

ความเข้าใจโมเดลไฟฟ้ากระแสและสมรรถนะการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนรู้แบบบรรยายประกอบการสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์ เสริมด้วยแบบจำลองเสมือนจริง PhET

วชิรวิทย์ ศรีพงษ์^{*} พัดดาวน นาใจแก้ว²

^{*1-2} สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

^{*}ผู้นิพนธ์หลัก E-mail: tawannar@hotmail.com

รับบทความ: 29 สิงหาคม 2567

แก้ไขเสร็จ: 31 ตุลาคม 2567

ตอบรับบทความ: 7 พฤศจิกายน 2567

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบความเข้าใจโมเดลไฟฟ้ากระแสก่อนเรียนและหลังเรียน (2) เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบสมรรถนะการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนรู้แบบบรรยายประกอบการสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์เสริมด้วยแบบจำลองเสมือนจริง PhET กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2565 โรงเรียนขนาดใหญ่แห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานศึกษาธิการจังหวัดร้อยเอ็ด จำนวน 39 คน ใช้แบบแผนการวิจัยกลุ่มเดียว ทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบบรรยายประกอบการสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์เสริมด้วยแบบจำลองเสมือนจริง PhET เรื่อง ไฟฟ้ากระแส จำนวน 5 แผน 2) แบบทดสอบวัดความเข้าใจโมเดลไฟฟ้ากระแส เป็นแบบ 2 ระดับ โดยระดับที่ 1 เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือกและระดับที่ 2 เป็นการให้เหตุผลสนับสนุนในคำตอบที่เลือกตอบ 3) แบบทดสอบวัดสมรรถนะการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เป็น 3 รูปแบบ คือ 1) รูปแบบ 4 ตัวเลือก โดยให้เลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงหนึ่งตัวเลือก 2) รูปแบบข้อ 3) รูปแบบเขียนคำตอบ นำข้อมูลที่รวบรวมได้มาวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อหาค่าความถี่ ค่าเฉลี่ย เปอร์เซนต์ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เปรียบเทียบความเข้าใจโมเดลและสมรรถนะการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ โดยใช้การทดสอบ t-test for Dependent Samples และวิเคราะห์ความสอดคล้องของคำตอบความเข้าใจโมเดลที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์โดยใช้การแจกแจงความถี่เป็นตารางไขว้กับการทดสอบ Chi-Square แบบ McNemar

ผลการวิจัยพบว่า (1) นักเรียนมีความเข้าใจโมเดลไฟฟ้ากระแสหลังเรียน ($\bar{X}$ = 27.49 คิดเป็นร้อยละ 83.29) สูงวก่อนเรียน ($\bar{X}$ = 7.18 คิดเป็นร้อยละ 21.76) (2) นักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจโมเดลจากไม่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์เป็นสอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มากกว่าจากสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์เป็นไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (3) นักเรียนมีสมรรถนะการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียน ($\bar{X}$ = 17.13 คิดเป็นร้อยละ 85.65) สูงวก่อนเรียน ($\bar{X}$ = 5.79 คิดเป็นร้อยละ 28.95)

คำสำคัญ : ความเข้าใจโมเดลไฟฟ้ากระแส, สมรรถนะการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์, เรียนรู้แบบบรรยายประกอบการสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์, แบบจำลองเสมือนจริง PhET

UNDERSTANDING OF ELECTRIC CURRENT CONCEPTS AND SCIENTIFIC EXPLANATORY PERFORMANCE OF GRADE 11 STUDENTS LEARNING THROUGH INTERACTIVE LECTURE DEMONSTRATION SUPPLEMENTED WITH PHET SIMULATIONS

Wachirawit Sripong^{1*} Pattawan Narjaikaew²

^{*1-2} Science Education Program, Faculty of Education, Rajabhat Udon Thani University

^{*}Corresponding Author E-mail: tawannar@hotmail.com

Received: August 29, 2024

Revised: October 31, 2024

Accepted: November 7, 2024

Abstract

The purposes of this research were to (1) study and compare the students' conceptual understanding of Electric Current concepts before and after learning, (2) study the change in students' conceptual understanding of electric Electric Current before learning and after learning, and (3) study and compare student's scientific explanation performance learning through the lectures and interactive demonstrations (ILDs) supplemented with PhET virtual simulations. The sample group consisted of 39 grade 11 students who were studied in the academic year 2022, at a large size school, under the Jurisdiction of the Roi Et Secondary Education Service Area Office. The One Group Pretest-Posttest Design was employed in this study. The research instruments were: 1) 5 lesson plans on the ILDs supplemented with PhET simulations, 2) a conceptual understanding of Electric Current test 3) a scientific enquiry competency consisting of three types of questions: 4 multiple-choice, simple and complex multiple-choice and open response items. The collected data were statistically and analyzed for frequency, mean, percentage and standard deviation. Compare the conceptual understanding and scientific explanation performance before and after by t-test for Dependent Samples and analyzed concordance of conceptual understanding related to scientific concepts by frequency distribution as a cross-tabulation table with Chi-Square McNemar test.

The findings of the study were as follows: (1) The students' understanding of Electric Current concepts after learning ($\bar{X}$ = 27.49 or 83.29 %) was higher than before learning ($\bar{X}$ = 7.18 or 21.76 %). (2) There was a significant change in students' understandings of Electric Current concept toward the scientific understanding after learning. The number of students changing their understanding from non-scientific to scientific view was greater than the number of those from scientific to non-scientific view. (3) The students' scientific explanation competency after learning ($\bar{X}$ = 17.13 or 85.65 %) was higher than before learning ($\bar{X}$ = 5.79 or 28.95 %).

Keywords : Understanding of Electric Current Concepts, Scientific Explanatory Performance, Interactive Lecture Demonstration Learning, PhET Simulations

