



**การศึกษาการสร้างตัวแทนความคิดทางฟิสิกส์ เรื่อง แสงเชิงรังสี ของนักเรียน
ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง**

**A Study of Grade 11th Students' Level of Representation in Physics on
Light Waves Using Virtual Laboratory**

ธนชัย แก่งอินทร์¹ และไพศาล วรคำ²

Thanachai Kaengin¹ and Paisarn Worakam²

คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม^{1,2}

Faculty of Education, Rajabhat Maha Sarakham University^{1,2}

Corresponding author, E-mail: 658010300118@rmu.ac.th¹

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาการสร้างตัวแทนความคิดทางฟิสิกส์ เรื่อง แสงเชิงรังสี ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง ซึ่งกลุ่มเป้าหมาย เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่งในจังหวัดร้อยเอ็ด ภาคเรียนที่ 1/2566 จำนวน 41 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง เรื่อง แสงเชิงรังสี ทั้งหมด 6 แผนการเรียนรู้ เวลาเรียนจำนวน 12 ชั่วโมง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด และ 2) แบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างตัวแทนความคิดทางฟิสิกส์ เรื่อง แสงเชิงรังสี แบบอัตนัย จำนวน 4 ข้อ ที่มีค่าดัชนีความยากมีค่าอยู่ระหว่าง 0.46-0.70 และอำนาจจำแนกมีค่าอยู่ระหว่าง 0.41-0.83 และมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.974 สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยพบว่า ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 มีนักเรียนที่มีความสามารถนำตัวแทนความคิดทางฟิสิกส์มาอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นครบทั้ง 3 ระดับ (ALL) จำนวน 11 คน (ร้อยละ 26.83) นักเรียนที่ยังไม่ผ่านเกณฑ์จำนวน 30 คน (ร้อยละ 73.17) โดยนักเรียนส่วนใหญ่สามารถอธิบายได้เพียงระดับสัญลักษณ์ (SYM) วงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนที่มีความสามารถนำตัวแทนความคิดทางฟิสิกส์มาอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นครบทั้ง 3 ระดับ (ALL) เพิ่มขึ้นจำนวน 12 คน (ร้อยละ 40) และเหลือไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินจำนวน 18 คน (ร้อยละ 60) และวงจรปฏิบัติการที่ 3 มีนักเรียนที่มีความสามารถนำตัวแทนความคิดทางฟิสิกส์มาอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นครบทั้ง 3 ระดับ (ALL) เพิ่มขึ้นจำนวน 18 คน (ร้อยละ 100) ไม่เหลือผู้ไม่ผ่านเกณฑ์

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้แบบห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง, ปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง, ตัวแทนความคิดทางฟิสิกส์

รับบทความ 24 กรกฎาคม 2567 แก้ไขบทความ 24 กันยายน 2567 ตอบรับบทความ 2 ตุลาคม 2567

Received 24 July 2024

Revised 24 September 2024

Accepted 2 October 2024



ABSTRACT

This research aims to study the level of representations in Physics regarding light radiation in Grade 11 students using Virtual laboratory. The target group in this research consists of 41 grade 11 students, in the first semester of the Academic year 2023, from an extra-large secondary school in Roi-Et province. They were selected through purposive sampling. The research tools are included: 1) Virtual laboratory lesson plans on radiation light, consisting of 6 lesson plans, totaling 12 hours, which are deemed highly suitable. 2) A level of representations in physics test, consisting of 4 questions with a difficulty index ranging from 0.46 to 0.70 and a discrimination index ranging from 0.41 to 0.83. The test's reliability is 0.974. Statistics for data analysis include percent, mean and standard deviation.

The research analysis revealed that in the first experiment cycle, students who were able to explain the phenomena using all 3 levels of representation in physics (ALL) were 11 students (26.73%), while there were still 30 students (73.17%) who had not yet passed the evaluation criteria. In the second experiment cycle, 12 students (40%) were able to explain the phenomena using all 3 levels of representation in Physics (ALL), and 18 students (60%) did not pass. In the third experiment cycle, all 18 students (100%) were able to explain the phenomena using all 3 levels of representation in Physics (ALL).

Keywords: Virtual Laboratory learning technique, Virtual Laboratory, Level of Representation in Physics

บทนำ

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นสิ่งที่ทำให้มนุษย์พัฒนาวิธีคิด ไม่ว่าจะเป็นความคิดแบบเป็นเหตุเป็นผล ความคิดสร้างสรรค์ การคิดวิเคราะห์ มีทักษะในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลเชิงประจักษ์อย่างหลากหลายที่ตรวจสอบได้ รวมทั้งทักษะศตวรรษที่ 21 ความรู้วิทยาศาสตร์ช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการพัฒนาเศรษฐกิจ และดำเนินชีวิตอยู่ร่วมกันในชุมชน ประเทศ และสังคมโลกได้อย่างมีความสุข ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้มาด้วยความพยายามของมนุษย์ที่ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหา โดยผ่านการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ การศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบและการสืบค้นข้อมูล ทำให้เกิดองค์ความรู้ใหม่เพิ่มพูนตลอดเวลา (วรรณทิพา รอดแรงคำ, 2560)

การศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์มีความซับซ้อน (Bransford, Brown, & Cocking, 2000) เนื่องจากปรากฏการณ์ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่านั้นยากที่จะทำความเข้าใจ วิชาฟิสิกส์เป็นศาสตร์ที่มีความเฉพาะเจาะจงในเนื้อหาโดยมุ่งเน้นศึกษาเกี่ยวกับธรรมชาติ และปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น โดยใช้กระบวนการวิทยาศาสตร์ในการอธิบายกฎเกณฑ์ทางธรรมชาติ ซึ่งการศึกษาเนื้อหาวิชาฟิสิกส์จะช่วยให้นักเรียนเข้าใจเหตุการณ์ปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันของนักเรียนได้เป็นอย่างดี เช่น การบีบเลือดของหัวใจเพื่อส่งเลือดไปทั่วร่างกาย ในการทำความเข้าใจปรากฏการณ์ธรรมชาติ นักเรียนจำเป็นต้องเข้าใจเนื้อหาทั้งในระดับที่ตาเปล่ามองเห็น ระดับอนุภาคหรือรังสีของแสง และระดับการแสดงออกเชิงสัญลักษณ์ของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้อย่างสอดคล้องกันในทุกระดับ ซึ่งเป็นการสร้างตัวแทนความคิดเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดในธรรมชาตินั้น

