1 (วัดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแนวทางของเดินแสง ความสัมพันธ์ระหว่างเส้นหน้าคลื่น เส้นแนวฉาก แนวรอยต่อระหว่างตัวกลาง) มีความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ย อยู่ในระดับ Medium gain และ ในจุดประสงค์การเรียนรู้ข้อที่ 2 (วัดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างดรรชนีหักเห มุมตกกระทบและมุมหักเหตามกฎของสเนลล์) อยู่ในระดับ High gain



รูปที่ 2 ค่าความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนรายรายข้อและจุดประสงค์

เมื่อพิจารณาความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ยรายข้อพบว่าในข้อที่ 2, 3 และ 5 ค่า <g> อยู่ระดับ Medium gain และ ในข้อที่ 1, 4, 6, 7, 8, 9 และ 10 ค่า <g> อยู่ระดับ High gain



(a) ข้อสอบข้อที่ 7 (b) ข้อสอบข้อที่ 5

รูปที่ 3 ตัวอย่างข้อสอบข้อที่ 7 และข้อสอบข้อที่ 5

3) กลุ่มคำตอบของนักเรียน

ผู้วิจัยได้จัดกลุ่มเหตุผลประกอบการเลือกตอบของนักเรียนโดยละเอียด โดยเลือกมา 2 ข้อ คือแบบทดสอบข้อที่ 7 (รูปที่ 3) ความก้าวหน้าสูงที่สุด เท่ากับ 0.91 (High gain) และแบบทดสอบข้อที่ 5 (รูปที่ 3) มีความก้าวหน้าทางการเรียนต่ำสุด เท่ากับ 0.43 (Medium gain) ดังตารางที่ 2

แบบทดสอบข้อที่ 7 วัดการคิดวิเคราะห์ “แสงเคลื่อนที่จากตัวกลางที่มีค่าดรรชนีหักเหจากน้อยไปยังตัวกลางที่มีค่าดรรชนีหักเหมาก เส้นรังสีหักเหจะเบนเข้าหาเส้นปกติ” จากตารางที่ 2 พบว่าก่อนและหลังเรียนนักเรียนเกือบทุกคนได้ให้เหตุผลสนับสนุนคำตอบคิดเป็น ร้อยละ 80.55 และ 94.44 ตามลำดับ โดยเหตุผลประกอบที่ถูกต้องก่อนเรียนคิดเป็นร้อยละ 36.10 และหลังเรียนร้อยละ 91.66 เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 55.56 จากกลุ่มเหตุผลประกอบ ทำให้ผู้วิจัยพบแนวคิดคลาดเคลื่อน ดังนี้ (1)

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

เมื่อดรรชนีหักเหมีค่ามากเส้นรังสีจะเบนห่างจากเส้นปกติมาก (2) ดรรชนีหักเหไม่มีผลต่อการหักเหของแสง หลังเรียนพบว่าแนวคิดคลาดเคลื่อนดังกล่าวลดลง เป็นไปได้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับการใช้แบบจำลองช่วยให้นักเรียนเข้าใจถึงหลักของความสัมพันธ์ของดรรชนีหักเหและการหักเหเส้นรังสี สามารถประยุกต์ใช้กฎของสเนลล์อธิบายมุมตกกระทบที่มีความสัมพันธ์กับดรรชนีหักเหได้เป็นอย่างดี แต่อย่างไรก็ตามหลังเรียนพบว่าแนวคิดคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับดรรชนีหักเหมีค่ามากเส้นรังสีจะเบนห่างจากเส้นปกติมากนั้นหายไปและยังมีแนวคิดคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการเรียงลำดับดรรชนีหักเหจากน้อยไปมากส่งผลให้เส้นรังสีหักเหเบนเข้าหาเส้นปกติในทุกตัวกลางยังคงอยู่

ตารางที่ 2 กลุ่มคำตอบแบ่งตามตัวเลือกและเหตุผลประกอบก่อนเรียนและหลังเรียนสำหรับแบบทดสอบข้อที่ 7

