

Received: October 16, 2025

Revised: December 8, 2025

Accepted: December 8, 2025

Published: December 22, 2025

การพัฒนาบทเรียนอีเลิร์นนิ่งร่วมกับแบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเรื่องแสงและเงา สำหรับผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5

The Development of E-Learning Lesson with an Interactive Simulation on light and shadow for Mathayomsuksa 5 Students

อาจารย์ ทองอ่อน^{1*}

Arjaree Thongon^{1*}

¹ ภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

¹ Department of Physics and General Science, Faculty of Science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University

* Arjaree_tho@cmru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาประสิทธิภาพของบทเรียน (E1/E2) ตามเกณฑ์ 80/80 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อบทเรียนเรื่อง แสงและเงา กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนวิชาฟิสิกส์ โรงเรียนเสริมงามวิทยาคม ในภาคเรียนที่ 1 ปี การศึกษา 2567 จำนวน 20 คน การวิเคราะห์ผล จากแบบทดสอบก่อนเรียน ใบงาน แบบทดสอบหลังเรียน และแบบสำรวจความพึงพอใจที่มีต่อการใช้บทเรียน จากการวิจัยพบว่า (1) ค่าประสิทธิภาพของบทเรียนมีค่า เท่ากับ 84.50/80.50 (2) นักเรียนส่วนใหญ่มีค่าความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในกลุ่ม Medium gain (3) ความพึงพอใจต่อบทเรียนอยู่ในระดับพึงพอใจมาก โดยมีค่าความพึงพอใจในเชิงบวกที่ระดับคะแนนเฉลี่ย 4.07 และค่าความพึงพอใจในเชิงลบที่ระดับคะแนนเฉลี่ย 1.44 แสดงให้เห็นว่าบทเรียนอีเลิร์นนิ่งร่วมกับแบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง แสงและเงา นี้มีความเหมาะสมสำหรับนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการจัดการเรียนการสอนของนักเรียนที่เรียนวิชาฟิสิกส์ ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

คำสำคัญ: แสงและเงา,อีเลิร์นนิ่ง, แบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริง , การศึกษาทางฟิสิกส์

Abstract

This research aimed to study the effectiveness of the lesson (E1/E2) according to the 80/80 criterion, learning achievement and students' satisfaction about using the interactive virtual model on light and shadow. The target group consisted of 20 Mathayom 5 students studying physics at Soemngamwitthayakhom School in the first semester of the 2024 academic year. The analytic data came from the results of the pre-test, worksheet, post-test. and responses from a survey of satisfaction with the use of the lesson. The research found that (1) the effectiveness of the lesson (E1/E2) is 84.50/80.50. (2) Most students are in the Medium gain group. (3) The satisfaction towards the lesson was at a very satisfactory level, with a positive satisfaction value at a mean score of 4.07 and a negative satisfaction value at a mean score of 1.44. It shows that this e-learning lesson combined with the interactive virtual model on light and shadow is suitable for use as a teaching tool for Mathayom 5 students who study physics.

Keywords: Light and shade, E-learning, interactive simulation, Physics Education

บทนำ (Introduction)

ในปัจจุบันความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีส่วนช่วยต่อการพัฒนากระบวนการคิดของมนุษย์ในด้านต่าง ๆ ซึ่งเกี่ยวข้องต่อการดำเนินชีวิตประจำวันของคนเราเป็นอย่างมากและถือได้ว่าเป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ซึ่งเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ การศึกษาจำเป็นต้องปรับเปลี่ยนเพื่อให้สอดคล้องกับพลวัตของโลก และตอบสนองต่อความต้องการในการพัฒนาทักษะของเด็กในศตวรรษที่ 21 ที่เน้นการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ โดยหลักการพื้นฐานที่สำคัญคือ กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มศักยภาพ เพื่อบรรลุเป้าหมายดังกล่าว การพัฒนากระบวนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ควรเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างความรู้วิทยาศาสตร์กับเทคโนโลยีประเภทต่าง ๆ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจ สามารถระบุปัญหา วางแผนการแก้ปัญหาตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ สื่อสารความรู้ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าให้บุคคลอื่นฟัง นำความรู้กระบวนการวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวัน และสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างสร้างสรรค์ การบูรณาการวิทยาศาสตร์เข้ากับเทคโนโลยีสมัยใหม่จึงเป็นกุญแจสำคัญ ด้วยเหตุนี้การจัดการเรียนรู้โดยใช้อีเลิร์นนิง (E-learning) ซึ่งเป็นการเรียนรู้ผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์หรือเทคโนโลยีออนไลน์ เช่น อินเทอร์เน็ต คอมพิวเตอร์ หรือสมาร์ทโฟน โดยมีลักษณะสำคัญคือช่วยให้ผู้เรียนสามารถเข้าถึงเนื้อหาได้ทุกที่ทุกเวลา โดยรูปแบบของเนื้อหาจะเป็นเนื้อหาที่จัดเตรียมไว้ล่วงหน้า เช่น วิดีโอการบรรยายที่บันทึกไว้, เอกสารประกอบการเรียน, แบบฝึกหัดออนไลน์, ฟอรัมสนทนา, และแบบทดสอบ เป็นต้น โดยอีเลิร์นนิงไม่เพียงแต่ช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นในการเรียนรู้เท่านั้น แต่ยังเป็นเครื่องมือสำคัญในการนำเสนอแนวคิดและกระบวนการเรียนรู้ที่หลากหลายและทันสมัย ที่สามารถสนับสนุนให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนทักษะการคิดเชิงวิทยาศาสตร์และการประยุกต์ใช้ความรู้ได้อย่างเต็มที่ และแบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเป็นการจำลองสถานการณ์หรือวัตถุที่ซับซ้อนให้เห็นภาพและลงมือปฏิบัติได้จริง เช่น ห้องปฏิบัติการเสมือน ซึ่งผู้เรียนสามารถทำการทดลองทางวิทยาศาสตร์ได้ผ่านเทคโนโลยีใน

