

การพัฒนาความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การหักเหของแสง โดยการจัดการ
การเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต และอธิบายร่วมกับการใช้สื่อจำลองเชิงปฏิสัมพันธ์
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

The Development of Scientific Concepts about Refraction of
Mathayomsuksa 5 Students Using Predict-Observe-Explain
with Interactive Simulation Media.

ณัฐพงษ์ จ้อยศรีเกตุ,¹ ภัควัฒน์ วงศ์วรรณวัฒนา² และภูมิพงศ์ จอมหงษ์พิพัฒน์³

Nattapong Joysriket,¹ Pakawat Wongwanwattana² and Bhumbhong Jomhongbhibhat³

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การหักเหของแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต ทำนาย และอธิบาย ร่วมกับการใช้สื่อจำลองเชิง ปฏิสัมพันธ์ 2) เพื่อศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ และ 3) เพื่อศึกษา ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/4 จำนวน 41 คน ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนพิบูลมังสาหาร โดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม โดยใช้ห้องเรียน เป็นหน่วยในการสุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) แผนการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต และอธิบายร่วมกับการ ใช้สื่อจำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ จำนวน 6 แผน 2) แบบวัดความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ 3) แบบประเมินทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และ 4) แบบสอบถามความพึงพอใจ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ร้อยละ และการทดสอบค่าที

ผลการวิจัยพบว่า

1. การพัฒนาความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การหักเหของแสง โดยการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต และอธิบายร่วมกับการใช้สื่อจำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ พบว่า คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างหลังเรียน (ร้อยละ 80.89) สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน (ร้อยละ 22.23) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
2. นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านการพยากรณ์ ด้านการสังเกต และด้านการสื่อความหมาย โดยรวมอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X} = 2.46$, $SD = 0.34$)
3. ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ยรวมกันทุกด้านอยู่ในระดับพึงพอใจมาก ($\bar{X} = 4.36$, $SD = 0.23$)

คำสำคัญ: มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ การสอนแบบทำนาย สังเกต และอธิบาย ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สื่อจำลองเชิงปฏิสัมพันธ์

¹ นักศึกษาคณะศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาการพัฒนาหลักสูตรและการเรียนการสอน มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร., คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

³ รองศาสตราจารย์ ดร., คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

*ผู้ติดต่อ ณัฐพงษ์ จ้อยศรีเกตุ อีเมล: nutjoysriketbc20@gmail.com

รับเมื่อ 17 ธันวาคม 2566 แก้ไข 17 กุมภาพันธ์ 2567 ตอบรับเมื่อ 1 มีนาคม 2567

Abstract

This research aimed to 1) develop the student's scientific conceptual understanding of the Refraction of Light for Mathayomsuksa 5 students by using Predict-Observe-Explain (POE) method with interactive simulation media. 2) Study scientific skills of students after learning by using POE method with interactive simulation media. 3) To assess student's satisfaction in activities. The target group were 41 students from Mathayomsuksa 5 in Phibunmangsan School. Six lesson plans were constructed and used following the POE method. The data were collected by the conceptual test, before and after the implementation of the lesson plans consisting of 12 items in Three-Tier Multiple Choice test. Scientific process skills assessment form and Satisfaction questionnaire. The data were analyzed using the Mean, Standard deviation, Percentage and t-test statistics.

The research findings were as follows:

1. Measurement of understanding of scientific concepts was conducted before and after the intervention showed average scores before and after the intervention were 22.33 and 80.89. when comparing before and after intervention scores, a statistically significant difference was found, with the after intervention scores being significantly higher at a significance level of .05
2. Students demonstrated good overall science process skills, including prediction, observation, and interpretation with an average score at the high level ($\bar{X}=2.46$, $SD=0.34$)
3. The student's satisfaction in POE with interactive simulation media the overall was at the high level ($\bar{X}=4.36$, $SD=0.23$)

Keywords: Scientific Conceptual, Predict-Observe-Explain Learning Method, Science Process Skills, Interactive Simulation Media

บทนำ

การศึกษาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความสำคัญอย่างยิ่งกับการดำรงชีวิตของมนุษย์ในปัจจุบันเนื่องจากความรู้ในเรื่องนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการสร้างนวัตกรรมเพื่อพัฒนาชีวิตของมนุษย์ให้ดียิ่งขึ้น อีกทั้งกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ยังมีส่วนช่วยพัฒนาการคิดวิเคราะห์ให้เกิดการคิดอย่างเป็นระบบในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพจะต้องเป็นการส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนให้ไปสู่ความเข้าใจในมโนคติต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์ โดยการเรียนรู้จะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อความรู้เป็นสิ่งที่ผู้เรียนสร้างขึ้นเองโดยเฉพาะบุคคลและผู้เรียนจะมีความเข้าใจในมโนคติต่าง ๆ มากขึ้น ถ้าผู้เรียนได้มีโอกาสใช้ประโยชน์จากความเข้าใจมโนคติที่มีอยู่ไปอภิปรายลักษณะทางกายภาพของสถานการณ์ต่าง ๆ และใช้แก้ปัญหาอย่างใดอย่างหนึ่งได้ (นิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์ 2548, น.152-164) แต่ในปัจจุบันกลับพบว่าผลสัมฤทธิ์ในรายวิชาวิทยาศาสตร์มีแนวโน้มต่ำลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเนื้อหาในสาระฟิสิกส์มีผลสัมฤทธิ์ต่ำลงทุกปี (ประภารัตน์ สิงห์สนา 2552, น.32)