ความสำคัญและปัญหา

ในปัจจุบันเทคโนโลยีมีการเติบโตและพัฒนาอย่างก้าวกระโดด ทำให้ผู้เรียนสามารถเข้าถึงความรู้ต่างๆ ได้ด้วยความสะดวกรวดเร็ว ส่งผลให้ความสนใจในการเรียนของผู้เรียนแตกต่างกันไป ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนในปัจจุบันนั้น จึงไม่ใช่แค่การให้นักเรียนจดจำความรู้และหลักการต่าง ๆ เท่านั้น แต่ยังรวมไปถึงการให้ทักษะการอธิบาย การให้เหตุผล และการประยุกต์ใช้ อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้การมีความเข้าใจในมิติทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องและสอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ โดยครอบคลุมประเด็นว่า เนื้อหาหรือองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นข้อสรุปจากผลการศึกษาของนักวิทยาศาสตร์ผู้มีประสบการณ์และเชี่ยวชาญด้านการศึกษาศาสตร์ แต่สารสนเทศที่นักวิทยาศาสตร์สรุปเป็นองค์ความรู้วิทยาศาสตร์มีทั้งแบบที่เป็นข้อมูลที่ภาษาจำหรือคำศัพท์จำเพาะซึ่งมีความหมายอาจไม่ตรงกับคำที่ใช้สื่อความหมายในชีวิตประจำวัน และข้อสรุปมักอยู่ในรูปความสัมพันธ์เป็นสูตรสมการ ซึ่งผู้เรียนไม่สามารถมองเห็นที่มาของสมการได้ และบางอย่างมีการนำเสนอแนวทางคำตอบของกลไกเชิงสาเหตุในระดับที่มองไม่เห็นในทฤษฎีต่างๆ จากปัจจัยเหล่านี้ส่งผลให้นักเรียนซึ่งยังคงมีประสบการณ์ต่างๆ ไม่มากนักทำให้นักเรียนมีความเข้าใจในมิติวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนหรือไม่สอดคล้องกับสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์สรุป (พัดดาวัน นาใจแก้ว, 2560: 107) โดยคำว่าโน้มนำ แปลมาจากคำว่า Concept ในภาษาอังกฤษ ไพโรจน์ เต็มเดชพิงศ์ (2550: 25) กล่าวว่า โน้มนำ คือ ความเข้าใจของบุคคลที่เป็นข้อสรุปเกี่ยวกับอย่างใดอย่างหนึ่ง ที่เกิดจากการสังเกตหรือประสบการณ์ แล้วใช้คุณลักษณะของสิ่งนั้นมาประมวลเข้าด้วยกันเป็นข้อสรุป เพื่อให้คำจำกัดความของสิ่งนั้น โดยมีองค์ประกอบ 3 ประการ ได้แก่ 1) ข้อกล่าวอ้าง (Claim) คือ ข้อยืนยันหรือคำตอบของปรากฏการณ์ที่ศึกษา 2) หลักฐาน (Evidence) คือ ข้อมูลเชิงประจักษ์ที่ได้จากการศึกษา และ 3) การให้เหตุผล (Reasoning) คือ ข้อความที่เชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างอย่างใดก็ตามการมีความเข้าใจในมิติทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องหรือสอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มีความสำคัญอย่างยิ่งเนื่องจากวิทยาศาสตร์เป็นพื้นฐานของเทคโนโลยีต่างๆ ที่นำมาช่วยหรือแก้ปัญหาเพื่อช่วยให้อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมเผชิญคลี่คลายได้ หากเทคโนโลยีได้พัฒนามาจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนย่อมส่งผลให้ผู้ใช้เทคโนโลยีหรือผู้รับสาร ยังมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ผิดพลาดจากความเป็นจริงอย่างมาก การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับนักวิทยาศาสตร์ได้นั้นต้องอาศัยกระบวนการในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะกรณีที่ผู้เรียนยังอยู่ในวัยเรียนที่ยังขาดประสบการณ์ด้านการวิจัยทางวิทยาศาสตร์อย่างเต็มรูปแบบแต่ต้องมาเรียนรู้ผลงานที่เกิดจากนักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้น ดังนั้นในการจำลองกิจกรรมการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ควรคำนึงถึงการส่งเสริมให้ผู้เรียนมีสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561) เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วทั้งในด้านเศรษฐกิจ สังคมและวัฒนธรรม รวมถึงการเปลี่ยนผ่านสู่ดิจิทัล (digital transformation) การมีความรู้เพียงอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอต่อการแก้ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ปัญหาที่เกิดขึ้นในศตวรรษที่ 21 ซึ่งจะมาในรูปแบบที่หลากหลายและไม่สามารถคาดเดาได้ ดังนั้นทักษะและสมรรถนะในการแก้ปัญหาจึงมีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับบุคคลเพื่อให้สามารถปรับตัวได้เท่าทันกับสังคมและการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นในอนาคต เพื่อเตรียมผู้เรียนให้พร้อมสำหรับการเปลี่ยนแปลงนี้คือ การปรับการเรียนเปลี่ยนการสอน โดยมุ่งเสริมสร้างให้ผู้เรียนมี สมรรถนะ (competency) ที่จำเป็นเพื่อที่จะสามารถเรียนรู้วิธีการแก้ปัญหาได้นอกเหนือจากการทำข้อสอบในห้องเรียน เพราะการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง ไม่สามารถใช้เพียงความรู้ที่จดจำได้จากการเรียนในชั้นเรียนเท่านั้น แต่ยังต้องอาศัยสมรรถนะและความสามารถในการเผชิญหน้าและแก้ไขปัญหาที่ไม่เคยพบเจอมาก่อนด้วย การนำเอาความรู้ด้านเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์รวมเข้ากับสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ ตามการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ PISA สามารถแบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ 1) การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ (explain phenomena scientifically) 2) การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (evaluate and design scientific enquiry) 3) การแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ (interpret data and evidence scientifically) โดยผู้วิจัยสนใจพัฒนา การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เนื่องจาก โน้มนำ คือ ความคิดหรือความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งมาจากการสังเกต ประสบการณ์และการเรียนรู้ที่ผ่านมา แล้วประมวลเป็นข้อมูล ข้อสรุปของสิ่งใดสิ่งนั้น และสมรรถนะนี้เป็นความสามารถในการรับรู้ สร้าง ประยุกต์ใช้ และประเมิน คำอธิบายและแนวทางแก้ไขของปัญหาหรือปรากฏการณ์ทางธรรมชาติและทางเทคโนโลยีที่หลากหลาย ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสามารถ ดังนี้ 1) การระลึกและนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ได้อย่างเหมาะสม 2) การระบุ สร้างแบบจำลอง และประเมินแบบจำลองนั้นได้ 3) การสร้างและตรวจสอบความถูกต้องของการทำนายผลทางวิทยาศาสตร์และวิธีการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้ 4) การระบุ สร้างแบบจำลอง และประเมินแบบจำลองนั้นได้ 5) การรับรู้และสร้างสมมติฐานเชิงอธิบายของปรากฏการณ์ต่าง ๆ 6) การอธิบายถึงศักยภาพของการนำความรู้ทาง

วิทยาศาสตร์ไปใช้เพื่อประโยชน์ของสังคม (PISA, 2018) โดยสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ช่วยให้สามารถแก้ปัญหาในชีวิตจริงที่เกี่ยวข้องเชื่อมโยงกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตรงกับเป้าหมายของการศึกษาวิทยาศาสตร์ คือ การทำให้นักเรียนทุกคนมีการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ รวมถึง ความรู้มิติต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ความรู้ความสามารถทางสติปัญญา กระบวนการหาความรู้ ทางวิทยาศาสตร์ การมีส่วนร่วมในการสนทนาอภิปรายอย่างมีเหตุผลเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีที่มีรากฐานมาจากวิทยาศาสตร์ซึ่งจำเป็นต้องมีความรู้ที่ดีในเรื่องของข้อเท็จจริงและทฤษฎีที่ใช้อธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์(Interactive Lecture Demonstrations: ILD) พัฒนาโดย โซโคลอฟ และ ธอร์นตัน (Sokoloff & Thornton, 1997) เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนโดยกิจกรรมช่วงแสดงปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ผู้สอนจะใช้การสาธิตแทนการให้ผู้เรียนทุกคนเป็นผู้ทดลองเนื่องจากข้อจำกัดดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น อย่างไรก็ตามกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ ILD ไม่ได้เน้นการบรรยายของผู้สอนเป็นหลักเพราะมีกระบวนการ 8 ขั้นตอน (พัตตาวาน นาใจแก้ว, 2556) ประกอบด้วย ขั้นที่ 1 ชี้นำเสนอสถานการณ์/ปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ ขั้นที่ 2 ชี้นำทำนายปรากฏการณ์รายบุคคล ขั้นที่ 3 ชี้นำแลกเปลี่ยนแนวคิดกับผู้สอน ขั้นที่ 4 ชี้นำสะท้อนความคิด ขั้นที่ 5 ชี้นำตัดสินใจ ขั้นที่ 6 ชี้นำสาธิต ขั้นที่ 7 ชี้นำสรุปและอธิบาย ขั้นที่ 8 ชี้นำประยุกต์ใช้ความรู้ ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ดัดแปลงการแบ่งกลุ่มในมิติทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 5 กลุ่ม ตามแบบของ Abraham, Williamson & Westbrook (1994: 147-165) ซึ่งให้นิยามและความหมายของกลุ่มในมิติเอาไว้อย่างชัดเจน สอดคล้องกับบริบทห้องเรียนของผู้วิจัย โดยแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ 1) กลุ่มโมเดลถูกต้อง (Complete Understanding หรือ CU) หมายถึง คำตอบที่แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมด 2) กลุ่มโมเดลถูกต้องบางส่วน (Complete Explanation หรือ CE) หมายถึง คำตอบที่อย่างน้อยหนึ่งองค์ประกอบที่เป็นไปตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ส่วนองค์ประกอบอื่น ๆ ไม่กล่าวถึง 3) กลุ่มโมเดลคลาดเคลื่อน (Partial Understanding with Specific Misconception หรือ SM) หมายถึง คำตอบที่บางองค์ประกอบมีแนวคิดถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และบางองค์ประกอบมีแนวคิดไม่ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ 4) กลุ่มโมเดลไม่ถูกต้อง (No Conception หรือ NC) หมายถึง คำตอบที่อธิบายเกี่ยวกับเรื่องที่ถาม แต่ไม่ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์หรือตอบว่าไม่ทราบ

