การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันโดยใช้สถานการณ์จำลองเสมือนจริงทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับการเรียนรู้แบบสืบสอบ 5 ขั้น เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

Development of Web Application Using Virtual Science Simulation with 5e Inquiry-Based Learning to Enhance Integrated Science Process Skills of Secondary School Students

Received: June 7, 2025
Revised: July 2, 2025
Accepted: July 12, 2025

จิรัชชา รุ่นประพันธ์*[1]
Jiratcha Roonprapant

พรสุข ตันตระรุ่งโรจน์[2]
Pornsook Tantrarungroj

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันโดยใช้สถานการณ์จำลองเสมือนจริงทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับการเรียนรู้แบบสืบสอบ 5 ขั้น เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย และ 2) เพื่อศึกษาผลการใช้บนเว็บแอปพลิเคชันโดยใช้สถานการณ์จำลองเสมือนจริงทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับการเรียนรู้แบบสืบสอบ 5 ขั้น เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ศึกษาความคิดเห็นเกี่ยวกับเว็บแอปพลิเคชันโดยใช้สถานการณ์จำลองเสมือนจริงทางวิทยาศาสตร์ฯ ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 7 คน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนเคมี และผู้เชี่ยวชาญด้านการรู้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย สายการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนนครนายกวิทยาคม จำนวน 40 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) เว็บแอปพลิเคชันฯ 2) แผนการ

*Corresponding author, e-mail: 6580028027@student.chula.ac.th
[1] นิสิตหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Student of M.Ed in Educational Technology and Communications, Faculty of Education, Chulalongkorn University.
e-mail: 6580028027@student.chula.ac.th
[2] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประจำภาควิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Assistant Professor Dr. In Department of Education Technology and Communications, Faculty of Education, Chulalongkorn University .
e-mail: pornsook.t@chula.ac.th

จัดการเรียนรู้ฯ 3) แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ฯ และ 4) แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อเว็บแอปพลิเคชันฯ โดยวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติบรรยายสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบค่าที (t-test Dependent) และการวิเคราะห์เนื้อหา

ผลการวิจัย พบว่า 1) แนวทางการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันโดยใช้สถานการณ์จำลองเสมือนจริงทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับการเรียนรู้แบบสืบสอบ 5 ขั้น เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ประกอบไปด้วย 5 องค์ประกอบ ได้แก่ 1.1) เนื้อหา (Content) 1.2) การออกแบบการเรียนรู้ (Instructional Design) 1.3) การออกแบบระบบ (System Design) 1.4) การวัดและประเมินผล (Assessment) และ 1.5) การให้ผลป้อนกลับ (Feedback) จากการประเมินความเหมาะสมของเว็บแอปพลิเคชันโดยใช้สถานการณ์จำลองเสมือนจริงทางวิทยาศาสตร์ฯ ในภาพรวมผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่ารูปแบบมีความเหมาะสมมากที่สุด และด้านที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดได้แก่ ด้านการออกแบบและการจัดรูปแบบของเว็บแอปพลิเคชันและด้านการนำไปใช้ และ 2) ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อเว็บแอปพลิเคชันโดยใช้สถานการณ์จำลองเสมือนจริงทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับการเรียนรู้แบบสืบสอบ 5 ขั้น โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด (M = 4.67, SD = 0.52)

คำสำคัญ เว็บแอปพลิเคชัน สถานการณ์จำลองเสมือนจริงทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

Abstract

The purpose of this study was to: (1) develop a web application using virtual science simulation based on the 5E inquiry-based learning approach to enhance the integrated science process skills of secondary school students; and (2) examine the effects of using the developed web application on students' integrated science process skills. The research sample for expert evaluation consisted of seven experts in educational technology, chemistry education, and science process skills. The experimental group comprised 40 upper secondary students in the science–mathematics program from Nakhonnayok Wittayakhom School. The research instruments included: (1) the web application; (2) lesson plans using the web application with virtual science simulation; (3) an integrated science process skills test; and (4) a questionnaire on students' opinions toward the use of the web application. Data were analyzed using descriptive statistics, including percentage, mean, and standard deviation, as well as a dependent t-test and content analysis.

The results revealed that: (1) the development framework of the web application consisted of five components: (1.1) content, (1.2) instructional design, (1.3) system design, (1.4) assessment, and (1.5) feedback. The expert evaluation indicated that the web

application was overall rated at a high level of appropriateness. The highest-rated aspects were the design and layout and the usability of the web application; and (2) students' posttest mean scores on integrated science process skills were significantly higher than their pretest scores at the .05 level of significance. Additionally, students' overall satisfaction with the web application was at the highest level (M = 4.67, SD = 0.52).

Keywords: Web application, Virtual Scientific Simulation, Integrated Science Process Skills

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2566) ได้จัดทำแผนปฏิบัติการระยะ 5 ปี พ.ศ. 2566–2570 เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการกำหนดแนวทางและขับเคลื่อนการดำเนินงานให้กับองค์กรในการเตรียมรับมือและพัฒนาให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงของสภาวะแวดล้อมของสังคมโลกทุก ๆ ด้าน ซึ่งสอดคล้องกับทิศทางการพัฒนาประเทศตามแผนยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี และแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 13 ด้านการเสริมสร้างและพัฒนาศักยภาพทุนมนุษย์ จะเห็นได้ว่า สสวท. ต้องการพัฒนาและสร้างนวัตกรรมสื่อดิจิทัลและกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ทันสมัย เหมาะสม และตอบสนองต่อความต้องการของผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนมีความสามารถในการคิด วิเคราะห์ และแก้ปัญหาบนพื้นฐานของวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้ตามความถนัด ความชอบ และศักยภาพของตนเอง แต่จากคะแนนผลการประเมิน PISA 2022 ของประเทศไทย พบว่า นักเรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ยด้านวิทยาศาสตร์ 409 คะแนน ซึ่งเมื่อเทียบกับ PISA 2018 มีคะแนนเฉลี่ยลดลง 17 คะแนน หากประเมินผลตามระดับความสามารถด้านวิทยาศาสตร์ มีนักเรียนไทยจำนวนร้อยละ 53 ที่มีความสามารถด้านวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับต่ำกว่า 2 ซึ่งระดับนี้ถือเป็นระดับพื้นฐานที่นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้กับสถานการณ์ในชีวิตจริง (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2566)

