

Research article

การพัฒนาบทเรียนออนไลน์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีการควบคุมมลพิษทางอากาศ
ตามแนวทางการจัดการเรียนรู้เชิงรุก สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

DEVELOPMENT OF AN ONLINE TUTORIAL ON CHANGES IN AIR POLLUTION CONTROL
TECHNOLOGIES BASED ON AN ACTIVE LEARNING APPROACH FOR GRADE 8 STUDENTS

ฐิติวัฒน์ มีอุดร*, จักรกฤษณ์ ขาวสนิท, สุรจักษ์ พิริยะเชิดชูชัย, และลาวัณย์ ดุลยชาติ

Thitiwat Meeudon*, Jakkit Khaosanit, Surajak Piriyaehrdchoochai, and Lawan Dulyachart

thitiwat.me@ksu.ac.th, jakkit.kh@ksu.ac.th, surajak.pi@ksu.ac.th, and lawan.du@ksu.ac.th

*Corresponding author E-mail: thitiwat.me@ksu.ac.th

สาขาวิชาเอกคอมพิวเตอร์ คณะศึกษาศาสตร์และนวัตกรรมการศึกษา มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ จังหวัดกาฬสินธุ์ 46230 ประเทศไทย
Department of Computer, Faculty of Education and Educational Innovation, Kalasin University,
Kalasin 46230 Thailand

Journal of Industrial Education. 2026, Vol. 25 (No. 2), <https://doi.org/10.55003/JIE.25203>

Received: March 12, 2026 | Revised: April 22, 2026 | Accepted: May 18, 2026

Citation reference :

Meeudon, T., Khaosanit, J., Piriyaehrdchoochai, S., & Dulyachart, L. (2026). Development of an online tutorial on changes in air pollution control technologies based on an active learning approach for grade 8 students. *Journal of Industrial Education*, 25(2), 1-15.

ABSTRACT

This research aimed to develop and evaluate the quality of an online tutorial lesson on the topic of changes in air pollution control technology based on an active learning approach. The study focused on comparing students' learning achievement before and after using the developed online lesson, examining the appropriateness of the lesson, and investigating students' satisfaction with learning through the online tutorial. The lesson was developed using the ADDIE Model, which consists of five systematic stages: Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation. The instructional design followed an active learning process, including engagement, exploration and investigation, discussion and conclusion, creation of products of understanding, and reflection through a learning community. The online lesson is presented in various formats, including text, images, animations, and narrated audio to enhance students' learning experience. The sample group consisted of 25 Grade 8 students selected through cluster random sampling from one classroom. The research instruments included the online tutorial lesson, a lesson quality evaluation form, a learning achievement test, and a student satisfaction questionnaire. The collected data were analyzed using descriptive and inferential statistics. The research findings revealed that the quality of the developed online lesson was rated at the highest level ($\bar{X} = 4.69$), and the lesson's efficiency was 81.60/83.60, which was higher than the predetermined criterion of 80/80. The post-learning achievement scores of the students ($\bar{X} = 8.36$) were significantly higher than the pre-learning scores ($\bar{X} = 4.84$) at the 0.05 level of significance. In addition, students' satisfaction with the online lesson was found to be at the highest level ($\bar{X} = 4.94$).

Keywords: Online tutorial, Technological change, Air pollution control, Active learning

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาและประเมินคุณภาพของบทเรียนออนไลน์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีการควบคุมมลพิษทางอากาศ ตามแนวทางการจัดการเรียนรู้เชิงรุกโดยการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนรวมทั้งศึกษาความเหมาะสมของบทเรียนออนไลน์และศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้ด้วยบทเรียนออนไลน์ พัฒนาบทเรียนโดยใช้ ADDIE model 5 ขั้นตอน ได้แก่ การวิเคราะห์ การออกแบบ การพัฒนา การนำไปใช้ และการประเมินผล บทเรียนออนไลน์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีการควบคุมมลพิษทางอากาศ ตามแนวทางการจัดการเรียนรู้เชิงรุก ขั้นตอน ได้แก่การกระตุ้นความสนใจ การสำรวจและค้นหา การอภิปรายและลงข้อสรุป การสร้างผลผลิตของความเข้าใจ และการสะท้อนผลผ่านชุมชนแห่งการเรียนรู้ แสดงผลในรูปแบบข้อความ ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว และเสียงบรรยาย กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 3 คน แล้วใช้วิธีการสุ่มแบบกลุ่ม ได้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มา 1 ห้องเรียน จำนวน 25 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ บทเรียนออนไลน์ แบบประเมินความเหมาะสม แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบสอบถามความพึงพอใจ ผลการวิจัยพบว่า ผลการประเมินคุณภาพบทเรียนออนไลน์ อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.69$) ผลการหาประสิทธิภาพบทเรียนออนไลน์ มีค่าดัชนีประสิทธิภาพเท่ากับ 81.60/83.60 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน ($\bar{X} = 8.36$) สูงกว่าคะแนนก่อนเรียน ($\bar{X} = 4.84$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้ด้วยบทเรียนออนไลน์ อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.94$)

คำสำคัญ: บทเรียนออนไลน์, การเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยี, การควบคุมมลพิษทางอากาศ, การจัดการเรียนรู้เชิงรุก

1. บทนำ

ในปัจจุบันจากสถานการณ์ปัญหามลพิษทางอากาศในรูปของฝุ่นละอองขนาดเล็ก เป็นหนึ่งในปัญหาทางสิ่งแวดล้อมที่ยังคงพบว่ามีผลกระทบในหลากหลายพื้นที่ของประเทศไทยทุกปี และมีแนวโน้มในการจัดการได้อย่างยากลำบาก เนื่องจากมีแหล่งกำเนิดที่หลากหลาย และสามารถก่อให้เกิดผลกระทบได้ในวงกว้าง (Maicharoensri & Hiranruang, 2024, pp. 1074-1090) ประเทศไทยประสบปัญหามลพิษทางอากาศจากฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน อันเนื่องมาจากการเผาวัสดุเกษตรและการเผาป่าในภาคเหนือ ตลอดจนการจราจรและการก่อสร้างในกรุงเทพมหานคร ส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย เศรษฐกิจ และสังคม (Kitipuwadon, 2021, pp. 25-46) ซึ่งการบูรณาการองค์ความรู้และทักษะด้านเทคโนโลยีร่วมกับประเด็นสิ่งแวดล้อม ถือเป็นสมรรถนะสำคัญที่ควรได้รับการเรียนรู้และศึกษา เพื่อมุ่งเน้นให้ผู้เรียนเกิดความตระหนักรู้ต่อสภาวะวิกฤตทางสิ่งแวดล้อมในปัจจุบัน พร้อมทั้งฝึกทักษะการคิดวิเคราะห์และทักษะการแก้ปัญหาในสถานการณ์จริง