รูปแบบต่าง ๆ จากที่ได้กล่าวมานั้นจะทำให้ผู้เรียนเข้าถึงเนื้อหา และมีปฏิสัมพันธ์ได้ทันที เช่น การทำแบบฝึกหัดที่ได้รับผลตอบกลับทันทีผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์หรือเทคโนโลยีออนไลน์

ฟิสิกส์เป็นศาสตร์พื้นฐานที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของประเทศ อย่างไรก็ตาม การจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ในระดับมัธยมศึกษายังพบปัญหาและอุปสรรคหลายประการ ผู้เรียนจำนวนมากมองว่าวิชาฟิสิกส์เป็นวิชาที่ยาก เนื่องจากเนื้อหามีลักษณะเป็นนามธรรม ต้องใช้การคิดวิเคราะห์เชิงคณิตศาสตร์สูง และเชื่อมโยงกับปรากฏการณ์ที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง (Sarabi & Abdul, 2018) ในงานวิจัย Exploring Students' Perceived Difficulties of Learning Physics ชี้ว่าผู้เรียนมักมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนในแนวคิดทางฟิสิกส์ และประสบปัญหาในการเชื่อมโยงทฤษฎีเข้ากับสถานการณ์จริงในชีวิตประจำวัน (Wangchuk et al., 2023) หัวข้อ “แสงและเงา” ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของเนื้อหาฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ถือเป็นเนื้อหาที่ผู้เรียนมักมีปัญหาในการทำ ความเข้าใจแนวคิดเรื่องการสะท้อน การหักเหของแสง และการเกิดภาพ เนื่องจากเป็นกระบวนการที่มองไม่เห็นโดยตรง การเรียนรู้จึงจำเป็นต้องอาศัยการสังเกต การทดลอง และการสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ อย่างไรก็ตาม การจัดการเรียนรู้ด้วยการทดลองจริงมักมีข้อจำกัด เช่น อุปกรณ์ไม่เพียงพอ งบประมาณจำกัด และไม่สามารถจัดให้ผู้เรียนทุกคนมีส่วนร่วมได้เต็มที่ ส่งผลให้ผู้เรียนบางส่วนไม่สามารถเข้าใจเนื้อหาเชิงลึกได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากปัญหาดังกล่าว การนำเทคโนโลยีดิจิทัลเข้ามาช่วยในการจัดการเรียนรู้ โดยเฉพาะการใช้บทเรียนอีเลิร์นนิ่งและแบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริงจึงเป็นทางเลือกสำคัญที่ช่วยลดข้อจำกัดในการเรียนการสอนและเพิ่มประสิทธิภาพของการเรียนรู้ จากงานวิจัยของ ศตวรรษ เหล่าประเสริฐ และณัฐพล รำไพ (2565) เรื่อง การพัฒนาบทเรียนอีเลิร์นนิ่งแบบผสมผสาน วิชาฟิสิกส์ เรื่องงาน พบว่าบทเรียนอีเลิร์นนิ่งแบบผสมผสานมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก (ค่าเฉลี่ยด้านเนื้อหา 4.68 ด้านเทคนิค 4.40) มีประสิทธิภาพ 82.05/75.22 และช่วยเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงให้เห็นว่าเทคโนโลยีการเรียนรู้ออนไลน์สามารถส่งเสริมความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์และเพิ่มแรงจูงใจของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในทำนองเดียวกัน งานวิจัยของ สุภารัตน์ ธีรพิสิฐ และคณะ (2564) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการจัดการเรียนการสอนออนไลน์ในรายวิชาฟิสิกส์ของนักศึกษาคณะครุศาสตร์ พบว่าผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนออนไลน์ในระดับมาก โดยเฉพาะในด้านกิจกรรมการเรียนรู้และสื่อเทคโนโลยี (ค่าเฉลี่ย 4.28 และ 4.14 ตามลำดับ) ซึ่งสะท้อนว่าการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศช่วยให้การเรียนรู้ฟิสิกส์มีความยืดหยุ่นและเข้าถึงได้มากขึ้น แม้ในสถานการณ์จำกัดเช่นการแพร่ระบาดของโควิด-19 นอกจากนี้ งานวิจัยต่างประเทศจำนวนมากยังยืนยันถึงประสิทธิภาพของสื่อจำลองเสมือนจริง เช่น โครงการ PhET Interactive Simulations ที่มหาวิทยาลัยโคโลราโด สหรัฐอเมริกา พัฒนาเครื่องมือจำลองการทดลองทางวิทยาศาสตร์แบบโต้ตอบ พบว่าสามารถเพิ่มความเข้าใจเชิงแนวคิด (conceptual understanding) และแรงจูงใจในการเรียนรู้ของผู้เรียนได้ดีกว่าการสอนแบบบรรยาย สอดคล้องกับแนวคิดของ Holistic Framework for Self-Paced Learning Tools (Marshman et al., 2020) ที่ชี้ว่าการเรียนรู้แบบโต้ตอบและได้รับผลย้อนกลับทันที (immediate feedback) ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้เชิงลึก (deep learning) มากกว่าการเรียนรู้แบบรับสารเพียงอย่างเดียว

จากงานวิจัยของอาจารย์ ทองอ่อน และเพ็ญศรี ประมุขกุล (2024) ซึ่งได้นำแบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง แสงและเงา มาใช้ในการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนจริงนั้น พบว่าผู้เรียนไม่มีเวลาเพียงพอในการใช้แบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริงได้ รวมทั้งยังไม่มีเวลาเพียงพอในการทบทวนบทเรียน ทำให้ค่าประสิทธิภาพของสื่อไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่ได้ตั้งไว้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้พัฒนาบทเรียนอีเลิร์นนิ่งร่วมกับ

แบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเรื่อง แสงและเงา เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้เอง และทบทวนบทเรียนได้ตามความต้องการ รวมทั้งสามารถใช้แบบจำลองสถานการณ์ได้หลากหลายรูปแบบตามความต้องการได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1) เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนอีเลิร์นนิ่งร่วมกับแบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง แสงและเงา (E1/E2) ตามเกณฑ์ 80/80
- 2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การเกิดเงามืดและเงามัว ก่อนและหลังการใช้บทเรียนอีเลิร์นนิ่งร่วมกับแบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา
- 3) เพื่อหาความพึงพอใจในการเรียนเรื่อง แสงและเงา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาที่มีต่อบทเรียนอีเลิร์นนิ่งร่วมกับแบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริง

วิธีดำเนินการวิจัย

กลุ่มผู้ให้ข้อมูล

กลุ่มผู้ให้ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนวิชาฟิสิกส์ โรงเรียนเสริมงามวิทยาคม จังหวัดลำปาง ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 20 คน จากนักเรียนในห้องเรียนสายวิทย์-คณิตฯ โดยการเลือกแบบสุ่มเจาะ ซึ่งผู้เรียนจะได้เรียนรู้เนื้อหาเรื่องแสงและเงาจากบทเรียนอีเลิร์นนิ่งก่อนเรียนเนื้อหาในโรงเรียน ซึ่งคะแนนที่ได้จะไม่มีผลต่อคะแนนในโรงเรียน ผู้เรียนสามารถเข้าเรียนรู้ได้ด้วยตนเองเวลาใดก็ได้ในช่วงเวลาที่กำหนด (1 สิงหาคม 2567 ถึง 20 สิงหาคม 2567)

การพิทักษ์สิทธิของกลุ่มผู้ให้ข้อมูล

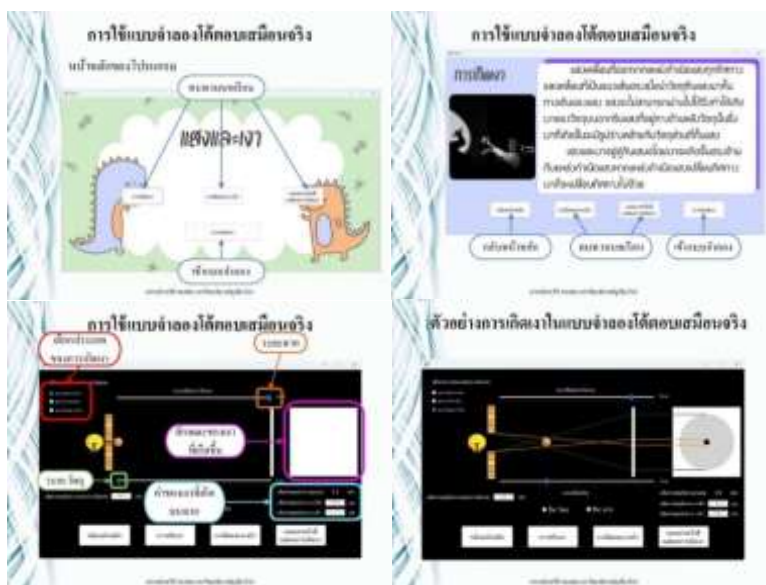
ผู้วิจัยคำนึงถึงการพิทักษ์สิทธิของกลุ่มเป้าหมายโดยทำหนังสือขออนุญาตเก็บข้อมูลวิจัยต่อประธานคณะกรรมการประจำจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่โดยได้รับหมายเลขรับรอง IRBCMRU 2023/299.06.09 โดยให้การรับรองตั้งแต่วันที่ 21 กันยายน 2566 วันหมดอายุใบรับรองวันที่ 20 กันยายน 2567 ต่อจากนั้น ผู้วิจัยได้ชี้แจงกลุ่มเป้าหมายก่อนการเก็บข้อมูลวิจัย โดยอธิบายวัตถุประสงค์ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลในการทำวิจัยให้กลุ่มเป้าหมายทราบ พร้อมทั้งแจ้งกลุ่มเป้าหมายให้ทราบว่าผลการวิจัยที่ได้จากกลุ่มเป้าหมายจะถือเป็นความลับ โดยผลการวิจัยจะนำไปใช้ประโยชน์ในทางวิชาการเท่านั้น ผลการวิจัยจะไม่เปิดเผยชื่อของกลุ่มเป้าหมาย และ ข้อมูลทั้งหมดจะถูกทำลายภายในระยะเวลา 1 ปี เมื่องานวิจัยได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่แล้ว

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ใช้กระบวนการวิจัยเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ โดยข้อมูลเชิงปริมาณได้จากผลการทำแบบทดสอบก่อนเรียน จำนวน 10 ข้อ การทำใบงานปฏิบัติการ และแบบทดสอบหลังเรียน จำนวน 10 ข้อ โดยแบบทดสอบจะใช้เวลาทำ 15 นาที ก่อนและหลังการทำปฏิบัติการ และข้อมูลเชิงคุณภาพได้จากแบบสำรวจความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนโดยใช้บทเรียนอีเลิร์นนิ่งร่วมกับแบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง แสงและเงา ซึ่งประกอบไปด้วยคำถามทัศนคติเชิงบวก 8 ข้อ และทัศนคติเชิงลบ 4 ข้อ โดยมีระดับความพึงพอใจ 5 ระดับ นักศึกษาทำแบบสำรวจความพึงพอใจหลังจากที่ทำแบบทดสอบและใช้เวลาทำ 10 นาที

การออกแบบพัฒนาแบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริง

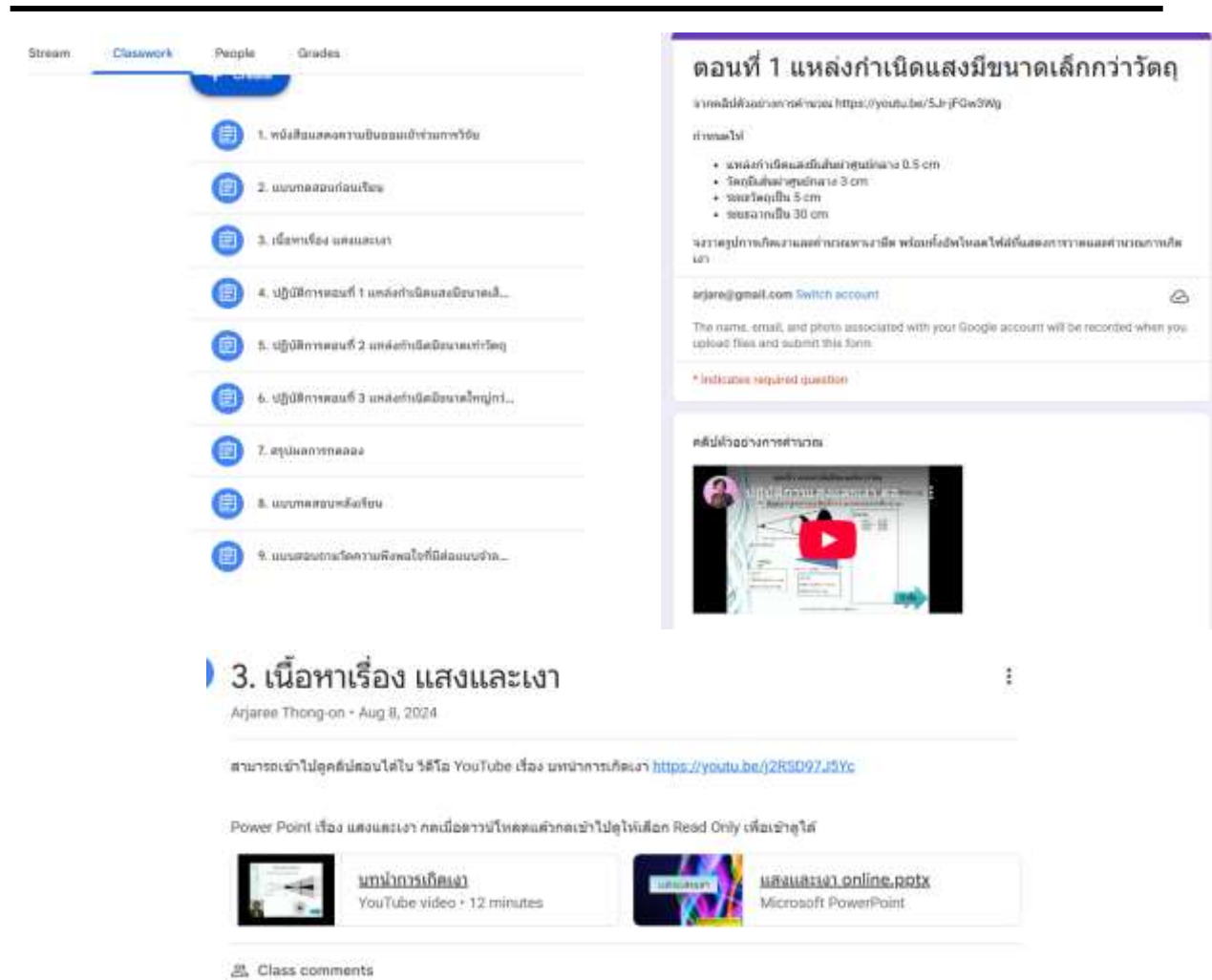
ผู้วิจัยศึกษาวิเคราะห์เนื้อหาเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนเรื่อง แสงและเงา เพื่อนำมาออกแบบแบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง แสงและเงา โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Microsoft Visual Studio ซึ่งเป็นโปรแกรมที่สามารถใช้ได้โดยไม่มีค่าใช้จ่ายดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ภาพสถานการณ์จำลองการเกิดเงาในแบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริง

การออกแบบพัฒนาห้องเรียนอีเลิร์นนิ่ง

ผู้วิจัยนำเนื้อหาเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนเรื่อง แสงและเงา มาแบ่งออกเป็นหัวข้อย่อย ๆ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเลือกศึกษาได้ตามความต้องการ โดยใช้ Google Classroom ในการสร้างห้องเรียนอีเลิร์นนิ่ง ดังรูปที่ 2 ซึ่งผู้เรียนจะได้เรียนรู้เนื้อหาจากคลิปวิดีโอ และได้ลงมือปฏิบัติจากการนำแบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริงมาใช้ โดยผู้เรียนเรียนรู้ด้วยตนเองผ่านหัวข้อ 2 หัวข้อหลัก คือ ส่วนของเนื้อหา และส่วนของปฏิบัติการที่ทำร่วมกับแบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริง โดยได้ให้ครูที่ควบคุมชั้นเรียนได้ใช้งานและให้ข้อเสนอแนะก่อนนำไปใช้จริง



รูปที่ 2 ภาพห้องเรียนอีเลิร์นนิ่ง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แบบทดสอบก่อนเรียนและแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