ฟิสิกส์เป็นสาขาวิชาทางวิทยาศาสตร์ที่สำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาความรู้พื้นฐานและการนำไปใช้ในวิชาต่าง ๆ มุ่งเน้นให้ผู้เรียนเกิดความรู้ความเข้าใจและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

นอกจากนี้ฟิสิกส์ยังเป็นวิชาที่ว่าด้วยการศึกษาเกี่ยวกับเรื่องราวของปรากฏการณ์ทางธรรมชาติรอบตัว หรือเป็นปรากฏการณ์ที่สามารถพบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน (พวงรัตน์ ไพเราะ 2559, น.8) ซึ่งลักษณะเฉพาะของวิชาฟิสิกส์อีกอย่างคือเป็นเนื้อหาที่มีความเชื่อมโยงต่อเนื่องซับซ้อน และบางเรื่องเป็นนามธรรมสูง จึงนำไปสู่ปัญหาสำคัญในการเรียนรู้ ซึ่งก็คือการที่ผู้เรียนมีความเข้าใจในโมเดลที่คลาดเคลื่อน ซึ่งอาจเกิดขึ้นก่อนเรียนหรือในระหว่างการเรียนรู้ โดยทำให้ผู้เรียนสับสนไม่ผ่านหรือได้คะแนนไม่ดี และหมดกำลังใจที่จะเรียนรู้และมีทัศนคติที่ไม่ดีต่อวิชาที่เรียน และยังเป็นอุปสรรคต่อการเรียนรู้หรือทำความเข้าใจในโมเดลที่สูงขึ้น (โชคชัย ยืนยง 2561, น.113)

จากการศึกษางานวิจัยจากแหล่งต่าง ๆ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีโมเดลที่คลาดเคลื่อนและยังไม่สามารถประยุกต์ใช้ความรู้เนื่องจากการจัดการเรียนการสอนรายวิชาฟิสิกส์ในปัจจุบันเน้นให้นักเรียนจดจำสูตรต่าง ๆ โดยไม่ได้ให้ความสำคัญกับโมเดลหลักของเนื้อหา รวมทั้งการประยุกต์ใช้ความรู้ในด้านต่าง ๆ เพื่อแก้ไขปัญหาในชีวิตประจำวัน ทำให้วิชาฟิสิกส์ห่างไกลออกจากชีวิตประจำวันขึ้นเรื่อย ๆ และเป็นเรื่องยากที่จะทำความเข้าใจสำหรับผู้เรียน (อภิวัฒน์ บุญเชื้อ 2552, น.16) รวมถึงเมื่อศึกษาจากรายงานผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติ (O-NET) ปีการศึกษา 2565 คะแนนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโรงเรียนพิบูลมังสาหารเท่ากับ 28.16 ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยที่ค่อนข้างต่ำถึงแม้จะมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น แต่ก็ยังไม่ผ่านร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม ซึ่งปัญหาดังกล่าวต้องได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วน การพัฒนาการจัดการเรียนรู้จึงควรมุ่งเน้นที่ผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยใช้วิธีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ทำให้ผู้เรียนได้พัฒนากระบวนการเรียนรู้สามารถใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการแสวงหาความรู้และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองได้ (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ 2565, น.1)

การเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต และอธิบายเป็นวิธีการสอนที่เน้นให้นักเรียนได้ทำนายสิ่งที่ยังไม่เกิดขึ้นด้วยการใช้โมเดลเดิมมาอธิบาย ซึ่งอาจสอดคล้องหรือไม่สอดคล้องกับโมเดลทางวิทยาศาสตร์ก็ได้ จากนั้นนักเรียนจะได้พิสูจน์สิ่งที่ทำนายไว้ด้วยการทดลอง การสำรวจตรวจสอบ หรือการสืบค้นด้วยวิธีการอื่น ๆ ด้วยตนเอง และนักเรียนจะได้ประจักษ์ว่าคำทำนายนั้นสอดคล้องกับโมเดลทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ นักเรียนจะได้ปรับโมเดลที่คลาดเคลื่อนให้เป็นโมเดลทางวิทยาศาสตร์ และใช้เหตุผลเชิงประจักษ์อธิบายความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนนั้นได้ และถ้าคำทำนายสอดคล้องกับโมเดลทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนจะยิ่งเพิ่มพูนความรู้และความเชื่อมั่นในตนเองยิ่งขึ้น ซึ่งเป็นวิธีการสอนที่อาศัยหลักการเสียสมดุลทางความคิดของนักเรียน(Disequilibrium) ระหว่างโมเดลเดิมกับโมเดลทางวิทยาศาสตร์ เมื่อนักเรียนเสียสมดุลทางความคิด ทำให้เกิดความสงสัยต้องการจะรู้ต่อไปโดยการพยายามปรับขยายกรอบความรู้ความคิดเดิมออกไปให้กับความรู้ใหม่ที่เกิดขึ้นมา เพื่อปรับสมดุลทางความคิดให้เกิดขึ้น(White & Gunstone 1992, p.31)