ก่อนเรียน				หลังเรียน			
ตัวเลือก	**เหตุผลประกอบ**	**จำนวน (คน)**	**ร้อยละ**	**ตัวเลือก**	**เหตุผลประกอบ**	**จำนวน (คน)**	**ร้อยละ**
ก	ดรรชนีหักเหมีค่ามากเส้นรังสีจะเบนมาก	8	22.22	ก	ดรรชนีหักเหเรียงลำดับน้อยไปมาก ทำให้เส้นรังสีหักเหเบนเข้าหาเส้นปกติในทุกตัวกลาง	1	2.78
	ดรรชนีหักเหจะทำให้เส้นเบนลงล่างตามลำดับตัวกลาง	5	13.89		ไม่อธิบายเหตุผล	1	2.78
	ไม่อธิบายเหตุผล	4	11.11				
ข (คำตอบที่ถูกต้อง)	พิจารณามุมโดยถ้า n มาก มุมตกกระทบจะน้อย n น้อยมุมจะมาก ถ้า n เท่ากันมุมจะเท่าเดิม	13	36.10	**ข** (คำตอบที่ถูกต้อง)	แสงเคลื่อนที่จากดรรชนีหักเหน้อยไปมาก รังสีหักเหจะเบนเข้าหาเส้นปกติ และเส้นรังสีไม่เบนเมื่อค่าดรรชนีหักเหมีค่าเท่ากัน	18	50.00
					n_1 น้อยกว่า n_2 เพราะมุมตกกระทบมากกว่ามุมหักเห และเส้นรังสีไม่หักเหแสดงว่า n_2 เท่ากับ n_3	15	41.66
	ไม่อธิบายเหตุผล	1	2.78		ไม่อธิบายเหตุผล	1	2.78
ค	ดรรชนีหักเหก็มีค่าลดลงเส้นลูกศรจะชี้ลงล่างตามลำดับ	1	2.78				
	ไม่อธิบายเหตุผล	1	2.78				
ง	ดรรชนีหักเหเท่ากันเพราะแสงผ่านได้เท่ากันทั้ง 3	1	2.78				
	ค่า n ทั้ง 3 ชนิดเท่ากันเพราะเส้นรังสีหักเหได้ทั้ง 3 เส้น	1	2.78				
	ไม่อธิบายเหตุผล	1	2.78				

แบบทดสอบข้อที่ 5 วัดการคิดวิเคราะห์เนื้อหาที่ว่า “ตัวกลางที่มีความยาวคลื่นมาก ความหนาแน่นจะน้อย และคลื่นเคลื่อนที่จากตัวกลางที่มีความหนาแน่นมากไปน้อยเส้นรังสีหักเหจะเบนเข้าหาเส้นปกติ” ดังแสดงในตารางที่ 3 ซึ่งจะพบว่านักเรียนได้ให้เหตุผลประกอบก่อนเรียนเท่ากับหลังเรียน คือ ร้อยละ 83.33 เมื่อพิจารณาเฉพาะเหตุผลประกอบที่ถูกต้องพบว่าหลังเรียนสูงกว่า (ร้อยละ 47.22) ก่อนเรียน (ร้อยละ 36.11) จากกลุ่มเหตุผลประกอบ ทำให้ผู้วิจัยพบแนวคิดคลาดเคลื่อน ดังนี้ (1) น้ำมีความหนาแน่นของเส้นหน้าคลื่นมากกว่าแก้ว (2) เส้นหน้าคลื่นที่มีความถี่มากเป็นค่าที่บ่งบอกความหนาแน่นของตัวกลางได้ นอกจากนี้ยังมีข้อค้นพบแนวคิดที่ความคลาดเคลื่อนอีกอย่างคือน้ำมีความโปร่งแสงเหมือนกันกับแก้วจึงไม่เกิดการหักเหเมื่อแสงเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางทั้งสอง ซึ่งแนวคิดที่คลาดเคลื่อนนี้น่าจะมาจากการที่นักเรียนพบเจอในชีวิตประจำวัน อีกทั้งในกิจกรรมที่ 2 เรื่อง แบบจำลองดรรชนีหักเหของแสงผ่านตัวกลางต่างชนิดกัน นักเรียนได้เห็นลักษณะการเบนของเส้นรังสีหักเหจากตัวกลางที่มีดรรชนีหักเหต่างกันเท่านั้น แต่ยังขาดการวิเคราะห์เกี่ยวกับดรรชนีหักเหที่มีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของตัวกลาง จึงส่งผลให้นักเรียนยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในเรื่องนี้อยู่ อย่างไรก็ตามหลังเรียนพบว่าแนวคิดคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับตัวกลางทั้งสองถ้ามีเส้นหน้าคลื่นปรากฏเหมือนกันจะเป็นตัวกลางเดียวกันหายไป และยังมีแนวคิดคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับเส้นหน้าคลื่นในน้ำมากกว่าเส้นหน้าคลื่นในแก้วยังคงอยู่

