

การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสถานการณ์จำลอง
เชิงปฏิสัมพันธ์ของ PhET เพื่อส่งเสริมทักษะการสร้างแบบจำลอง เรื่อง แสงเชิงรังสี
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

Developing Model-Based Learning Activities Combined with PhET
Interactive Simulations to Promote Modeling Skills
on Ray Optics for Mathayom Suksa 5 Students

ปิยะพงษ์ ดีนุช¹ และน้ำทิพย์ องอาจวานิชย์²

Piyapong Deenuch and Namthip Ongardwanich

Received: April 13, 2025

Revised: May 25, 2025

Accepted: June 21, 2025

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สร้างและหาประสิทธิภาพของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามเกณฑ์ประสิทธิภาพ 75/75 2) ศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และ 3) ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสถานการณ์จำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ของ PhET โดยดำเนินการศึกษาตามกระบวนการวิจัยและพัฒนา กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 โรงเรียนสตรีนครสวรรค์ จังหวัดนครสวรรค์ จำนวน 40 คน ได้มาโดยวิธีการสุ่มอย่างง่าย โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่มเครื่องมือที่ใช้ได้แก่ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ แบบประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมและแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ แบบวัดทักษะการสร้างแบบจำลอง เรื่อง แสงเชิงรังสี และแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าประสิทธิภาพ E_1/E_2 และการทดสอบค่าทีแบบไม่อิสระต่อกัน ผลการวิจัย พบว่า 1) กิจกรรมการเรียนรู้โดยภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุดและมีประสิทธิภาพเท่ากับ 76.56/77.60 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ประสิทธิภาพที่กำหนดไว้ 2)

¹⁻² มหาวิทยาลัยนเรศวร; Naresuan University

นักเรียนมีทักษะการสร้างแบบจำลองหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ 3) นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสถานการณ์จำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ของ PhET โดยภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด

คำสำคัญ: กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน, สถานการณ์จำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ของ PhET, ทักษะการสร้างแบบจำลอง

Abstract

The purposes of this research article were 1) to create and evaluate the effectiveness of learning activities based on the 75/75 effectiveness criterion; 2) to study the impact of the learning activities; and 3) to study student satisfaction with the learning activities using model-based learning combined with interactive PhET simulations. The study was conducted using a research and development process. The sample consisted of 40 Mathayom Suksa 5/2 students, second semester, academic year 2024, at Stri Nakhon Sawan School, Nakhon Sawan Province, selected using simple random sampling with the classroom as the sampling unit. The instruments used included lesson plans, an evaluation form for the suitability of the learning activities and lesson plans, a modeling skills test on Ray Optics, and a questionnaire on student satisfaction with the learning activities. The statistics used for data analysis included mean, standard deviation, efficiency values E1/E2, and independent t-tests. The research findings revealed that 1) the overall learning activities were highly appropriate and had an efficiency of 76.56/77.60, meeting the established efficiency criteria; 2) students' post-test modeling skills were significantly higher than their pre-test skills and exceeded the 75% criterion at the .01 statistical significance level; 3) students showed the highest level of satisfaction with the learning activities using model-based learning combined with PhET interactive simulations.

Keywords: Model-based learning activities, PhET interactive simulations, Modeling skills

บทนำ

สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นส่วนสำคัญพื้นฐานของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ที่มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้เกิดองค์ความรู้ ทักษะหรือกระบวนการเรียนรู้และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ดังนี้การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการศึกษา ค้นคว้าหาความรู้และแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ การคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผล คิดวิเคราะห์ คิดสร้างสรรค์และจิตวิทยาศาสตร์ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) โดยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ที่สำคัญประกอบด้วย 14 ทักษะ เช่น ทักษะการสังเกต ทักษะการวัด ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล ทักษะการจำแนกประเภท ทักษะการพยากรณ์ ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการทดลอง และทักษะการสร้างแบบจำลอง เป็นต้น ซึ่งพิสิคส์ถือเป็นวิชาที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ มีบทบาทสำคัญในชีวิตประจำวันและเป็นพื้นฐานของเทคโนโลยี การเรียนพิสิคส์จึงควรพัฒนากระบวนการคิด มีจิตวิทยาศาสตร์ มีจริยธรรมและสามารถแก้ปัญหาได้