ผู้วิจัยได้สร้างข้อสอบเพื่อวัดความรู้ในเรื่อง แสงและเงา ของผู้เรียนทั้งก่อนและหลังเรียนจำนวน 10 ข้อ โดยให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความสอดคล้องของแต่ละคำถามและวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ โดยการให้คะแนนประเมินและนำคะแนนมาคำนวณตามสูตร

2. ใบงานปฏิบัติการเรื่อง แสงและเงา

ผู้วิจัยสร้างใบงานปฏิบัติการที่สอดคล้องกับแบบจำลองได้ตอบเสมือนจริงเรื่อง แสงและเงา โดยผู้เรียนจะได้วาดรูปแสงและเงาที่เกิดจากแหล่งกำเนิดแสง และวัตถุใน 3 รูปแบบที่แตกต่างกัน โดยกำหนดค่าของระยะวัตถุ และระยะฉาก เพื่อใช้ในการคำนวณขนาดของเงาด้วยตัวเองเพื่อเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากแบบจำลองได้ตอบเสมือนจริง ตอบคำถามท้ายการทดลองในแต่ละตอน และสรุปผลการปฏิบัติการ

3. แบบประเมินความพึงพอใจต่อการใช้แบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเรื่อง แสงและเงา

ผู้วิจัยได้สร้างแบบสำรวจความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อบทเรียนอีเลิร์นนิ่งร่วมกับแบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง แสงและเงา โดยแบบสำรวจที่สร้างขึ้นมีทั้งหมด 12 ข้อประกอบไปด้วยคำถามทัศนคติเชิงบวก 8 ข้อ (ข้อ 1, 3, 5, 6, 8, 9, 11 และ 12) และทัศนคติเชิงลบ 4 ข้อ (ข้อ 2, 4, 7 และ 10) โดยมีระดับคะแนนความคิดเห็น 5 ระดับ คือ 5 เห็นด้วยมากที่สุด 4 เห็นด้วยมาก 3 เห็นด้วยปานกลาง 2 เห็นด้วยน้อย และ 1 เห็นด้วยน้อยที่สุด จากนั้นแปลผลของระดับคะแนนความคิดเห็นเฉลี่ยเป็นระดับความพึงพอใจดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงการแปลผลระดับคะแนนเฉลี่ยของแบบประเมินความพึงพอใจต่อการใช้แบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเรื่อง แสงและเงา

ระดับคะแนนเฉลี่ย	การแปลผลของคำถามเชิงบวก	การแปลผลของคำถามเชิงลบ
4.21-5.00	มีความพึงพอใจมากที่สุด	มีความพึงพอใจน้อยที่สุด
3.41-4.20	มีความพึงพอใจมาก	มีความพึงพอใจน้อย
2.61-3.40	มีความพึงพอใจปานกลาง	มีความพึงพอใจปานกลาง
1.81-2.60	มีความพึงพอใจน้อย	มีความพึงพอใจมาก
1.00-1.80	มีความพึงพอใจน้อยที่สุด	มีความพึงพอใจมากที่สุด

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการจัดการเรียนการสอนเรื่อง แสงและเงา โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1. ผู้วิจัยประกาศรับสมัครอาสาสมัครผู้เข้าร่วมวิจัยโดยชี้แจงและแจ้งวัตถุประสงค์ของการเรียนการสอน รวมทั้งอธิบายขั้นตอนการใช้งานบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง
2. ผู้เรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน จำนวน 10 ข้อ ใช้เวลา 15 นาที
3. ผู้เรียนเข้าเรียนตามลำดับหัวข้อ โดยให้ผู้เรียนได้ศึกษาผลของการเกิดเงาจากรูปแบบการเกิดเงาแบบต่าง ๆ และบันทึกผลลงในใบงานปฏิบัติการเรื่อง แสงและเงา รวมทั้งตอบคำถามท้ายการทดลองในแต่ละตอน และสรุปผล ทั้งนี้ผู้เรียนสามารถทบทวนในหัวข้อที่ต้องการได้ รวมทั้งสามารถนำแบบจำลองสถานการณ์มาเปิดใช้ร่วมกับหัวข้อที่ต้องการทบทวนได้
3. เมื่อผู้เรียนทำปฏิบัติการครบแล้ว ผู้วิจัยให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน ทั้งหมด 10 ข้อ โดยใช้เวลาทำ 15 นาที แล้วจึงทำแบบประเมินความพึงพอใจต่อการใช้แบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเรื่อง แสงและเงา
4. นำข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมทั้งหมดไปทำการวิเคราะห์ผล

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้จากแบบทดสอบก่อนเรียน ใบงานปฏิบัติการ แบบทดสอบหลังเรียน และแบบประเมินความพึงพอใจต่อการใช่แบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเรื่อง แสงและเงา มาทำการวิเคราะห์ ดังนี้

1. ผู้วิจัยวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของแบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง แสงและเงา (E1/E2) ตามเกณฑ์ 80/80

$$E_1 = \frac{\frac{\sum x}{N}}{A} \times 100 \quad (1)$$

$$E_2 = \frac{\frac{\sum F}{N}}{B} \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ	E_1	คือ	ประสิทธิภาพของกระบวนการ
	E_2	คือ	ประสิทธิภาพของผลลัพธ์
	$\sum x$	คือ	คะแนนรวมระหว่างเรียน
	$\sum F$	คือ	คะแนนรวมของคะแนนสอบหลังเรียน
	N	คือ	จำนวนผู้เรียน
	A	คือ	คะแนนเต็มของแบบฝึกหัด
	B	คือ	คะแนนเต็มของแบบทดสอบ

2. ผู้วิจัยวิเคราะห์หาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากการหาค่าความก้าวหน้าทางการเรียน ซึ่งประเมินผลด้วยวิธี Normalized Gain <g> (Richard, 1998)

$$<g> = \frac{[(\%post - test) - (\%pre - test)]}{(100\%) - (\%pre - test)} \quad (3)$$