ตารางที่ 3 กลุ่มคำตอบแบ่งตามตัวเลือกและเหตุผลประกอบก่อนเรียนและหลังเรียนสำหรับแบบทดสอบข้อที่ 5

ก่อนเรียน				หลังเรียน			
ตัวเลือก	**อธิบายเหตุผล**	**จำนวน (คน)**	**ร้อยละ**	**ตัวเลือก**	**อธิบายเหตุผล**	**จำนวน (คน)**	**ร้อยละ**
ก	น้ำเป็นตัวกลางที่ 1 เพราะ จำนวนเส้นหน้าคลื่นในน้ำมากกว่าเส้นหน้าคลื่นในแก้ว	**8**	22.22	**ก**	ตัวกลางที่ 1 เป็นน้ำ เพราะ ความเร็วหน้าคลื่นมากกว่าตัวกลางที่ 2	3	8.33
	น้ำเป็นตัวกลางที่ 1 เพราะ ความหนาแน่นของเส้นหน้าคลื่นในน้ำมากกว่าเส้นหน้าคลื่นในแก้ว	4	11.11		ไม่อธิบายเหตุผล	2	5.56
	ไม่อธิบายเหตุผล	3	8.33				
ข (คำตอบที่ถูกต้อง)	ตัวกลางที่ 1 เป็นแก้ว เพราะ มีความยาวคลื่นน้อยกว่าแสดงว่าตัวกลางมีความหนาแน่นมาก	8	22.22	**ข** (คำตอบที่ถูกต้อง)	ตัวกลางที่ 1 เป็นแก้ว เพราะ มีความยาวคลื่นน้อยกว่าแสดงว่าตัวกลางมีความหนาแน่นมาก	9	25.00
	ตัวกลางที่ 1 เป็นแก้ว เพราะความยาวคลื่นในแก้วมีค่าน้อยกว่าน้ำ	5	13.89		ตัวกลางที่ 1 เป็นแก้ว 1 เพราะค่ามุมตกกระทบน้อย ความเร็วในตัวกลางที่ 1 ก็น้อย เมื่อเทียบกับตัวกลางที่ 2 ซึ่งเป็นน้ำ	8	22.22
	ไม่อธิบายเหตุผล	1	2.78				
ค	เพราะทั้งสองตัวกลางมีเส้นหน้าคลื่นเหมือนกันคลื่นผ่านได้เหมือนกัน	2	5.56	**ค**	ตัวกลางที่ 1 เป็นแก้ว เพราะ ความยาวคลื่นน้อยและมีความเร็วน้อย แสงเคลื่อนที่ในแก้วด้วยความเร็วน้อยกว่าน้ำ	6	16.67
	ไม่อธิบายเหตุผล	1	2.78		ไม่อธิบายเหตุผล	2	5.56
ง	ไม่ควรเกิดการหักเห เพราะ แก้วกับน้ำมีความโปร่งแสงเหมือนกัน	3	8.33	**ง**	เพราะไม่ระบุข้อมูลความหนาแน่นของตัวกลางมาให้	4	11.11
	ไม่อธิบายเหตุผล	1	2.78		ไม่อธิบายเหตุผล	2	5.56