อย่างไรก็ตามผลคะแนน O-NET วิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ระหว่างปี 2563–2566 มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าร้อยละ 50 ซึ่งต่ำกว่าเป้าหมายของแผนพัฒนาการศึกษาแห่งชาติที่กำหนดไว้ (สถาบันการทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2563-2566) ประกอบกับการจัดการเรียนการสอนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 ที่ผ่านมานั้น พบว่าผลคะแนนการทดสอบท้ายบทเรียน ผลคะแนนการทดสอบกลางภาคในรายวิชาพิสิคส์เพิ่มเติม 3 สามารถจัดกลุ่มนักเรียนตามผลคะแนนได้ 3 กลุ่ม คือ กลุ่มคะแนนสูง กลุ่มคะแนนปานกลาง และกลุ่มคะแนนต่ำ โดยนักเรียนส่วนใหญ่จะอยู่ในกลุ่มคะแนนต่ำ ซึ่งจากประสบการณ์ในการสอนพิสิคส์ของผู้วิจัย โดยการสังเกตพฤติกรรมในการเรียนของนักเรียนในแต่ละคาบ การตรวจแบบฝึกหัด/การบ้าน การตรวจแบบทดสอบท้ายบทเรียน และการพูดคุยกับนักเรียนถึงสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีปัญหาในการแก้โจทย์พิสิคส์ โดยเฉพาะโจทย์ที่เป็นข้อความ ซึ่งต้องแปลงข้อมูลจากโจทย์ให้อยู่ในรูปของภาพหรือเหตุการณ์ทางธรรมชาติ นักเรียนมักไม่สามารถเริ่มต้นหรือดำเนินการแก้ปัญหาได้ เพราะขาดความเข้าใจในพื้นฐานทางพิสิคส์ที่เกี่ยวข้อง ทำให้เกิดความเบื่อหน่ายและไม่อยากเรียนพิสิคส์

จากปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงให้ความสำคัญกับทักษะการสร้างแบบจำลอง (Formulating Models) ซึ่งเป็นกระบวนการสำคัญที่ช่วยให้นักเรียนสามารถแปลงข้อมูลหรือแนวคิดนามธรรมให้เข้าใจง่ายขึ้นในรูปของภาพ วัตถุ หรือสัญลักษณ์ โดยอ้างอิงจาก J.K. Gilbert (2004) ที่เสนอว่าแบบจำลองเป็นเครื่องมือสำคัญของนักวิทยาศาสตร์ทั้งในการอธิบายและสื่อสารปรากฏการณ์ในธรรมชาติ หนึ่งในแนวทางที่น่าสนใจคือการจัดการเรียนรู้แบบ Model-Based Learning (MBL) หรือการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งมุ่งเน้นให้นักเรียนคิดและปฏิบัติอย่างนักวิทยาศาสตร์ผ่านการสำรวจ การสร้างความเข้าใจ และการสื่อสารความคิดในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การวาดภาพ กราฟ หรือข้อความเพื่ออธิบายแนวคิดของตนเอง กระบวนการนี้ช่วยให้นักเรียนพัฒนาความเข้าใจที่ลึกซึ้งและต่อเนื่องเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ และอีกหนึ่งเครื่องมือที่ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้และการสร้างแบบจำลอง คือ PhET Interactive Simulations ซึ่งเป็นโครงการจากมหาวิทยาลัยโคโลราโด สหรัฐอเมริกา ที่พัฒนาโปรแกรมจำลองสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์แบบอินเทอร์แอคทีฟ ซึ่งสามารถใช้งานฟรี ทั้งออนไลน์และออฟไลน์ PhET มีสถานการณ์จำลองมากกว่า 160 เรื่อง แปลเป็นกว่า 95 ภาษา และมีบทเรียนการใช้งานกว่า 2992 บทเรียน ในวิชาฟิสิกส์ PhET แบ่งเนื้อหาออกเป็น 7 หมวด เช่น 1) การเคลื่อนที่ 2) งานพลังงานและกำลัง 3) เสียงและคลื่น 4) อุณหพลศาสตร์และความร้อน 5) ไฟฟ้าและแม่เหล็ก 6) แสงและการแผ่รังสี และ 7) ปรากฏการณ์ควอนตัม โดยวัตถุประสงค์ของสถานการณ์จำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ของ PhET ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อ เชื่อมโยงแนวคิดทางฟิสิกส์กับปรากฏการณ์ในชีวิตจริง ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาที่เป็นนามธรรมผ่านการจำลองสถานการณ์เหมือนเกม กระตุ้นความสนใจและทำให้การเรียนสนุกยิ่งขึ้น

จากสภาพปัญหาและความสำคัญดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นถึงความสำคัญและต้องการที่จะพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสถานการณ์จำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ของ PhET เพื่อส่งเสริมทักษะการสร้างแบบจำลอง เรื่อง แสงเชิงรังสี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสถานการณ์จำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ของ PhET จะช่วยให้นักเรียนสามารถเกิดกระบวนการในความเข้าใจและสามารถอธิบายปรากฏการณ์ในเรื่องแสงเชิงรังสีได้ โดยผ่านการฝึกพัฒนาความคิดอย่างเป็นระบบ มีเหตุผลและเชื่อมโยงไปสู่การอธิบาย ทดสอบ ประเมิน ปรับปรุง และขยายความคิดอย่างต่อเนื่อง และเมื่อนักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองเรื่องแสงเชิงรังสีได้ ก็จะสามารถอธิบายปรากฏการณ์เรื่องแสงเชิงรังสีได้ ก็จะช่วยให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น ผู้สอนก็