นักวิจัยทางการศึกษาวิชาศาสตร์ได้จำแนกระดับของตัวแทนความคิดซึ่งถูกใช้ในวิชาวิทยาศาสตร์ คือ 1) ตัวแทนความคิดในระดับมหภาคหรือตัวแทนความคิดที่สามารถสังเกตได้ง่าย (Macroscopic) เช่น การอธิบายถึงลักษณะปรากฏ (Phenotype) ของสิ่งมีชีวิต คุณสมบัติที่จับต้องได้ ปรากฏการณ์ที่สามารถมองเห็นได้ในประสบการณ์ประจำวัน อีกทั้งการสำรวจการเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติของสาร 2) ตัวแทนความคิดในระดับ

จุลภาคหรือตัวแทนความคิดที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (Microscopic) เช่น การอธิบายลักษณะทางพันธุกรรม (Genotype) การอธิบายสารที่ระดับอนุภาค และ 3) ตัวแทนความคิดในระดับสัญลักษณ์ (Symbolic) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการใช้อักษร สัญลักษณ์ สูตร สมการ (Gilbert & Treagust, 2009) นักวิทยาศาสตร์ผู้เชี่ยวชาญสามารถใช้ตัวแทนความคิดที่หลากหลาย เช่น เครื่องหมาย สัญลักษณ์ เพื่อสร้างความเข้าใจในปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ แต่สำหรับนักเรียนลักษณะของตัวแทนความคิดที่หลากหลายอาจขัดขวางความสามารถในการทำความเข้าใจในปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์และการให้เหตุผลเกี่ยวกับปรากฏการณ์นั้นได้ (Kozma, 2003) ซึ่งการให้ความสำคัญในการเชื่อมโยงการแสดงออกของระดับตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับเข้าด้วยกัน เป็นปัจจัยหนึ่งในการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ โดยถ้านักเรียนมีความสามารถในการสร้างตัวแทนความคิดได้ดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการเชื่อมโยงตัวแทนความคิดแต่ละระดับเข้าด้วยกัน จะส่งผลให้นักเรียนสามารถเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ได้ดีและมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้น

จากการสังเกตและทดลองสอนในการจัดการเรียนรายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม 3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ห้องหนึ่ง ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่งในจังหวัดร้อยเอ็ด ที่ผู้วิจัยทำการทดลองใช้เครื่องมือแบบทดสอบการสร้างตัวแทนทางความคิดทางฟิสิกส์กับนักเรียน พบว่านักเรียนเรียนส่วนใหญ่ยังขาดความสามารถในการสร้างตัวแทนทางความคิดทางฟิสิกส์ และจากการสังเกตการณ์การเรียนการสอนพบว่าเมื่อนักเรียนทำแบบฝึกหัดที่มีการเชื่อมโยงระหว่างปรากฏการณ์ที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าไปยังทฤษฎีและสูตรสมการ นักเรียนจะมีปัญหาในการเชื่อมโยงตัวแทนความคิดในแต่ละขั้นเข้าด้วยกัน ส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถทำโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ได้ สอดคล้องกับผลสอบแบบทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินั้นพื้นฐาน (O-NET) ปีการศึกษา 2563 ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนใน 4 วิชาหลัก ได้แก่ ภาษาอังกฤษ คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และสังคมศาสตร์ ยังมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าร้อยละ 50 แสดงให้เห็นว่าความสามารถในการสร้างตัวแทนทางความคิดทางฟิสิกส์ส่งผลถึง



ความเข้าใจในเนื้อหารายวิชาฟิสิกส์ ซึ่ง คักดีศรี สุภาพร (2555) อธิบายว่าอาจมีสาเหตุเนื่องมาจากนักเรียนอาจเรียนโดยปราศจากความเข้าใจ ไม่ได้เชื่อมโยงแนวคิดทั้ง 3 ระดับ และเป็นการเรียนแบบท่องจำแยกส่วนกัน ซึ่งการเรียนโดยปราศจากความเข้าใจนั้นจะทำให้ให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ แต่ถ้านักเรียนเข้าใจถึงระดับตัวแทนความคิดโดยการเลือกใช้การแสดงออกของตัวแทนความคิดที่สอดคล้องกับตัวแทนความคิดของตนเอง จะทำให้นักเรียนเข้าใจและสามารถอธิบายปรากฏการณ์ดังกล่าวได้