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะจากการวิจัย

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับแบบจำลองการหักเหของคลื่นแสงอย่างง่าย เรื่อง การหักเหของคลื่นแสงตามกฎของสเนลล์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า นักเรียนมีคะแนนสอบหลังเรียนเฉลี่ยสูง (8.14 คะแนน) กว่าก่อนเรียนเฉลี่ย (3.44 คะแนน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ค่าความก้าวหน้าทางการเรียน เท่ากับ 0.71 จัดอยู่ในระดับ High gain แสดงให้เห็นว่ากิจกรรมการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับแบบจำลองการหักเหของคลื่นแสงอย่างง่ายเป็นเครื่องมือในการจัดการเรียนการสอนที่ช่วยในการพัฒนาความเข้าใจเรื่องการหักเหของคลื่นแสงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเองจากการลงมือปฏิบัติ นักเรียนได้เรียนรู้จากรูปธรรมมากกว่านามธรรม ส่งผลให้นักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงองค์ความรู้ที่ได้รับจากประสบการณ์ใหม่ ทั้งนี้เป็นเพราะการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เป็นวิธีการสอนที่ครูใช้คำถามให้เกิดข้อสงสัยและกระตุ้นการเรียนรู้ (ขั้นการสร้างความสนใจ) นักเรียนได้แสวงหาความรู้ด้วยตนเอง (ขั้นสำรวจและค้นหา) สรุปเป็นข้อค้นพบจากกิจกรรมและผนวกเข้ากับองค์ความรู้เดิมเกิดเป็นองค์ความรู้ใหม่ (ขั้นอธิบายและสรุป) นำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้และแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ต่างกัน (ขั้นอธิบายและสรุป) และประเมินผลการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นหลังได้รับความรู้ใหม่ (การประเมินผล) อีกทั้งแบบจำลองการหักเหของแสงอย่างง่ายเป็นกิจกรรมที่ผู้เรียนได้สร้างแบบจำลองขึ้นเองช่วยให้ผู้เรียนเห็นภาพการลักษณะหักเหของคลื่นแสงสามารถจับต้องได้ นักเรียนได้ฝึกทักษะสังเกต การตั้งคำถามและสรุปความรู้การหักเหของแสงและค้นพบการหักเหตามกฎของสเนลล์ด้วยตนเอง ส่งผลให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างแท้จริง สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม

ผู้วิจัยมีข้อเสนอในการวิจัยครั้งต่อไป ดังนี้ 1) แบบจำลองการหักเหของแสงอย่างง่ายสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในเรื่องปรากฏการณ์ลึกจริง-ลึกปรากฏ ได้ 2) ในการใช้แบบจำลองการหักเหของแสงอย่างง่ายควรระวังหนังยางขาดขณะปักหมุดลงบนกระดานและไม่ควรให้หนังยางตึงจนเกินไป 3) การใช้งานแบบจำลองต้องสร้างระยะห่างระหว่างหนังยาง (เส้นหน้าคลื่น) ต้องเท่ากันและต้องตั้งฉากกับเส้นรังสีเสมอเพราะจะส่งผลให้เกิดค่ามุมตกกระทบ มุมหักเหของเส้นหน้าคลื่นและความยาวคลื่นคลาดเคลื่อนได้ 4) แบบจำลองนี้ควรนำไปประยุกต์ใช้ได้กับตัวกลางมากกว่า 2 ตัวกลางและควรระบุตัวกลางเช่น น้ำ แก้ว หรืออากาศ เพื่อลดแนวคิดคลาดเคลื่อนและเพิ่มความเข้าใจในเรื่องการหักเหของแสงผ่านตัวกลางมากกว่า 2 ตัวกลาง