มีการศึกษาวิจัยที่นำวิธีการสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์ไปใช้พบว่าทำให้นักศึกษาชั้นปีที่ 1 ที่เรียนในรายวิชาฟิสิกส์ทั่วไปมีความรู้ความเข้าใจโมเดลแรงและการเคลื่อนที่สูงขึ้น (อำพล ใจรักษ์, 2550) นอกจากนี้ยังมีการนำวิธีการจัดการเรียนรู้แบบบรรยายสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์ ไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนกับนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจโมเดลแรงและการเคลื่อนที่ได้ดีขึ้น (กฤตภัค ไครตหานาม, 2556) และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการบรรยายสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์มีโมเดลเสียงสูงขึ้น (พฤกษา ปากหวาน, 2559) ที่พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์ เสริมด้วยเทคนิคการใช้คำถามมีความเข้าใจโมเดลโมเมนตัมและการชนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยหลังเรียนนักเรียนมีความเข้าใจโมเดลโมเมนตัมและการชนในระดับที่สมบูรณ์ (SU) และความเข้าใจบางส่วน (PU) เพิ่มขึ้น และมีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (SM) และไม่เข้าใจ (NU) ลดลงาก่อนเรียน โดยนักเรียนส่วนใหญ่มีการเปลี่ยนระดับความไม่เข้าใจโมเดลโมเมนตัมและการชนไปสู่ระดับความเข้าใจโมเดลที่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และนักเรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนนอกจากกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยตนเองจากการสังเกตและประสบการณ์ที่ได้รับ ผู้เรียนจะใช้ความรู้ความเข้าใจจากการสังเกตและการปฏิบัติโดยใช้โปรแกรมจำลอง (Simulation) เป็นวิธีการที่ใช้ในการสร้างรูปแบบหรือการทำความเข้าใจกับวิธีการใหม่ในการสร้างองค์ความรู้เกี่ยวกับกระบวนการ ซึ่งสามารถสร้างแบบจำลองได้ทั้งทางวิทยาศาสตร์กายภาพและสังคมศาสตร์ ตั้งอยู่บนแนวคิดทฤษฎีความซับซ้อน (Complexity theory) สร้างความเข้าใจบนสังคมโลกผ่านสังคมเสมือนจริง (Artificial society) ช่วยในการทำนายเหตุการณ์ในอนาคต ใช้เป็นเครื่องมือใหม่ทดแทนความสามารถของมนุษย์ ซึ่งโปรแกรมจำลองที่ใช้คือ PhET (Physics Education Technology) ซึ่งถูกพัฒนาโดย University of Colorado โดยผู้เชี่ยวชาญมีส่วนร่วมในการออกแบบ ได้แก่ นักพัฒนาโปรแกรม นักวิทยาศาสตร์ ครูและนักเรียน กระบวนการออกแบบ โดยมีการนำโปรแกรมจำลองไปจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์พบว่า นักเรียนมีโมเดลวงจรไฟฟ้าสูงขึ้น วันเฉลิม สีแก้ว (2562) และนักเรียนนักศึกษามีความเข้าใจที่ดีขึ้น ในการมองเห็นภาพการเคลื่อนที่ได้ชัดเจนขึ้น เมื่อมีการใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงมาเป็นสื่อประกอบการสอน ดังนั้นการใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงสามารถนำไปใช้ในการสอนฟิสิกส์และสามารถนำไปพัฒนาเป็นสื่อการสอนเรื่องการเคลื่อนที่แนววิถีโค้งได้ ชาญวิทย์ คำเจริญ และดารกา พลัง (2562) และนักศึกษาที่เรียนโดยใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงในการทำปฏิบัติการฟิสิกส์พื้นฐานให้ผลตอบรับใน

เชิงบวก ซึ่งส่งผลอย่างชัดเจนว่าการใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงสามารถส่งเสริมการเรียนรู้ของนักศึกษาในเรื่องการทำปฏิบัติการฟิสิกส์ ช่วยให้นักศึกษาสามารถสร้างมโนทัศน์ทางฟิสิกส์ มองเห็นภาพได้ชัดเจนและนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ ชาณวิทย์ คำเจริญ และขวัญหทัย กวดนอก (2566) ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการสอนโดยใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง และการสอนแบบปกติหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ณัฐภัทร ปิ่นเนตร และคณะ (2564) และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องความดันและแรงพยุ่งของของเหลวการใช้สถานการณ์จำลองบนคอมพิวเตอร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จิราวรรณ รักคง และคณะ (2564)

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการนำเอารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์ (Interactive Lecture Demonstrations: ILD) ร่วมกับแบบจำลอง PhET มาปรับใช้ในรายวิชา ฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้ากระแส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งเป็นเนื้อหาที่มีความซับซ้อน เข้าใจยาก และเป็นนามธรรม มองเห็นภาพไม่ชัดเจน ว่าก่อนและหลังเรียนนักเรียนมีความเข้าใจโมเดลไฟฟ้ากระแสและมีสมรรถนะการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์แตกต่างกันหรือไม่อย่างไร เพื่อนำข้อค้นพบนี้เป็นแนวทางการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการเรียนรู้ในชั้นเรียน และนำผลการวิจัยในครั้งนี้ไปใช้เพื่อปรับปรุงการจัดการเรียนการสอนให้มีคุณภาพยิ่งขึ้นและเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพที่ส่งผลให้ผู้เรียนมีความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องไม่คลาดเคลื่อนและเกิดการพัฒนาสมรรถนะการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ให้สูงขึ้น

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบความเข้าใจโมเดลไฟฟ้ากระแส ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์เสริมด้วยโปรแกรมจำลอง PhET
2. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบสมรรถนะการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์เสริมด้วยโปรแกรมจำลอง PhET