การศึกษาในวิชาวิทยาศาสตร์ โดยทั่วไปมักจะเน้นการทดสอบและทดลองเป็นหลักเพื่อหาเหตุและผลของสูตรหรือทฤษฎีนั้น ๆ ว่าเกิดขึ้นได้อย่างไร เนื่องจากธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์ไม่สามารถเรียนรู้ด้วยวิธีการท่องจำเพียงอย่างเดียว แต่ต้องอาศัยการทดลอง การสังเกต และการวิเคราะห์หาเหตุผล โดยการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ผ่านมานั้นการที่จะจัดให้มีกิจกรรมการทดลองทางวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนส่วนใหญ่กระทำได้ยาก เพราะสภาพแวดล้อม สถานที่ไม่เอื้ออำนวยต่อการทำการทดลอง อุปกรณ์ไม่เพียงพอเนื่องจากต้องมียค่าใช้จ่ายสำหรับอุปกรณ์ที่นำมาทดลองค่อนข้างสูง และการจัดกิจกรรมการทดลองการทดลองนั้นไม่ใช่เรื่องง่าย ซึ่งส่งผลให้ครูจำเป็นต้องตัดการทดลองบางอย่างออกไป เน้นเรียนจากตำราเป็นหลัก (บุญเกื้อ ควรวาเวช, 2553) นอกจากนี้ในการทำการทดลองบางเรื่องอาจจำเป็นต้องเห็นถึงระดับอนุภาค ซึ่งในการทำการทดลองจริงอาจไม่สามารถเห็นลึกซึ้งถึงรายละเอียดโดยรวมทั้งหมด คือ ไม่สามารถเห็นถึงระดับจุลภาค (Microscopic) ในการจะมองเห็นถึงระดับจุลภาคได้ จำเป็นต้องสามารถนำเสนอสิ่งที่มองไม่เห็นให้สามารถมองเห็นได้ เช่น การสร้างแบบจำลอง เพื่ออธิบายให้เห็นการเปลี่ยนถึงระดับอนุภาค แต่การทดลองจริงไม่สามารถมองเห็นการเปลี่ยนแปลงในระดับอนุภาคได้ ซึ่งในการทดลองเสมือนจริงสามารถทำได้ เนื่องจากการทดลองเสมือนจริงเป็นการจำลองให้เสมือนกับการทำการทดลองจริงและมีการจำลอง เพื่ออธิบายให้เห็นการเปลี่ยนแปลงถึงระดับอนุภาค ทำให้สามารถที่จะมองเห็นในระดับจุลภาค (Microscopic) ได้ โดยห้องปฏิบัติการเสมือน (Virtual Laboratory) เป็นการสร้างห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์จำลองขึ้นมาที่ผู้เรียนสามารถเข้ามาทำ

การทดลอง โดยการทดลองอาจใช้วิธีทาง Simulation หรืออาจให้นักเรียนทดลองจริงตามคำแนะนำที่ให้ไว้ (ยีน ภูววรรณ, 2546)

ดังนั้นจึงทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะนำการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง เพื่อนำมาพัฒนาความสามารถในการสร้างตัวแทนทางความคิดทางฟิสิกส์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ซึ่งเชื่อว่าการสอนดังกล่าวจะช่วยพัฒนานักเรียนให้มีทักษะในการสร้างตัวแทนทางความคิดทางฟิสิกส์ และสามารถเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ที่ไม่สามารถเรียนรู้ด้วยวิธีการท่องจำเพียงอย่างเดียว แต่ต้องอาศัยการทดลอง การสังเกตและการวิเคราะห์หาเหตุผล อันจะนำไปสู่การใช้กระบวนการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นเป็นเครื่องมือในการดำเนินชีวิตให้สอดคล้องกับสภาพสังคมที่เปลี่ยนแปลงและดำรงอยู่ในสังคมส่วนรวมได้อย่างมีความสุข

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างตัวแทนความคิดทางฟิสิกส์ เรื่อง แสงเชิงรังสี ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง ให้สามารถใช้ตัวแทนความคิดทางฟิสิกส์ทั้งสามระดับรวมกันในการอธิบายปรากฏการณ์ได้

ขอบเขตการวิจัย

ขอบเขตด้านเนื้อหา

หน่วยการเรียนรู้ที่ 11 เรื่อง แสงเชิงรังสี ประกอบด้วย การสะท้อนและการหักเหของแสง การมองเห็นและการเกิดภาพ และภาพจากเลนส์บางและกระจกเงาทรงกลม จำนวน 6 แผนการเรียนรู้ทั้งหมด 12 ชั่วโมง

ขอบเขตด้านตัวแปร

ตัวแปรต้น คือ การจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง

ตัวแปรตาม คือ ความสามารถในการสร้างตัวแทนความคิดทางฟิสิกส์ เรื่อง แสงเชิงรังสี



ขอบเขตด้านสถานที่

โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่
การศึกษามัธยมศึกษาร้อยเอ็ด

ขอบเขตด้านระยะเวลา

ดำเนินการในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566

วิธีดำเนินการวิจัย

การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
เสมือนจริง (Virtual Laboratory) เพื่อส่งเสริมความสามารถใน
การสร้างตัวแทนความคิดทางฟิสิกส์ (Level of Representations
in Physics) เรื่อง แสงเชิงรังสี

1.1 ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบ
ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง

1.2 สร้างแผนการจัดการเรียนรู้ ทั้งหมด 6 แผนการ
เรียนรู้ วิชาเรียนจำนวน 12 ชั่วโมง

1.3 นำแผนการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3
ท่าน ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านการวิจัยและประเมินผล
การศึกษา ด้านเนื้อหาฟิสิกส์ และด้านการสอนฟิสิกส์ ประเมินความ
เหมาะสม พบว่าทั้ง 6 แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมอยู่ใน
ระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.08$, $SD = 0.16$)

1.4 นำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงแก้ไขตาม
คำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญแล้วไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย

2. แบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างตัวแทนความคิด
ทางฟิสิกส์ เรื่อง แสงเชิงรังสี ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

2.1 ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับแบบทดสอบวัดความ
สามารถในการสร้างตัวแทนความคิดทางฟิสิกส์ เรื่อง แสงเชิงรังสี

2.2 สร้างแบบทดสอบแบบอัตนัย จำนวน 8 ข้อ

2.3 นำแบบทดสอบส่งให้ผู้เชี่ยวชาญประเมิน
ความสอดคล้อง พบว่าข้อสอบทั้ง 8 ข้อ มีค่า IOC เท่ากับ 0.89
หมายความว่ามีความเที่ยงตรง

2.4 นำแบบทดสอบไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 5 ห้องหนึ่ง จำนวน 40 คน ซึ่งไม่ใช่กลุ่มเป้าหมาย