สำหรับในรายวิชาฟิสิกส์นั้นจะให้ความสำคัญกับข้อมูลหลักฐานในการอธิบายและประเมินคำอธิบายหรือคำตอบ จากการที่ผู้เรียนต้องลงมือทำปฏิบัติการ เช่น สังเกตทดลอง สร้างแบบจำลอง เพื่อนำหลักฐานเชิงประจักษ์ต่าง ๆ มาเชื่อมโยง หาแบบรูป และอธิบาย หรือตอบคำถามที่ศึกษา ซึ่งในบางสถานการณ์ทำการทดลองเป็นไปได้ยาก ทำให้เราต้องมองหาเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพที่จะเข้ามาช่วยเติมเต็มการเรียนรู้ในส่วนของการทำปฏิบัติการทดลองที่ขาดหายไป ซึ่งสถานการณ์จำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ของ PhET ตอบโจทย์ของเราได้เป็นอย่างดี เพราะว่าถูกออกแบบเพื่อสร้างความสนุกและความมีปฏิสัมพันธ์ในระหว่างการเรียนรู้เพื่อรู้เกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางกายภาพต่าง ๆ (ชาลวิทย์ คำเจริญ 2562, น.14) มากไปกว่านั้นจะสามารถช่วยเหลือให้ผู้เรียนสามารถสร้างการ เชื่อมต่อระหว่างความเข้าใจในแนวคิดวิทยาศาสตร์และปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นใน ชีวิตจริง ซึ่งจะส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจอย่างมีความหมาย และมีความตระหนักรู้ในปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนโลก แต่ถึงกระนั้นก็ยังขึ้นอยู่กับเป้าหมายการเรียนรู้ที่ถูกกำหนดในงานปฏิบัติการทดลองของผู้สอนเอง ซึ่งอาจจะส่งผลอย่างมีประสิทธิภาพต่อการเรียนรู้ของผู้เรียนได้มากกว่าถ้าใช้สถานการณ์จำลองฯ ร่วมกันกับงานปฏิบัติการทดลองแบบลงมือกระทำจริงในชั้นเรียน (สุวิมล มธูรส 2564, น.33-42)

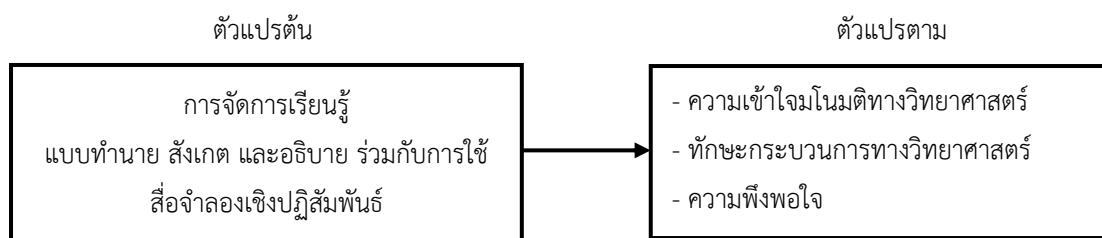
จากการสำรวจมโนคติทางวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นที่ผู้วิจัยจัดการเรียนรู้นั้น เนื้อหาที่ผู้เรียนมีมโนคติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนมากที่สุดคือเรื่องการหักเหของแสง รวมถึงเรื่องกลิ้งจริงและกลิ้งปรากฏ รวมถึงเรื่องเลนส์ด้วย โดยเนื้อหาที่มีลักษณะเชิงทัศนศาสตร์เกี่ยวกับการอธิบายปรากฏการณ์ด้วยหลักการเชิงเรขาคณิตที่ค่อนข้างเป็นนามธรรม ไม่สามารถรับรู้ได้ด้วยประสาทสัมผัส และยากต่อการทำความเข้าใจ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องใช้รูปแบบการสอน และสื่อการสอนที่จะส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง (จิราพร ใจแสน, แสงกฤษ กลั่นบุศย์ และ ขวัญ อารยะธนิตกุล 2565, น.16-28) และเมื่อวิเคราะห์รูปแบบการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การหักเหของแสงที่ผ่านมาพบว่าเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการบรรยายประกอบการสาธิตโดยครูผู้สอนเป็นส่วนใหญ่ และด้วยธรรมชาติเนื้อหาเป็นนามธรรมสูง ไม่สามารถจับต้องหรือมองเห็นได้โดยตรง ต้องอาศัยจินตนาการร่วมในการเรียนรู้ หากนักเรียนไม่ได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองก็จะไม่สามารถเข้าใจเนื้อหาที่ถูกต้องได้ และการที่ครูไม่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงแนวคิดของพวกเขาออกมาได้ ครูก็จะไม่สามารถทราบถึงแนวคิดที่นักเรียนได้เรียนรู้ไปนั้นถูกต้องหรือไม่ รูปแบบการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวจึงเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ส่งผลให้นักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนได้ (ณัฏฐา ลิ้มวัฒนา 2564, น.3)

จากเหตุผลข้างต้นทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะพัฒนาความเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การหักเหของแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต และอธิบาย ร่วมกับการใช้สื่อจำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องดังกล่าวมากขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาความเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การหักเหของแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต และอธิบาย ร่วมกับการใช้สื่อจำลองเชิงปฏิสัมพันธ์
2. เพื่อศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจากการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต และอธิบาย ร่วมกับการใช้สื่อจำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ เรื่อง การหักเหของแสง
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต และอธิบาย ร่วมกับการใช้สื่อจำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ เรื่อง การหักเหของแสง

กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนพิบูลมังสาหาร ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 11 ห้องเรียน ทั้งหมด 432 คน

กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/4 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนพิบูลมังสาหาร จำนวน 41 คน ซึ่งได้มาจากวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ แผนการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต และอธิบายร่วมกับการใช้สื่อจำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ เรื่อง การหักเหของแสง ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจำนวน 6 แผน ที่ผ่านการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญแล้ว
2. แบบวัดความเข้าใจโมดิตทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การหักเหของแสง ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อวัดความเข้าใจโมดิตทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้งก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ จำนวน 12 โมดิตย่อย โดยแบบวัดโมดิตเป็นแบบคำถามปรนัย 3 ตอน (Three-Tier Diagnostic Test) ตามแบบของ Pesman and Eryilmaz (2010, pp.208-222) โดยในส่วนของ 1 เป็นแบบวัดโมดิตแบบปรนัย 4 ตัวเลือก ซึ่งจะทดสอบความรู้ของนักเรียน (Content) ส่วนที่ 2 เป็นแบบวัดโมดิตแบบปรนัย 4 ตัวเลือกเช่นเดียวกัน ซึ่งจะทดสอบความเข้าใจหรือเหตุผลของนักเรียน (Reason) และในส่วนที่ 3 จะทดสอบความมั่นใจหรือความแน่ใจในคำตอบของตน (Confidence) แบบ 2 ตัวเลือก คือ แนใจและไม่แนใจ ซึ่งทั้งหมด 12 ข้อ ซึ่งได้ผ่านการตรวจจากผู้เชี่ยวชาญแล้ว โดยผู้วิจัยคัดเลือกข้อที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ระหว่าง 0.60-1.00 (ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน 2561, น.50) ใช้ในการประเมินผลก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต และอธิบาย ร่วมกับการใช้สื่อจำลองเชิงปฏิสัมพันธ์
3. แบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การหักเหของแสง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งเป็นแบบวัดมาตราส่วนประเมินค่า (Rating scale) พร้อมทั้งระบุเกณฑ์การให้คะแนนในการประเมินเป็นแบบ Rubric Score จำนวน 3 ระดับ คือ 1,2,3 คิดเป็นด้านละ 3 คะแนน โดยแบ่งประเมินเป็น 3 ด้าน ประกอบด้วย 1) ด้านการพยากรณ์ 2) ด้านการสังเกต และ 3) ด้านการสื่อความหมาย มีทั้งหมด 15 ข้อ ซึ่งได้ผ่านการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญแล้ว
4. แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต และอธิบาย ร่วมกับการใช้สื่อจำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ เป็นแบบมาตราประมาณค่า 5 ระดับ ตามวิธีของลิเคิร์ท (บุญชุม ศรีสะอาด 2554, น.4) โดยถือเกณฑ์การประเมินเป็นคะแนน ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย 4.51-5.00 แปลความหมาย พึงพอใจในระดับมากที่สุด

คะแนนเฉลี่ย 3.51-4.50 แปลความหมาย พึงพอใจระดับมาก

คะแนนเฉลี่ย 2.51-3.50 แปลความหมาย พึงพอใจระดับปานกลาง

คะแนนเฉลี่ย 1.51-2.50 แปลความหมาย พึงพอใจระดับน้อย

คะแนนเฉลี่ย 1.00-1.50 แปลความหมาย พึงพอใจระดับน้อยที่สุด

จำนวนแบบประเมินทั้งหมด 20 ข้อ โดยแบ่งเป็น 3 ด้าน คือ 1) ด้านวิธีการสอนและกิจกรรม 2) ด้านสื่อการสอน และ 3) ด้านการประเมินผลการเรียนรู้ ซึ่งได้ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญ โดยมีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์หรือเนื้อหา มีค่า 0.60-1.00 (ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน 2561, น.50) และผู้วิจัยได้ทดสอบหาความเชื่อมั่นของแบบสอบถามทั้งฉบับโดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's alpha) ได้ค่าเท่ากับ 0.72

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลในครั้งนี้ ผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการทดลองกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างด้วยตนเอง โดยการดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ขั้นเตรียมนักเรียน ก่อนการดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ผู้วิจัยทำการปฐมนิเทศนักเรียนกลุ่มตัวอย่างเพื่อทำความเข้าใจถึงขั้นตอนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต และอธิบายร่วมกับการใช้สื่อจำลองเชิงปฏิสัมพันธ์
2. ขั้นสำรวจความเข้าใจโมเดลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียน โดยผู้วิจัยใช้แบบวัดความเข้าใจโมเดลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การหักเหของแสง จำนวน 12 ข้อ ใช้เวลาในการทำแบบวัด 45 นาที โดยแบบวัดความเข้าใจโมเดลจะแบ่งตามมโนมิตี้อยู่ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางแสดงมโนมิตีวิทยาศาสตร์ย่อยเกี่ยวกับ เรื่อง การหักเหของแสง