จากการสำรวจบริบทการเรียนการสอนวิชาคอมพิวเตอร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสมเด็จพระพิทยาคม จังหวัดกาฬสินธุ์ พบว่าการจัดการเรียนการสอนส่วนใหญ่ใช้หนังสือเรียนและสื่อนำเสนอเป็นหลัก ซึ่งมีข้อจำกัดในด้านเวลาเรียน การทบทวนบทเรียน และขาดบทเรียนที่สร้างสรรค์และมีปฏิสัมพันธ์ ในการพัฒนาทักษะของนักเรียน ทำให้ส่งผลกระทบต่อคุณภาพการเรียนรู้ โดยพบว่านักเรียนบางส่วนไม่สามารถบรรลุผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามตัวชี้วัดและเกณฑ์ที่สถานศึกษากำหนดไว้ เนื่องจากรูปแบบการสอนในลักษณะส่งผ่านข้อมูลเพียงทางเดียว ไม่สามารถกระตุ้นทักษะการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาในสถานการณ์จริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ด้วยเหตุนี้การแก้ไขปัญหาดังกล่าวสามารถดำเนินการได้โดยอาศัยงานวิจัยที่ผ่านมาเป็นแนวทาง จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าการพัฒนาบทเรียนออนไลน์มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Yuangthong (2021, pp. 107-115) พบว่าการจัดการเรียนการสอนออนไลน์มีรูปแบบและสื่อที่เหมาะสม ช่วยยกระดับประสิทธิภาพการเรียนรู้ได้ตามเกณฑ์ 80/80 และนักเรียนมีความพึงพอใจในระดับสูง ขณะที่ Panphimal and Rampai (2022, pp. 57-66) ระบุว่าบทเรียนออนไลน์ที่พัฒนาร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือมีคุณภาพและประสิทธิภาพสูง ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 นอกจากนี้ Rissanen and Costello (2023, pp. 632-649) พบว่าบทเรียนออนไลน์เชิงโต้ตอบช่วยเพิ่มสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่เหมาะสม ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการยกระดับผลการเรียนรู้ที่วัดผลได้จริงเมื่อเปรียบเทียบกับการเรียนในรูปแบบปกติ และ Zheng et al. (2021, pp. 1-11) พบว่าหลักสูตรออนไลน์สามารถให้ผลการเรียนเทียบเท่าหรือดีกว่าการเรียนแบบเห็นหน้ากันก่อนการระบาด โดยนักเรียน 80% รับรู้ถึงประสิทธิผลของหลักสูตรและต้องการเรียนออนไลน์ต่อไปในอนาคต ซึ่งข้อมูลนี้ช่วยเติมเต็มช่องว่างความรู้และชี้แนวทางการออกแบบการเรียนรู้ออนไลน์ที่มีประสิทธิภาพในอนาคต

การจัดการเรียนรู้เชิงรุก (Active learning) เป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาผู้เรียนผ่านกระบวนการสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดย Nawises and Dechboon (2024, pp. 55-64) ระบุว่าแนวโน้มในประเทศไทยมีการพัฒนาการเรียนการสอนแบบ Active learning เพิ่มขึ้น โดยเน้นกิจกรรมที่กระตุ้นผู้เรียนให้มีส่วนร่วม ส่งผลให้เกิดการเรียนรู้เชิงลึก สอดคล้องกับงานวิจัยของ Nimkham (2024, pp. 173-180) เน้นว่า Active learning ช่วยพัฒนาทักษะศตวรรษที่ 21 โดยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการคิด วิเคราะห์ ลงมือปฏิบัติ และทำงานร่วมกัน ซึ่ง Phothisan et al. (2022, pp. 275-292) พบว่าการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง Active learning สามารถพัฒนาทักษะการเรียนรู้ด้วยตนเองและค้นพบศักยภาพของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากที่มาและความสำคัญของปัญหาดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจจะพัฒนาบทเรียนออนไลน์ เรื่องการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีการควบคุมมลพิษทางอากาศ ตามแนวทางการจัดการเรียนรู้เชิงรุก สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและหาความเหมาะสมของบทเรียนออนไลน์ พร้อมทั้งวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ตลอดจนศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนรู้ด้วยบทเรียนออนไลน์ ซึ่งบทเรียนออนไลน์ดังกล่าวประกอบด้วยสื่อประสมที่หลากหลายทั้งข้อความ ภาพ เสียง วิดีโอ เพื่อกระตุ้นการมีส่วนร่วม ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้เชิงรุก (Active learning) ผ่านการมีปฏิสัมพันธ์กับเนื้อหา การคิด วิเคราะห์ และการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง อีกทั้งยังเปิดโอกาสให้ผู้เรียนสามารถเข้าเรียนได้ทุกที่ ทุกเวลา ผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ทำให้ออนจะช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยตนเองอย่างมีประสิทธิภาพ ผู้วิจัยคาดหวังว่า ผลจากการวิจัยนี้จะช่วยพัฒนาการจัดการเรียนการสอน และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นต่อไป

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศมีความสำคัญต่อการพัฒนาบทเรียนออนไลน์และการจัดการเรียนรู้แบบเชิงรุก (Active learning) อย่างมากในประเทศ งานวิจัยของ Yuangthong et al. (2021, pp. 107-115) พบว่าการจัดการเรียนการสอนออนไลน์เรื่องระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีรูปแบบและสื่อที่เหมาะสมมากที่สุด มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 และนักเรียนมีทักษะการคิดเชิงคำนวณและความพึงพอใจในการเรียนอยู่ในระดับสูง ซึ่งสอดคล้องกับ Panphimal and Rampai (2022) ได้ระบุว่าบทเรียนออนไลน์ที่พัฒนาร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค STAD มีคุณภาพและประสิทธิภาพสูง ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจของนักเรียนเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สำหรับงานวิจัยของต่างประเทศ Rissanen and Costello (2023, pp. 632-649) พบว่าบทเรียนออนไลน์เชิงโต้ตอบช่วยเพิ่มสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่เหมาะสม พร้อมส่งเสริมการทบทวนเนื้อหาและการใช้การประเมินแบบออนไลน์เชิงพัฒนา ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนทราบถึงจุดบกพร่องและพัฒนาตนเองได้ทันที ขณะที่ Zheng et al. (2021, pp. 1-11) ระบุการเรียนรู้ผ่านระบบออนไลน์สามารถให้ผลสัมฤทธิ์ที่เทียบเท่าหรือสูงกว่าการเรียนในห้องเรียนปกติ ซึ่งเป็นฐานข้อมูลสำคัญในการออกแบบบทเรียนออนไลน์ที่มีคุณภาพ และ Budiarso et al. (2022, pp. 1708-1714) ได้เน้นถึงความสำคัญของการบริหารจัดการโครงสร้างบทเรียนอย่างเป็นระบบ พร้อมทั้งการจัดลำดับเนื้อหาให้มีความเชื่อมโยงเพื่อตอบสนองต่อความหลากหลายและพื้นฐานความรู้ที่แตกต่างกันของผู้เรียนรายบุคคลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำแนวคิดการจัดการเรียนรู้เชิงรุก (Active learning) มาเป็นพื้นฐานสำคัญในการออกแบบและพัฒนาบทเรียนออนไลน์ โดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนเปลี่ยนบทบาทจากผู้รับข้อมูลเป็นผู้สร้างองค์ความรู้ผ่านการศึกษาและลงมือปฏิบัติ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Nawises and Dechboon (2024, pp. 55-64) ได้ระบุว่าแนวโน้มในประเทศไทยมีการพัฒนาการเรียนการสอนแบบ Active learning เพิ่มขึ้น โดยเน้นกิจกรรมที่กระตุ้นผู้เรียนให้ตื่นตัวผ่านสื่อเสมือนจริงและสถานการณ์จริง ส่งผลให้เกิดการเรียนรู้เชิงลึกและพัฒนาทักษะการสื่อสารและการแสดงออกของผู้เรียน ผู้วิจัยจึงได้นำขั้นตอนการจัดการเรียนรู้เชิงรุกมาประยุกต์ใช้ในบทเรียนออนไลน์ ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนสำคัญ ได้แก่ 1). การกระตุ้นความสนใจ ด้วยประเด็นปัญหาและคำถาม 2). การสำรวจและค้นหา ผ่านข้อมูลที่จัดเตรียมให้ทั้งสื่อข้อความ ภาพ วิดีโอ หรือสามารถสืบค้นได้จากเว็บไซต์ต่าง ๆ 3). การอภิปรายและลงข้อสรุป จากใบงาน 4). การสร้างผลผลิตของความเข้าใจ ผ่านสถานการณ์จริงที่กำหนดให้ และ 5). การสะท้อนผลผ่านชุมชนแห่งการเรียนรู้ ผ่าน Padlet เพื่อให้เกิดการปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับเนื้อหาและเพื่อนร่วมชั้นผ่านระบบออนไลน์อย่างเป็นระบบ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Nimkham (2024, pp. 173-180) ได้เน้นว่า Active learning เป็นแนวทางสำคัญที่ช่วยพัฒนาทักษะศตวรรษที่ 21 โดยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการคิด วิเคราะห์ ลงมือปฏิบัติฝึกทักษะการคิดสร้างสรรค์ นวัตกรรมและความกล้าในการทดลองและแก้ปัญหา ซึ่งเหมาะสมกับการเตรียมความพร้อมในการพัฒนานวัตกรรมในอนาคต โดยกระบวนการในการเรียนรู้ดังกล่าว ได้ขยายผลไปสู่บริบทของการเรียนรู้บนระบบออนไลน์