สามารถนำผลที่ได้มาเป็นแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ในเรื่องอื่นๆ ให้น่าสนใจและมีประสิทธิภาพต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสถานการณ์จำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ของ PhET ตามเกณฑ์ประสิทธิภาพ 75/75
2. เพื่อศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสถานการณ์จำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ของ PhET แบ่งเป็น
 - 2.1 เพื่อเปรียบเทียบทักษะการสร้างแบบจำลองก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสถานการณ์จำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ของ PhET
 - 2.2 เพื่อเปรียบเทียบทักษะการสร้างแบบจำลองหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสถานการณ์จำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ของ PhET กับเกณฑ์ร้อยละ 75
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสถานการณ์จำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ของ PhET

วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสถานการณ์จำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ของ PhET ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาตามกระบวนการของการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Research) ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินการ 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การสร้างและหาประสิทธิภาพของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสถานการณ์จำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ของ PhET ตามเกณฑ์ประสิทธิภาพ 75/75

แหล่งข้อมูล ประกอบด้วย

1. ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของเครื่องมือที่ใช้
2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/4 โรงเรียนสตรีศรีนครสวรรค์ ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างสำหรับการหาประสิทธิภาพแบบ 1:1 และ 1:4 จำนวน 3 คนและ 12 คน ตามลำดับ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสถานการณ์จำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ของ PhET เรื่อง แสงเชิงรังสี จำนวน 4 แผน แผนละ 3 ชั่วโมง รวม 12 ชั่วโมง

2. แบบประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมและแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสถานการณ์จำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ของ PhET เรื่อง แสงเชิงรังสี

3. แบบวัดทักษะการสร้างแบบจำลอง เรื่อง แสงเชิงรังสี จำนวน 4 ข้อ

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. การประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมและแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสถานการณ์จำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ของ PhET

1.1 ติดต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อขอความอนุเคราะห์ในการประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมและแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสถานการณ์จำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ของ PhET

1.2 ดำเนินการขอหนังสือขอความอนุเคราะห์ผู้เชี่ยวชาญตรวจแก้ไขเครื่องมือจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.3 นำกิจกรรมและแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสถานการณ์จำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ของ PhET พร้อมกับแบบประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้และแผนการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน โดยเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ

1.4 นำแบบประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมและแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสถานการณ์จำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ของ PhET จากผู้เชี่ยวชาญมาหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และปรับปรุงแก้ไขกิจกรรมการเรียนรู้และแผนการจัดการเรียนรู้ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ เพื่อนำไปใช้ในการประเมินประสิทธิภาพต่อไป

2. การประเมินประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสถานการณ์จำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ของ PhET เรื่อง แสงเชิงรังสี

2.1 นำกิจกรรมการเรียนรู้ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/4 โรงเรียนสตรีนครสวรรค์ ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างสำหรับการหาประสิทธิภาพแบบ (1:1) จำนวน 3 คน

2.2 นำข้อบกพร่องมาปรับปรุงแก้ไขและนำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/4 โรงเรียนสตรีนครสวรรค์ ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างสำหรับการหาประสิทธิภาพกลุ่มเล็ก (1:4) จำนวน 12 คน

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. นำแบบประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมและแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จากผู้เชี่ยวชาญ 3 คน มาคำนวณหาค่าเฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยกำหนดเกณฑ์ขั้นต่ำ คือ ต้องมีค่าเฉลี่ยมากกว่าหรือเท่ากับ 3.51 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยกว่าหรือเท่ากับ 1.00
2. การประเมินประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสถานการณ์จำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ของ PhET ตามเกณฑ์ประสิทธิภาพโดยวิเคราะห์ตามสูตร E_1/E_2

ขั้นตอนที่ 2 การศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสถานการณ์จำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ของ PhET

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสตรีนครสวรรค์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 สายวิทย์-คณิต จำนวน 5 ห้อง จำนวน 191 คน
2. กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 โรงเรียนสตรีนครสวรรค์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 40 คน ได้มาโดยวิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสถานการณ์จำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ของ PhET เรื่อง แสงเชิงรังสี จำนวน 4 แผน แผนละ 3 ชั่วโมง รวม 12 ชั่วโมง
2. แบบวัดทักษะการสร้างแบบจำลอง เรื่อง แสงเชิงรังสี จำนวน 4 ข้อ

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ติดต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร เพื่อขออนุญาตหนังสือขอความร่วมมือในการทดลองใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสถานการณ์จำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ของ PhET ถึงผู้อำนวยการโรงเรียนสตรีนครสวรรค์ เพื่อขอความอนุเคราะห์ในการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล
2. ชี้แจงรายละเอียดและวัตถุประสงค์เบื้องต้นในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสถานการณ์จำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ของ PhET เพื่อให้กลุ่มตัวอย่างได้เข้าใจถึงกระบวนการและขั้นตอนการเรียนการสอนในครั้งนี้
3. ทำการทดสอบก่อนเรียนโดยให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบวัดทักษะการสร้างแบบจำลอง เรื่อง แสงเชิงรังสี โดยใช้เวลาการทดสอบ 60 นาที

4. ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสถานการณ์จำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ของ PhET กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 4 แผน รวมเวลา 12 ชั่วโมง