มโนมิตีย่อย	เนื้อหาที่เกี่ยวข้อง
มโนมิตีย่อยข้อที่ 1	สถานะตัวกลางกับการหักเหแสง
มโนมิตีย่อยข้อที่ 2	ความถี่คลื่นเมื่อเกิดการหักเหแสง
มโนมิตีย่อยข้อที่ 3	การหักเหเมื่อคลื่นเคลื่อนที่จากตัวกลางดัชนีหักเหต่ำไปสูง
มโนมิตีย่อยข้อที่ 4	การหักเหเกิดร่วมกับการสะท้อน
มโนมิตีย่อยข้อที่ 5	คลื่นแสงทำมุมตกกระทบ 0 องศาบรรจบต่อตัวกลาง
มโนมิตีย่อยข้อที่ 6	วัตถุที่อยู่ตัวกลางที่ดัชนีหักเหใกล้เคียงกัน
มโนมิตีย่อยข้อที่ 7	การสะท้อนกลับหมดของแสง
มโนมิตีย่อยข้อที่ 8	การมองวัตถุในของเหลวโดยมีมุมตกกระทบ 0 องศาบรรจบต่อตัวกลาง
มโนมิตีย่อยข้อที่ 9	ทางเดินของแสง
มโนมิตีย่อยข้อที่ 10	การมองวัตถุในของเหลวโดยมีมุมตกกระทบมากกว่า 0 องศาบรรจบต่อตัวกลาง
มโนมิตีย่อยข้อที่ 11	การวาดรังสีแสงที่เคลื่อนที่ผ่านเลนส์นูน และการเกิดภาพเมื่อวัตถุวางที่ตำแหน่งใด ๆ
มโนมิตีย่อยข้อที่ 12	การวาดรังสีแสงที่เคลื่อนที่ผ่านเลนส์เว้า และการเกิดภาพเมื่อวัตถุวางที่ตำแหน่งใด ๆ

3. ขั้นดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยผู้วิจัยดำเนินการตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต และอธิบาย ร่วมกับการใช้สื่อจำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ ที่สร้างขึ้น จำนวน 6 แผน ใช้เวลาแผนละ 2 ชั่วโมง รวมใช้เวลา 12 ชั่วโมง โดยตลอดการจัดการเรียนรู้จะมีการจัดกลุ่มนักเรียนออกเป็น 8 กลุ่ม แต่ละกลุ่มจะมีทั้งนักเรียนที่เก่ง กลาง อ่อน ซึ่งแบ่งตามคะแนนที่ได้จากการทำแบบวัดความเข้าใจโมเดลทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน และมีการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แบบประเมินมาตราส่วนประเมินค่า ประกอบด้วย 3 ด้าน คือ 1) ด้านการพยากรณ์ 2) ด้านการสังเกต และ 3) ด้านการสื่อความหมาย

4. ขั้นประเมินผลหลังการจัดการเรียนรู้เมื่อสอนเสร็จทั้ง 6 แผน ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบความเข้าใจโมเดลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยใช้แบบวัดความเข้าใจโมเดลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การหักเหของแสง ซึ่งเป็นฉบับเดียวกันกับแบบวัดมโนมิตีทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน

5. ขั้นการประเมินความพึงพอใจจากการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยให้นักเรียนตอบแบบสอบถามความพึงพอใจ จำนวน 20 ข้อ

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์ความเข้าใจนิมิตทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การหักเหของแสง ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้เกณฑ์แบ่งระดับความเข้าใจนิมิตตามเกณฑ์ของ Arslan, Cigdemoglu & Moseley (2012, pp.1667-1686) ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตารางวิเคราะห์จัดกลุ่มคำตอบนิมิตทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้เกณฑ์การแบ่งระดับความเข้าใจนิมิตของ Arslan, Cigdemoglu and Moseley

ส่วนที่ 1	ส่วนที่ 2	ส่วนที่ 3	การแปลผล
ตอบ ถูก	ตอบ ถูก	ตอบ มั่นใจ	ความเข้าใจนิมิตทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง
ตอบ ถูก	ตอบ ผิด	ตอบ มั่นใจ	ความเข้าใจนิมิตทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนเหตุผล
ตอบ ผิด	ตอบ ถูก	ตอบ มั่นใจ	ความเข้าใจนิมิตทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนความรู้
ตอบ ผิด	ตอบ ผิด	ตอบ มั่นใจ	ความเข้าใจนิมิตที่คลาดเคลื่อน
ตอบ ถูก	ตอบ ถูก	ตอบ ไม่มั่นใจ	ความเข้าใจนิมิตที่ขาดความเชื่อมั่นหรือเกิดจากการเดา
ตอบ ถูก	ตอบ ผิด	ตอบ ไม่มั่นใจ	ไม่มีนิมิต
ตอบ ผิด	ตอบ ถูก	ตอบ ไม่มั่นใจ	ไม่มีนิมิต
ตอบ ผิด	ตอบ ผิด	ตอบ ไม่มั่นใจ	ไม่มีนิมิต

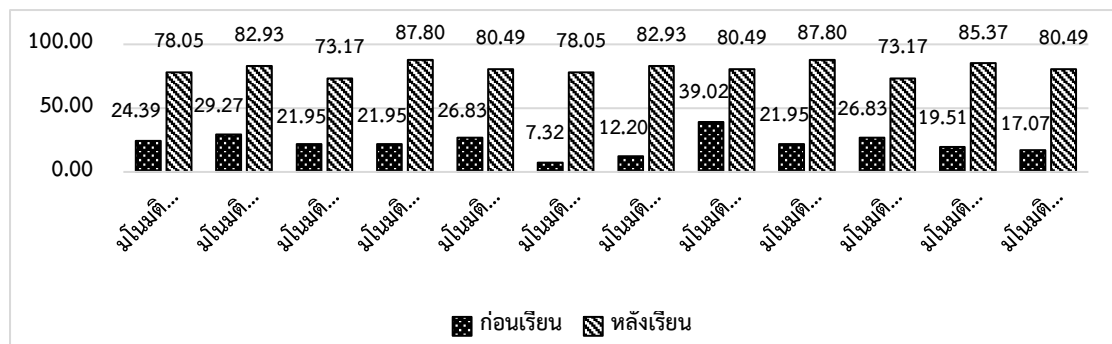
วิเคราะห์คะแนนจากการทำแบบวัดความเข้าใจนิมิตทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้ค่าเฉลี่ย ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที

2. การวิเคราะห์ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เกิดจากการเรียนรู้แบบทํานาย สังเกต และอธิบายร่วมการใช้สื่อจำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ เรื่อง การหักเหของแสง โดยใช้ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3. การวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบทํานาย สังเกต และอธิบาย ร่วมกับการใช้สื่อจำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ เรื่อง การหักเหของแสง โดยใช้ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

สรุปผลการวิจัย

1. ผลการวิเคราะห์ความเข้าใจนิมิตทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การหักเหของแสง ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบทํานาย สังเกต และอธิบาย ร่วมกับการใช้สื่อจำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ ซึ่งพบว่า โดยภาพรวมมีจำนวนนักเรียนที่มีความเข้าใจนิมิตทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องเพิ่มขึ้นในทุกนิมิตย่อยหลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การเปรียบเทียบร้อยละของจำนวนนักเรียนที่มีความเข้าใจนิมิตที่ถูกต้องก่อนเรียนและหลังเรียน

จากภาพที่ 2 จะเห็นว่าร้อยละของจำนวนนักเรียนที่มีความเข้าใจโมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การหักเหของแสง หลังเรียนจะมีร้อยละจำนวนนักเรียนเพิ่มขึ้นมากกว่าก่อนเรียนทุก ๆ โมติย่อย แสดงถึงการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต และอธิบายร่วมกับการใช้สื่อจำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ สามารถพัฒนาความเข้าใจโมติทางวิทยาศาสตร์ของทุกโมติย่อย และเมื่อหาความแตกต่างระหว่างคะแนนจากการทำแบบวัดความเข้าใจโมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้วิธีการทดสอบค่าที ได้ค่าดังตาราง 3

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของคะแนนจากการทำแบบวัดความเข้าใจโมติทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง การหักเหของแสง

มโนติทางวิทยาศาสตร์	n	$\bar{X}$	ร้อยละ	S.D.	t	P
ก่อนเรียน	41	2.68	22.32	1.90	21.629*	.000
หลังเรียน	41	9.71	80.89	2.11		

*มีนัยสำคัญที่ระดับ .05

จากตารางที่ 3 เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนจากการทำแบบวัดความเข้าใจโมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การหักเหของแสง ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต และอธิบาย ร่วมกับการใช้สื่อจำลองเชิงปฏิสัมพันธ์พบว่า คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างหลังเรียน (ร้อยละ 80.89) สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน (ร้อยละ 22.32) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ผลการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย และอธิบาย ร่วมกับการใช้สื่อจำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ โดยการใช้แบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบบบูรณาการ จำนวน 20 ข้อ โดยแบ่งเป็น 3 ด้าน คือ 1) ด้านการพยากรณ์ ($\bar{X}$ 2.29, SD=0.23) 2) ด้านการสังเกต ($\bar{X}$ =2.50, SD=0.38) และ 3) ด้านการสื่อความหมาย ($\bar{X}$ =2.58, SD=0.40) ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ตารางวิเคราะห์ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต และอธิบาย ร่วมกับการใช้สื่อจำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ เรื่อง การหักเหของแสง

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	$\bar{X}$	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ผลการประเมิน
1. ด้านการพยากรณ์	2.29	0.23	ดี
2. ด้านการสังเกต	2.50	0.38	ดีมาก
3. ด้านการสื่อความหมาย	2.58	0.40	ดีมาก
ผลการประเมินรวมทั้ง 3 ด้าน	2.46	0.34	ดีมาก

จากตารางที่ 4 สามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต และอธิบาย ร่วมกับการใช้สื่อจำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ เรื่อง การหักเหของแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 นั้นสามารถทำให้นักเรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ด้านในระดับดีมาก

3. ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต และอธิบาย ร่วมกับการใช้สื่อจำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ ซึ่งผู้วิจัยวิเคราะห์จากการคะแนนที่นักเรียนประเมินแบบสอบถาม ความพึงพอใจแบบประเมินค่า 5 ระดับ โดยแบ่งเป็น 3 ด้าน ประกอบด้วย 1) ด้านวิธีการสอนและกิจกรรม 2) ด้านสื่อการสอน และ 3) ด้านการประเมินผลการเรียนรู้ โดยใช้ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในการวิเคราะห์ได้ผลการประเมินดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต และอธิบายร่วมกับการใช้สื่อจำลองเชิงปฏิสัมพันธ์

รายการ	$\bar{X}$	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	การแปลผล
1. ด้านวิธีการสอนและกิจกรรม	4.32	0.23	มาก
2. ด้านสื่อการสอน	4.66	0.31	มากที่สุด
3. ด้านการประเมินผลการเรียนรู้	4.30	0.22	มาก
เฉลี่ย	4.36	0.23	มาก