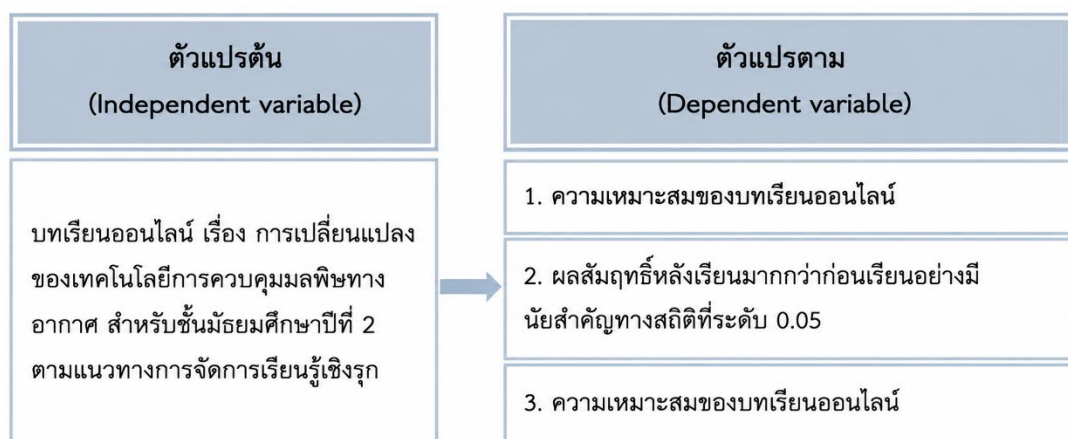
ซึ่งมุ่งเน้นการสร้างปฏิสัมพันธ์และการมีส่วนร่วมร่วมกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ali et al. (2021, pp. 261-269) ได้วิเคราะห์การมีส่วนร่วมของนักศึกษาในช่วง COVID-19 พบว่าการใช้ช่องทางการสื่อสารที่มีความหลากหลายทั้งในรูปแบบการถ่ายทอดสดและการบันทึกวิดีโอ เป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยกระตุ้นการมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ออนไลน์ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ Sugden et al. (2021, pp. 45-65) พบว่านักเรียนออนไลน์ใช้กิจกรรมการเรียนรู้ที่มีความยืดหยุ่นและสอดคล้องกับวิถีชีวิต ส่งผลให้มีส่วนร่วมและเรียนรู้เชิงลึกผ่านกิจกรรมที่นำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพผลงานวิจัยเหล่านี้ชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการพัฒนาเทคโนโลยีและแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับโลกยุคใหม่ โดยเน้นที่การเสริมสร้างกิจกรรมการเรียนรู้ที่กระตุ้นความสนใจและทักษะของผู้เรียน รวมทั้งการบริหารจัดการที่มีประสิทธิภาพและการตอบสนองต่อความต้องการของผู้เรียนในบริบทต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสมและยั่งยืน

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-experimental research) ดำเนินการทดลองแบบ One group pretest-posttest โดยดำเนินการตามขั้นตอนวิจัย ดังนี้

3.1 กรอบแนวคิด

การพัฒนาบทเรียนออนไลน์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีการควบคุมมลพิษทางอากาศ สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ตามแนวทางการจัดการเรียนรู้เชิงรุก มีรายละเอียดแสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดวิจัย

3.2 ขอบเขตการวิจัย

ขอบเขตด้านประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสมเด็จพระพิทยาคม ตำบลสมเด็จ อำเภอสมเด็จ จังหวัดกาฬสินธุ์ จำนวน 13 ห้อง จำนวน 393 คน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/1 โรงเรียนสมเด็จพระพิทยาคม ตำบลสมเด็จ อำเภอสมเด็จ จังหวัดกาฬสินธุ์ จำนวน 25 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) โดยใช้วิธีการจับสลาก (Drawing method)

ขอบเขตด้านเนื้อหา คือ หนังสือเรียนสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(สสวท.) บทที่ 4 คัดการณ์เทคโนโลยีในอนาคต เนื้อหาเรื่อง การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีการควบคุมมลพิษทางอากาศ

ขอบเขตด้านตัวแปร

ตัวแปรต้น คือ บทเรียนออนไลน์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีการควบคุมมลพิษทางอากาศ สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ตามแนวทางการจัดการเรียนรู้เชิงรุก

ตัวแปรตาม คือ ความเหมาะสมของบทเรียนออนไลน์ ผลสัมฤทธิ์หลังเรียนมากกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และความพึงพอใจของผู้เรียน

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษานี้ ประกอบด้วย

3.3.1 บทเรียนออนไลน์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีการควบคุมมลพิษทางอากาศ ตามแนวทางการจัดการเรียนรู้เชิงรุก

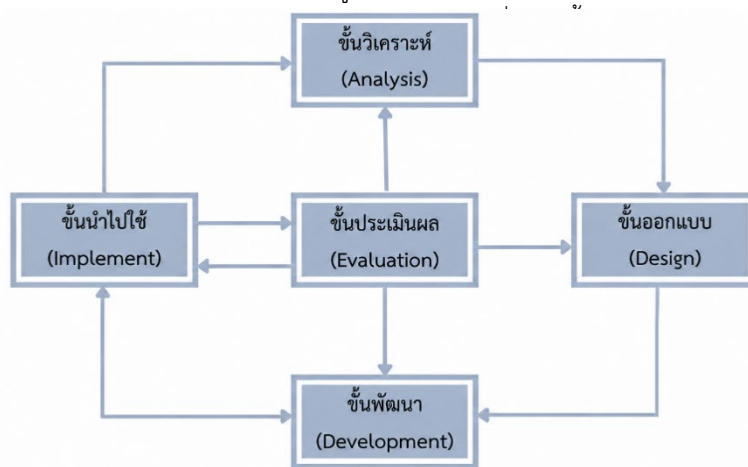
3.3.2 แบบประเมินความเหมาะสมของบทเรียนออนไลน์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีการควบคุมมลพิษทางอากาศ ตามแนวทางการจัดการเรียนรู้เชิงรุก

3.3.3 แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนออนไลน์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีการควบคุมมลพิษทางอากาศ ตามแนวทางการจัดการเรียนรู้เชิงรุก

3.3.4 แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อบทเรียนออนไลน์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีการควบคุมมลพิษทางอากาศ ตามแนวทางการจัดการเรียนรู้เชิงรุก

3.4 การพัฒนาบทเรียนออนไลน์

ผู้วิจัยพัฒนาบทเรียนออนไลน์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีการควบคุมมลพิษทางอากาศ ตามแนวทางการจัดการเรียนรู้เชิงรุกด้วยวิธีการเชิงระบบ ADDIE model ซึ่งเป็นรูปแบบหนึ่งที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในการพัฒนาสื่อการเรียนการสอน โดย