5. ทำการทดสอบหลังเรียนโดยให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบวัดทักษะการสร้างแบบจำลอง เรื่อง แสงเชิงรังสี โดยใช้เวลาการทดสอบ 60 นาที (แบบวัดทักษะการสร้างแบบจำลองเป็นชุดเดียวกันกับที่ใช้ทดสอบก่อนเรียน)

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. นำกระดาษคำตอบของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่ได้จากการทำแบบวัดทักษะการสร้างแบบจำลอง เรื่อง แสงเชิงรังสี ทั้งก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสถานการณ์จำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ของ PhET ในรูปแบบของข้อสอบแบบสถานการณ์จำนวน 4 ข้อ มาตรวจให้คะแนน ซึ่งมีคะแนนเต็ม 16 คะแนน เพื่อวัดทักษะการสร้างแบบจำลอง เรื่อง แสงเชิงรังสี ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 40 คน

2. นำผลของคะแนนที่ตรวจแล้วมาเปรียบเทียบกับทักษะการสร้างแบบจำลอง เรื่อง แสงเชิงรังสี ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 40 คน ระหว่างคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนโดยการทดสอบค่า t-test dependent (ปกรณ์ ประจันบาน, 2552)

3. นำผลคะแนนทดสอบหลังเรียนมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 75 โดยการทดสอบค่า t-test one sample (ปกรณ์ ประจันบาน, 2552)

ขั้นตอนที่ 3 การศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสถานการณ์จำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ของ PhET

แหล่งข้อมูล คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 โรงเรียนสตรีนครสวรรค์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 40 คน ได้มาโดยวิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสถานการณ์จำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ของ PhET จำนวน 5 ด้าน รวม 17 ข้อ ซึ่งมีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.50 เป็นต้นไปทุกข้อ

การเก็บรวบรวมข้อมูล หลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสถานการณ์จำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ของ PhET เสร็จสิ้นลงแล้ว ผู้วิจัยแจกแบบสอบถามความพึงพอใจให้นักเรียนหลังจบกิจกรรม โดยใช้เวลาประมาณ 30 นาที

การวิเคราะห์ข้อมูล นำแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ มาตรวจให้คะแนน และทำการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน แล้วนำมาเทียบกับเกณฑ์ (บุญชม ศรีสะอาด, 2556)

สรุปผลการวิจัย

จากการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสถานการณ์จำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ของ PhET เรื่อง แสงเชิงรังสี สรุปผลได้ดังนี้

1. การสร้างและหาประสิทธิภาพของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสถานการณ์จำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ของ PhET ตามเกณฑ์ประสิทธิภาพ 75/75 ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ 4 แผน รวม 12 ชั่วโมง ได้แก่ แผนที่ 1 การเกิดภาพจากกระจกโค้งเว้า, แผนที่ 2 การเกิดภาพจากกระจกโค้งนูน, แผนที่ 3 การเกิดภาพจากเลนส์นูน และแผนที่ 4 การเกิดภาพจากเลนส์เว้า โดยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสถานการณ์จำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ของ PhET เพื่อส่งเสริมทักษะการสร้างแบบจำลอง เรื่อง แสงเชิงรังสี มีขั้นตอนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นตอนสนองต่องานที่ได้รับ 2) ขั้นตอนสร้างแบบจำลองเริ่มต้น 3) ขั้นตอนนำไปใช้และประเมิน 4) ขั้นปฏิเสทแบบจำลองและปรับปรุงแบบจำลอง และ 5) ขั้นขยายแบบจำลอง พบว่ากิจกรรมการเรียนรู้และแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โดยภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด และประสิทธิภาพของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสถานการณ์จำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ของ PhET พบว่า มีประสิทธิภาพโดยรวม เท่ากับ 76.56/77.60 ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสถานการณ์จำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ของ PhET

	คะแนนระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้				รวม 64	แบบวัดทักษะการสร้างแบบจำลอง
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4		
	16 คะแนน	16 คะแนน	16 คะแนน	16 คะแนน	คะแนน (E_1)	หลังเรียน
เฉลี่ย	11.00	11.75	12.92	13.33	49.00	12.42
ร้อยละ	68.75	73.44	80.73	83.33	76.56	77.60
รวมเฉลี่ย $E_1/E_2 = 76.56/77.60$						

2. ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสถานการณ์จำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ของ PhET แบ่งเป็น

2.1) ผลการเปรียบเทียบทักษะการสร้างแบบจำลองก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสถานการณ์จำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ของ PhET พบว่า คะแนนที่ได้จากการวัดทักษะการสร้างแบบจำลองหลังเรียนของนักเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบทักษะการสร้างแบบจำลองระหว่างก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสถานการณ์จำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ของ PhET

การทดสอบ	\bar{X}	S. D.	\bar{D}	S. D. _D	t	Sig. (1-tailed)
ก่อนเรียน	6.20	1.713	6.325	1.655	24.176**	<.001
หลังเรียน	12.53	1.339				