สมมติฐานการวิจัย

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์เสริมด้วยโปรแกรมจำลอง PhET มีความเข้าใจโมเดลไฟฟ้ากระแส หลังได้รับการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้
2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์เสริมด้วยโปรแกรมจำลอง PhET มีการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ไฟฟ้ากระแสเชิงบวกหลังเรียน และมีความสอดคล้องของมโนทัศน์กับแนวคิดวิทยาศาสตร์
3. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์เสริมด้วยโปรแกรมจำลอง PhET มีทักษะในการอธิบาย หลังได้รับการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้

กรอบแนวคิดในการวิจัย

การจัดการเรียนรู้แบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์เสริมด้วยโปรแกรมจำลอง PhET

1. ชี้นำเสนอสถานการณ์/ปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์
2. ชี้นำเสนอปรากฏการณ์รายบุคคล
3. ชี้นำเสนอเปลี่ยนแนวคิดกับผู้อื่น
4. ชี้นำเสนอความขัดแย้ง
5. ชี้นำเสนอตัดสินใจ
6. ชี้นำเสนอสรุป
7. ชี้นำเสนอสรุปและอธิบาย
8. ประยุกต์ใช้ความรู้



มโนทัศน์ไฟฟ้ากระแส
มืองค์ประกอบดังนี้ (Mc Neill and Kracik, 2008)
1. ข้อกล่าวอ้าง (Claim)
2. หลักฐาน (Evidence)
3. การให้เหตุผล (Reasoning)

สมรรถนะการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

ประกอบด้วยสมรรถนะย่อย 5 ข้อ ดังนี้

1. A1 คือ นำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผล
2. A2 คือ ระบุ ใช้ และสร้างตัวแบบ และนำเสนอข้อมูลเพื่อใช้ในการอธิบาย
3. A3 คือ เสนอสมมติฐานเพื่อใช้ในการอธิบาย
4. A4 คือ พิจารณาการเปลี่ยนแปลงในเชิงวิทยาศาสตร์โดยใช้ความเข้าใจเป็นเหตุเป็นผลที่เป็นไปได้
5. A5 คือ อธิบายถึงศักยภาพของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถนำไปใช้เพื่อสังคม

ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดงานวิจัย

ขอบเขตการวิจัย

ประชากร/กลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากรที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ในโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 27 อำเภอเมืองร้อยเอ็ด จังหวัดร้อยเอ็ด จำนวน 6 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 238 คน

2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ในโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 27 อำเภอเมืองร้อยเอ็ด จังหวัดร้อยเอ็ด ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จำนวน 1 ห้อง รวม 39 คน

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรต้น คือ การจัดการเรียนรู้แบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์เสริมด้วยโปรแกรมจำลอง PhET
 2. ตัวแปรตาม คือ ความเข้าใจโมเดลไฟฟ้ากระแสและสมรรถนะการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์
 3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย เนื้อหาวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 ตัวชี้วัด 2560 เรื่อง ไฟฟ้ากระแส ประกอบด้วย กระแสไฟฟ้า, ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับความต่างศักย์, พลังงานในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง, แบตเตอรี่และวงจรไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้นและ พลังงานไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนและเทคโนโลยีด้านพลังงาน

4. ระยะเวลา

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ดำเนินการวิจัยในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 ใช้ ระยะเวลา 10 ชั่วโมง สัปดาห์ละ 4 ชั่วโมง รวมทั้งหมดเป็นเวลา 3 สัปดาห์

5. มโนทัศน์ที่สอดคล้องกับสมรรถนะการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

ตารางที่ 1 มโนคติที่สอดคล้องกับสมรรถนะการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

มโนคติ	ผลการเรียนรู้	องค์ประกอบของสมรรถนะการอธิบาย ปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์
การนำไฟฟ้าและ กระแสไฟฟ้าในตัวนำไฟฟ้า	อธิบายการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน อิสระและกระแสไฟฟ้าในขดลวดตัวนำ	การระลึกและนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไป ประยุกต์ใช้ได้อย่างเหมาะสม
ความสัมพันธ์ระหว่าง กระแสไฟฟ้าและความต่าง ศักย์	อธิบายกฎของโอห์ม บอกความหมาย ของความต้านทานอธิบายความสัมพันธ์ ระหว่างความต้านทานกับความยาว พื้นที่หน้าตัดและอ่านค่าความต้านทาน จากแถบสีต่าง ๆ	การใช้รูปแบบต่าง ๆ ในการแสดงแทนของ ความรู้และสามารถแปลความหมายข้อมูล เหล่านั้นกลับไปกลับมาได้
การต่อตัวต้านทานและ แบตเตอรี่	อธิบายการต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรม และแบบขนาน รวมทั้งคำนวณปริมาณ ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในวงจรไฟฟ้า กระแสตรงซึ่งประกอบด้วย แบตเตอรี่ และตัวต้านทาน	การใช้รูปแบบต่าง ๆ ในการแสดงแทนของ ความรู้และสามารถแปลความหมายข้อมูล เหล่านั้นกลับไปกลับมาได้
พลังงานในวงจรไฟฟ้า	อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างพลังงาน ไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า ความต่างศักย์และ กระแสไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้า รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่ เกี่ยวข้องจากสถานการณ์ที่กำหนดให้	การใช้รูปแบบต่าง ๆ ในการแสดงแทนของ ความรู้และสามารถแปลความหมายข้อมูล เหล่านั้นกลับไปกลับมาได้
พลังงานไฟฟ้าจากพลังงาน ทดแทนและเทคโนโลยี ด้านพลังงาน	อธิบายการเปลี่ยน พลังงานทดแทน เป็นพลังงานไฟฟ้าและประสิทธิภาพ ของพลังงานทดแทน	การระลึกและนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไป ประยุกต์ใช้ได้อย่างเหมาะสม

วิธีดำเนินการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้วิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบสาคิตเชิงปฏิสัมพันธ์เสริมด้วยโปรแกรมจำลอง PhET วิชาฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้ากระแส จำนวน 5 แผน แผนละ 2 ชั่วโมง รวมทั้งหมด 10 ชั่วโมง ประกอบด้วยเนื้อหาของแต่ละแผน คือ 1) การนำไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าในตัวนำไฟฟ้า 2) ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ 3) พลังงานในวงจรไฟฟ้า 4) การต่อตัวต้านทานและแบตเตอรี่ 5) พลังงานไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนและเทคโนโลยีด้านพลังงาน โดยผ่านการตรวจสอบคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญที่เป็นครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษ รายวิชาฟิสิกส์ จำนวน 3 ท่าน ได้ค่าความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้มีค่าอยู่ระหว่าง 4.33 – 5.00

2. แบบทดสอบความเข้าใจมโนคติไฟฟ้ากระแส เป็นแบบ 2 ระดับ โดยระดับที่ 1 เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือกและระดับที่ 2 เป็นการอธิบายเหตุผลประกอบเลือกคำตอบในส่วนที่ 1 จำนวน 11 ข้อ คะแนนเต็ม 33 คะแนน ผ่านการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (IOC) จากผู้เชี่ยวชาญที่เป็นครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษ รายวิชาฟิสิกส์ จำนวน 3 ท่านมีค่าอยู่ระหว่าง 0.67-1.00 และนำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 40 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างของการวิจัย เพื่อตรวจสอบคุณภาพรายข้อ มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.25-0.75 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.27-0.48 และมีความเชื่อมั่นของข้อสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.82

3. แบบวัดสมรรถนะการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นแบบทดสอบในรูปแบบสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเรื่อง ไฟฟ้ากระแส ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 จะเป็นบทความหรือสถานการณ์และส่วนที่ 2 เป็นส่วนที่นักเรียนเขียนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ จำนวน 5 ข้อ คะแนนเต็ม 20 คะแนน ผ่านการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (IOC) จากผู้เชี่ยวชาญที่เป็นครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษ รายวิชาฟิสิกส์ จำนวน 3 ท่านมีค่าเท่ากับ 0.67-1.00 จากนั้นให้นำคะแนนสมรรถนะการอธิบายไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 40 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างของการวิจัย เพื่อตรวจสอบคุณภาพรายข้อโดยใช้ผู้ตรวจ 2 คน (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และคุณครูที่

เสียง) หาค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) ซึ่งค่าความยากง่ายของแบบวัดความเข้าใจโมเดลไฟฟ้ากระแสระหว่าง 0.28-0.77 ค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.17-0.67 และมีความเชื่อมั่นของข้อสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.82

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ก่อนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยดำเนินการโดยให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำการทดสอบก่อนเรียนด้วยแบบวัดความเข้าใจโมเดล เรื่อง ไฟฟ้ากระแสแล้วนำคะแนนของนักเรียนที่ได้จากการทำแบบวัดโมเดลมาใช้เป็นคะแนนก่อนเรียน

2. ระหว่างจัดกิจกรรม ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้แผนการเรียนรู้โดยใช้จัดการเรียนรู้แบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์เสริมด้วยโปรแกรมจำลอง PhET ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จำนวน 5 แผน รวมเวลา 12 ชั่วโมง โดยให้นักเรียนได้เรียนรู้และปฏิบัติกิจกรรมตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยกำหนดไว้

3. หลังจัดกิจกรรม ผู้วิจัยดำเนินการโดยให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบหลังเรียนด้วยแบบวัดความเข้าใจโมเดล เรื่อง ไฟฟ้ากระแส ซึ่งเป็นแบบทดสอบชุดเดียวกันกับแบบทดสอบก่อนเรียน จากนั้นนำแบบทดสอบที่นักเรียนทำแล้วมาตรวจให้คะแนน เพื่อใช้เป็นคะแนนหลังเรียน พร้อมกับให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบวัดสมรรถนะการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อวัดสมรรถนะการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังจากเรียนโดยใช้จัดการเรียนรู้แบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์เสริมด้วยโปรแกรมจำลอง PhET

4. หลังการทดลอง นำคะแนนทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของแบบวัดความเข้าใจโมเดล เรื่อง ไฟฟ้ากระแส และคะแนนจากแบบวัดสมรรถนะการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ไปวิเคราะห์และทดสอบสมมติฐานเป็นลำดับขั้นตอนต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์ความเข้าใจโมเดลของนักเรียน วิเคราะห์ความเข้าใจโมเดลก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนรู้ด้วยจัดการเรียนรู้แบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์เสริมด้วยโปรแกรมจำลอง PhET โดยนำคะแนนการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าร้อยละ (%) โดยการทดสอบ t-test for Dependent Sample จากนั้นพิจารณาจากความถี่ของจำนวนนักเรียนของความเข้าใจโมเดลในระดับต่าง ๆ คือ NC, SM, CE และ CU โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจโมเดลตามแนวคิดของ Westbrook (1999) 3 ระดับ คือ 1) การเปลี่ยนแปลงเชิงบวก ถ้าเปลี่ยนจากระดับต่ำเป็นสูงขึ้น 2) การเปลี่ยนแปลงเชิงลบ ถ้าเปลี่ยนจากระดับสูงเป็นต่ำลง และ 3) ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ถ้าระดับความเข้าใจโมเดลอยู่ระดับเดิมจากนั้นวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงความเข้าใจโมเดลก่อนเรียนและหลังเรียนโดยการจำแนกโมเดลในระดับต่าง ๆ คือ NC, SM, CE และ CU โดยให้ NC และ SM อยู่ในกลุ่มโมเดลไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และ CE กับ CU อยู่ในกลุ่มโมเดลสอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ จากนั้นศึกษาความแตกต่างของสัดส่วนความเข้าใจโมเดลที่เปลี่ยนจากสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ (+) เป็นไม่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ (-) กับความเข้าใจโมเดลที่เปลี่ยนจากไม่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ (-) เป็น สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ (+) ด้วยเปรียบเทียบความถี่ของจำนวนนักเรียนที่มีความเข้าใจโมเดลสอดคล้องและไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยการแจกแจงเป็นตาราง Crosstab การทดสอบของ McNemar โดยการทดสอบ t-test for Dependent Sample

2. วิเคราะห์สมรรถนะการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์สมรรถนะการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบ บรรยายประกอบการสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์เสริมด้วยแบบจำลองเสมือนจริงเชิงปฏิสัมพันธ์ โดยนำคะแนนจากการทำแบบวัดสมรรถนะการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน มาคำนวณหาค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าร้อยละ (%) โดยการทดสอบ t-test for Dependent Sample นำคะแนนการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนมาหาค่าความถี่ของระดับสมรรถนะที่นักเรียนแสดงออก จากนั้นเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน Crosstab การทดสอบของ McNemar

สรุปผลการวิจัย

ตอนที่ 1 ผลการเปรียบเทียบความเข้าใจโมเดลไฟฟ้ากระแสก่อน-หลังเรียน และ ผลการศึกษาความเข้าใจโมเดลไฟฟ้ากระแส ที่สอดคล้องและไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ก่อน-หลังเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบบรรยายประกอบการสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์เสริมด้วยแบบจำลอง PhET ปรากฏดังตารางที่ 2 และ 3

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบความเข้าใจในโมเดลไฟฟ้ากระแส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนรู้แบบบรรยาย ประกอบการสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์เสริมด้วยแบบจำลอง PhET ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน (คะแนนเต็ม 33 คะแนน)

การทดลอง	N	ค่าเฉลี่ย	ร้อยละ	S.D.	t	p
ก่อนเรียน	39	7.18	21.76	2.54	34.47	.00**
หลังเรียน	39	27.49	83.29	4.09		

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตารางที่ 2 พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 7.18 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 21.76 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.54 คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 27.49 คิดเป็นร้อยละ 83.29 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.09 ซึ่งเมื่อนำคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบบรรยาย ประกอบการสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์เสริมด้วยแบบจำลอง PhET มาเปรียบเทียบความแตกต่าง พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจในโมเดลไฟฟ้ากระแสหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ตารางที่ 3 ผลการศึกษาความเข้าใจในโมเดลไฟฟ้ากระแส ที่สอดคล้องและไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบบรรยาย ประกอบการสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์เสริมด้วยแบบจำลอง PhET

แบบวัดโมเดล (ข้อ)	ก่อนเรียน	หลังเรียน		รวม
		โมเดลไม่สอดคล้อง	โมเดลที่สอดคล้อง	
รวม	โมเดลไม่สอดคล้อง	26 (6.06)	390 (90.91)	416 (96.97)
	โมเดลที่สอดคล้อง	0	13 (3.03)	13 (3.03)
	รวม	26 (6.06)	403 (93.94)	429 (100)