รูปที่ 2 โครงสร้าง ADDIE model

ขั้นที่ 1 การวิเคราะห์ (Analysis)

1.1 วิเคราะห์หลักสูตร คู่มือการสอน หนังสือที่เกี่ยวข้องกับ บทเรียนออนไลน์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีการควบคุมมลพิษทางอากาศ ตามแนวทางการจัดการเรียนรู้เชิงรุก ให้สอดคล้องกับนักเรียน

1.2 วิเคราะห์เนื้อหา เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีการควบคุมมลพิษทางอากาศ

1.3 วิเคราะห์นักเรียน ศึกษาบริบท ทรัพยากร จิตวิทยาและความต้องการของนักเรียน โรงเรียนสมเด็จพระพิทยาคม ตำบลสมเด็จ อำเภอสมเด็จ จังหวัดกาฬสินธุ์

ขั้นที่ 2 การออกแบบ (Design)

2.1 จัดทำเนื้อหาบทเรียนออนไลน์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีการควบคุมมลพิษทางอากาศตามแนวทางการจัดการเรียนรู้เชิงรุก ให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้อง และข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขบทเรียน

2.2 ออกแบบโครงสร้างและบทดำเนินเรื่อง บทเรียนออนไลน์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีการควบคุมมลพิษทางอากาศ ตามแนวทางการจัดการเรียนรู้เชิงรุก โดยใช้โปรแกรม Visual studio code

ขั้นที่ 3 ขั้นการพัฒนา (Development)

3.1 ดำเนินการนำข้อมูลที่ได้จากการออกแบบมาพัฒนาบทเรียนออนไลน์ โดยระบบแบ่งออกเป็น 2 ส่วน 1) เว็บแอปพลิเคชัน ออกแบบระบบโดยใช้ภาษา PHP ฐานข้อมูลเป็น MySQL 2) บทเรียน และสื่อการเรียนรู้ เป็นไปตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้เชิงรุก

3.2 นำการพัฒนาบทเรียนออนไลน์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีการควบคุมมลพิษทางอากาศ ตามแนวทางการจัดการเรียนรู้เชิงรุก ที่พัฒนาขึ้นเสนอผู้เชี่ยวชาญ 3 คนประเมิน โดยประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา 1 คน และ ผู้เชี่ยวชาญด้านคอมพิวเตอร์ 2 คน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสม และประเมินคุณภาพของบทเรียนออนไลน์และปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

ขั้นที่ 4 ขั้นการนำไปใช้ (Implementation)

4.1 การทดลองรายบุคคลเป็นการทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ใช่ตัวอย่างจริงกลุ่มที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ จำนวน 3 คน เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/6 โรงเรียนสมเด็จพระพิทยาคม ตำบลสมเด็จ อำเภอสุมเด็จ จังหวัดกาฬสินธุ์

4.2 ทดลองจริงกับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2/1 โรงเรียนสมเด็จพระพิทยาคม ตำบลสมเด็จ อำเภอสุมเด็จ จังหวัดกาฬสินธุ์ จำนวน 25 คน

ขั้นที่ 5 ขั้นการประเมินผล (Evaluation)

5.1 การประเมินผลสัมฤทธิ์ทางเรียน เป็นการประเมินหลังการใช้บทเรียนด้วยแบบทดสอบก่อนเรียน แบบทดสอบหลังเรียนและประเมินชิ้นงานด้วยใบงานตามเกณฑ์รูบิค มีเกณฑ์ประเมินผ่าน 60% จากชิ้นงาน

5.2 การประเมินผลสรุป (Summative evaluation) เป็นการประเมินหลังการใช้บทเรียนด้วยแบบทดสอบหลังเรียน เพื่อนำคะแนนไปประกอบการหาค่าประสิทธิภาพ (E1/E2)

5.3 การประเมินความพึงพอใจ (Satisfaction evaluation) เป็นการประเมินความพึงพอใจหลังการใช้บทเรียนออนไลน์ที่พัฒนาขึ้น

3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาด้วยตนเอง โดยทำการใช้วิธีการสุ่มแบบกลุ่มแล้วไปทดลองกับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/1 โรงเรียนสมเด็จพระพิทยาคม ตำบลสมเด็จ อำเภอสุมเด็จ จังหวัดกาฬสินธุ์ จำนวน 25 คน ปีการศึกษา 2567 เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนหลังจากที่เรียนจากบทเรียนออนไลน์ที่พัฒนาขึ้นโดยมีลำดับ ขั้นตอนในการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

3.5.1 ขออนุญาตจากทางมหาวิทยาลัยเพื่อขอความอนุเคราะห์ในการเก็บข้อมูล

3.5.2 ชี้แจงให้นักเรียนทราบถึงกระบวนการใช้บทเรียนออนไลน์ที่พัฒนาขึ้น

3.5.3 จัดกระบวนการเรียนรู้ด้วยบทเรียนออนไลน์ที่พัฒนาขึ้นจนครบทุกเนื้อหา

3.5.4 ดำเนินการวัดผลสัมฤทธิ์นักเรียนจากการทำแบบทดสอบก่อนเรียนและแบบทดสอบหลังเรียน

3.5.5 สอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อบทเรียนออนไลน์ด้วยแบบสอบถามความพึงพอใจที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น

3.5.6 รวบรวมข้อมูลที่ได้จากการทดลองนำไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติต่อไป

3.6 วิเคราะห์ข้อมูล

3.6.1 วิเคราะห์ผลการประเมินความเหมาะสมของบทเรียนออนไลน์และความพึงพอใจของผู้เรียน มาวิเคราะห์ระดับความเหมาะสมโดยใช้ค่าเฉลี่ย และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ในการวิเคราะห์จะใช้ค่าเฉลี่ยเทียบกับเกณฑ์การประเมิน ของ Srisa-ard (2010, p. 103) ดังนี้

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 – 5.00 หมายความว่า มีความเหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.50 – 4.49 หมายความว่า มีความเหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.50 – 3.49 หมายความว่า มีความเหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.50 – 2.49 หมายความว่า มีความเหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.00 – 1.49 หมายความว่า มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

เกณฑ์เฉลี่ยของระดับความเหมาะสมของบทเรียนออนไลน์ ที่พัฒนาขึ้นในครั้งนี้ มีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.50 ขึ้นไป และค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00

3.6.2 วิเคราะห์ดัชนีประสิทธิภาพของบทเรียนออนไลน์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีการควบคุมมลพิษทางอากาศ ตามแนวทางการจัดการเรียนรู้เชิงรุก ผู้วิจัยนำบทเรียนออนไลน์ที่พัฒนาขึ้นมาดำเนินการทดลองใช้ และ เก็บข้อมูลวิเคราะห์และสรุปผลการทดลองของกลุ่มตัวอย่างจากการทดลองใช้บทเรียนออนไลน์ โดยใช้เกณฑ์ประสิทธิภาพ E1/E2 ตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์ของ Phromwong (2013, pp. 7-20) ดังนี้

หากผลต่ำกว่าเกณฑ์ไม่เกิน 2.5% ให้ถือว่าผ่าน

หากผลต่ำกว่าเกณฑ์เกิน 2.5% ต้องปรับปรุงและทดลองใหม่

หากผลสูงกว่าเกณฑ์ไม่เกิน 2.5% ให้ถือว่าผ่าน

หากผลสูงกว่าเกณฑ์เกิน 2.5% ให้ปรับเกณฑ์ขึ้น เช่น จาก 80/80 เป็น 85/85

ในการหาดัชนีประสิทธิภาพของบทเรียน ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลระหว่างเรียน (E1) จากคะแนนกิจกรรมและแบบฝึกหัดของนักเรียนระหว่างการเรียนรู้อ และเก็บข้อมูลหลังเรียน (E2) จากคะแนนแบบทดสอบหลังเรียน เพื่อนำข้อมูลทั้งสองส่วนมาคำนวณหาประสิทธิภาพของบทเรียนตามเกณฑ์ 80/80