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีด้วยความกรุณา และความอนุเคราะห์อย่างยิ่งจากอาจารย์ที่ปรึกษา และอาจารย์ประจำหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ทุกท่านที่ได้กรุณาให้คำแนะนำแก้ไขและติดตามการวิจัยครั้งนี้ด้วยดีเสมอมานับตั้งแต่เริ่มต้นจนสำเร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณผู้บริหารและคณะครูโรงเรียนพยัคภูมิวิทยาคารทุกท่านที่สนับสนุนและเป็นกำลังใจด้วยดี ตลอดการทำการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

ขอขอบคุณนักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษาทุกท่านที่สนับสนุนและเป็นกำลังใจร่วมทุกข์ ร่วมสุข และให้ความช่วยเหลือเกื้อกูลตลอดมา

เอกสารอ้างอิง

Bunloet, T., Promma, S., Fakcharoenphol, W. and Wannagatesiri, T. (2019). Development of active learning to fix the misconceptions in basic circuit topic for K-9 students (in Thai). **Journal of Education and Human Development Sciences,** 3(1), 1-14

Deephad, S. (2010). Development of understanding of light refraction for Mathayomsuksa 5 by using a set of learning model with 5Es inquiry cycles (in Thai). **Master's thesis**. Bangkok: King Mongkut's University of Technology Thonburi.

Dido, F., Mongan, S., Mandang, T., Palilingan, R., Mondolang, A. and Poluakan, C. (2021, July). Analysis of student difficulties in learning refraction of light. **Journal of Physics: Conference Series**, 1968(1), 012033.

Feemuasarn, T., Limpanont Phommarata, P., Hengpanya, V. (2017). Effects of four-step constructivist-based teaching strategy on physics concepts and attitudes toward physics learning of eleventh grade students (in Thai). **Online Journal of Education**, 12(1), 384-401.

Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement vs traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. **American Journal of Physics**. 61(1), 64-74.

John, M., Molepo, J. M. and Chirwa, M. (2015). Exploring grade 11 learners' conceptual understanding of refraction: A South African case study. **International Journal of Educational Sciences**, 10(3), 391-398.

Jongsala, S. and Seebut, S. (2008). Using Geometric Optics Kit (GO-Kit) to promote student's learning in lenses and optical instrument (in Thai). **Parichart Journal, Thaksin University**, 21(1), 8-18

Kaewkhong, K., Mazzolini, A., Emarat, N. and Arayathanitkul, K. (2010). Thai high-school students' misconceptions about and models of light refraction through a planar surface. **Physics Education**, 45(1), 97.

Kamluamee, P. and Duangkumnoi, S. (2019). Developing Grade 11 students' learning achievement in the mathematics topics of sequence and series through the 5E learning cycle model (in Thai). **Rajabhat Rambhai Barni Research Journal**, 13(2), 181-190.

Maneechan, N. (2010). The development of experimental set on real depth and apparent depth in refraction of light for developing experimental skill and learning achievement (in Thai). **Master's thesis**. Ubon Ratchathani: Ubon Ratchathani University.

Parneesong, U., Naunkaew, J. and Liamtong, S. (2017). Learning management using inquiry method (5E) with concept mapping technique on life and environment towards analytical thinking ability and achievement for grade 10 students (in Thai). **Humanities and Social Sciences Journal of Pibulsongkram Rajabhat University**, 11(1), 134-147.

Perkins, K., Adams, W., Dubson, M., Finkelstein, N., Reid, S., Wieman, C. and LeMaster, R. (2006). PhET: Interactive simulations for teaching and learning physics. **The physics teacher**, 44(1), 18-23.

Prongsamrong, P. (2006). Effects of using the 7E instructional model in physics on learning achievement and problem solving ability of upper secondary school students (in Thai) **Master's thesis**. Bangkok: Chulalongkorn University.

Sokolowski, A. (2013). Conceptualization of light refraction. **The Physics Teacher**, 51(2), 110-111.

Supatchaiyawong, P. (2020). Pre-service chemistry teachers understanding of the nature of chemistry (in Thai). **Journal of Education, Prince of Songkla University, Pattani Campus**, 31(3), 29-44.

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University