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2.2) ผลเปรียบเทียบทักษะการสร้างแบบจำลองหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสถานการณ์จำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ของ PhET กับเกณฑ์ร้อยละ 75 พบว่า คะแนนที่ได้จากการวัดทักษะการสร้างแบบจำลองหลังเรียนของนักเรียนสูงกว่าเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบทักษะการสร้างแบบจำลองหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสถานการณ์จำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ของ PhET กับเกณฑ์ร้อยละ 75

การทดสอบ	n	คะแนนเต็ม	\bar{X}	S. D.	% of Mean	t	Sig. (1-tailed)
หลังเรียน	40	16	12.53	1.339	78.31	2.479**	.009

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3. ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสถานการณ์จำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ของ PhET พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสถานการณ์จำลองเชิง

ปฏิสัมพันธ์ของ PhET เรื่อง แสงเชิงรังสี โดยภาพรวมมีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสถานการณ์จำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ของ PhET

รายการประเมิน	\bar{X}	S. D.	ระดับความพึงพอใจ
1. ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้	4.77	0.45	มากที่สุด
2. ด้านเนื้อหาสาระของการจัดการเรียนรู้	4.79	0.44	มากที่สุด
3. ด้านสื่อที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้	4.80	0.43	มากที่สุด
4. ด้านการประเมินทักษะการสร้างแบบจำลอง	4.77	0.44	มากที่สุด
5. ด้านประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้	4.82	0.43	มากที่สุด
เฉลี่ยรวม	4.79	0.27	มากที่สุด

อภิปรายผลการวิจัย

จากการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสถานการณ์จำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ของ PhET เรื่อง แสงเชิงรังสี อภิปรายผลได้ดังนี้

1. จากผลการสร้างและหาประสิทธิภาพของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสถานการณ์จำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ของ PhET ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งผ่านการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน โดยการตรวจความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้และแผนการจัดการจัดการเรียนรู้ โดยภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ทั้งนี้เป็นเพราะผู้วิจัยได้พัฒนากิจกรรมการเรียนรู้อย่างเป็นระบบ ซึ่งได้ดำเนินการตามกระบวนการของการวิจัยและพัฒนาตามขั้นตอนที่มีความน่าเชื่อถือ โดยได้ศึกษาข้อมูลและวิเคราะห์ ศึกษาแนวคิดทฤษฎี รวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และศึกษารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ศึกษาสถานการณ์จำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ของ PhET แล้วจึงนำมาออกแบบขั้นของกิจกรรมการเรียนรู้ และจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสถานการณ์จำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ของ PhET แล้วจึงนำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อขอคำแนะนำและปรับปรุงแก้ไขให้เหมาะสม จากนั้นนำเครื่องมือวิจัยทั้งหมดส่งให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน เพื่อพิจารณาความเหมาะสม จากนั้นนำกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 3 คน เพื่อตรวจสอบว่ากิจกรรมดังกล่าวสามารถสร้างแรงจูงใจให้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมายหรือไม่ จากนั้นจึงนำไปทดลองใช้ครั้งที่ 2 กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 12 คน เพื่อหาประสิทธิภาพของ

กิจกรรมการเรียนรู้ทำให้ได้กิจกรรมที่มีคุณภาพ ซึ่งมีประสิทธิภาพโดยรวม เท่ากับ 76.56/77.60 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ สอดคล้องกับวรรณชนก เปรมบุญ (2566) ได้ศึกษาการพัฒนา กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งพบว่า กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน มีผลการประเมินความเหมาะสมอยู่ที่ระดับมากที่สุด และมีประสิทธิภาพ 75.23/75.31 ซึ่งมีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ 75/75

2. จากผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสถานการณ์จำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ของ PhET ได้ผลดังนี้ 2.1) ผลการเปรียบเทียบทักษะการสร้างแบบจำลองก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสถานการณ์จำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ของ PhET พบว่า คะแนนที่ได้จากการวัดทักษะการสร้างแบบจำลองหลังเรียนของนักเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ 2.2) ผลการเปรียบเทียบทักษะการสร้างแบบจำลองหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสถานการณ์จำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ของ PhET กับเกณฑ์ร้อยละ 75 พบว่า มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 12.53 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 78.31 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 สอดคล้องกับกานต์ชนก จันทฤทธิ์ (2565) ได้ศึกษาการพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สารอาหารและสารเคมีในสิ่งมีชีวิต ซึ่งพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทั้งนี้เป็นเพราะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสถานการณ์จำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ของ PhET ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดทักษะการสร้างแบบจำลอง โดยเฉพาะขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เป็นระบบเป็นขั้นเป็นตอนพร้อมทั้งสอดแทรกสถานการณ์จำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ของ PhET เข้าร่วมด้วย ยิ่งช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเห็นภาพปรากฏการณ์ที่เป็นรูปธรรมมากขึ้น ซึ่งได้ลำดับขั้นตอน ดังนี้ ขั้นที่ 1 ขั้นตอนสนองต่องานที่ได้รับ โดยในขั้นนี้ผู้สอนจะนำเสนอสถานการณ์ผ่านการยกตัวอย่าง การเกิดภาพจากเลนส์บางและการเกิดภาพจากกระจกเงาทรงกลมในชีวิตประจำวัน แล้วให้นักเรียนได้ศึกษา ค้นคว้า และรวบรวมข้อมูล โดยใช้แบบจำลองเชิงภาพ ผ่านสื่อการเรียนการสอนที่ผู้สอนสร้างขึ้นร่วมกับสถานการณ์จำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ของ PhET พบว่า นักเรียนสามารถจำแนกสถานการณ์จริงในชีวิตประจำวันได้ว่าเกิดภาพจากอุปกรณ์ใด อีกทั้งยังเห็นรังสีของแสงจากสถานการณ์จำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ของ PhET ที่แสดงการเกิดภาพ สอดคล้องกับกนกภรณ์ ทรวดทรง (2563) ซึ่งพบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ช่วยให้นักเรียน