2.5 นำคะแนนแบบทดสอบมาวิเคราะห์หาค่าดัชนี
ความยากของข้อสอบแต่ละข้อ พบว่ามีค่าตั้งแต่ 0.46 ถึง 0.70
ซึ่งเป็นค่าที่อยู่ระหว่าง 0.20-0.80 ตามเกณฑ์ความเหมาะสม
(ไพศาล วรคำ, 2566) และค่าดัชนีอำนาจจำแนกของข้อสอบ แต่ละข้อ
พบว่ามีค่าตั้งแต่ 0.41 ถึง 0.83 ซึ่งอยู่ในระดับดี (ไพศาล วรคำ, 2566)

2.6 เลือกข้อสอบเพื่อนำไปใช้จริงกับกลุ่มเป้าหมาย
จำนวน 4 ข้อ จากนั้นหาค่าความเชื่อมั่นของข้อสอบทั้งฉบับ พบว่ามี
ค่าเท่ากับ 0.97 ซึ่งเป็นค่าที่ไม่ต่ำกว่า 0.90 ตามเกณฑ์ความเหมาะสม
(ไพศาล วรคำ, 2566)

2.7 จัดทำแบบทดสอบ จากนั้นนำแบบทดสอบไปใช้กับ
กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมาย เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน
1 ห้อง ของโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่งในจังหวัดร้อยเอ็ด
ภาคเรียนที่ 1/2566 มีความสามารถในการสร้างตัวแทนความคิด
ในการอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ เพียงระดับเดียว จำนวน 41 คน

เครื่องมือการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
เสมือนจริง (Virtual Laboratory) เพื่อส่งเสริมความสามารถ
ในการสร้างตัวแทนความคิดทางฟิสิกส์ (Level of Representations
in Physics) เรื่อง แสงเชิงรังสี ทั้งหมด 6 แผนการเรียนรู้
วิชาเรียนจำนวน 12 ชั่วโมง

2. แบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างตัวแทนความคิด
ทางฟิสิกส์ (Level of Representations in Physics) เรื่อง
แสงเชิงรังสี ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เป็นแบบทดสอบ
ชนิดอัตนัย จำนวน 4 ข้อ

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ โดยผู้วิจัยได้นำ
หลักการและขั้นตอนของการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบวงจร
ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นวางแผน (Plan) ขั้นปฏิบัติ
(Action) ขั้นสังเกต (Observe) และขั้นสะท้อนผล (Reflect)
โดยแบ่งการวิจัยเป็น 3 วงจรปฏิบัติการ ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการ
ทดลองตามลำดับดังนี้



วงจรปฏิบัติที่ 1 ผู้วิจัยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 2 แผนการเรียนรู้ คือ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การสะท้อนของแสง และแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การหักเหของแสง

1. ขั้นวางแผน

นำผลการสำรวจแนวคิดก่อนเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ห้องหนึ่ง จำนวน 41 คน ภาคเรียนที่ 1/2566 โดยใช้แบบวัดความสามารถในการสร้างตัวแทนความคิดทางฟิสิกส์ มาหาแนวทางการแก้ไขปัญา โดยทำการศึกษาเอกสารและงานวิจัยเกี่ยวกับความสามารถในการสร้างตัวแทนความคิดทางฟิสิกส์ ศึกษา ดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้และแบบทดสอบ ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง และแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างตัวแทนความคิดทางฟิสิกส์

2. ขั้นปฏิบัติ

จัดการเรียนรู้ตามการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงกับกลุ่มเป้าหมาย โดยใช้ แผนการสอนเพื่อใช้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 จำนวน 2 แผนการเรียนรู้ คือ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การสะท้อนของแสง และแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การหักเหของแสง

3. ขั้นสังเกต

สังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน บันทึกข้อมูลขณะปฏิบัติกิจกรรมและเก็บข้อมูลระยะตามสภาพจริงที่เกิดขึ้น เพื่อสะท้อนผลการสอนของผู้วิจัย และนำเครื่องมือวิจัยซึ่งทดสอบวัดความสามารถในการสร้างตัวแทนความคิดทางฟิสิกส์ จำนวน 1 ข้อ และบันทึกแผนการจัดการเรียนรู้หลังแผน หลังจากสิ้นสุดกิจกรรมการเรียนการสอนในวงจรปฏิบัติการที่ 1

4. ขั้นสะท้อนผล

วิเคราะห์ ประเมินผล และตรวจสอบการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนรวมถึง กระบวนการวิจัยว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่ หากไม่เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้หาแนวทางในการพัฒนาปรับปรุง จากการสังเกต บันทึกแผนการจัดการเรียนรู้หลังแผนเพื่อพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และการดำเนินการวิจัยในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ต่อไป

วงจรปฏิบัติที่ 2

1. ขั้นวางแผน

ผู้วิจัยปรับปรุงแผนการจัดการเรียนการสอน และกิจกรรมการจัดการเรียนการสอนจากแนวทางปัญหาที่ได้จากการสังเกต ผลการบันทึกบันทึกแผนการจัดการเรียนรู้หลังแผนและวิเคราะห์ ปัญหา สะท้อนผลจากวงจรปฏิบัติที่ 1 และสร้างเครื่องมือวิจัยที่จะใช้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ได้แก่ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ แบบห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง และแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างตัวแทนความคิดทางฟิสิกส์

2. ขั้นปฏิบัติ

จัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง กับกลุ่มเป้าหมาย โดยใช้แผนที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 จำนวน 2 แผนการเรียนรู้ ได้แก่ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การสะท้อนกลับหมดมุมวิกฤตและการกระจายของแสง และแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การมองเห็นและการเกิดภาพ

3. ขั้นสังเกต

สังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน บันทึกข้อมูลขณะปฏิบัติกิจกรรมและเก็บข้อมูลระยะตามสภาพจริงที่เกิดขึ้น เพื่อสะท้อนผลการสอนของผู้วิจัย และนำเครื่องมือวิจัยซึ่งทดสอบวัดความสามารถในการสร้างตัวแทนความคิดทางฟิสิกส์ จำนวน 1 ข้อ และบันทึกแผนการจัดการเรียนรู้หลังแผน หลังจากสิ้นสุดกิจกรรมการเรียนการสอนในวงจรปฏิบัติการที่ 2