3.6.3 วิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนจากการเปรียบเทียบข้อมูลคะแนนการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้สถิติทดสอบค่าที (Paired-samples t test) กำหนดระดับค่าความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95%

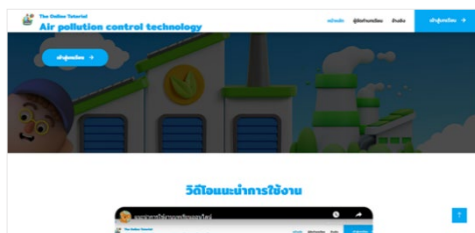
4. ผลการวิจัย

จากการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูล โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

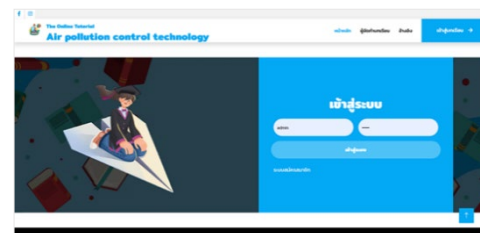
4.1 ผลการพัฒนาบทเรียนออนไลน์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีการควบคุมมลพิษทางอากาศ ตามแนวทางการจัดการเรียนรู้เชิงรุก

มีส่วนประกอบสำคัญ 2 ส่วน ดังต่อไปนี้

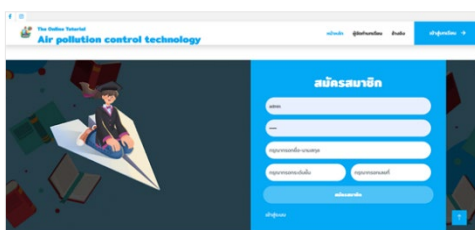
1. ส่วนของผู้เรียน จำนวน 14 หน้า ในรูปที่ 3-15 ได้แก่ 1) หน้าบทนำ 2) หน้าลงชื่อเข้าสู่บทเรียน 3) หน้าสมัครสมาชิกของบทเรียน 4) หน้าคำชี้แจงบทเรียนและวัตถุประสงค์ 5) หน้าแบบทดสอบก่อนเรียน 6) หน้ากิจกรรมขั้นที่ 1 ขั้นกระตุ้นความสนใจ 7) หน้ากิจกรรมขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา 8) หน้ากิจกรรมขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป 9) หน้ากิจกรรมขั้นที่ 4 ขั้นสร้างผลผลิตของความเข้าใจ 10) หน้ากิจกรรมขั้นที่ 5 ขั้นสะท้อนผลผ่านชุมชนแห่งการเรียนรู้ 11) หน้าแบบทดสอบหลังเรียน 12) หน้าสรุปผลการเรียน 13) หน้าผู้จัดทำ 14) หน้าอ้างอิง



รูปที่ 3 หน้าบทนำ



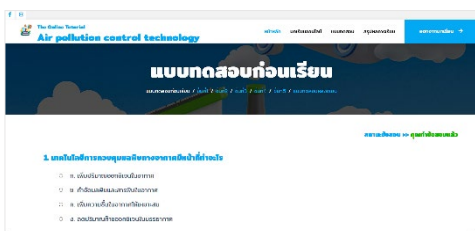
รูปที่ 4 หน้าลงชื่อเข้าสู่บทเรียน



รูปที่ 5 หน้าสมัครสมาชิกของบทเรียน



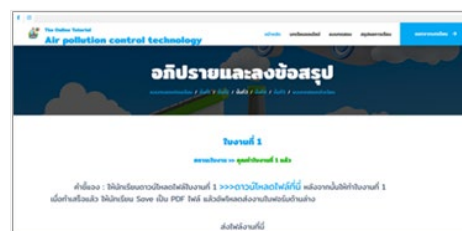
รูปที่ 6 หน้าคำชี้แจงบทเรียนและวัตถุประสงค์



รูปที่ 7 หน้าแบบทดสอบก่อนเรียน



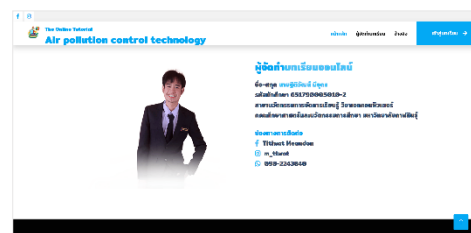
รูปที่ 8 หน้ากิจกรรมขั้นที่ 1 ขั้นกระตุ้นความสนใจ



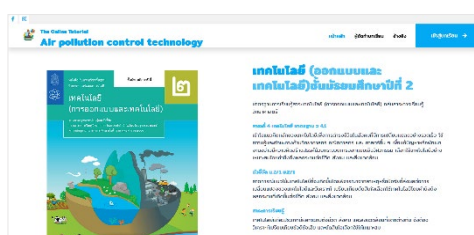
รูปที่ 10 หน้ากิจกรรมชั้นที่ 3 ชั้นอภิปรายและลงข้อสรุป



รูปที่ 12 หน้ากิจกรรมขั้นที่ 5 ชั้นสะท้อนผลผ่าน
ชุมชนแห่งการเรียนรู้

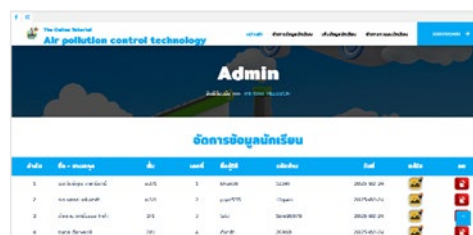


รูปที่ 14 หน้าผู้จัดทำ



รูปที่ 15 หน้าอ้างอิง

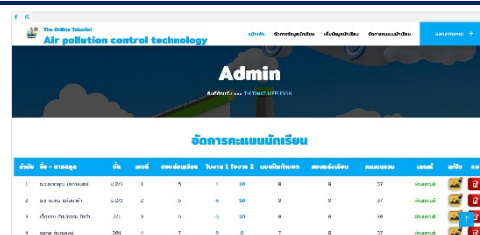
2. ส่วนของผู้ดูแลระบบ จำนวน 4 หน้า ในรูปที่ 16-19 ได้แก่ 1) หน้าตารางคะแนนนักเรียน 2) หน้าจัดการข้อมูลผู้เรียน 3) หน้าเพิ่มข้อมูลผู้เรียน 4) หน้าจัดการคะแนนผู้เรียน



รูปที่ 17 หน้าจัดการข้อมูลผู้เรียน



รูปที่ 18 หน้าตารางจัดการข้อมูลนักเรียน
แก้ไขข้อมูลนักเรียน



รูปที่ 19 หน้าตารางจัดการคะแนนนักเรียน
เพิ่มคะแนนนักเรียน

ผลประสิทธิภาพของบทเรียนออนไลน์ ใช้วิธีการหาค่าร้อยละจากคะแนนกิจกรรมระหว่างเรียนและแบบทดสอบหลังเรียนที่นักเรียนทำได้ โดยนำคะแนนมาเปรียบเทียบกับตามสูตร E1/E2 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพของบทเรียนออนไลน์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีการควบคุมมลพิษทางอากาศ

การทดสอบ	จำนวนนักเรียน	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย	ประสิทธิภาพ
ระหว่างเรียน (E1)	25	30	24.48	81.60
หลังเรียน (E2)	25	10	8.36	83.60