โดยที่	<g>	คือ	ค่า normalized gain
	%post - test	คือ	ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบหลังเรียนเป็นเปอร์เซ็นต์
	%pre - test	คือ	ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบก่อนเรียนเป็นเปอร์เซ็นต์

สามารถแบ่งระดับของค่า normalized gain ออกเป็นกลุ่มได้เป็นสามระดับ คือ

“High gain”	เป็นชั้นเรียนที่ได้ค่า	$<g> \geq 0.7$
“Medium gain”	เป็นชั้นเรียนที่ได้ค่า	$0.7 > <g> \geq 0.3$
“Low gain”	เป็นชั้นเรียนที่ได้ค่า	$0.3 > <g> \geq 0.0$

3. ผู้วิจัยวิเคราะห์ผลความพึงพอใจต่อการใช่แบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเรื่อง แสงและเงา โดยใช้คะแนนเฉลี่ยในแต่ละข้อคำถามทั้งหมด 12 ข้อแปลผลเป็นระดับความพึงพอใจดังแสดงในตารางที่ 1

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผู้วิจัยนำคะแนนระหว่างเรียนซึ่งประกอบไปด้วยส่วนของปฏิบัติการ คำถามระหว่างเรียน และการเขียนสรุปผลการปฏิบัติการซึ่งมีคะแนนเต็มรวมเป็น 20 คะแนน ดังตารางที่ 2 โดยผู้เรียนจะสามารถทบทวนและทำปฏิบัติการซ้ำได้ตลอดในช่วงของการวิจัย และคะแนนทดสอบหลังเรียนซึ่งมีคะแนนเต็ม 10 คะแนน มาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียน ผลการหาประสิทธิภาพจากคะแนนร้อยละของคะแนนระหว่างเรียน และคะแนนร้อยละของคะแนนทดสอบหลังเรียน E1/E2 จำนวน 20 คน พบว่า ค่าประสิทธิภาพของแบบจำลองได้ตอบเสมือนจริงเรื่อง แสงและเงา มีค่าเท่ากับ 84.50/80.50 ดังตารางที่ 3 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 ที่ได้ตั้งไว้ทั้งนี้เนื่องจากผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงในแต่ละตอน อีกทั้งยังสามารถทบทวนเนื้อหาในส่วนที่ไม่เข้าใจได้ตลอดเวลา ทำให้ผู้เรียนเข้าใจและสามารถทำปฏิบัติการและตอบคำถามได้เป็นอย่างดี ซึ่งสอดคล้องกับหนึ่งฤทัย คำหงษา และสิริพัชร เจษฎาวิโรจน์ (2567) ที่พบว่าหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ (e-book) เรื่อง แสง มีประสิทธิภาพได้เท่ากับ 84.10/84.00 ทั้งนี้เนื่องมาจากหนังสือแบบฝึกทักษะมีกิจกรรมหลากหลายที่สร้างความสนใจให้กับนักเรียนมีขั้นตอนของการทำกิจกรรมที่เหมาะสม ทำให้การเรียนการสอนดำเนินไปด้วยดี ทำให้นักเรียนสนใจตลอดเวลา

ตารางที่ 2 แสดงคะแนนเฉลี่ยของคะแนนระหว่างเรียน

บทเรียน	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย
ปฏิบัติการที่ 1	4	3.3
ปฏิบัติการที่ 2	4	3.5
ปฏิบัติการที่ 3.1	4	3.1
ปฏิบัติการที่ 3.2	4	4
คำถามระหว่างเรียน	4	3

ตารางที่ 3 ประสิทธิภาพจากคะแนนร้อยละของคะแนนระหว่างเรียน และคะแนนร้อยละของคะแนนทดสอบหลังเรียน E1/E2 ของบทเรียนอีเลิร์นนิ่งร่วมกับแบบจำลองได้ตอบเสมือนจริง เรื่อง แสงและเงา

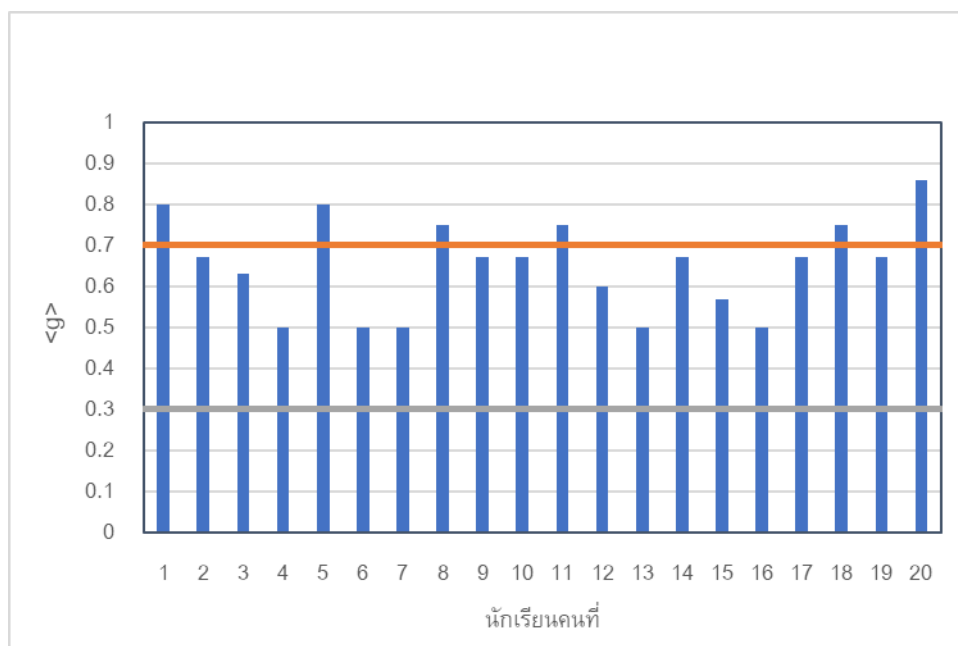
ลำดับที่	คะแนนร้อยละของคะแนนระหว่างเรียน	คะแนนร้อยละของคะแนนทดสอบหลังเรียน
E1/E2	E1 = 84.50	E2 = 80.50