4. ขั้นสะท้อนผล

วิเคราะห์ ประเมินผล และตรวจสอบการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนรวมถึง กระบวนการวิจัยว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่ หากไม่เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้หาแนวทางในการพัฒนาปรับปรุง จากการสังเกต บันทึกแผนการจัดการเรียนรู้หลังแผนเพื่อพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และการดำเนินการวิจัยในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ต่อไป

วงจรปฏิบัติที่ 3

1. ขั้นวางแผน

ผู้วิจัยปรับปรุงแผนการจัดการเรียนการสอน และกิจกรรมการจัดการเรียนการสอนจากแนวทางปัญหาที่ได้จากการสังเกต

ผลการบันทึกบันทึกแผนการจัดการเรียนรู้หลังแผนและวิเคราะห์ปัญหาสะท้อนผลจากวงจรปฏิบัติที่ 2 และสร้างเครื่องมือวิจัยที่จะใช้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ได้แก่ แผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง และแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างตัวแทนความคิดทางฟิสิกส์

2. ขั้นปฏิบัติ

จัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง กับกลุ่มเป้าหมายโดยใช้แผนที่สร้างเพื่อใช้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 จำนวน 2 แผนการเรียนรู้ คือ เรื่อง การหักเหของแสงผ่านเลนส์ และแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การเกิดภาพจากกระจกเงาทรงกลม

3. ขั้นสังเกต

สังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน บันทึกข้อมูลขณะปฏิบัติการและเก็บข้อมูลระยะตามสภาพจริงที่เกิดขึ้นเพื่อสะท้อนผลการสอนของผู้วิจัย และนำเครื่องมือวิจัยซึ่งทดสอบวัดความสามารถในการสร้างตัวแทนความคิดทางฟิสิกส์ จำนวน 1 ข้อ และบันทึกแผนการจัดการเรียนรู้หลังแผน หลังจากสิ้นสุดกิจกรรมการเรียนการสอนในวงจรปฏิบัติการที่ 3

4. ขั้นสะท้อนผล

วิเคราะห์ ประเมินผล และตรวจสอบการจัดการกิจกรรมการเรียนการสอนรวมถึงกระบวนการวิจัยว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์เพื่อจัดทำรายงานต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การตรวจให้คะแนนจากแบบวัดความสามารถในการสร้างตัวแทนความคิดทางฟิสิกส์ เป็นแบบทดสอบอัตนัย 4 ข้อ ประกอบด้วยคำถาม 3 ตอน คือ ตอนที่ 1 เป็นคำถามวัดความสามารถในการสร้างตัวแทนความคิดในระดับมหภาค ตอนที่ 2 เป็นคำถามวัดความสามารถในการสร้างตัวแทนความคิดในระดับจุลภาค ตอนที่ 3 เป็นคำถามวัดความสามารถในการสร้างตัวแทนความคิดในระดับสัญลักษณ์

2. วิเคราะห์ความสามารถในการสร้างตัวแทนความคิดทางฟิสิกส์ที่ได้รับจากการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงจัดกลุ่มคำตอบตามระดับความสามารถในการสร้างตัวแทนความคิดทางฟิสิกส์และวิเคราะห์ความสามารถ

ในการสร้างตัวแทนความคิดทางฟิสิกส์ในแต่ละวงจรปฏิบัติการตามเกณฑ์ประเมินระดับความสามารถในการสร้างตัวแทนความคิดทางฟิสิกส์ โดยในแต่ละวงจรปฏิบัติการจะมีแบบทดสอบ 1 หรือ 2 ข้อ โดยนักเรียนจะต้องมีความสามารถในการใช้ตัวแทนความคิดทางฟิสิกส์ทั้ง 3 ระดับในการอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้ จึงจะถือว่าผ่านเกณฑ์การปฏิบัติในวงจรปฏิบัติ

3. การวิเคราะห์ความสามารถในการสร้างตัวแทนความคิดทางฟิสิกส์ การตรวจคำตอบแต่ละความสามารถในการสร้างตัวแทนความคิดทางฟิสิกส์ของนักเรียนแต่ละคน โดยในงานวิจัยนี้ ใช้เกณฑ์การแบ่งระดับความสามารถในการสร้างตัวแทนความคิดทางฟิสิกส์ ซึ่งประยุกต์จาก Treagust, et al. (2003, อ้างถึงใน พัชรพร อ่อนทอง, 2561) ซึ่งแบ่งออกเป็น 7 ระดับ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เกณฑ์กำหนดระดับความสามารถในการสร้างตัวแทนความคิดทางฟิสิกส์

คะแนน	ระดับความสามารถในการสร้างตัวแทนความคิดทางฟิสิกส์
MAC	ใช้เหตุผลในระดับมหภาคเพียงอย่างเดียวในการอธิบายปรากฏการณ์ได้อย่างถูกต้อง
MIC	ใช้เหตุผลในระดับจุลภาคเพียงอย่างเดียวในการอธิบายปรากฏการณ์ได้อย่างถูกต้อง
SYM	ใช้เหตุผลในระดับสัญลักษณ์เพียงอย่างเดียวในการอธิบายปรากฏการณ์ได้อย่างถูกต้อง
MACMIC	ใช้เหตุผลในระดับมหภาคร่วมกับระดับจุลภาคในการอธิบายปรากฏการณ์ได้อย่างถูกต้อง
MACSYM	ใช้เหตุผลในระดับมหภาคร่วมกับระดับสัญลักษณ์ในการอธิบายปรากฏการณ์ได้อย่างถูกต้อง
MICSYM	ใช้เหตุผลในระดับจุลภาคร่วมกับระดับสัญลักษณ์ในการอธิบายปรากฏการณ์ได้อย่างถูกต้อง
ALL	ใช้เหตุผลทั้งสามระดับร่วมกันในการอธิบายปรากฏการณ์ได้อย่างถูกต้อง



ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาการสร้างตัวแทนความคิดทางฟิลิกส์ เรื่อง แสงเชิงรังสี ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง ที่ผ่านกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action research) ประกอบด้วยแผนการเรียนรู้จำนวน 6 แผน แบ่งออกเป็นวงจร 3 วงจร ดังนี้

1.1 วงจรปฏิบัติที่ 1 ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การสะท้อนของแสง และ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การหักเหของแสง จำนวน 4 ชั่วโมง

เมื่อผู้วิจัยได้ดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ด้วยการแบ่งนักเรียนเป็น 4-5 กลุ่ม กลุ่มละ 6-8 คน เพื่อทำการทดลอง พบว่านักเรียนสามารถทำการทดลอง บันทึกผล และสรุปผลการทดลองได้เป็นอย่างดี แต่ยังขาดการเชื่อมโยงไปยังตัวแทนความคิดทางฟิลิกส์ทั้ง 3 ระดับ อย่างถูกต้อง ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่สามารถอธิบายได้เพียงแค่ระดับสัญลักษณ์เพียงอย่างเดียว

ผู้วิจัยสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนขณะปฏิบัติกิจกรรมและเก็บข้อมูลระยะตามสภาพจริงที่เกิดขึ้น เพื่อสะท้อนผลการสอนของผู้วิจัย และนำเครื่องมือวิจัยซึ่งทดสอบวัดความสามารถในการสร้างตัวแทนความคิดทางฟิลิกส์ จำนวน 2 ข้อ และบันทึกแผนการจัดการเรียนรู้หลังแผน ซึ่งจากการสังเกตของผู้วิจัยสามารถสรุปพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนได้ว่ามีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์การประเมิน โดยนักเรียนจำเป็นต้องมีความสามารถนำตัวแทนความคิดทางฟิลิกส์มาอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นครบทั้ง 3 ระดับ (ALL) จำนวน 11 คน เหลือนักเรียนที่ยังไม่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 30 คน ซึ่งนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์จะเป็นกลุ่มเป้าหมายในวงจรปฏิบัติต่อไป

1.2 วงจรปฏิบัติที่ 2 ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การสะท้อนกลับหมดมุมวิกฤต และ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง จำนวน 4 ชั่วโมงและการเกิดภาพในกระจกเงาราบ เมื่อผู้วิจัยได้ดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 ด้วยการแบ่งนักเรียนเป็น 8-10 กลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน เพื่อทำการทดลอง เรื่อง การสะท้อนกลับหมดมุมวิกฤตและการกระจายของแสง และ เรื่อง การเกิดภาพในกระจกเงาราบ ซึ่งพบว่านักเรียนสามารถทำการทดลอง บันทึกผล และ

สรุปผลการทดลองได้เป็นอย่างดี แต่ยังขาดการเชื่อมโยงไปยังตัวแทนความคิดทางฟิลิกส์ทั้ง 3 ระดับ อย่างถูกต้อง นักเรียนส่วนใหญ่สามารถใช้ตัวแทนความคิดทางฟิลิกส์ในการอธิบายปรากฏการณ์ร่วมกัน 2 ระดับ

ผู้วิจัยสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนขณะปฏิบัติกิจกรรมและเก็บข้อมูลระยะตามสภาพจริงที่เกิดขึ้น เพื่อสะท้อนผลการสอนของผู้วิจัย และนำเครื่องมือวิจัยซึ่งทดสอบวัดความสามารถในการสร้างตัวแทนความคิดทางฟิลิกส์ จำนวน 1 ข้อ และบันทึกแผนการจัดการเรียนรู้หลังแผน ซึ่งจากการสังเกตของผู้วิจัยสามารถสรุปพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนได้ว่านักเรียนทุกคนสามารถใช้ตัวแทนความคิดทางฟิลิกส์ในการอธิบายได้มากกว่า 1 ระดับขึ้นไป มีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์การประเมิน โดยนักเรียนจำเป็นต้องมีความสามารถนำตัวแทนความคิดทางฟิลิกส์มาอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นครบทั้ง 3 ระดับ (ALL) จำนวน 12 คน ยังเหลือนักเรียนที่ยังไม่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 18 คน ซึ่งนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์จะเป็นกลุ่มเป้าหมายในวงจรปฏิบัติต่อไป

1.3 วงจรปฏิบัติที่ 3 ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง การหักเหของแสงผ่านเลนส์ และ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง การเกิดภาพจากกระจกเงาทรงกลม จำนวน 4 ชั่วโมง

ผู้วิจัยสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนขณะปฏิบัติกิจกรรมและเก็บข้อมูลระยะตามสภาพจริงที่เกิดขึ้น เพื่อสะท้อนผลการสอนของผู้วิจัย และนำเครื่องมือวิจัยซึ่งทดสอบวัดความสามารถในการสร้างตัวแทนความคิดทางฟิลิกส์ จำนวน 1 ข้อ และบันทึกแผนการจัดการเรียนรู้หลังแผน ซึ่งจากการสังเกตของผู้วิจัยสามารถสรุปพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนได้ว่านักเรียนทุกคนสามารถใช้ตัวแทนความคิดทางฟิลิกส์ในการอธิบายได้มากกว่า 1 ระดับขึ้นไป มีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์การประเมิน โดยนักเรียนจำเป็นต้องมีความสามารถนำตัวแทนความคิดทางฟิลิกส์มาอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นครบทั้ง 3 ระดับ (ALL) จำนวน 18 คน ซึ่งหมายความว่านักเรียนในกลุ่มเป้าหมายสามารถผ่านเกณฑ์การประเมินครบทุกคน



สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

ตารางที่ 2 ระดับสามารถนำตัวแทนความคิดทางฟิสิกส์
ของนักเรียนในแต่ละวงจรปฏิบัติการ

ระดับ	วงจร ปฏิบัติการที่ 1 (คน)	วงจร ปฏิบัติการที่ 2 (คน)	วงจร ปฏิบัติการที่ 3 (คน)
MAC	2	0	0
MIC	2	0	0
SYM	12	0	0
MACMIC	1	1	0
MACSYM	8	15	0
MICSYM	5	2	0
ALL	11	23	18
รวม	41	30	18

จากตารางที่ 2 พบว่าผลการวิจัยในวงจรปฏิบัติการที่ 1 พบว่านักเรียนที่สามารถนำตัวแทนความคิดทางฟิสิกส์มาอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นครบทั้ง 3 ระดับ (ALL) มีเพียงร้อยละ 26.83 ขณะที่นักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่สามารถเชื่อมโยงความคิดในระดับต่าง ๆ ได้ดี โดยเฉพาะในระดับมหภาคและจุลภาค นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 29.27) สามารถอธิบายได้เพียงระดับสัญลักษณ์ (SYM) ซึ่งชี้ให้เห็นถึงความท้าทายในการเรียนรู้ฟิสิกส์ในลักษณะนี้ การจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ใช้บทปฏิบัติการเสมือนจริงและการเชื่อมโยงความคิดในระดับต่าง ๆ ตามแนวทางของ Gunawan et al. (2018) ที่ชี้ว่าห้องปฏิบัติการเสมือนช่วยเพิ่มความเข้าใจในแนวความคิดทางฟิสิกส์ แต่ยังคงมีปัญหาในการเชื่อมโยงระดับต่าง ๆ โดยเฉพาะในระดับมหภาคและจุลภาค การที่นักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงได้ทุกระดับ อาจเกิดจากการเรียนรู้ในรูปแบบดั้งเดิมที่เน้นการคำนวณมากกว่าการสร้างความรู้ความเข้าใจแนวคิด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ คักต์ศรี สุภาพร (2555) ที่กล่าวว่าการเรียนรู้แบบท่องจำสูตรการคำนวณโดยไม่เข้าใจแนวคิดจริงจะทำให้นักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงแนวคิดในระดับต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผลวิจัยพบว่านักเรียนที่สามารถนำตัวแทนความคิดทางฟิสิกส์มาอธิบายปรากฏการณ์ได้ครบทั้ง 3 ระดับ เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 40.00 ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิด Zone of Proximal Development (ZPD) ของ Vygotsky (1978) ที่ระบุว่าการเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้ดีเมื่อมีการสนับสนุนที่เหมาะสม บทปฏิบัติการเสมือนจริงทำให้นักเรียนสามารถสำรวจและเรียนรู้ในระดับที่สูงกว่าความสามารถเดิมได้ โดยในวงจรปฏิบัติการนี้นักเรียนมีพัฒนาการที่ดีขึ้น ทั้งนี้ งานวิจัยของ Banda, et al. (2023) ยังสนับสนุนว่าการใช้ PhET Simulation-Based Learning ช่วยเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การที่นักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่สามารถเชื่อมโยงระดับจุลภาคได้ชัดเจน อาจเป็นเพราะการขาดประสบการณ์ในการใช้บทปฏิบัติการเสมือนจริงในการเชื่อมโยงระดับมหภาคและจุลภาคอย่างลึกซึ้ง

ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนทั้งหมดสามารถนำตัวแทนความคิดทางฟิสิกส์มาอธิบายปรากฏการณ์ได้ครบทั้ง 3 ระดับ (ALL) ซึ่งแสดงถึงการพัฒนาที่ชัดเจนในการเรียนรู้ นักเรียนสามารถเข้าใจแนวคิดฟิสิกส์ในระดับมหภาค จุลภาค และสัญลักษณ์ได้อย่างครบถ้วน ผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Mosqueda (2023) ที่พบว่าการใช้บทปฏิบัติการเสมือนจริงช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้ของนักเรียนอย่างมาก โดยเฉพาะในกลุ่มนักเรียนที่มีทักษะเริ่มต้นต่ำ บทปฏิบัติการเสมือนจริงช่วยให้การเรียนรู้เชิงแนวคิดเป็นไปอย่างลึกซึ้งและสามารถหยุดการทดลองเพื่อทำความเข้าใจแนวคิดได้ นอกจากนี้ Kolb's Experiential Learning Theory (1984) ยังอธิบายว่าการเรียนรู้ที่ดีที่สุดคือการเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติจริง ซึ่งนักเรียนสามารถทดสอบและเชื่อมโยงปรากฏการณ์กับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างสมบูรณ์ผ่านการใช้บทปฏิบัติการเสมือนจริง

จากผลการวิจัยข้างต้น ผู้วิจัยมีความเชื่อมั่นว่าการใช้บทปฏิบัติการเสมือนจริงมีศักยภาพในการส่งเสริมการเรียนรู้เชิงลึกของนักเรียน การเพิ่มกิจกรรมที่เน้นการเชื่อมโยงระดับแนวคิดต่าง ๆ และการใช้เครื่องมือช่วยสอนที่เหมาะสมจะช่วยให้นักเรียนพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตาม การพัฒนาทักษะการเชื่อมโยงระดับมหภาคและจุลภาคยังคงเป็นสิ่งที่ต้องเน้นในการเรียนรู้ต่อไป เพื่อให้นักเรียน



สามารถสร้างความเข้าใจแนวคิดทางฟิสิกส์อย่างลึกซึ้งครบถ้วนในทุกระดับ

ข้อเสนอแนะเพื่อการทำวิจัยครั้งต่อไป

ข้อเสนอแนะเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้

1. เนื่องจากผลวิจัยชี้ให้เห็นว่าบทปฏิบัติการเสมือนจริงช่วยส่งเสริมความเข้าใจในแนวคิดฟิสิกส์ได้ดี โดยเฉพาะการเชื่อมโยงระดับความคิดทางฟิสิกส์ทั้ง 3 ระดับ (มหภาค จุลภาค และสัญลักษณ์) ดังนั้น ผู้สอนควรนำบทปฏิบัติการเสมือนจริงไปใช้ในกระบวนการเรียนการสอนฟิสิกส์ โดยเฉพาะในหัวข้อที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ที่ต้องอาศัยการเชื่อมโยงแนวคิดในระดับต่าง ๆ เช่น การสะท้อนและการหักเหของแสง