จากตารางที่ 1 ผลประสิทธิภาพของบทเรียนออนไลน์ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ E1/E2 เท่ากับ 80/80 ปรากฏว่า ผลค่าคะแนนที่ได้จากการทำกิจกรรมระหว่างเรียน หรือ E1 เท่ากับ 81.60 และค่าคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบท้ายบทเรียน หรือ E2 เท่ากับ 83.60 ซึ่งมีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้

4.2 ผลวิเคราะห์ความเหมาะสมของบทเรียนออนไลน์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีการควบคุมมลพิษทางอากาศตามแนวทางการจัดการเรียนรู้เชิงรุกดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความเหมาะสมของบทเรียนออนไลน์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีการควบคุมมลพิษทางอากาศ

รายการประเมิน	$\bar{x}$	SD	ระดับความเหมาะสม
1. เนื้อหาและการดำเนินเรื่อง			
1.1 ความสมบูรณ์ของวัตถุประสงค์	5.00	0.00	มากที่สุด
1.2 ความสอดคล้องระหว่างเนื้อหากับวัตถุประสงค์	5.00	0.00	มากที่สุด
1.3 ปริมาณของเนื้อหาในแต่ละบทเรียน	5.00	0.00	มากที่สุด
1.4 ความถูกต้องของเนื้อหา	5.00	0.00	มากที่สุด
1.5 ลำดับขั้นตอนในการนำเสนอเนื้อหา	5.00	0.00	มากที่สุด
1.6 ความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา	4.67	0.58	มากที่สุด
1.7 ความเหมาะสมของเนื้อหากับระดับของผู้เรียน	4.67	0.58	มากที่สุด
1.8 ความน่าสนใจในการดำเนินเรื่อง	4.33	0.58	มาก
เฉลี่ย	4.83	0.38	มากที่สุด
2. ภาพ ภาษา และเสียง			
2.1 ความตรงตามเนื้อหาของภาพที่นำเสนอ	5.00	0.00	มากที่สุด
2.2 ความสอดคล้องระหว่างปริมาณของภาพกับปริมาณของเนื้อหา	5.00	0.00	มากที่สุด
2.3 ขนาดของภาพที่ใช้ประกอบบทเรียน	5.00	0.00	มากที่สุด
2.4 ภาพเคลื่อนไหวหรือภาพวิดิทัศน์ที่ใช้ประกอบบทเรียน	4.67	0.58	มากที่สุด
2.5 ภาพกราฟิกหรือภาพนิ่งที่ใช้ประกอบบทเรียน	4.33	0.58	มาก
2.6 ความถูกต้องของภาษาที่ใช้	4.33	0.58	มาก
2.7 เสียงดนตรีหรือเสียงบรรยายที่ใช้ประกอบบทเรียน	4.33	0.58	มาก
เฉลี่ย	4.67	0.48	มากที่สุด

ตารางที่ 2 (ต่อ) ผลการประเมินความเหมาะสมของบทเรียนออนไลน์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีการควบคุมมลพิษทางอากาศ

รายการประเมิน	$\bar{X}$	SD	ระดับความเหมาะสม
3. ตัวอักษร และสี			
3.1 รูปแบบของตัวอักษรที่ใช้การนำเสนอ	4.67	0.58	มากที่สุด
3.2 ขนาดของตัวอักษรที่ใช้นำเสนอ	4.67	0.58	มากที่สุด
3.3 สีของตัวอักษรโดยรวม	4.67	0.58	มากที่สุด
3.4 สีของพื้นหลังบทเรียน โดยรวม	4.67	0.58	มากที่สุด
3.5 สีของภาพและกราฟิก โดยภาพรวม	5.00	0.00	มากที่สุด
เฉลี่ย	4.73	0.46	มากที่สุด
4. แบบทดสอบ			
4.1 ความชัดเจนของคำสั่งของแบบทดสอบ	5.00	0.00	มากที่สุด
4.2 ความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับเนื้อหา	5.00	0.00	มากที่สุด
4.3 จำนวนข้อของแบบทดสอบ	5.00	0.00	มากที่สุด
4.4 ชนิดของแบบทดสอบที่เรียกใช้	5.00	0.00	มากที่สุด
4.5 ความเหมาะสมของคำถาม	5.00	0.00	มากที่สุด
4.6 ความเหมาะสมของตัวลวง	4.67	0.58	มากที่สุด
4.7 วิธีการโต้ตอบแบบทดสอบ เช่น การคลิกคำตอบ การแสดงรายงานผลแต่ละข้อ	4.67	0.58	มากที่สุด
4.8 การสรุปผลคะแนนรวมหลังแบบทดสอบ	4.67	0.58	มากที่สุด
เฉลี่ย	4.88	0.34	มากที่สุด
5. การจัดการบทเรียน			
5.1 การนำเสนอชื่อเรื่องหลักและชื่อเรื่องย่อยของบทเรียน	4.67	0.58	มากที่สุด
5.2 การให้คำแนะนำในการใช้บทเรียนเข้าใจง่าย	4.33	0.58	มาก
5.3 การออกแบบเมนูในการใช้บทเรียน	4.33	0.58	มาก
5.4 การออกแบบหน้าจอ โดยภาพรวม	4.33	0.58	มาก
5.5 ความเหมาะสมของการนำเข้าสู่บทเรียน	4.33	0.58	มาก
5.6 ความเหมาะสมของ ชั้น 1 ชั้นกระตุ้นความสนใจ	4.67	0.58	มากที่สุด
5.7 ความเหมาะสมของ ชั้น 2 สรุวละและค้นหา	4.67	0.58	มากที่สุด
5.8 ความเหมาะสมของ ชั้น 3 ชั้นอภิปรายและลงข้อสรุป	4.33	0.58	มาก
5.9 ความเหมาะสมของ ชั้น 4 ชั้นสร้างผลผลิตของความเข้าใจ	4.33	0.58	มาก
5.10 ความเหมาะสมของ ชั้น 5 ชั้นสะท้อนผลผ่านชุมชนแห่งการเรียนรู้	4.33	0.58	มาก
5.11 การจัดการบทเรียน โดยภาพรวม	4.67	0.58	มากที่สุด
เฉลี่ย	4.45	0.51	มาก
เฉลี่ยรวมทั้งหมด	4.69	0.46	มากที่สุด

จากตารางที่ 2 พบว่าผลการประเมินความเหมาะสมของบทเรียนออนไลน์ โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.69, SD = 0.46) เมื่อพิจารณารายด้านพบว่า 3 ลำดับที่มีความคิดเห็นมากที่สุดได้แก่ 1) ด้านแบบทดสอบ ($\bar{X}$ = 4.88, SD = 0.34) 2) ด้านเนื้อหาและการดำเนินเรื่อง ($\bar{X}$ = 4.83, SD = 0.38) 3) ด้านตัวอักษร และสี ($\bar{X}$ = 4.73, SD = 0.46) ตามลำดับ

4.3 ผลการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของบทเรียนออนไลน์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีการควบคุมมลพิษทางอากาศ ตามแนวทางการจัดการเรียนรู้เชิงรุก ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของบทเรียนออนไลน์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีการควบคุมมลพิษทางอากาศ

การทดสอบ	N	$\bar{X}$	SD	df	t	p
คะแนนหลังเรียน	25	8.36	0.801	24	12.700	.001
คะแนนก่อนเรียน	25	4.84	1.281			

จากตารางที่ 3 พบว่าค่า t มีค่า 12.700 $p < .001$ สรุปได้ว่านักเรียนที่เรียนบนเรียนออนไลน์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีการควบคุมมลพิษทางอากาศ ตามแนวทางการจัดการเรียนรู้เชิงรุก มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน ($\bar{X} = 8.36$) สูงกว่าคะแนนก่อนเรียน ($\bar{X} = 4.84$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4.4 ผลความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อบทเรียนออนไลน์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีการควบคุมมลพิษทางอากาศ ตามแนวทางการจัดการเรียนรู้เชิงรุก ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อบทเรียนออนไลน์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีการควบคุมมลพิษทางอากาศ

รายการประเมิน	$\bar{X}$	SD	ระดับความพึงพอใจ
1. การออกแบบหน้าจอดีความเหมาะสม ดึงดูดความสนใจ	4.96	0.20	มากที่สุด
2. เนื้อหาที่มีความทันสมัยสามารถนำมาใช้กับชีวิตประจำวันได้	4.88	0.44	มากที่สุด
3. เนื้อหาที่มีความยากง่ายเหมาะสมกับผู้เรียน	4.92	0.28	มากที่สุด
4. ปุ่มควบคุมมีขนาดและรูปแบบที่เหมาะสม	4.84	0.47	มากที่สุด
5. ภาพประกอบชัดเจนและมีขนาดเหมาะสม	4.96	0.20	มากที่สุด
6. สีของข้อความชัดเจนและจัดฉากอย่างเหมาะสม	4.92	0.28	มากที่สุด
7. ตัวอักษรมีขนาดและรูปแบบที่อ่านง่าย	4.92	0.40	มากที่สุด
8. เสียงประกอบชัดเจน ฟังสบาย เหมาะสม	5.00	0.00	มากที่สุด
9. ข้อความและภาพมีความสอดคล้องเหมาะสม	5.00	0.00	มากที่สุด
10. สถานการณ์ปัญหากระตุ้นให้ค้นหาคำตอบ	4.92	0.28	มากที่สุด
11. การกิจช่วยกระตุ้นให้เกิดการคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหา	4.96	0.20	มากที่สุด
12. การเรียนรู้ช่วยสนับสนุนข้อมูล และมีแหล่งสารสนเทศให้ค้นคว้าอย่างหลากหลาย	4.88	0.44	มากที่สุด
13. การช่วยเหลือที่จัดเตรียมไว้ช่วยให้ตอบภารกิจได้	4.92	0.28	มากที่สุด
14. การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ช่วยให้ทุกคนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ แลกเปลี่ยนความคิดเห็นและแก้ปัญหาพร้อมกัน	4.96	0.20	มากที่สุด
15. นักเรียนได้ความรู้เพิ่มขึ้นหลังจากศึกษาผ่านบทเรียนออนไลน์	5.00	0.00	มากที่สุด
เฉลี่ยรวมทั้งหมด	4.94	0.29	มากที่สุด

จากตารางที่ 4 ผลความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อบทเรียนออนไลน์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีการควบคุมมลพิษทางอากาศ ตามแนวทางการจัดการเรียนรู้เชิงรุก โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.94$, $SD = 0.29$) โดยมีรายละเอียดดังนี้ เมื่อพิจารณารายด้านพบว่า 3 ลำดับที่มีความคิดเห็นมากที่สุดได้แก่ 1) เสียงประกอบชัดเจน ฟังสบายเหมาะสม ($\bar{X} = 5.00$, $SD=0.00$) 2) ข้อความและภาพมีความสอดคล้องเหมาะสม ($\bar{X} = 5.00$, $SD = 0.00$) 3) นักเรียนได้ความรู้เพิ่มขึ้นหลังจากศึกษาผ่านบทเรียนออนไลน์ ($\bar{X} = 5.00$, $SD = 0.00$) ตามลำดับ

5. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

สรุปผลการศึกษการพัฒนาบทเรียนออนไลน์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีการควบคุมมลพิษทางอากาศ ตามแนวทางการจัดการเรียนรู้เชิงรุก พบว่าบทเรียนออนไลน์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น มีส่วนประกอบสำคัญ 2 ส่วน คือ 1) ส่วนของผู้เรียน จำนวน 14 หน้า 2) ส่วนของผู้ดูแลระบบ จำนวน 4 หน้า ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมของบทเรียนออนไลน์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีการควบคุมมลพิษทางอากาศ ตามแนวทางการจัดการเรียนรู้เชิงรุก พบว่า มีความเหมาะสมโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ผลการวิเคราะห์ดัชนีประสิทธิภาพของบทเรียนออนไลน์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีการควบคุมมลพิษทางอากาศ ตามแนวทางการจัดการเรียนรู้เชิงรุก พบว่ามีค่าประสิทธิภาพของบทเรียนออนไลน์ E1/E2 เป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ (80/80) การจัดการเรียนรู้ผ่านบทเรียนออนไลน์ตามแนวทางการจัดการเรียนรู้เชิงรุก (Active learning) ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนพบสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยค่า t มีค่า 12.700 ซึ่งสรุปได้ว่านักเรียนที่ใช้บทเรียนออนไลน์มีพัฒนาการที่สูงขึ้นจริง โดยมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน ($\bar{X} = 8.36$) สูงกว่าคะแนนก่อนเรียน ($\bar{X} = 4.84$) เนื่องจากกระบวนการเรียนรู้เชิงรุกได้ส่งเสริมให้ผู้เรียนเปลี่ยนบทบาทจากผู้รับข้อมูลเป็นผู้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ผ่านการปฏิสัมพันธ์กับสื่อและเครื่องมือดิจิทัลที่เน้นการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาจากสถานการณ์จริง นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อบทเรียนออนไลน์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีการควบคุมมลพิษทางอากาศ ตามแนวทางการจัดการเรียนรู้เชิงรุก โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องตามสมมุติฐานการวิจัย