จากข้างต้นที่กล่าวมาแสดงให้เห็นว่านักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้กับชีวิตประจำวันได้ หรือไม่สามารถใช้ความรู้ที่มีแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ สะท้อนให้เห็นถึงปัญหาในการจัดการเรียนรู้ด้านวิทยาศาสตร์ สาเหตุสำคัญหนึ่งคือนักเรียนไทยขาดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ แก้ปัญหา ขาดทักษะการอ่าน เขียน เน้นแต่การท่องจำเนื้อหา ข้อสอบ รวมทั้งกระบวนการจัดการเรียนรู้เดิมยังยึดติดอยู่กับเนื้อหาไม่ได้มุ่งเน้นที่การพัฒนาสมรรถนะของผู้เรียน อีกหนึ่งองค์ประกอบที่สำคัญในการเรียนวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Science Process Skill) หมายถึง ความสามารถและความชำนาญในการใช้ความคิดและกระบวนการคิดเพื่อค้นคว้าหาความรู้และแก้ปัญหาต่าง ๆ (สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ, 2551) กล่าวคือ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นทักษะการคิดของนักวิทยาศาสตร์ที่นำมาใช้ในการศึกษาค้นคว้า สืบเสาะหาความรู้ และแก้ปัญหาต่างๆ ซึ่งการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลายโดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้พร้อมเชื่อมโยงกับชีวิตจริงจะช่วยให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง รวมทั้งส่งเสริมและพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 (Abdellah et al, 2020)

การจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันประสบปัญหาการมีเวลาที่จำกัดที่ไม่สอดคล้องกับเนื้อหา รวมกับในการทำกิจกรรมบางกิจกรรมที่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์และสารเคมี

ในการทดลอง แต่ทางโรงเรียนไม่มีอุปกรณ์และสารเคมีตามที่ต้องการทั้งหมดหรือมีจำนวนน้อย จึงทำให้ไม่สามารถจัดการเรียนการสอนได้เต็มตามศักยภาพ ส่งผลให้นักเรียนไม่ได้ทำกิจกรรมและขาดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการปฏิบัติการทดลอง (ภาพิสุทธิ์ ภูวญาณพงศ์, 2558) จากสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโควิด-19 ที่ผู้สอนและผู้เรียนไม่สามารถลงมือปฏิบัติการทดลองในสถานที่จริงได้ ดังนั้นครูผู้สอนหลายท่านจึงเลือกใช้สื่อเทคโนโลยีสารสนเทศบูรณาการกับการจัดการเรียนรู้เพื่อนำมาทดแทนห้องปฏิบัติการจริง

ด้วยความก้าวหน้าและแพร่หลายของเทคโนโลยีดิจิทัลซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในทุกภาคส่วนของสังคม สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) จึงได้เล็งเห็นความจำเป็นของการปรับเปลี่ยนการเรียนการสอนไปสู่การใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเป็นเครื่องมือหลัก และองค์ประกอบที่สำคัญคือการออกแบบให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ตรงผ่านสถานการณ์จำลอง (Simulation Based Learning) ซึ่งเป็นอีกหนึ่งแนวทางการจัดการเรียนรู้ ที่ให้ผู้เรียนเกิดการเชื่อมโยงความรู้ การคิดอย่างเป็นระบบแบบนักวิทยาศาสตร์ โดยการเรียนรู้ผ่านสถานการณ์จำลอง ที่ในห้องปฏิบัติการยากที่จะจำลองสถานการณ์นั้นให้เกิดขึ้นมาได้ ปัจจุบันจึงได้มีการนำสื่อจำลองในรูปแบบต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้ เช่น สื่อจำลองแบบ 3 มิติ สื่อจำลองแบบโต้ตอบเสมือน (สิทธิชัย สิงหะเสนา, 2565) ซึ่งการเรียนรู้ผ่านสถานการณ์จำลอง (Simulation Based Learning) เป็นการเรียนรู้ที่เน้นความสัมพันธ์การเรียนรู้เนื้อหากับปรากฏการณ์ในชีวิตจริง สนับสนุนการเรียนรู้แบบให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมและการเรียนรู้ด้วยตนเองตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructionism) (Haryadi & Pujiastuti, 2020)

เว็บแอปพลิเคชัน (Web Application) เป็นโปรแกรมประยุกต์ที่รวมคุณสมบัติเด่นของเว็บไซต์และแอปพลิเคชันเข้าด้วยกัน ทำให้สามารถเข้าถึงการใช้งานได้อย่างสะดวกด้วยอินเทอร์เน็ตเบราว์เซอร์ไม่ต้องติดตั้งซอฟต์แวร์บนเครื่อง จึงไม่มีข้อจำกัดด้านอุปกรณ์ (กวิสรา รุ่งวิริยะวงศ์, 2565; ดลธรัตน์ จูฑะมณีโรจน์, 2564) เว็บแอปพลิเคชัน (Web Application) จึงเป็นอีกหนึ่งเครื่องมือที่มีความยืดหยุ่นและมีประสิทธิภาพในการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมและเกิดการเรียนรู้จากประสบการณ์ ทำให้ผู้เรียนสามารถกลับมาทบทวนหรือเรียนรู้ซ้ำนอกเหนือจากการเรียนรู้ในห้องเรียน และเป็นสื่อที่ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย สามารถเข้าถึงได้จากทุกที่ ทุกเวลา ไม่จำกัดเวลาและสถานที่ (Haryadi & Pujiastuti, 2020)

การเรียนการสอนแบบสืบสอบ (Inquiry-based learning) เป็นหนึ่งในรูปแบบการสอนที่ใช้ในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ช่วยให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี เนื่องจากการเรียนการสอนแบบสืบสอบเป็นการให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้ของตนเองเพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ควบคู่ไปกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) โดยผู้สอนกระตุ้นให้นักเรียนเกิดคำถาม เกิดความคิด เพื่อให้นักเรียนได้ลงมือแสวงหาความรู้แล้วนำมาประมวลหาคำตอบหรือข้อสรุปด้วยตนเอง (ทิศนา แขมมณี, 2564) จะเห็นได้ว่ากระบวนการเรียนรู้รูปแบบนี้นักเรียนจะได้ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และครูผู้สอนยังสามารถแทรกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้นักเรียนได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในทุก ๆ ขั้นตอนอีกด้วย การเรียนการสอนรูปแบบนี้จึงช่วยให้นักเรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จนสามารถขยายผลเพื่อเป็นความรู้หรือประสบการณ์พื้นฐานในการเรียนรู้เนื้อหาวิทยาศาสตร์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องได้ (สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ, 2551)

จากสภาพปัญหาและกรอบแนวคิดในการจัดการศึกษาทั้งในระดับประเทศและระดับนานาชาติ ดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาและพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันโดยใช้สถานการณ์จำลองเสมือนจริงทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับการเรียนรู้แบบสืบสอบ 5 ขั้น เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย และเพื่อศึกษาผลการใช้เว็บแอปพลิเคชันโดยใช้สถานการณ์จำลองเสมือนจริงทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับการเรียนรู้แบบสืบสอบ 5 ขั้น เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เพื่อนำผลการศึกษามาอภิปรายผลการใช้เว็บแอปพลเคชันนี้และนำผลการศึกษามาขยายผลไปสู่การพัฒนาการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีในการเรียนรู้ในระดับชั้นเรียน โรงเรียน และประเทศต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันโดยใช้สถานการณ์จำลองเสมือนจริงทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับการเรียนรู้แบบสืบสอบ 5 ขั้น เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย
2. เพื่อศึกษาผลการใช้บนเว็บแอปพลิเคชันโดยใช้สถานการณ์จำลองเสมือนจริงทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับการเรียนรู้แบบสืบสอบ 5 ขั้น เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