สามารถสร้างแบบจำลองทางความคิดของตนเองให้เป็นรูปธรรม ทั้งนี้ นักเรียนสามารถพัฒนาทักษะด้านการสร้าง การประเมิน การปรับปรุง และการนำแบบจำลองไปใช้ได้ ชั้นที่ 2 ชั้นสร้างแบบจำลองเริ่มต้น โดยในชั้นนี้ผู้สอนมอบหมายให้นักเรียนนำข้อมูลทฤษฎีหรือหลักการที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์การเกิดภาพในลักษณะต่าง ๆ มาสร้างแบบจำลองเริ่มต้นที่แสดงถึงการเกิดภาพ โดยสื่อออกมาในรูปแบบของแบบจำลองเชิงภาพ ที่มีลักษณะเป็นแบบจำลอง 2 มิติ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถเขียนรังสีของแสงแสดงการเกิดภาพได้ แต่ยังขาดตกบกพร่องเล็กน้อยในส่วนของรังสีของแสงที่ต้องผ่านจุดโฟกัส ขนานแกนमुखสำคัญ และอื่นๆ ตามหลักการการเกิดภาพ สอดคล้องกับธีรดา ชาตวิวรรณ (2561) ซึ่งพบว่า ก่อนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (43.99%) รองลงมาอยู่ในกลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (20.79%) อย่างไรก็ตามหลังจากการจัดการเรียนรู้แล้ว นักเรียนมีการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องสมบูรณ์ทั้ง 3 หัวข้อย่อย (54.35%) รองลงมา มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (29.78%) ชั้นที่ 3 ชั้นนำไปใช้และประเมิน โดยในชั้นนี้ผู้สอนจะให้มีการนำเสนอแลกเปลี่ยนเรียนรู้หน้าชั้นเรียน โดยใช้แบบจำลองเชิงรูปธรรมที่มีลักษณะเป็นแบบจำลอง 3 มิติ ที่นักเรียนสร้างขึ้นจากวัสดุทั่วไป ร่วมกับแบบจำลองเชิงภาษาในการทำความเข้าใจและให้เหตุผลถึงการเกิดภาพในลักษณะต่าง ๆ ของแบบจำลองที่สร้างขึ้น พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถสร้างแบบจำลอง 3 มิติ ตามแบบจำลองเริ่มต้นที่ออกแบบไว้ได้ แต่ยังขาดตกบกพร่องเล็กน้อยในส่วนของรายละเอียดที่ค่อนข้างสำคัญ เช่น ขนาดภาพ ตำแหน่งภาพ ชนิดของภาพ และอื่น ๆ ชั้นที่ 4 ชั้นปฏิเสธแบบจำลองและปรับปรุงแบบจำลอง โดยในชั้นนี้ผู้สอนเปิดโอกาสให้เพื่อนร่วมชั้นได้สะท้อนความคิดและคำแนะนำที่มีต่อแบบจำลองของนักเรียน โดยผู้สอนมีหน้าที่คอยอำนวยความสะดวกและให้คำแนะนำกับนักเรียนด้วย พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่กล้าที่จะแสดงความคิดเห็นในจุดที่เพื่อนบกพร่อง พร้อมทั้งสามารถอธิบายเสริมและเติมเต็มให้กับเพื่อนกลุ่มอื่นได้ สอดคล้องกับกนกภรณ์ ทรวดทรง (2563) พบว่า ช่วยให้นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองทางความคิดของตนเองให้เป็นรูปธรรม ทั้งนี้ นักเรียนสามารถพัฒนาทักษะด้านการสร้าง การประเมิน การปรับปรุง และการนำแบบจำลองไปใช้ได้ อีกทั้งยังสอดคล้องกับกานต์ชนก จันทฤทธิ์ (2565) ได้ศึกษาการพัฒนากิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สารอาหารและสารเคมีในสิ่งมีชีวิต ซึ่งพบว่า คะแนนเฉลี่ยของการประเมินคุณภาพของแบบจำลองของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเท่ากับ 4.47 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ดี และผลการศึกษาทักษะกระบวนการสร้างแบบจำลอง พบว่า คะแนนเฉลี่ยของการประเมินทักษะกระบวนการสร้างแบบจำลองด้านการสร้างและการใช้ของนักเรียนที่

ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเท่ากับ 2.84 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ดีและขั้นสุดท้าย ชั้นที่ 5 ขยายแบบจำลอง โดยในขั้นนี้ผู้สอนมอบหมายให้นักเรียนนำแบบจำลองเดิมไปพัฒนาเพิ่มเติม หรือนำไปใช้อธิบายแลกเปลี่ยนร่วมกับแบบจำลองของกลุ่มอื่น ๆ เพื่อขยายองค์ความรู้ให้กว้างขึ้น ชี้นำให้นักเรียนได้นำไปคิดว่ามีสัมพันธ์เชื่อมโยงกับแบบจำลองปรากฏการณ์การเกิดภาพที่ตนเองทำมาอย่างไร พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ยอมรับและพร้อมปรับปรุงแบบจำลองของตน รวมถึงยังมีการไปศึกษาเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มองค์ความรู้ให้ตนเอง และขยายความรู้ส่งต่อให้ผู้อื่น สอดคล้องกับกนกภรณ์ ทรวดทรง (2563) ซึ่งพบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ควรดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้ 1) สร้างแบบจำลอง 2) แสดงแบบจำลอง 3) ทดสอบแบบจำลอง 4) ประเมินแบบจำลอง โดยนำเทคโนโลยีเสมือนจริงไปใช้ในขั้น 3 เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองทางความคิดของตนเองให้เป็นรูปธรรม ทั้งนี้ นักเรียนสามารถพัฒนาทักษะด้านการสร้าง การประเมิน การปรับปรุง และการนำแบบจำลองไปใช้ได้ ซึ่งจากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นว่าการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานนั้นส่งผลต่อการเรียนของนักเรียนและทักษะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งสอดคล้องกับ Haryadi, R. & Pujiastuti, H. (2020) ซึ่งได้สรุปไว้ว่าการเรียนรู้โดยใช้สถานการณ์จำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ของ PhET เป็นการเรียนรู้เชิงโต้ตอบในการเรียนรู้ฟิสิกส์และสามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ และยังสอดคล้องกับ Verawati, N. N. S. P., Handriani, L. S. & Prahani, B. K. (2022) ซึ่งพบว่า ผลการทดสอบทางสถิติแสดงให้เห็นว่าคะแนนเฉลี่ยของผลการเรียนรู้ของนักเรียนก่อนและหลังการทดลอง จลนศาสตร์ของการเคลื่อนที่แนวโค้งโดยใช้การจำลองเสมือนจริงของ PhET มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ผลการศึกษาครั้งนี้ให้ประสบการณ์การเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการนำแนวคิดทางฟิสิกส์ที่มีความหมายมากขึ้นในกระบวนการเรียนรู้ที่สามารถนำไปใช้อย่างกว้างขวางในการสอนฟิสิกส์ในห้องเรียน

3. จากผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสถานการณ์จำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ของ PhET พบว่า โดยภาพรวมมีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ทั้งนี้เนื่องมาจากกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นถูกพัฒนาให้มีความเหมาะสมกับผู้เรียน และผู้สอนคอยอำนวยความสะดวกสร้างบรรยากาศในชั้นเรียนให้มีความน่าสนใจ ให้ผู้เรียนเรียนรู้อย่างเป็นขั้นตอน โดยเริ่มจากการวิเคราะห์สถานการณ์ที่กำหนดให้มาสร้างแบบจำลองเริ่มต้น จากนั้นสร้างแบบจำลอง 3 มิติ แลกเปลี่ยนเรียนรู้ ปรับปรุงและพัฒนา อีกทั้งยังสอดคล้องกับสถานการณ์จำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ของ PhET ที่ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นนามธรรมให้เห็นชัดเจนออกมาเป็นรูปธรรมและยังช่วยเพิ่มความน่าสนใจไปในกิจกรรมการ

เรียนรู้อีกด้วย สอดคล้องกับภัทรพร บุญรักษ์ (2565) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง โครงสร้างอะตอมเพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งพบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานอยู่ในระดับมากที่สุด

องค์ความรู้ใหม่

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสถานการณ์จำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ของ PhET ถือเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการเสริมสร้างความเข้าใจในทฤษฎีและปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างชัดเจนและเป็นรูปธรรม การนำแบบจำลองมาใช้ในการเรียนรู้ช่วยให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจแนวคิดที่ซับซ้อนได้ง่ายขึ้น ผ่านการจำลองที่สามารถแสดงให้เห็นถึงการทำงานของระบบต่าง ๆ ในธรรมชาติ เช่น การจำลองการเคลื่อนที่ของอนุภาค การทดลองในด้านไฟฟ้าหรือกระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้การใช้แบบจำลองร่วมกับ PhET ยังส่งเสริมการคิดเชิงระบบของผู้เรียน เนื่องจากต้องคาดการณ์ผลลัพธ์จากการเปลี่ยนแปลงตัวแปรต่าง ๆ ในแบบจำลองและพิจารณาผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น ซึ่งช่วยให้เกิดความเข้าใจลึกซึ้งในสาเหตุและผลลัพธ์ของปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่ศึกษาผ่านเครื่องมือเหล่านี้ PhET ไม่เพียงแต่ช่วยในการเสริมสร้างความเข้าใจทางทฤษฎี แต่ยังเป็นเครื่องมือที่ช่วยพัฒนาทักษะการทดลองและการเรียนรู้จากประสบการณ์จริง เนื่องจากผู้เรียนสามารถโต้ตอบกับการจำลองและปรับตัวแปรต่าง ๆ ได้โดยตรง ซึ่งทำให้เกิดการเรียนรู้จากการทดลองทำเอง โดยไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์จริง อีกทั้งยังช่วยส่งเสริมความสามารถในการใช้เทคโนโลยีในการศึกษา ซึ่งเป็นทักษะที่สำคัญในยุคดิจิทัลและโลกที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้การเรียนรู้ในลักษณะนี้ยังช่วยกระตุ้นความสนใจและเพิ่มความมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ของผู้เรียน เนื่องจากการจำลองที่มีภาพกราฟิกหรือการจำลอง 3 มิติทำให้กิจกรรมการเรียนรู้มีความน่าสนใจและสามารถเข้าใจได้ง่ายขึ้น