2. ผู้วิจัยนำคะแนนสอบก่อนเรียนและคะแนนสอบหลังเรียนดังตารางที่ 4 เพื่อวิเคราะห์หาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากการหาค่าความก้าวหน้าทางการเรียน ($<g>$) ซึ่งประเมินผลด้วยวิธี Normalized Gain ดังภาพที่ 3 เมื่อพิจารณาตามกลุ่มพบว่า มีผู้เรียนจำนวน 6 คน อยู่ในกลุ่ม “High gain” และมีผู้เรียนจำนวน 14 คนอยู่ในกลุ่ม “Medium gain” ดังรูปที่ 3 แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนส่วนมากมีความก้าวหน้าอยู่ในระดับกลาง

ทั้งนี้เนื่องจากผู้เรียนสามารถทบทวนเนื้อหาได้ตลอดเวลา และยังสามารถลงมือปฏิบัติในตอนที่ต่าง ๆ ทำให้ผู้เรียนเข้าใจ และสามารถคิดคำนวณผลจากสถานการณ์ต่าง ๆ ที่กำหนดให้ได้อย่างถูกต้อง ซึ่งสอดคล้องกับพฤติกรรม ช่วงพิทักษ์ และคณะ (2560) ที่พบว่าบทเรียนอีเลิร์นนิ่งมีการออกแบบให้มีความน่าสนใจ ดึงดูดเป็นแรงจูงใจให้ผู้เรียนอยากเรียนรู้ด้วยการออกแบบหน้าจอ การจัดวางองค์ประกอบของหน้าจอ ข้อความที่มีสีสัน รูปภาพน่าสนใจ รวมถึงการใช้เนื้อหาที่ง่ายต่อการเรียนรู้เหมาะกับนักเรียน มุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจ และกระตุ้นให้สนใจอย่างต่อเนื่อง ไม่ใช่แค่ความรู้ความจำ แต่สามารถประยุกต์ใช้งานได้จริง รวมถึงผู้เรียนสามารถศึกษา ค้นคว้าความรู้จากที่บ้าน และนำความรู้ที่นำมาใช้ในการทำกิจกรรมในห้องเรียน

ตารางที่ 4 แสดงคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนรายบุคคล

นักเรียนคนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน	<g>
1	5	9	0.8
2	4	8	0.67
3	2	7	0.63
4	4	7	0.5
5	5	9	0.8
6	4	7	0.5
7	4	7	0.5
8	2	8	0.75
9	7	9	0.67
10	4	8	0.67
11	6	9	0.75
12	5	8	0.6
13	6	8	0.5
14	7	9	0.67
15	3	7	0.57
16	4	7	0.5
17	4	8	0.67
18	6	9	0.75
19	4	8	0.67
20	3	9	0.86



รูปที่ 3 แสดงค่าความก้าวหน้า (<g>) รายคน

3. ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสำรวจความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อบทเรียนอีเลิร์นนิ่งร่วมกับแบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง แสงและเงา ซึ่งมีคำถามทัศนคติเชิงบวก 8 ข้อ (ข้อ 1, 3, 5, 6, 8, 9, 11 และ 12) และทัศนคติเชิงลบ 4 ข้อ (ข้อ 2, 4, 7 และ 10) โดยมีระดับคะแนนความคิดเห็น 5 ระดับ คือ 5 เห็นด้วยมากที่สุด 4 เห็นด้วยมาก 3 เห็นด้วยปานกลาง 2 เห็นด้วยน้อย และ 1 เห็นด้วยน้อยที่สุด จากนั้นแปลผลของระดับคะแนนความคิดเห็นเฉลี่ยเป็นระดับความพึงพอใจดังแสดงในตารางที่ 3 ผลจากการสำรวจความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อแบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเรื่อง แสงและเงา พบว่า ข้อคำถามทัศนคติเชิงบวกมีความพึงพอใจอยู่ในระดับพึงพอใจมากทุกข้อ โดยข้อ 3. คำอธิบายเครื่องมือชัดเจน มีคะแนนความพึงพอใจสูงที่สุด ส่วนข้อคำถามทัศนคติเชิงลบมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุดทุกข้อ โดยข้อ 7. ไอคอนเครื่องมือไม่ชัดเจน มีคะแนนความพึงพอใจสูงที่สุด แสดงว่าผู้เรียนมีความพึงพอใจในไอคอนเครื่องมือที่ชัดเจน นั่นคือผู้เรียนสามารถใช้ไอคอนเครื่องมือได้สะดวกนั่นเอง โดยผู้เรียนเองมีความคิดเห็นว่าบทเรียนนี้ทำให้เข้าใจในเรื่องของแสงและเงาได้ง่าย และสามารถเข้าใจหลักการคำนวณได้ชัดเจนเนื่องจากมีตัวอย่างและขั้นตอนให้เห็นโดยละเอียด อีกทั้งยังสามารถดูซ้ำเมื่อต้องการทบทวนในส่วนที่ยังไม่เข้าใจได้สอดคล้องกับญดา ลือสัตย์ (2558) ซึ่งพบว่าเครื่องมือจากระบบอีเลิร์นนิ่งมีหลากหลาย ได้รับความสนใจของผู้เรียน ภาพและเสียงมีความชัดเจน และระยะเวลาของแต่ละเรื่องมีความเหมาะสมโดยผู้เรียนสามารถเลือกเรียนในส่วนเรื่องที่สนใจหรือต้องการทบทวนได้อย่างอิสระ