สมมติฐานของการวิจัย

นักเรียนที่เรียนรู้ด้วยเว็บแอปพลิเคชันโดยใช้สถานการณ์จำลองเสมือนจริงทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับการเรียนรู้แบบสืบสอบ 5 ขั้น หลังเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการสูงขึ้นกว่าก่อนเรียน

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันโดยใช้สถานการณ์จำลองเสมือนจริงทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับการเรียนรู้แบบสืบสอบ 5 ขั้น เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) ผู้วิจัยได้แบ่งขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยออกเป็น 2 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 ศึกษาสภาพและความต้องการในการใช้เว็บแอปพลิเคชันโดยใช้สถานการณ์จำลองเสมือนจริงทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับการเรียนรู้แบบสืบสอบ 5 ขั้น เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

ระยะที่ 2 พัฒนาเว็บแอปพลิเคชันโดยใช้สถานการณ์จำลองเสมือนจริงทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับการเรียนรู้แบบสืบสอบ 5 ขั้น เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาความคิดเห็นเกี่ยวกับเว็บแอปพลิเคชันโดยใช้สถานการณ์จำลองเสมือนจริงทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับการเรียนรู้แบบสืบสอบ 5 ขั้นฯ ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิชาเคมี และผู้เชี่ยวชาญด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ประชากรที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย สายการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.) กระทรวงศึกษาธิการ ปีการศึกษา 2567

1.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ศึกษาความคิดเห็นเกี่ยวกับเว็บแอปพลิเคชันโดยใช้สถานการณ์จำลองเสมือนจริงทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับการเรียนรู้แบบสืบสอบ 5 ขั้น ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 7 คน ซึ่งได้มาจากการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา 3 คน ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนเคมี จำนวน 2 คน และผู้เชี่ยวชาญด้านการรู้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 2 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย สายการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนนครนายกวิทยาคม ปีการศึกษา 2567 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 40 คน ซึ่งได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยมีคุณลักษณะเฉพาะที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย คือ เป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่อยู่ในโรงเรียนในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.) กระทรวงศึกษาธิการ ปีการศึกษา 2567 และอยู่ในบริบทที่สามารถเข้าถึงเทคโนโลยีการเรียนรู้ผ่านเว็บแอปพลิเคชันฯ ได้อย่างต่อเนื่อง

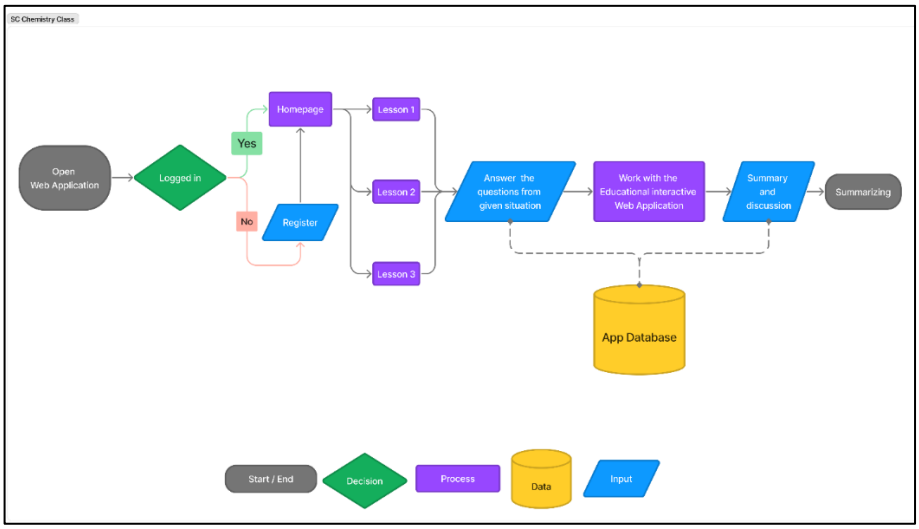
2. ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

ตัวแปรอิสระ (Independent Variable) ได้แก่ เว็บแอปพลิเคชันโดยใช้สถานการณ์จำลองเสมือนจริงทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับการเรียนรู้แบบสืบสอบ 5 ขั้น

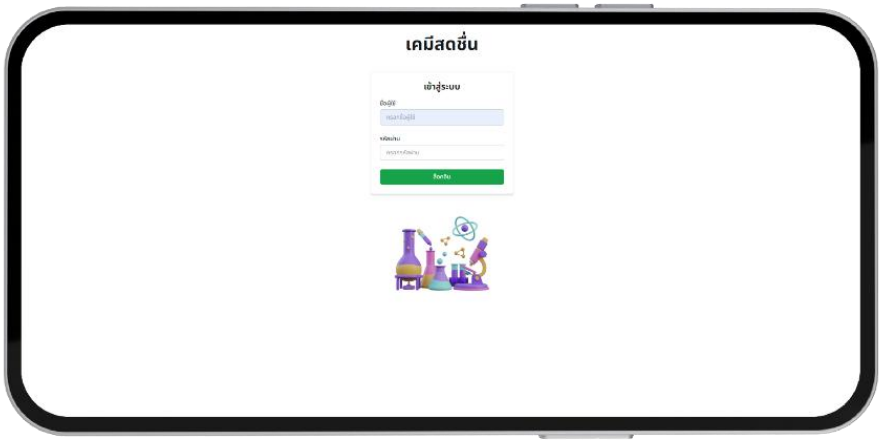
ตัวแปรตาม (Dependent Variable) ได้แก่ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