สุดท้ายการเรียนรู้ผ่าน PhET ยังสามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความสามารถของแต่ละคน ทำให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ในระดับที่ตนเองสามารถทำได้ และสามารถทดลองและสำรวจสิ่งต่าง ๆ ได้ตามความต้องการของตนเอง ส่งผลให้เกิดการเรียนรู้ที่ยืดหยุ่นและมีประสิทธิภาพดังนั้น การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับ PhET จึงไม่เพียงแต่ช่วยเสริมสร้างความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ แต่ยังช่วยพัฒนาทักษะและความสามารถต่าง ๆ ของผู้เรียนให้พร้อมรับกับโลกยุคใหม่ที่เต็มไปด้วยเทคโนโลยีและการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาควรให้ความสำคัญและส่งเสริมการพัฒนาศักยภาพของครูและบุคลากรทางการศึกษา โดยจัดอบรมเพื่อพัฒนาทักษะด้านเทคโนโลยีสารสนเทศที่หลากหลายที่สามารถประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับยุคสมัย

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. การนำขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ไปใช้ ควรใช้วิธีการสร้างแบบจำลองให้เข้ากับเนื้อหาในรายวิชา โดยเนื้อหาที่เหมาะสมกับกิจกรรมลักษณะนี้ควรเป็นเนื้อหาที่มีลักษณะเป็นนามธรรม ไม่สามารถมองเห็นหรือทดลองได้อย่างชัดเจน จึงจะทำให้ผู้เรียนได้พัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองเพื่อการเรียนรู้ที่เป็นรูปธรรมมากขึ้น ส่งผลให้นักเรียนเข้าใจในเนื้อหานั้น ๆ มากขึ้น

2. การนำสถานการณ์จำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ของ PhET ไปใช้ ควรศึกษาข้อจำกัดการใช้งานของตัวเว็บไซต์ ควรตรวจสอบความถูกต้องตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ก่อนนำไปใช้งานจริงกับเนื้อหาที่เลือกไว้

เอกสารอ้างอิง

กนกภรณ์ ทรวดทรง. (2563). *การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ที่ส่งเสริมทักษะการสร้างแบบจำลองและมโนทัศน์ เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. (การค้นคว้าอิสระการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา). บัณฑิตวิทยาลัย : มหาวิทยาลัยนเรศวร.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

กานต์ชนก จันทฤทธิ์. (2565). *การพัฒนากิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สารอาหารและสารเคมีในสิ่งมีชีวิต*. (วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์). บัณฑิตวิทยาลัย : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

- ธีรตา ชาติวรรณ. (2561). *การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง เพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง พันธะโคเวเลนต์*. (การค้นคว้าอิสระการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา). บัณฑิตวิทยาลัย : มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2556). *การวิจัยเบื้องต้น*. (พิมพ์ครั้งที่ 9). กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.
- ปกรณ์ ประจัญบาน. (2552). *ระเบียบวิธีวิจัยทางสังคมศาสตร์*. พิษณุโลก : รัตนสุวรรณการพิมพ์.
- ภัทรพร บุญรักษ์. (2565). *การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง โครงสร้างอะตอมเพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*. ใน *การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 19 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์* (น. 1164-1171), นครปฐม : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.
- วรรณชนก เปรมบุญ (2566). *การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5*. (วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน). บัณฑิตวิทยาลัย : มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- สถาบันการทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, (2563-2566). *รายงานและบทความวิชาการ*. เข้าถึงได้จาก <https://www.niets.or.th/th/catalog/view/497>
- Gilbert, J. K. (2004). Models and modelling: Routes to more authentic science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2(2), 115-130.
- Haryadi, R. & Pujiastuti, H. (2020). PhET simulation software-based learning to improve science process skills. *Jurnal Paedagogy*, 10(3), 646.
- Verawati, N. N. S. P., Handriani, L. S. & Prahani, B. K. (2022). The experimental experience of motion kinematics in biology class using PhET virtual simulation and its impact on learning outcomes. *International Journal of Essential Competencies in Education*, 1(1), 11-17.