2. เนื่องจากนักเรียนบางส่วนยังมีปัญหาในการเชื่อมโยงแนวคิดระดับมหภาคและจุลภาค ควรใช้บทปฏิบัติการเสมือนจริงร่วมกับการอธิบายและทบทวนเนื้อหาอย่างเป็นขั้นตอน โดยเริ่มจากการฝึกนักเรียนในแต่ละระดับของแนวคิดอย่างค่อยเป็นค่อยไป การใช้คำถามที่เน้นการกระตุ้นให้เชื่อมโยงระหว่างแนวคิดอาจช่วยให้ผู้เรียนมีการพัฒนาที่ดีขึ้น

3. ควรพัฒนาแบบทดสอบหรือคำถามที่วัดความเข้าใจในทุกะดับ ทั้งมหภาค จุลภาค และสัญลักษณ์ ให้เหมาะสมกับเนื้อหาที่นำไปใช้ เพื่อประเมินความสามารถในการเชื่อมโยงและการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้จริงของนักเรียน

ข้อเสนอแนะเพื่อการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรนำรูปแบบการสอนที่ใช้บทปฏิบัติการเสมือนจริงไปใช้ในการเรียนรู้เนื้อหาอื่น ๆ ในวิชาฟิสิกส์ เช่น ไฟฟ้า คลื่นเสียง หรือแม่เหล็กไฟฟ้า โดยเฉพาะเนื้อหาที่มีลักษณะเป็นนามธรรมและยากต่อการทดลองในห้องปฏิบัติการจริง ผลวิจัยนี้จะสามารถเปรียบเทียบกับผลการเรียนรู้ในเนื้อหาเรื่องการสะท้อนและการหักเหของแสง เพื่อประเมินผลการสอนในหัวข้อที่แตกต่างกัน

2. งานวิจัยในครั้งต่อไปอาจเน้นศึกษาเกี่ยวกับผลของการใช้บทปฏิบัติการเสมือนจริงต่อการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ หรือการพัฒนาทักษะเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึกมากขึ้นในเรื่องของ

ผลที่เกิดขึ้นกับทักษะที่เป็นไปตามแนวทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21

3. เพื่อให้เห็นถึงประสิทธิภาพที่แตกต่างกัน ควรมีการวิจัยเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการเสมือนจริงและกลุ่มที่เรียนด้วยการสอนแบบดั้งเดิม โดยเฉพาะในด้านการเชื่อมโยงแนวคิดหลายระดับ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความเมตตากรุณาความช่วยเหลืออย่างสูงยิ่ง จากรองศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล วรคำ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรณวิไล ดอกไม้ ประธานหลักสูตรวิทยาศาสตรศึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กันยรัตน์ สอนสุภาพ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร.เนตรชนก จันทร์สว่าง กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำและแนวทางการดำเนินการวิจัยให้มีมาตรฐาน ผู้วิจัยกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

บุญเกื้อ คอร์ทเวช. (2553). *ห้องเรียนเสมือนจริง (Virtual Classroom)*.

สืบค้น 14 เมษายน 2566 จาก http://www.st.ac.th/av/inno_virtclass.htm.

ไพศาล วรคำ. (2566). *การวิจัยทางการศึกษา Educational Research* (พิมพ์ครั้งที่ 14). ตักสิลาการพิมพ์.

ยีน ภูววรรณ. (2546). *ไอซีทีเพื่อการศึกษาไทย*. ซีเอ็ดยูเคชั่น.

ศักดิ์ศรี สุภาพร (2555). บทบาทของเมนทอลโมเดลในการเรียนรู้วิชาเคมีในระดับโมเลกุล. *วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 35(1), 1-7.

อัญชนา ภักดีวงศ์ และ อัมพร วัจนะ. (2564). การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการด้วยชุดกิจกรรมการทดลองแบบสืบเสาะบนเฟซบุ๊ก (Facebook) เรื่อง สารบริสุทธิ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. *วารสารวิชาการและวิจัยมหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ*, 11(2), 113-126.



- Banda, H.J., Nzabahimana, J. (2023). The Impact of Physics Education Technology (PhET) Interactive Simulation-Based Learning on Motivation and Academic Achievement Among Malawian Physics Students. *Journal of Science Education and Technology*, 32(1), 127-141.
- Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (2000). *How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School*. National Academy Press.
- Erven H. Mosqueda, C. (2023). Effect of utilizing interactive virtual lab on students' performance in physics. *International Journal of Advanced Research*, 11(5), 1718-1741.
- Gilbert, J. K., & Treagust, D. F. (2009). *Multiple representations in Chemical Education, Models and Modeling in Science Education* (Vol.4). SPRINGER.
- Gunawan, G., Nisrina, N., Suranti, N. M. Y., Herayanti, L. and Rahmatiah, R. (2018). Virtual Laboratory to Improve Students' Conceptual Understanding in Physics Learning. *Journal of Physics*. Series 1, 1108(2018), 1-6.
- Kozma, R. B. (2003). Technology and classroom practices. *Journal of Research on Technology in Education*, 36(1), 1-14.
- Treagust D. F., Duit R., Fischer H. E. (2019). *Multiple Representations in Physics Education* (Vol 10). SPRINGER.
- Treagust, D. F. (2008). The Role of Multiple Representations in Learning Science. In Lee Y. J. & Ten A. L. (Eds.), *Science Education at the Nexus of Theory and Practice* (pp. 7-23). Sense Publisher.