3. เครื่องมือวิจัย

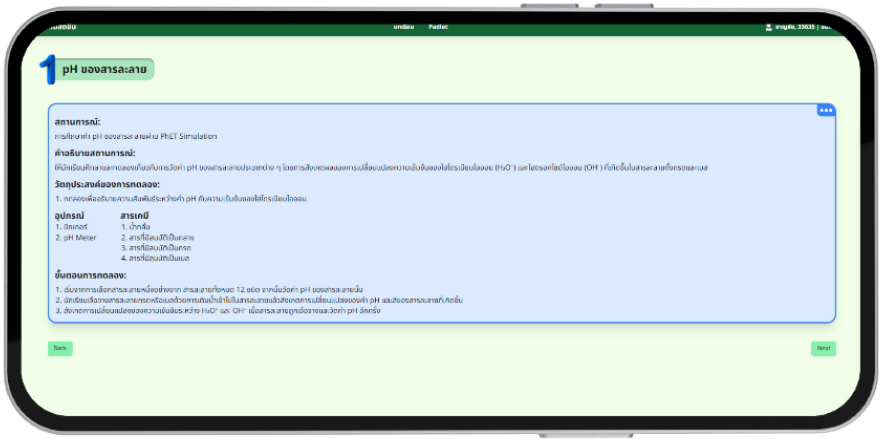
3.1 เว็บแอปพลิเคชันโดยใช้สถานการณ์จำลองเสมือนจริงทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับการเรียนรู้แบบสืบสอบ 5 ขั้นฯ จากการศึกษาสภาพและความต้องการในการใช้เว็บแอปพลิเคชันโดยใช้สถานการณ์จำลองเสมือนจริงทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับการเรียนรู้แบบสืบสอบ 5 ขั้นฯ ผู้วิจัยสามารถสรุปแนวทางการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันฯ โดยประกอบไปด้วย 5 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) เนื้อหา (Content) 2) การออกแบบการเรียนรู้ (Instructional Design) 3) การออกแบบระบบ (System Design) 4) การวัดและประเมินผล (Assessment) และ 5) การให้ผลป้อนกลับ (Feedback) โดยนำร่างเว็บแอปพลิเคชันฯ เสนอผู้เชี่ยวชาญทั้ง 7 ท่านตรวจสอบความเหมาะสมในด้านความเหมาะสมขององค์ประกอบและขั้นตอนการเรียนรู้ตามประเด็นในแบบประเมินความเหมาะสมของเว็บแอปพลิเคชันโดยใช้สถานการณ์จำลองเสมือนจริงทางวิทยาศาสตร์ฯ โดยใช้แบบประเมินแบบมาตรประมาณค่า 5 ระดับ (Likert Scale) ผลการประเมินเว็บแอปพลิเคชัน มีความเหมาะสมมากที่สุด (M = 4.86, SD = 0.13) โดยนำผลที่ได้มาทำการปรับปรุงแก้ไขก่อนทดลองใช้จริง



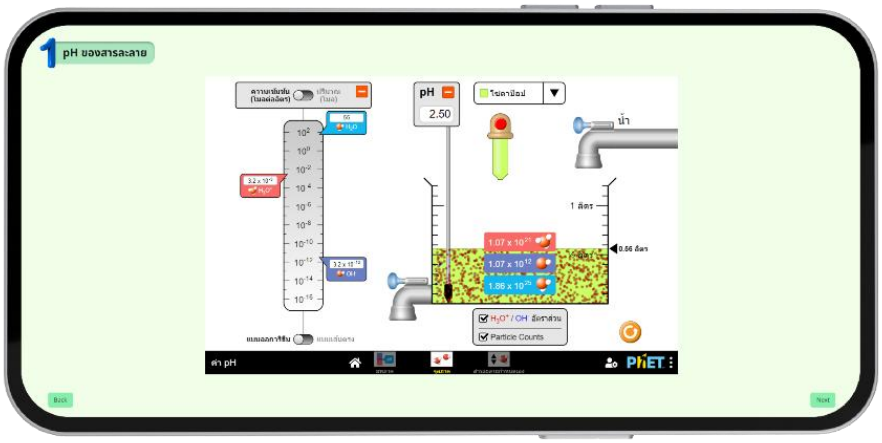
ภาพที่ 1 แผนภาพแสดงโครงสร้างและการทำงานของเว็บแอปพลิเคชันฯ



ภาพที่ 2 เว็บแอปพลิเคชันฯ หน้าเข้าระบบ



ภาพที่ 3 เว็บแอปพลิเคชันฯ หน้าการเรียนรู้



ภาพที่ 4 เว็บแอปพลิเคชันฯ หน้าสื่อเสมือนจริงทางวิทยาศาสตร์ฯ

3.2 แผนการจัดการเรียนรู้บนเว็บแอปพลิเคชันโดยใช้สถานการณ์จำลองเสมือนจริงทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับการเรียนรู้แบบสืบสอบ 5 ขั้นฯ โดยอ้างอิงเนื้อหาตามกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) เรื่อง กรด-เบส และเคมีไฟฟ้า จำนวน 3 แผนการเรียนรู้ ได้แก่ แผนการเรียนรู้ที่ 1 หน่วยการเรียนที่ 10 เรื่อง pH ของสารละลาย จำนวน 3 ชั่วโมง แผนการเรียนรู้ที่ 2 หน่วยการเรียนที่ 10 เรื่อง การไทเทรตกรด-เบส จำนวน 3 ชั่วโมง แผนการเรียนรู้ที่ 3 หน่วยการเรียนที่ 11 เรื่อง ปฏิกิริยารีดอกซ์ จำนวน 4 ชั่วโมง โดยใช้ระยะเวลาการทดลองทั้งหมด 3 สัปดาห์ รวมทั้งหมด 10 ชั่วโมง

นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้ไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน ที่เป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการสอนเคมี และผู้เชี่ยวชาญทางด้านเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา ตรวจสอบความเหมาะสม โดยใช้แนวทางการประเมินแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Likert scale) 5 ระดับ จำนวน 17 ข้อ พบว่า โดยรวม แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมากที่สุด สามารถนำไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้ (M = 4.94, SD = 0.10) ปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญเพื่อใช้เป็นแนวทางในการดำเนินกิจกรรมต่อไป

3.3 แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ โดยแบบวัดมีลักษณะเป็นแบบอัตนัย จำนวน 5 ข้อ ซึ่งแบ่งการประเมินเป็น 5 ทักษะ ได้แก่ 1) ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร 2) ทักษะการตั้งสมมติฐาน 3) ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ 4) ทักษะการทดลอง และ 5) ทักษะการตีความและลงข้อสรุป

นำแบบวัดโดยมีลักษะเป็นแบบทดสอบคู่ขนาน จำนวน 2 ฉบับ ฉบับละ 5 ข้อ (ร่าง) ให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 คน พิจารณาตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ความถูกต้องของภาษา ความสอดคล้องกับพฤติกรรมการเรียนรู้ เพื่อหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ (IOC) โดยมีค่าระดับตั้งแต่ -1 ถึง 1 ผู้เชี่ยวชาญได้ให้ข้อเสนอแนะ ให้จัดลำดับการทำกิจกรรมในเว็บแอปพลิเคชันใหม่ เพื่อให้สอดคล้องกับการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ (IOC = 0.93, SD =0.12) จากนั้นตรวจสอบความสอดคล้องภายในของเกณฑ์ประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ด้วยการนำเกณฑ์ประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปทดลอง

ตรวจผลงานของนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างไปวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's Correlation) ของการให้คะแนนจากผู้ตรวจจำนวน 2 คน มีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (r = .872) ปรับปรุงและแก้ไขแบบวัดตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญเพื่อใช้เป็นแนวทางในการดำเนินกิจกรรมต่อไป