จากการวิเคราะห์ผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต และอธิบาย ร่วมกับการใช้สื่อจำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ พบว่า ค่าเฉลี่ยความพึงพอใจรวมกันทุกด้าน เท่ากับ 4.36 อยู่ในระดับพึงพอใจมาก และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.23 โดยนักเรียนมีความพึงพอใจต่อด้านสื่อการสอนมากที่สุด เนื่องจาก มีการใช้สื่อการสอนแบบจำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติและทดลองเพื่อหาความรู้ได้ด้วยตนเอง รวมถึงมีการแสดงผลเนื้อหาที่เป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการศึกษาความเข้าใจโน้ตทางวิทยาศาสตร์ก่อนการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต และอธิบาย ร่วมกับการใช้สื่อจำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ นักเรียนมีระดับโน้ตตั้งแต่ไม่มีโน้ต (Lack of knowledge) ไปจนถึงโน้ตระดับที่ถูกต้อง (Scientific knowledge) หลังจากนักเรียนผ่านกระบวนการจัดการเรียนรู้ พบว่านักเรียนมีความเข้าใจโน้ตในระดับโน้ตถูกต้องเพิ่มขึ้นในทุกมโนติ โดยก่อนการจัดการเรียนรู้นักเรียนมีคะแนนความเข้าใจโน้ตจากการทำแบบวัดความเข้าใจโน้ตทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับที่ถูกต้องในทุกมโนติย่อย คิดเป็นร้อยละ 22.33 หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนมีความเข้าใจโน้ตในระดับที่ถูกต้องในทุกมโนติย่อย คิดเป็นร้อยละ 80.89 เมื่อพิจารณาคะแนนจากการทำแบบวัดความเข้าใจโน้ตทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การหักเหของแสง ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ทั้งก่อนและหลังเรียนแล้ว พบว่า มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน ($\bar{X} = 9.81$) มากกว่าคะแนนก่อนเรียน ($\bar{X} = 2.68$) โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับเบญญาดา สุทธิบุตร (2562, น.77-78) ที่ได้ทำการศึกษาการแก้ไขโน้ตที่คลาดเคลื่อน เรื่อง สีในแสง โดยใช้เทคนิคการสอนแบบทำนาย สังเกต อธิบาย และใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนมาประยุกต์ใช้ในขั้นตอนการสังเกต (Observe) โดยผลการวิจัยที่ได้คือ การสอนแบบทำนาย สังเกต และอธิบาย ร่วมกับการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนสามารถพัฒนาโน้ตของนักเรียนให้สูงขึ้น กล่าวคือ นักเรียนที่มีมโนติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนหลังเรียนมีจำนวนน้อยลงวก่อนเรียน และยังสอดคล้องกับ McKagan (2008, p.414) ที่ได้ทำการจัดการเรียนรู้โดยใช้สื่อจำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ โดยมีการอธิบายเพิ่มเติมให้กับผู้เรียนขณะที่กำลังทำการศึกษาทดลองจะมี

ส่วนช่วยให้ผู้เรียนมีความเข้าใจมากขึ้น อีกทั้งยังสามารถช่วยให้ผู้เรียนมองเห็นภาพและเข้าใจได้ดีกว่าการให้ศึกษาจากสื่อจำลองเชิงปฏิสัมพันธ์เพียงอย่างเดียว

ผลการศึกษาการเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างจากการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต และอธิบาย ร่วมกับการใช้สื่อจำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ เรื่อง การหักเหของแสง พบว่า นักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีผลการประเมินทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านการพยากรณ์ ($\bar{X} = 2.29$, $SD=0.23$) ด้านการสังเกต ($\bar{X} = 2.50$, $SD=0.38$) และด้านการสื่อความหมาย ($\bar{X} = 2.58$, $SD=0.40$) และมีผลการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับมาก ซึ่งสอดคล้องกับ อนุชา ตู่แก้ว (2561, น.724) ที่ได้มีการจัดการศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต และอธิบาย ที่มีผลต่อการเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งมีการเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทุกทักษะอยู่ในระดับดี และสอดคล้องกับทศวรรณ ภูผาแร่ (2556, น.6) พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต และอธิบาย มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการโดยรวมทั้ง 4 ทักษะอยู่ในระดับดี คิดเป็นร้อยละ 75.19 เนื่องจากการจัดการเรียนรู้มีการให้นักเรียนปฏิบัติการทดลองจริง มีการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ และการทดลองที่สอดคล้องกับการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการของนักเรียนในด้านต่าง ๆ

ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต และอธิบาย ร่วมกับการใช้สื่อจำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ พบว่า ด้านที่นักเรียนมีความพึงพอใจสูงสุดคือ ด้านการใช้สื่อการสอน นักเรียนสามารถสังเกตการทดลองได้ง่าย และมีความชัดเจน รวมถึงสื่อจำลองเชิงปฏิสัมพันธ์มีความน่าสนใจ และยืดหยุ่นในการใช้งาน มีส่วนช่วยให้นักเรียนสนใจที่จะทำกิจกรรมการทดลองผ่านสื่อที่มีความดึงดูดใจ ทั้งสามารถช่วยให้นักเรียนออกแบบการทดลองได้อย่างอิสระผ่านการทำงานเป็นกลุ่ม ซึ่งสอดคล้องกับ รวิพรชนิษฐ์ สนิทพวง (2561, น.129-138)