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตารางที่ 3 สรุปได้ว่าโมเดลไฟฟ้ากระแสของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบบรรยาย ประกอบการสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์เสริมด้วยแบบจำลอง PhET ก่อนเรียนและหลังเรียน มีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เมื่อพิจารณารายข้อด้วย Crosstab แบบ McNemar ภาพรวมโมเดลของนักเรียนก่อนเรียน พบว่า นักเรียนส่วนมากมีโมเดลที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คิดเป็นร้อยละ 96.97 และมีแนวคิดสอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คิดเป็นร้อยละ 3.03 แต่หลังจากที่นักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบรรยาย ประกอบการสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์เสริมด้วยแบบจำลอง PhET พบว่านักเรียนมีโมเดลที่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น คิดเป็นร้อยละ 93.94 และมีโมเดลที่ไม่สอดคล้องคล่องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ร้อยละ 6.06

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงสมรรถนะการอธิบายในเชิงวิทยาศาสตร์ ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบบรรยาย ประกอบการสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์เสริมด้วยแบบจำลอง PhET ปรากฏดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะการอธิบายในเชิงวิทยาศาสตร์ ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบบรรยาย ประกอบการสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์เสริมด้วยแบบจำลอง PhET (คะแนนเต็ม 20 คะแนน)

การทดลอง	N	ค่าเฉลี่ย	ร้อยละ	S.D.	t	p
ก่อนเรียน	39	5.79	1.62	28.95	30.65	0.00**
หลังเรียน	39	17.13	2.57	85.65		

จากตารางที่ 4 พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยของผลการทดสอบสมรรถนะการอธิบายในเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.79 คิดเป็นร้อยละ 28.95 และหลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 17.13 คิดเป็นร้อยละ 85.65 การเปรียบเทียบสมรรถนะการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

1. ความเข้าใจในโมเดลไฟฟ้ากระแส ผลการศึกษาและเปรียบเทียบความเข้าใจในโมเดลไฟฟ้ากระแสและสมรรถนะการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนรู้อย่างบูรณาการประกอบการสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์เสริมด้วยแบบจำลอง PhET คะแนนเต็ม 33 คะแนน พบว่าก่อนเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.04 คิดเป็นร้อยละ 26.07 และหลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 20.48 คิดเป็นร้อยละ 75.86 เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนโดยทดสอบทีแบบไม่อิสระพบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยการเรียนรู้อย่างบูรณาการประกอบการสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์เสริมด้วยแบบจำลอง PhET มีคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจในโมเดลไฟฟ้ากระแสหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2. การเปลี่ยนแปลงในโมเดลไฟฟ้ากระแส ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงความเข้าใจในโมเดลไฟฟ้ากระแสก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้อย่างบูรณาการประกอบการสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์เสริมด้วยแบบจำลอง PhET พบว่า นักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงระดับความเข้าใจในโมเดลไฟฟ้ากระแส จากไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เป็นสอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ มากกว่ามีการเปลี่ยนแปลงระดับความเข้าใจในโมเดลไฟฟ้ากระแส จากสอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เป็นไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 พิจารณารายข้อด้วย Crosstab แบบ McNemar ภาพรวมโมเดลของนักเรียนก่อนเรียน พบว่า นักเรียนส่วนมากมีโมเดลที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คิดเป็นร้อยละ 96.97 และมีแนวคิดสอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คิดเป็นร้อยละ 3.03 แต่หลังจากที่นักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้อย่างบูรณาการประกอบการสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์เสริมด้วยแบบจำลอง PhET พบว่านักเรียนมีโมเดลที่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น คิดเป็นร้อยละ 93.94 และมีโมเดลที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ร้อยละ 6.06

3. ศึกษาและเปรียบเทียบสมรรถนะการอธิบายในเชิงวิทยาศาสตร์ ผลการศึกษาและเปรียบเทียบคะแนนสมรรถนะการอธิบายในเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้อย่างบูรณาการประกอบการสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์เสริมด้วยแบบจำลอง PhET คะแนนเต็ม 20 คะแนน พบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยของผลการทดสอบสมรรถนะการอธิบายในเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.79 คิดเป็นร้อยละ 28.95 และหลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 17.13 คิดเป็นร้อยละ 85.65 เมื่อนำคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนมาเปรียบเทียบความแตกต่างโดยการทดสอบ t-test for dependent sample พบว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้อย่างบูรณาการประกอบการสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์เสริมด้วยแบบจำลองเสมือนจริง PhET มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

อภิปรายผลการวิจัย

1. ด้านความเข้าใจและการเปลี่ยนแปลงในโมเดลไฟฟ้ากระแส

จากการศึกษาและเปรียบเทียบความเข้าใจในโมเดลไฟฟ้ากระแสและสมรรถนะการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนรู้อย่างบูรณาการประกอบการสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์เสริมด้วยแบบจำลอง PhET พบว่าผลการวิจัยที่ได้มีความสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ คือ นักเรียนมีความเข้าใจในโมเดลไฟฟ้ากระแสหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และนักเรียนมีการเปลี่ยนระดับความเข้าใจในโมเดลไฟฟ้ากระแสโดยมีความสอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนมากกว่าก่อนเรียน หลังเรียนมีการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจในโมเดลจากไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ไปเป็นสอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มากกว่าเปลี่ยนจากมีโมเดลที่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ไปเป็นไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้ด้วยเหตุผลสำคัญดังต่อไปนี้คือ การจัดการเรียนการสอนสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์เสริมด้วยแบบจำลอง PhET เป็นกิจกรรมที่กระตุ้นการมีส่วนร่วมโดยเฉพาะอย่างยิ่งกระบวนการคิดเกี่ยวกับประเด็น หรือปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ (ปริมาณทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับไฟฟ้ากระแส) ตั้งแต่การเริ่มเข้าสู่กิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้สอนนำเสนอภาพปรากฏการณ์เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจหรือมีข้อสงสัยโดยที่นักเรียนได้ตอบคำถาม ได้คิด ซึ่งเป็นการเตรียมความพร้อมให้แก่ผู้เรียนซึ่งสอดคล้องกับ Thorndike และนักเรียนได้ทำนายผลการทดลอง ซึ่งเป็นการตรวจสอบความรู้ ความจำ หรือประสบการณ์ที่ผ่านมาเพื่อ