3.4 แบบสอบถามความพึงพอใจต่อการใช้เว็บแอปพลิเคชันโดยใช้สถานการณ์จำลองเสมือนจริงทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับการเรียนรู้แบบสืบสอบ 5 ขั้นเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จากนั้นกำหนดประเด็นคำถามเพื่อพัฒนาแบบสอบถาม มีลักษณะเป็นแบบวัดมาตรประมาณค่า 5 ระดับ (Likert Scale) โดยกำหนดเกณฑ์ ในการแปลความหมายของความคิดเห็นไว้ดังนี้

4.50 - 5.00 หมายถึง มีความเห็นด้วย มากที่สุด
3.50 - 4.49 หมายถึง มีความเห็นด้วย มาก
2.50 - 3.49 หมายถึง มีความเห็นด้วย ปานกลาง
1.50 - 2.49 หมายถึง มีความเห็นด้วย น้อย
0.00 - 1.49 หมายถึง มีความเห็นด้วย น้อยที่สุด

นำแบบสอบถามไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบความเหมาะสมของข้อคำถามจากนั้นจึงนำมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

4.1 ผู้วิจัยนำร่างเว็บแอปพลิเคชันฯ ประเมินความเหมาะสม โดยเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 7 คน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา จำนวน 3 คน ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิชาเคมี จำนวน 2 คน และผู้เชี่ยวชาญด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 2 คน

4.2 การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบ Pre-experimental research ซึ่งเป็นรูปแบบแผนการวิจัย 1 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลอง (E) คือ กลุ่มที่มีการจัดการเรียนรู้บนเว็บแอปพลิเคชันโดยใช้สถานการณ์จำลองเสมือนจริงทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับการเรียนรู้แบบสืบสอบ 5 ขั้น กลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 40 คน ซึ่งผู้เรียนจะได้ใช้ระบบการจัดการเรียนรู้บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตร่วมกับการเรียนรู้ในชั้นเรียน ใช้เวลาทั้งหมด 3 สัปดาห์ รวม 10 ชั่วโมง โดยประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของผู้เรียน จากการทำแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการก่อนการเรียน เมื่อสิ้นสุดกระบวนการเรียนการสอนแล้วทำแบบทดสอบหลังเรียนจำนวน ซึ่งแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการก่อนเรียนและหลังเรียน เป็นแบบวัดคู่ขนานจำนวน 2 ฉบับ ฉบับละ 5 ข้อ มีคะแนนเต็ม 15 คะแนน

โดยแสดงได้ดังแบบแผนการวิจัย ดังนี้

E	O_1	X	O_2

E หมายถึง กลุ่มทดลอง (กลุ่มที่มีการจัดการเรียนรู้บนเว็บแอปพลิเคชันสถานการณ์จำลองเสมือนจริงทางวิทยาศาสตร์เป็นฐานร่วมกับการเรียนรู้แบบสืบสอบ 5 ขั้น)

O_1 หมายถึง มีการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการก่อนเรียน

X หมายถึง ได้รับการทดลองใช้รูปแบบจัดการเรียนรู้บนเว็บแอปพลิเคชันสถานการณ์จำลองเสมือนจริงทางวิทยาศาสตร์เป็นฐานร่วมกับการเรียนรู้แบบสืบสอบ 5 ขั้นฯ

O_2 หมายถึง มีการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการหลังเรียน

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 การวิเคราะห์ข้อมูลจากประเมินความเหมาะสมของเว็บแอปพลิเคชันฯ ผู้วิจัยนำคะแนนที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แล้วนำข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแก้ไขรูปแบบให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

5.2 การวิเคราะห์ผลการใช้บนเว็บแอปพลิเคชันโดยใช้สถานการณ์จำลองเสมือนจริงทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับการเรียนรู้แบบสืบสอบ 5 ขั้น เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของกลุ่มตัวอย่าง โดยเปรียบเทียบระดับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ Dependent Samples T-test

5.3 การวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อเว็บแอปพลิเคชันโดยใช้สถานการณ์จำลองเสมือนจริงทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับการเรียนรู้แบบสืบสอบ 5 ขั้น เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของกลุ่มตัวอย่าง สถิติที่ใช้คือ ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

ผลการวิจัย

1. ผลการประเมินความเหมาะสมของของเว็บแอปพลิเคชันโดยใช้สถานการณ์จำลองเสมือนจริงทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับการเรียนรู้แบบสืบสอบ 5 ขั้น เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

ผลจากการศึกษา วิเคราะห์ สังเคราะห์ เอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง รวมถึงศึกษาข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ ผู้วิจัยสามารถสรุปแนวทางการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันโดยใช้สถานการณ์จำลองเสมือนจริงทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับการเรียนรู้แบบสืบสอบ 5 ขั้น เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ประกอบไปด้วย 5 องค์ประกอบ 5 ได้แก่ 1) เนื้อหา (Content) 2) การออกแบบการเรียนรู้ (Instructional Design) 3) การออกแบบระบบ (System Design) 4) การวัดและประเมินผล (Assessment) และ 5) การให้ผลป้อนกลับ (Feedback) มีรายละเอียดดังนี้

1.1 เนื้อหา (Content) มีการจัดการเรียนการสอนโดยใช้เนื้อหารายวิชา เคมี ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง กรด-เบส และเคมีไฟฟ้า ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) มีการจัดลำดับเนื้อหาอย่างมีระบบ จากง่ายไปยากและครอบคลุมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

1.2 การออกแบบการเรียนรู้ (Instructional Design) ใช้การจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบ (Inquiry-based learning) ผสมผสานกับการเรียนรู้โดยใช้สถานการณ์จำลองเสมือนจริงเป็นฐาน (Simulation based learning) ในการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันผู้เรียนจะต้องวิเคราะห์สถานการณ์ที่กำหนดให้และตอบคำถาม เพื่อกระตุ้นความสนใจก่อนเข้าสู่บทเรียน จากนั้นให้ผู้เรียนได้มีการ

ตั้งสมมติฐาน กำหนดตัวแปร และกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ จึงนำเข้าสู่ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง ที่ให้นักเรียนสามารถทำการทดลองต่าง ๆ โดยใช้การคลิก ลาก หรือพิมพ์ และเกิดผลขึ้นตามที่กำหนด เพื่อหาข้อเท็จจริงและข้อมูลที่ถูกต้อง และเป็นการตรวจสอบสมมติฐานที่ผู้เรียนได้ตั้งไว้ ทั้งนี้นักเรียนสามารถบันทึกข้อมูลผลการทดลองต่าง ๆ และสรุปผลการทดลองต่าง ๆ ผ่านการพิมพ์ข้อมูลลงในเว็บแอปพลิเคชันฯ

1.3 การออกแบบระบบ (System Design) ออกแบบเว็บแอปพลิเคชันให้มีปุ่มฟังก์ชันที่ตอบสนองต่อผู้ใช้ได้ดี ภาพหน้าจอและขนาดตัวอักษรมีลักษณะที่พอดี มีความเหมาะสม อ่านง่าย ไม่เล็กหรือใหญ่ สามารถใช้ได้กับทุกอุปกรณ์ เช่น คอมพิวเตอร์ แท็บเล็ต และสมาร์ทโฟน อีกทั้งมีการออกแบบที่สวยงาม น่าสนใจ มีการเลือกใช้สีที่สามารถดึงดูดความสนใจให้กระตุ้นการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันและมีความกลมกลืนกันและเป็นเอกภาพ