ข้อเสนอแนะ

1. ครูผู้สอนควรนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต และอธิบาย ร่วมกับการใช้สื่อจำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ ไปประยุกต์ใช้กับการเรียนการสอนในเนื้อหาอื่น ๆ ที่มีความเป็นนามธรรมสูง
2. ก่อนการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต และอธิบายร่วมกับการใช้สื่อจำลองเชิงปฏิสัมพันธ์นั้นนักเรียนยังไม่เข้าใจเกี่ยวกับการปฏิบัติการจริง ดังนั้นครูผู้สอนจึงควรเริ่มต้นด้วยการชี้แจงวัตถุประสงค์ วิธีดำเนินการ การปฏิบัติตน และการใช้สื่อจำลองเชิงปฏิสัมพันธ์
3. ควรศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต และอธิบาย ร่วมกับการใช้สื่อจำลองเชิงปฏิสัมพันธ์เปรียบเทียบกับจัดการเรียนรู้รูปแบบอื่น ๆ
4. ควรมีการพัฒนาสื่อจำลองเชิงปฏิสัมพันธ์เพิ่มเติมสำหรับการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์เนื้อหาอื่น ๆ

บรรณานุกรม

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ:

คุรุสภาลาดพร้าว.

จิราพร ไจแสน, แสงกฤษ กลั่นบุศย์ และขวัญ อารยะธนิตกุล. (2565) ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน

เกี่ยวกับการหักเหของแสงเรื่องลึกจริง ลึกปรากฏ. *ศึกษาศาสตร์สาร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*, 6(1):

16-28.

- ชาญวิทย์ คำเจริญ และดารกา พลัง. (2562). การใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง: การเคลื่อนที่แนววิถีโค้ง. *วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม*, 18(3): 14.
- โชคชัย ยืนยง. (2561). ยุทธวิธีการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์. ขอนแก่น: หจก. ขอนแก่นการพิมพ์.
- ณัฏฐา ลัมวัฒนา. (2564). การจัดการเรียนรู้โดยใช้ MICIS เพื่อพัฒนาความมโนคติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน. (2561). การประยุกต์ใช้ SPSS วิเคราะห์ข้อมูลงานวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 8. มหาสารคาม: ตักสิลาการพิมพ์.
- ทศวรรณ ภูผาแร่. (2556). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ เรื่อง สารชีวโมเลกุล โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับกิจกรรมทำนาย-สังเกต-อธิบาย. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.
- นิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์. (2548). การปรับเปลี่ยนมโนคติ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ โดยใช้การจัดการเรียนรู้บนเครือข่ายที่พัฒนาตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิลิซึม ขอนแก่น: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2554). หลักการวิจัยเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 9. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- เบญญาดา สุทธิบุตร. (2562). การพัฒนามโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมบัติของสาร ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต และอธิบาย (วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์) มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ประภารัตน์ สิงห์เสนา. (2552). ผลการใช้วงจรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับแผนผังเชิงโต้แย้งที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประยุกต์ความรู้ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต). ภาควิชาหลักสูตร การสอนและเทคโนโลยีการศึกษา สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พวงรัตน์ ไพเราะ. (2559). การพัฒนาการเรียนการสอนที่มุ่งผลลัพธ์การเรียนรู้โดยใช้ระบบพี่เลี้ยง ในรายวิชา 105001 ฟิสิกส์เบื้องต้น (รายงานการวิจัย). นครราชสีมา: สาขาวิชาฟิสิกส์ สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2565). รายงานผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินำขั้นพื้นฐาน (O-NET) ปีการศึกษา 2565. เข้าถึงได้จาก <http://www.newonetestresult.niets.or.th/AnnouncementWeb/Login.aspx>
- สุวิมล มธูรส. (2564). การจัดการศึกษาในระบบออนไลน์ในยุค NEW NORMAL COVID-19. *วารสารรัชต์ภาคย์*, 15(40): 33-42.
- อนุชา ตู่แก้ว. (2561). ผลการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการทำนาย สังเกต และอธิบาย ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 (วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต) มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์.

อภิวัฒน์ บุญเรือง. (2552). ความสามารถทางเทคโนโลยีและความเข้าใจแนวคิดเรื่องแสงและการมองเห็นของนักศึกษาในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น จากการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ทั่วไป โดยใช้กระบวนการเทคโนโลยี (วิทยานิพนธ์ปริญญา ศีษศาสตรมหาบัณฑิต) คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

Arslan, H.O., Cigdemoglu, C., and Moseley, C. (2012). A three-tier diagnostic test to assess pre-service teachers' misconceptions about global warming, greenhouse effect, ozone layer depletion, and acid rain. *International Journal of Science Education*, 34(11), 1667-1686.

McKagan, S.B., et al. (2008). Developing and researching PhET simulations for teaching quantum mechanics. *American Journal of Physics*, 76(406), 406-417.

Pesman, H. and Eryilmaz, A. (2010). Development of a three-tier test to assess misconceptions about simple electric circuits. *The Journal of Educational Research*, 103(1), 208-222.

Srisawasdi, N., Pondee, P. and Bunterm, T. (2017). Preparing pre-service teachers to integrate mobile technology into science laboratory learning: an evaluation of technology-integrated pedagogy module. *International Journal of Mobile Learning and Organization*, 12(1), 1-17.

Suvarna, K.G., Sandhya, D.G. and Chanakya, P. (2015). Augmented Reality in Enhancing Qualitative Education. *International Journal of Computer Application*, 132(14), 41-45.

White, R. and Gunstone, R. (1992). *Probing understanding*. London and New York: The Falmer Press