นำมาเป็นพื้นฐานหรือเป็นโครงสร้างเพื่อการพัฒนาการเรียนรู้ (cognitive development) ของนักเรียนในการเปลี่ยนแปลงหรือปรับตัวอันจะก่อให้เกิดพัฒนาการทางสติปัญญาสำหรับการมีปฏิสัมพันธ์กับกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้สอนจะให้นักเรียนได้สังเกตผลการทดลองหรือปรากฏการณ์ต่อไป ซึ่งกระบวนการปรับตัวของนักเรียนจะเป็น กระบวนการดูดซับ (assimilation) ข้อมูลใหม่เข้าไปหรือข้อมูลใหม่นั้นสอดคล้องกับความรู้เดิม หรือกระบวนการปรับให้เหมาะสม (accommodation) เมื่อข้อมูลใหม่หรือประสบการณ์ใหม่นั้นใช้ความรู้เดิมอธิบายไม่ได้ ทำให้เกิดความสมดุล (equilibration) แก่นักเรียน ซึ่งเป็นการปรับความเข้าใจเดิมให้เข้ากับประสบการณ์ใหม่ ตามทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจท์ (Piaget) การที่นักเรียนได้นำผลสังเกตจากการทดลองตามวิธีการทดลองที่นักเรียนได้อภิปรายไว้ร่วมกันกับเพื่อนและครูซึ่งเป็นการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำเสนอโมเดลวิทยาศาสตร์จากข้อมูลรูปธรรมจากปรากฏการณ์ที่ได้สังเกตและรวบรวมข้อมูลสู่สมการหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่มีความเป็นนามธรรมมากยิ่งขึ้น ตลอดจนการนำหลักการไปประยุกต์ใช้อธิบายปรากฏการณ์ใหม่ที่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ศึกษา กระบวนการดังกล่าวเป็นการขยายแนวคิดของผู้เรียนให้กว้างมากยิ่งขึ้น ซึ่งเป็นการพัฒนาเชาวน์ปัญญาขั้นสูง ตามมโนคติ The Zone of Proximal Development หรือ ZPD ของทฤษฎีวัฒนธรรมทางสังคมของ Vygotskys และหาความสัมพันธ์ของผลการทดลองเพื่อสรุปเป็นมโนคติในประเด็นที่ศึกษา นอกจากนี้การที่นักเรียนได้สังเกตผลจากโปรแกรม PhET ในสิ่งที่การทดลองแบบปกติไม่สามารถสังเกตได้ โดยการเรียนรู้นี้เป็นการเรียนรู้ที่มีความหมายและทำให้เกิดจำความรู้อย่างดี จากข้อมูลข้างต้นสอดคล้องกับงานวิจัยของอำพล ใจรักษ์ (2550) ได้ศึกษารูปแบบการสอนแบบบรรยายประกอบการสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์ในเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ของนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายพบว่า สามารถช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจมโนคติดีขึ้นกว่าเดิม และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของกฤตภัค โคตรหานาม (2556) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์ เรื่อง การสั่นของสปริง โดยใช้รูปแบบการสอนแบบบรรยายประกอบการสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์ผ่านสิ่งแวดล้อมปฏิบัติการทดลองด้วยคอมพิวเตอร์ พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบรรยายประกอบการสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์ผ่านสิ่งแวดล้อมปฏิบัติการทดลองด้วยคอมพิวเตอร์ มีคะแนนความเข้าใจมโนคติ เรื่อง การสั่นของสปริง หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และงานวิจัยของ David (2007) ได้นำการสอนแบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์ไปใช้กับรายวิชาฟิสิกส์ พบว่า ผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์อย่างต่อเนื่อง มีผลการทดสอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนถึงร้อยละ 80 ในขณะที่รูปแบบการสอนแบบเดิม มีผลการทดสอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนเพียงร้อยละ 20 สมัญญ์ สัจเชตร (2562) สะท้อนให้เห็นว่า เทคนิคสถานการณ์จำลองสามารถส่งเสริมมโนคติ เรื่อง ความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงของสสารและนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคสถานการณ์จำลองอยู่ในระดับมาก

2. สมรรถนะการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ จากผลการศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนรู้อย่างบรรยายประกอบการสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์เสริมด้วยแบบจำลอง PhET พบว่า ผลการวิจัยที่ได้มีความสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ คือ นักเรียนมีสมรรถนะการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ทั้งนี้ด้วยเหตุผลสำคัญดังต่อไปนี้คือ การจัดการเรียนรู้แบบบรรยายประกอบการสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์เสริมด้วยแบบจำลอง PhET เป็นกระบวนการสอนเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการคิดวิเคราะห์ แยกแยะข้อมูลต่างๆ ที่ได้รับตลอดกระบวนการร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ จากการมีปฏิสัมพันธ์อย่างต่อเนื่องในขณะที่กำลังดำเนินการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยมีลักษณะเป็นการนำเสนอการสาธิตหน้าชั้นเรียน ครูผู้สอนได้ตั้งประเด็นคำถามเข้าไปในแต่ละขั้นตอน ซึ่งคำถามมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้เกิดความชัดเจนและครอบคลุมประเด็นที่ต้องการวิเคราะห์ปรากฏการณ์ที่นำเสนอเพื่อให้นักเรียนระลึกถึงปริมาณหรือปัจจัยที่คาดว่าจะเกี่ยวข้องที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์ (กระบวนการทำนาย) โดยนักเรียนได้สะท้อนความคิดหรือความรู้เดิมเพื่อแสดงการอธิบายที่สมเหตุสมผล เมื่อนักเรียนได้สังเกตผลการทดลองแล้วครูผู้สอนเน้นให้นักเรียนวิเคราะห์ข้อมูลที่รวบรวมจากการสังเกตปรากฏการณ์ไม่ว่าจะเป็นจากการสาธิตหรือจากแบบจำลอง PhET มาแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน เพื่อนำข้อมูลต่างๆ มาสร้างความสัมพันธ์และนำเสนอข้อมูลในรูปแบบใหม่ที่มีความครอบคลุม กระชับ เพื่อสร้างคำอธิบายที่เป็นสมการหรือหลักการร่วมกัน จากนั้นนักเรียนได้นำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ใหม่อย่างสมเหตุสมผล ดังนั้นกระบวนการเรียนรู้แบบบรรยายประกอบการสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์เสริมด้วยแบบจำลอง PhET ช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพตามธรรมชาติที่มุ่งอธิบายว่าปรากฏการณ์ธรรมชาติมีกลไกการทำงานอย่างไร แม้การอธิบายอาจไม่สมบูรณ์หรือมีข้อจำกัดภายใต้เงื่อนไขบางประการ เช่น สภาพแวดล้อมแตกต่างกัน อาจจะได้ผลการทดลองที่แตกต่างออกไป อย่างไรก็ตามความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่ค่อนข้างคงที่และเชื่อถือได้เนื่องจากค่อย ๆ ถูกสั่งสมมาเป็นเวลานาน แต่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ก็สามารถปรับปรุงเปลี่ยนแปลงได้ ดังนั้นความรู้วิทยาศาสตร์มีลักษณะเฉพาะของวิทยาศาสตร์วิธีการได้มาซึ่งความรู้วิทยาศาสตร์ซึ่งเกิดจากการสืบเสาะหาความรู้ไม่ว่าจะเป็นการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ การทดลอง และการจัด

กระทำข้อมูล เพื่อใช้สร้างคำอธิบาย และมีจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ประกอบกับการใช้เหตุผลแบบหลักฐานเชิงประจักษ์ โดยมีขั้นตอนและกระบวนการที่ยืดหยุ่น และเป็นทั้งการทำงานโดยส่วนตัวและการทำงานร่วมกันของกลุ่มคน (Lederman, 2002 : 498) และผลการศึกษาสอดคล้องกับ พิระพล ชินรัตน์ (2564) ที่กล่าวว่า การนำสถานการณ์จำลองเชิงปฏิสัมพันธ์ของ PhET มาใช้ในการเรียน การสอนประโยชน์อย่างมากสำหรับครูผู้สอนและนักเรียน สามารถช่วยให้ครูผู้สอนได้จัดกิจกรรมที่มีการทดลองควบคู่ไปกับการบรรยายหรือการสาธิตประกอบการบรรยาย โดยไม่มีค่าใช้จ่ายใช้งานได้สะดวกสบายทั้งผ่านเว็บเบราว์เซอร์ หรือสามารถดาวน์โหลดติดตั้งไว้บนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลหรือผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่ ซึ่งจะช่วยเหลือให้ผู้เรียนสามารถสร้างการเชื่อมต่อระหว่างความเข้าใจในแนวคิดวิทยาศาสตร์และปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง ซึ่งจะส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจอย่างมีความหมายและมีความตระหนักรู้ในปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนโลก

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลวิจัยไปใช้

1.1 เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ภายใต้ระยะเวลาที่จำกัด และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จำเป็นต้องมีการแสดงปรากฏการณ์ให้นักเรียนได้สังเกตหรือวัด ดังนั้นครูผู้สอนต้องมีการจัดเตรียมหรือตรวจสอบอุปกรณ์ให้พร้อม โดยเฉพาะอุปกรณ์ที่ต้องใช้ไฟฟ้า เช่น Power supply หลอดไฟ เป็นต้น และทดสอบการทำงานก่อนทั้ง วัสดุ อุปกรณ์ที่จะใช้แสดงปรากฏการณ์ และโปรแกรมจำลองที่ต้องใช้คอมพิวเตอร์ทุกครั้ง

1.2 ในขั้นการทำนาย นักเรียนบางคนอาจไม่เขียนผลการทำนาย ดังนั้นผู้สอนต้องกระตุ้นให้นักเรียนเขียนผลการทำนาย โดยเน้นย้ำว่าไม่มีผลต่อคะแนนและสุ่มคำถามทำนายของนักเรียนมานำเสนอเป็นตัวอย่าง เพื่อให้นักเรียนมีส่วนร่วมคิดกับสิ่งที่ดำเนินในกิจกรรมการสำรวจตรวจสอบต่อไป

1.3 บทบาทของครูผู้สอนมีส่วนสำคัญมากในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบบรรยายประกอบการสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์เสริมด้วยแบบจำลอง PhET ครูผู้สอนต้องสาธิตวิธีการใช้เครื่องมือและการใช้งานโปรแกรมจำลองอย่างถูกต้อง เพราะนักเรียนมีหลายระดับทั้งเก่ง ปานกลางและอ่อน นักเรียนที่เรียนช้า ไม่ทันเพื่อน ไม่ตั้งใจฟัง ครูดูแลอย่างใกล้ชิดและกระตุ้นผู้เรียนในทุกขั้นของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ปรับเปลี่ยนแนวคิดเพื่อให้นักเรียนสามารถสรุปองค์ความรู้และปรับเปลี่ยนมโนคติได้ ตลอดจนคอยชี้แนะเมื่อนักเรียนเกิดปัญหาในระหว่างปฏิบัติกิจกรรม พูดย้ำให้กำลังใจและส่งเสริมให้นักเรียนรู้ได้ช่วยเหลือให้นักเรียนที่เรียนรู้อย่างช้าให้ประสบความสำเร็จไปพร้อมๆ กัน แนะนำให้ผู้เรียนเข้าถึงเว็บไซต์ รวมไปถึงการใช้งานขั้นพื้นฐานเพื่อให้เกิดความรวดเร็วแลปรับเปลี่ยนมโนคติได้จากสังเกตและการลงมือทำด้วยตนเอง

1.4 เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบบรรยายประกอบการสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์เสริมด้วยแบบจำลอง PhET เป็นการจัดการสอนแบบให้ผู้เรียนสังเกตการลงมือทำและฟังบรรยายจากครูผู้สอน จึงส่งผลให้ผู้เรียนไม่ได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ดังนั้นจึงควรมีอุปกรณ์ทดลอง เพื่อให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ ซึ่งจะเป็นการพัฒนาทักษะการปฏิบัติของผู้เรียน เพิ่มความเข้าใจทั้งในเนื้อหาทฤษฎีและเห็นผลการทดลองได้ชัดเจนยิ่งขึ้นได้

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบบรรยายประกอบการสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์เสริมด้วยแบบจำลอง PhET ทำให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์ต่อครูผู้สอนและต่อเพื่อนร่วมชั้นเรียน ทั้งยังกระตุ้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการอภิปรายร่วมกันอีกด้วย ดังนั้น จึงควรมีการศึกษาในปัจจัยอื่น ๆ อีกต่อไป เช่น การสื่อสารวิทยาศาสตร์ในรูปแบบอื่น เช่น การเขียนอธิบาย หรือศึกษาความสามารถด้านทักษะการคิดของนักเรียน เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.
- กฤตภัค โคตรหานาม. (2556). *ผลการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์ เรื่องการสั่นของสปริงโดยใช้การสาธิตประกอบคำบรรยายอย่างมีปฏิสัมพันธ์ผ่านสิ่งแวดล้อมปฏิบัติการทดลองด้วยคอมพิวเตอร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4: กรณี MBL สถานการณ์จำลองบนคอมพิวเตอร์และการรวมกันของทั้งคู่* (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต).
- ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ขวัญหทัย กวดนอก และ ชาญวิทย์ คำเจริญ. (2566). การพัฒนาปฏิบัติการฟิสิกส์พื้นฐานด้วยการใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง. *วารสารบรรณศาสตร์ มศว.*, 16(2), 51–61.

- จิราวรรณ รักคง และคณะ. (2564). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง ความดันและแรงพยุง ของของเหลว ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ร่วมกับเทคนิค POE และการใช้สถานการณ์จำลองบนคอมพิวเตอร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. *วารสารศาสตร์การศึกษาและการพัฒนามนุษย์*, 5(1), 40–51.
- จุฑารัตน เบญพาด, ชุตินา ศรีสำราญ, ศุภรัตน์ ทศนิเจริญ, กิตติพงษ์ เสียงเสนาะ, มัทนี เสียงเสนาะ และ ณัฐภัทร ปิ่นเนตร. (2564). การใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเรื่องการสะท้อนและการหักเหของแสงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 โรงเรียนศรีวิชัยวิทยา. ใน *การประชุมวิชาการระดับชาติครั้งที่ 13 มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม*. นครปฐม: มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม.
- ชาญวิทย์ คำเจริญ และ ดารกา พลึง. (2562). การใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง: การเคลื่อนที่แนววิถีโค้ง. *วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม*, 18(3), 13–22.
- พฤกษา ปากหวาน. (2559). ผลการจัดการเรียนรู้แบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์ เสริมด้วยเทคนิคการใช้คำถามต่อมโนคติเสีย และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารการศึกษา). นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.
- พัสดวัน นาใจแก้ว. (2556). รูปแบบการจัดการเรียนรู้. นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.
- พัสดวัน นาใจแก้ว. (2560). การศึกษาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ของไดรเวอร์และเบลล์เสริมด้วยเทคนิคการใช้คำถามต่อความเข้าใจมโนคติสละลายกรด-เบส และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. ใน *การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ราชธานีวิชาการ ครั้งที่ 3* (น. 842–853). อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยราชธานี.
- Abraham, M. R., Williamson, V. M., & Westbrook, S. L. (1994). A cross-age study of the understanding five concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(2), 147–165.
- David, F. R. (2007). *Strategic management* (11th ed.). New Jersey: Prentice-Hall.
- Lederman, N. G. (2002). Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conception of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497–518.
- McNeill, K. L., & Krajcik, J. (2008). Inquiry and scientific explanations: Helping students use evidence and reasoning. In J. Luft, R. Bell, & J. Gess-Newsome (Eds.), *Science as inquiry in the secondary setting* (pp. 121–134). Arlington, VA: National Science Teacher Association Press.
- Sokoloff, D. R., & Thornton, R. K. (1997). *Using interactive lecture demonstrations to create an active learning environment*. Oregon: University of Oregon.