ตารางที่ 3 คะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการสำรวจความพึงพอใจที่มีต่อการใช้แบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง แสงและเงา

ข้อคำถามทัศนคติเชิงบวก 8 ข้อ	คะแนนเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1. เนื้อหาสอดคล้องกับบทเรียน	4.05	0.76
3. คำอธิบายเครื่องมือชัดเจน	4.20	0.70
5. ความชัดเจนของ Font	4.05	0.76
6. ทบทวนเนื้อหาบทเรียนเองได้	4.10	0.79
8. คำอธิบายตัวอย่างการใช้งานชัดเจนง่ายต่อการเข้าใจ	4.15	0.75
9. ความสะดวกในการใช้แบบจำลอง	4.15	0.81
11. ฝึกปฏิบัติบทเรียนได้อย่างเข้าใจ	3.85	0.75
12. การเข้าและออกแบบจำลองทำได้สะดวก	4.00	0.91
คะแนนทัศนคติเชิงบวกโดยรวม	4.07	0.78
ข้อคำถามทัศนคติเชิงลบ 4 ข้อ	คะแนนเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
2. ภาพไม่สอดคล้องกับบทเรียน	1.45	0.51
4. ตัวอย่างการใช้เครื่องมือไม่ชัดเจน	1.40	0.50
7. ไอคอนเครื่องมือไม่ชัดเจน	1.55	0.51
10. ความเหมาะสมภาพและเนื้อหาไม่สอดคล้องกัน	1.35	0.75
คะแนนทัศนคติเชิงลบโดยรวม	1.44	0.53

สรุปผลการวิจัย

1. ผลการหาประสิทธิภาพจากคะแนนร้อยละของคะแนนระหว่างเรียน และคะแนนร้อยละของคะแนนทดสอบหลังเรียน E1/E2 จำนวน 20 คน พบว่า ค่าประสิทธิภาพของบทเรียนอีเลิร์นนิ่งร่วมกับแบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง แสงและเงา มีค่าเท่ากับ 84.50/80.50 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 ที่ตั้งไว้
2. จากผลการหาค่าความก้าวหน้าทางการเรียน (<g>) เมื่อพิจารณาตามกลุ่มพบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่ม “Medium gain” แสดงว่าผู้เรียนส่วนมากมีความก้าวหน้าทางการเรียน
3. ผลจากการสำรวจความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อบทเรียนอีเลิร์นนิ่งร่วมกับแบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง แสงและเงา ผู้เรียนให้ผลความพึงพอใจในเชิงบวกที่ระดับคะแนนเฉลี่ย 4.07 และผลความพึงพอใจในเชิงลบที่ระดับคะแนนเฉลี่ย 1.44

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ประจำปี 2566

เอกสารอ้างอิง

- ญดา ลือสตัย. (2558). ผลการเรียนรู้ด้วยอีเลิร์นนิ่งโดยใช้กิจกรรมเรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7E วิชาชีววิทยา ที่มีต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *Veridian E-Journal, Silpakorn University สาขามนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์และศิลปะ*, 8(2), 2369-2384.
- พทพิชวรรณ ช่วงพิทักษ์, ฐิยาพร กันตารณวัฒน์ และปริยาภรณ์ ตั้งคุณานันต์. (2560). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับทางร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุกด้วยบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง เรื่องการนำเสนอ ข้อค้นพบด้วยสื่อเทคโนโลยีระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. *วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม*, 16(2), 89-96.
- ศตวรรษ เหล่าประเสริฐ และณัฐพล ร้าไพ. (2565). การพัฒนาบทเรียนอีเลิร์นนิ่งแบบผสมผสาน วิชาฟิสิกส์ เรื่องงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 5(13), 127-140.
- สุดารัตน์ อีร์พิสิฐ, สาวิตรี ขามทอง และสุดารัตน์ สุขบรรจง. (2564). การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเรียนการสอนออนไลน์รายวิชาฟิสิกส์ของนักศึกษาสาขาวิชาฟิสิกส์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช. *วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม*, 32(2), 60-70.
- หนึ่งฤทัย คำหงษา และสิริพัชร เจษฎาวิโรจน์. (2567). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง แรงในชีวิตประจำวัน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่5 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ที่สอนโดยใช้แบบฝึกทักษะกับการสอนแบบปกติ. *วารสารวิชาการครุศาสตร์สวนสุนันทา*, 8(2), 75-86.
- อาจารย์ ทองอ่อน และเพ็ญศรี ประมุขกุล. (2024). การออกแบบพัฒนาแบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเรื่องแสงและเงาเพื่อพัฒนาผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5. *Journal of Science and Technology Phetchabun Rajabhat University*, 4(2), 93-101.
- Marshman, E., DeVore, S., & Singh, C. (2020). A holistic framework to help students learn effectively from research-validated self-paced learning tools. *Physical Review Physics Education Research*, 16, 020108-1-17.
- Richard R. H.(1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Association of Physics Teachers*, 66(1), 64-74.
- Sarabi, M. K., & Abdul G. K. (2018). Student Perception on Nature of Subjects: Impact on Difficulties in Learning High School Physics, Chemistry and Biology. *Innovations and Researches in Education*, 8(1). 42-55.
- Wangchuk, D., Wangdi, D., Tshomo, S., & Zangmo, J. (2023). Exploring Students' Perceived Difficulties of Learning Physics. *Educational Innovation and Practice*, 6, 1-11.