1.4 การวัดและประเมินผล (Assessment) มีการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการจากแบบวัดทักษะฯ เพื่อดูการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของผู้เรียนหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้เว็บแอปพลิเคชันฯ

1.5 การให้ผลป้อนกลับ (Feedback) การสะท้อนกระบวนการทำงานของการจัดการเรียนรู้ผ่านเว็บแอปพลิเคชันฯ โดยการนำเว็บแอปพลิเคชันฯ ทดสอบหาประสิทธิภาพ โดยใช้การทดสอบแบบ 1 ต่อ 1 และกลุ่มเล็กจำนวน 6 คน โดยคัดเลือกผู้เรียนที่มีความใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง และนำผลที่ได้ไปปรับปรุงเพื่อนำไปทดลองจริง

ภาพที่ 5 แนวทางการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันโดยใช้สถานการณ์จำลองเสมือนจริงทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับการเรียนรู้แบบสืบสอบ 5 ขั้น เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

การประเมินความเหมาะสมของเว็บแอปพลิเคชันโดยใช้สถานการณ์จำลองเสมือนจริงทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับการเรียนรู้แบบสืบสอบ 5 ขั้น เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในภาพรวมผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่ารูปแบบมีความเหมาะสมมากที่สุด (M = 4.86, SD = 0.13) และด้านที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดได้แก่ ด้านการออกแบบและการจัดรูปแบบของเว็บแอปพลิเคชัน (M = 4.93, SD = 0.12) และ ด้านการนำไปใช้ (M = 4.93, SD = 0.19)

2. ผลการศึกษาการใช้เว็บแอปพลิเคชันโดยใช้สถานการณ์จำลองเสมือนจริงทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับการเรียนรู้แบบสืบสอบ 5 ขั้น เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

ผู้วิจัยได้นำเว็บแอปพลิเคชันโดยใช้สถานการณ์จำลองเสมือนจริงทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับการเรียนรู้แบบสืบสอบ 5 ขั้น เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักเรียนโรงเรียนนครนายกวิทยาคม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จานวน 40 คน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนที่ศึกษาในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงร้อยละ 57.5 (23 คน) และ เพศชายร้อยละ 42.5 (17 คน) ระยะเวลาในการทดลอง 3 สัปดาห์ คิดเป็นจำนวน 10 ชั่วโมง จากนั้นดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

2.1 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของการใช้ เว็บแอปพลิเคชันโดยใช้สถานการณ์จำลองเสมือนจริงทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับการเรียนรู้แบบสืบสอบ 5 ขั้น เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ	จำนวน (คน)	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย (M)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน (SD)	t	p*
ก่อนเรียน	40	15	9.40	1.71	13.14	.000*
หลังเรียน	40	15	12.70	1.32		

*** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05**

ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการหลังเรียน (M =12.70, SD = 1.32) สูงกว่าก่อนเรียน (M = 9.40, SD = 1.71) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.2 ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อเว็บแอปพลิเคชันโดยใช้สถานการณ์จำลองเสมือนจริงทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับการเรียนรู้แบบสืบสอบ 5 ขั้น เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

ตารางที่ 2 ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อเว็บแอปพลิเคชันโดยใช้สถานการณ์จำลองเสมือนจริงทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับการเรียนรู้แบบสืบสอบ 5 ขั้น เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

รายการประเมิน	(M)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน (SD)	แปลผล
1. นักเรียนได้รับทราบวัตถุประสงค์ และขอบเขตของกิจกรรมการเรียนรู้เว็บแอปพลิเคชันโดยใช้สถานการณ์จำลองเสมือนจริงทางวิทยาศาสตร์ฯ	4.85	0.36	มากที่สุด
2. เนื้อหาในบทเรียนมีความครอบคลุมตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้	4.80	0.41	มากที่สุด
3. เนื้อหาในการจัดการเรียนรู้มีระดับความยากง่ายเหมาะสมตรงตามหลักสูตรฯ	4.58	0.59	มากที่สุด
4. เนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับเวลาเรียน	4.53	0.60	มากที่สุด
5. กิจกรรมชวนคิดก่อนเรียน ทำให้นักเรียนได้ฝึกการกำหนดตัวแปร สมมติฐาน และการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ	4.60	0.59	มากที่สุด
6. กิจกรรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงทางวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนได้ทำการทดลองทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง	4.60	0.63	มากที่สุด
7. กิจกรรมอภิปรายและสรุปผลสิ่งที่ได้จากการสำรวจ ทำให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น ฝึกการอภิปรายและสรุปผลมากขึ้น	4.45	0.68	มาก
8. กิจกรรมสรุปและนำเสนอความรู้ที่ได้ศึกษา ทำให้นักเรียนได้ทบทวนความรู้และสรุปเนื้อหาตามความเข้าใจของตนเอง	4.70	0.46	มากที่สุด
9. เว็บแอปพลิเคชันโดยใช้สถานการณ์จำลองเสมือนจริงทางวิทยาศาสตร์ฯ สามารถทำงานได้อย่างรวดเร็ว ใช้งานได้ง่ายและสะดวก	4.63	0.59	มากที่สุด
10. เว็บแอปพลิเคชันโดยใช้สถานการณ์จำลองเสมือนจริงทางวิทยาศาสตร์ฯ มีประสิทธิภาพในการทำงานได้ดีทั้งใน สมาร์ทโฟน แท็บเล็ต และคอมพิวเตอร์	4.63	0.54	มากที่สุด
11. ขนาดตัวอักษรมีความเหมาะสม อ่านง่าย ไม่เล็ก หรือใหญ่จนเกินไป	4.78	0.48	มากที่สุด
12. เว็บแอปพลิเคชันโดยใช้สถานการณ์จำลองเสมือนจริงทางวิทยาศาสตร์ฯ มีการเลือกใช้สีที่สามารถดึงดูดความสนใจ สามารถกระตุ้นการใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน	4.70	0.46	มากที่สุด
13. การเรียนรู้ด้วยเว็บแอปพลิเคชันโดยใช้สถานการณ์จำลองเสมือนจริงทางวิทยาศาสตร์ฯ สร้างประสบการณ์ในการเรียนที่แปลกใหม่ให้กับนักเรียน	4.85	0.36	มากที่สุด
14. การเรียนรู้ด้วยเว็บแอปพลิเคชันโดยใช้สถานการณ์จำลองเสมือนจริงทางวิทยาศาสตร์ฯ ทำให้นักเรียนได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการมากขึ้น	4.60	0.63	มากที่สุด
15. นักเรียนต้องการใช้เว็บแอปพลิเคชันโดยใช้สถานการณ์จำลองเสมือนจริงทางวิทยาศาสตร์ฯ ต่อไปสำหรับการเรียนวิชาเคมี	4.75	0.44	มากที่สุด
รวม	**4.67**	**0.52**	**มากที่สุด**

ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อเว็บแอปพลิเคชันโดยใช้สถานการณ์จำลองเสมือนจริงทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับการเรียนรู้แบบสืบสอบ 5 ขั้น โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด (M = 4.67, SD = 0.52) เมื่อพิจารณาพบว่า รายการประเมินข้อที่ 1 นักเรียนได้รับทราบวัตถุประสงค์ และขอบเขตของกิจกรรมการเรียนรู้เว็บแอปพลิเคชันโดยใช้สถานการณ์จำลองเสมือนจริงทางวิทยาศาสตร์ฯ และข้อที่ 13 การเรียนรู้ด้วยเว็บแอปพลิเคชันโดยใช้สถานการณ์จำลองเสมือนจริงทางวิทยาศาสตร์ฯ สร้างประสบการณ์ในการเรียนที่แปลกใหม่ให้กับนักเรียน มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด (M = 4.85, SD = 0.36) รองลงมาคือ ข้อที่ 2 เนื้อหาในบทเรียนมีความครอบคลุมตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด (M = 4.80, SD = 0.41) และรายการประเมินข้อที่ 7 กิจกรรมอภิปรายและสรุปผลสิ่งที่ได้จากการสำรวจ ทำให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น ฝึกการอภิปรายและสรุปผลมากขึ้น มีความพึงพอใจในระดับมาก (M = 4.45, SD = 0.68)

อภิปรายผล

การวิจัยเพื่อพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันโดยใช้สถานการณ์จำลองเสมือนจริงทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับการเรียนรู้แบบสืบสอบ 5 ขั้น เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย มีผลการศึกษาดังนี้

1. ผลการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันโดยใช้สถานการณ์จำลองเสมือนจริงทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับการเรียนรู้แบบสืบสอบ 5 ขั้น เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ประกอบไปด้วย 5 องค์ประกอบ 5 ได้แก่ 1) เนื้อหา (Content) 2) การออกแบบการเรียนรู้ (Instructional Design) 3) การออกแบบระบบ (System Design) 4) การวัดและประเมินผล (Assessment) และ 5) การให้ผลป้อนกลับ (Feedback) จากการประเมินความเหมาะสมของเว็บแอปพลิเคชันโดยใช้สถานการณ์จำลองเสมือนจริงทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับการเรียนรู้แบบสืบสอบ 5 ขั้น เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ในภาพรวมผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่ารูปแบบมีความเหมาะสมมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.86 และด้านที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดได้แก่ ด้านการออกแบบและการจัดรูปแบบของเว็บแอปพลิเคชัน และด้านการนำไปใช้ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.93 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Olga et al (2022) โดยคณะผู้วิจัยได้วิเคราะห์ระบบการเรียนรู้ด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer-Based Training Systems) พบว่า สื่อการเรียนรู้ที่มีลักษณะเป็นเว็บแอปพลิเคชันแบบโต้ตอบ (Interactive Web Application) เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการส่งเสริมการเรียนรู้ งานวิจัยนี้ได้นำเสนอขั้นตอนที่สำคัญในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันดังกล่าวเพื่อใช้ในการจัดการเรียนรู้ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศสำหรับเด็กและเยาวชน ซึ่งประกอบด้วยการออกแบบฟังก์ชันการใช้งาน โครงสร้างการนำทางของแอปพลิเคชัน และรายละเอียดการดำเนินการด้านซอฟต์แวร์ ทั้งนี้การบูรณาการเทคโนโลยีการเรียนรู้ผ่านเกม (Game-Based Pedagogical Technology) ภายในเว็บแอปพลิเคชันยังช่วยสร้างแรงจูงใจและกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนในการศึกษาวิชาการด้านโปรแกรมมิ่งและเทคโนโลยีสารสนเทศอย่างต่อเนื่อง

2. ผลการใช้บนเว็บแอปพลิเคชันโดยใช้สถานการณ์จำลองเสมือนจริงทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับการเรียนรู้แบบสืบสอบ 5 ขั้น เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการก่อนเรียน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.40 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.71 และหลังเรียน มีคะแนน

เฉลี่ยเท่ากับ 12.70 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.32 โดยทดสอบสมมติฐานด้วยค่าเฉลี่ยของประชากรด้วยสถิติที (t-test) ปรากฏว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับงานวิจัยเรื่อง Scientific Approach-Integrated Virtual Simulation: A Physics Learning Design to Enhance Students' Science Process Skills (SPS) ของ Siswanto et al (2018) งานวิจัยนี้กล่าวถึงศักยภาพในการใช้ Virtual Simulation เพื่อเพิ่มทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์ โดยบูรณาการ Virtual Simulation กับกิจกรรมในชั้นเรียนจากโรงเรียนมัธยมปลาย จากผลการวิจัยพบว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมีการพัฒนาอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่าคะแนนความก้าวหน้าในการเรียนรู้ (N-gain) เท่ากับ 0.34 ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง และผลการเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($z = -4.861$; $p = 0.0001$) แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของการใช้ Virtual Simulation เพื่อเพิ่มทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์ และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Haryadi & Pujiastuti (2020) ที่กล่าวว่าการเรียนรู้ผ่านสถานการณ์จำลอง (Simulation Based Learning) เน้นความสัมพันธ์การเรียนรู้เนื้อหากับปรากฏการณ์ในชีวิตจริง ส่งเสริมการเรียนรู้แบบให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมและการเรียนรู้ด้วยตนเอง ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructionism) ผลการวิจัยพบว่าการใช้แบบจำลองจำลองสถานการณ์ (PhET Simulation) ส่งผลให้คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ใช้การสอนแบบบรรยายโดยตรงถึง 37%

การประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อเว็บแอปพลิเคชันโดยใช้สถานการณ์จำลองเสมือนจริงทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับการเรียนรู้แบบสืบสอบ 5 ขั้น โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.67 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.52 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Jeanette & Hui (2020) ที่ศึกษาการใช้เกมการเรียนรู้ผ่านเว็บในชั้นเรียนเพื่อส่งเสริมการบูรณาการทางปัญญาในนักศึกษาพยาบาลระดับปริญญาตรี พบว่าการใช้เกมการเรียนรู้ผ่านเว็บนั้นไม่เพียงแต่ช่วยในการทบทวนเนื้อหา แต่ยังมีศักยภาพในการส่งเสริมการบูรณาการทางความคิดและสามารถเชื่อมโยงความรู้จากวิชาวิทยาศาสตร์เข้ากับวิชาประยุกต์หรือทักษะการปฏิบัติได้ ซึ่งกระตุ้นให้เกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้ควบคู่กับความสนุกสนานในการเรียน ผลการวิจัยเชิงคุณภาพจากการสัมภาษณ์กลุ่มย่อย พบว่า การจัดการเรียนการสอนช่วยเชื่อมโยงความรู้และยังสามารถทบทวนเนื้อหาที่เรียนได้ดียิ่งขึ้น ผู้เรียนจะสามารถพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิพากษ์และการใช้เหตุผล กล่าวได้ว่าการใช้เกมในชั้นเรียนโดยใช้แพลตฟอร์มออนไลน์ช่วยเอื้อให้เกิดการบูรณาการความรู้และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์จริงได้ ส่งผลให้ผู้เรียนส่วนใหญ่มีแรงจูงใจในการทำผลงานให้ดีขึ้น

จะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้โดยการบูรณาการ เว็บแอปพลิเคชันโดยใช้สถานการณ์จำลองเสมือนจริงทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับการเรียนรู้แบบสืบสอบ 5 ขั้น กับกิจกรรมในชั้นเรียน ถือเป็นอีกหนึ่งวิธีที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้

1. ครูผู้สอนสามารถออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้มีความสอดคล้องกับหน่วยการเรียนรู้ มีการคัดเลือกเนื้อหา รูปแบบกิจกรรม โดยในแต่ละกิจกรรมสามารถประยุกต์ให้มีความเหมาะสมตามบริบททางการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยคำนึงถึงความพร้อมและความแตกต่างด้านปัจจัยแวดล้อม

เช่น อุปกรณ์ที่ใช้ในการเข้าถึงเว็บแอปพลิเคชัน เวลาในการจัดการเรียนรู้ เป็นต้น แต่ยังเน้นการจัดการเรียนรู้ที่ยึดผู้เรียนเป็นสำคัญ

2. ครูผู้สอนควรมีการเตรียมความพร้อมทั้งด้านความรู้และการใช้งานแอปพลิเคชันฯ เพื่อสามารถแนะนำและช่วยเหลือผู้เรียนให้ขณะทำกิจกรรมได้อย่างราบรื่น นอกจากนี้ผู้สอนควรตรวจสอบความพร้อมด้านอุปกรณ์เทคโนโลยีของผู้เรียน ไม่ว่าจะเป็นสมาร์ทโฟน แท็บเล็ต หรือการเข้าถึงอินเทอร์เน็ต เพื่อให้ผู้เรียนทำกิจกรรมการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และลดความเหลื่อมล้ำในการเข้าถึงแหล่งเรียนรู้ผ่านเว็บแอปพลิเคชันฯ

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

จากการศึกษาพบว่าผู้เรียนมีความต้องการใช้เว็บแอปพลิเคชันโดยใช้สถานการณ์จำลองเสมือนจริงทางวิทยาศาสตร์ฯ ต่อไปสำหรับการเรียนวิชาเคมี ทั้งนี้ในการวิจัยครั้งถัดไปควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ประสบการณ์การเรียนรู้โดยใช้เว็บแอปพลิเคชันฯ ร่วมกับรายวิชาอื่น ๆ โดยเฉพาะในรายวิชาที่เน้นวิทยาศาสตร์ เช่น ฟิสิกส์ ชีววิทยา โลกและดาราศาสตร์ วิทยาศาสตร์ทั่วไป และวิทยาการคำนวณ เพื่อพัฒนาความสามารถในรายวิชาร่วมกับการบูรณาการความสามารถทางนวัตกรรมและยังส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน

บรรณานุกรม

กวิสรา รุ่งวิริยะวงศ์. (2565). *การพัฒนาโมไบล์แอปพลิเคชันการเรียนรู้แบบสืบสอบร่วมกับกล้องเอนโดสโคปเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย* [วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย]. Chula Digital Theses. https://digital.car.chula.ac.th/chulaetd/6109/

ดลธรัตน์ จูฑะมณีโรจน์. (2564). *การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันร่วมกับการเรียนการสอนโดยใช้การตัดสินใจเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการประเมินเหตุผลสำหรับนักศึกษาแพทย์ชั้นพรีคลินิก* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย]. Chula Digital Theses. https://digital.car.chula.ac.th/chulaetd/4990/

ทิศนา แขมมณี. (2564). *ศาสตร์การสอน องค์ความรู้เพื่อการจัดการกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ* (พิมพ์ครั้งที่ 25). สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาพิสุทธิ์ ภูวญาณพงศ์. (2557). *ผลของกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบสอบโดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น บูรณาการร่วมกับเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย]. Chula Digital Theses. https://cuir.car.chula.ac.th/bitstream/123456789/46148/1/5583423327.pdf

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). *คู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ระดับมัธยมศึกษาตอยปลาย.*

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2566). *การแถลงข่าวผลการประเมิน PISA 2022*. https://pisathailand.ipst.ac.th/news-21/

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2566). *แผนปฏิบัติการระยะ 5 ปี (พ.ศ. 2566 - 2570).* https://www.ipst.ac.th/wp-content/uploads/2022/03/5ystrategy66-70.pdf

สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ. (2551). การสอนวิทยาศาสตร์โดยเน้นทักษะกระบวนการ. *ก้าวทันโลกวิทยาศาสตร์, 8*(2), 28-38

สิทธิชัย สิงหะเสนา. (2565). *ผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้สถานการณ์จาลองเสมือนจริงทางวิทยาศาสตร์เป็นฐานบนแพลตฟอร์มแบบร่วมมือออนไลน์เพื่อพัฒนาสมรรถนะการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย]. Chula Digital Theses. https://digital.car.chula.ac.th/chulaetd/6119/

Abdellah, I., M., Thouqan, S. M., & Marwa, Y. H. (2020). Advance organizers in flipped classroom via e-learning management system and the promotion of integrated science process skills. *ScienceDirect*, *35*, 1-11. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tsc.2019.100622

Haryadi, R., & Pujiastuti, H. (2020). PhET simulation software-based learning to improve science process skills. *Journal of Physics: Conference Series*. 1521 (2020) 022017, https://doi.org/10.1088/1742-6596/1521/2/022017

Jeanette, I., & Hui-Chen, C. (2020). The use of web-based classroom gaming to facilitate cognitive integration in undergraduate nursing students: A mixed methods study. *Nurse Education in Practice*, 46, 1-7. https://doi.org/10.1016/j.nepr.2020.102820

Olga, V., Natalia, V. Ivan, M., Galina, O., Yana, L., & Vinogradova, A. V. (2022). Interactive learning web applications: the main stages of development and software implementation. *Procedia Computer Science, 213*, 688-695. https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.11.122

Siswanto, S., Gumilar, S., Yusiran, Y., & Trisnowati, E. (2018). Scientific approach-integrated virtual simulation: A physics learning design to enhance student's Science Process Skills (SPS). Unnes Science Education Journal, 7(1), 7-12. https://doi.org/10.15294/usej.v7i1.21359