สามารถอภิปรายผลได้ ดังนี้ บทเรียนออนไลน์ เรื่อง เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีการควบคุมมลพิษทางอากาศ ตามแนวทางการจัดการเรียนรู้เชิงรุก ที่มีดัชนีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 พบว่าบทเรียนออนไลน์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีส่วนประกอบสำคัญ 2 ส่วน คือ 1) ส่วนของผู้เรียน จำนวน 14 หน้า 2) ส่วนของผู้ดูแลระบบ จำนวน 4 หน้า บทเรียนออนไลน์มีประสิทธิภาพ เท่ากับ 81.60/83.60 เหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเพราะว่าบทเรียนออนไลน์มีการกำหนดเนื้อหาที่ครอบคลุม เข้าใจง่าย สามารถกระตุ้นความสนใจใฝ่อยากเรียนรู้ และมีกิจกรรมให้ ทำตามกระบวนการเรียนรู้แบบการสอน Active learning โดยได้รับคำปรึกษาจากผู้เชี่ยวชาญ ทำให้มีช่องทางการเรียนรู้ที่สามารถเป็นอีกทางเลือกหนึ่งให้กับผู้เรียนได้เรียนรู้ได้ด้วยตนเองโดยไม่จำกัดเวลา จึงทำให้บทเรียนออนไลน์ที่พัฒนาขึ้น มีประสิทธิภาพสูงเกณฑ์ที่ตั้งไว้ ทั้งนี้เนื่องจากผู้วิจัยยึดฐานแนวคิดการออกแบบระบบการเรียนการสอน (Instructional Systems Design: ISD) ที่เน้นความสอดคล้องระหว่าง วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม กิจกรรมการเรียนรู้ และการวัดประเมินผล ทำให้บทเรียนสามารถพาผู้เรียนไปสู่จุดมุ่งหมายได้อย่างมีทิศทาง ไม่เพียงแต่ส่งผ่านเนื้อหา แต่ยังเป็นการสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่เอื้อต่อการคิดวิเคราะห์และการทำความเข้าใจ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Nawises and Dechboon (2024) ได้ศึกษาวิจัยเรื่องทิศทางการวิจัยด้านการเรียนการสอนแบบเชิงรุก ในประเทศไทย ผลการศึกษาทิศทางการวิจัยด้านการเรียนการสอนแบบเชิงรุก ในประเทศไทย พ.ศ. 2556-2565 มีแนวโน้มสูงขึ้นในด้านการปรับปรุงแบบการสอน วิธีสอน และเทคนิคการสอนในชั้นเรียน มีการเลือกใช้กิจกรรมที่กระตุ้นผู้เรียนให้ตื่นตัวผ่านทางสื่อการเรียนรู้ที่เสมือนจริงในด้านความเหมาะสมของบทเรียนออนไลน์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีการควบคุมมลพิษทางอากาศ ตามแนวทางการจัดการเรียนรู้เชิงรุกพบว่า บทเรียนออนไลน์ ที่ผู้ศึกษาพัฒนาขึ้น มีความเหมาะสมโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.69$ และ $SD = 0.46$) เหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเพราะว่าบทเรียนออนไลน์มีการกำหนดเนื้อหาและวัตถุประสงค์ทำการออกแบบตามกระบวนการ ADDIE model กระบวนการเรียนรู้แบบการสอนแบบเชิงรุก การประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ และปรับปรุงแก้ไขจนสามารถนำไปทดลองใช้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Autthasing et al. (2023, pp. 98-108) ได้ศึกษาวิจัย เรื่อง การพัฒนาบทเรียนออนไลน์ เรื่องกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยวิธีการสอนแบบห้องเรียนกลับด้านผลการวิจัยพบว่า ด้านที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือด้านเนื้อหา อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.85$, $SD = 0.25$) รองลงมา คือด้านวิธีทัศน์ อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.84$, $SD = 0.29$) ด้านตัวอักษรและการใช้งาน อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.83$, $SD = 0.32$) ทั้งนี้เนื่องจากผู้วิจัยศึกษาหลักการสร้างและออกแบบบทเรียนออนไลน์ โดยยึดแนวคิดของ ADDIE model มาปรับใช้ในการออกแบบบทเรียน และนำเสนอการเรียนรู้อบบในบทเรียนออนไลน์อย่างมีวิธีขั้นตอน หลังจากที่ได้ผู้เชี่ยวชาญได้ตรวจประเมินแล้วพบว่า บทเรียนมีความถูกต้องและให้คำแนะนำในการปรับปรุงให้เป็นบทเรียนที่มีคุณภาพยิ่งขึ้นจึงนำบทเรียนเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินและให้คำแนะนำในการปรับปรุงแก้ไข ก่อนนำไปใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่ตัวอย่างจริง ทำให้บทเรียนที่สร้างขึ้นมีคุณภาพและสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความสำเร็จคือ การนำทฤษฎีการออกแบบ ADDIE model มาใช้เป็นกรอบในการควบคุมการสร้างสื่อ โดยเฉพาะในขั้นการวิเคราะห์ (Analysis) ที่ผู้วิจัยให้ความสำคัญกับการวิเคราะห์ลักษณะผู้เรียนและการวิเคราะห์ชิ้นงาน เพื่อออกแบบสื่อประสมที่ตอบสนองต่อผู้เรียน ทำให้สื่อที่พัฒนาขึ้นมีความน่าสนใจและลดปัญหาในการเรียนรู้เนื้อหาที่มีความซับซ้อน โดยผลการประเมินโดยรวมของบทเรียนออนไลน์อยู่ในระดับมากที่สุด ผลการศึกษาค้นคว้าสัมฤทธิ์ทางการเรียนของบทเรียนออนไลน์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีการควบคุมมลพิษทางอากาศ ตามแนวทางการจัดการเรียนรู้เชิงรุก สำหรับการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของบทเรียนออนไลน์ ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นพบว่า ค่า t มีค่า 12.700 $p < .001$ สรุปได้ว่านักเรียนที่เรียนบทเรียนออนไลน์ มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน (8.36) สูงกว่าคะแนนก่อนเรียน (4.84) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเพราะว่า บทเรียนออนไลน์ที่พัฒนาขึ้น มีการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลาย เช่น วิดีโออินโฟกราฟิก e-book ไฟล์ PDF ใบงาน นอกจากนี้ผู้วิจัยได้บูรณาการแอปพลิเคชัน Padlet เข้ามาทำงานผสานร่วมกับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้เชิงรุก (Active learning) โดยใช้ในขั้นหน้ากิจกรรมขั้นที่ 5 ขึ้นสะท้อนผลผ่านชุมชนแห่งการเรียนรู้ ซึ่ง Padlet ได้ทำหน้าที่เป็นพื้นที่การเรียนรู้ที่เชื่อมโยงผู้เรียนเข้าด้วยกัน เครื่องมือนีเปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำเสนอแนวคิดจากการแก้ปัญหาเรื่องมลพิษทางอากาศร่วมกัน ซึ่งการที่นักเรียนสามารถเห็นการวิเคราะห์และวิธีการแก้ปัญหาของเพื่อนร่วมชั้นได้แบบเรียลไทม์ ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ กระบวนการนี้ยังส่งผลต่อบทบาทผู้เรียนจากการเป็นเพียงผู้รับข้อมูล มาเป็นผู้สร้างองค์ความรู้ และเกิดการตกผลึกทางความคิดร่วมกับผู้อื่น ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ของผู้เรียนสูงขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kasetiam and Roungrong (2022, pp. 109-113) ทำงานวิจัย เรื่อง การพัฒนาบทเรียนออนไลน์รูปแบบจักรวาลนฤมิตร่วมกับกระบวนการจัดการเรียนรู้เชิงรุก Active learning รายวิชาออกแบบและเทคโนโลยี เรื่องเทคโนโลยีแก้ปัญหา ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลการวิจัยพบว่ากลุ่ม

ตัวอย่างมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 สำหรับผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อบทเรียนออนไลน์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีการควบคุมมลพิษทางอากาศตามแนวทางการจัดการเรียนรู้เชิงรุก พบว่า ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อบทเรียนออนไลน์ที่พัฒนาขึ้น โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.94$, $SD = 0.29$) เหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะว่า บทเรียนออนไลน์ที่พัฒนาขึ้น มีการสร้างเป้าหมายที่ท้าทายให้เกิดแรงจูงใจในการเรียนมีทั้งสื่อการเรียนการสอนที่เป็นวิดีโออินโฟกราฟิก สอดคล้องกับงานวิจัยของ Phumeechanya and Donpaipetch (2024) ทำงานวิจัย การพัฒนาบทเรียนออนไลน์ร่วมกับการสอนโดยใช้เกมเป็นฐาน เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชาการออกแบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสหราษฎร์วิทยา ผลการวิจัยพบว่า ความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อบทเรียนออนไลน์ร่วมกับการสอนโดยใช้เกมเป็นฐาน มีระดับความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณารายด้านพบว่าทุกด้านมีระดับความพึงพอใจที่ระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.78$, $SD = 0.42$) ผลวิจัยนี้ยังได้สะท้อนถึงความสำคัญของการวางกรอบแนวคิดเชิงทฤษฎีผ่านกระบวนการ ADDIE model และการบูรณาการเครื่องมือดิจิทัลตามแนวทาง Active learning ซึ่งเป็นกุญแจสำคัญที่ส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพของนวัตกรรมและการยกระดับศักยภาพของผู้เรียนอย่างมีประสิทธิภาพ

6. ข้อเสนอแนะ

การพัฒนาบทเรียนออนไลน์ในครั้งต่อไปควรใช้ประโยชน์จากเครื่องมือดิจิทัลที่มีปฏิสัมพันธ์สูง เช่น Padlet และ Jamboard ในขั้นตอนการสะท้อนผลการเรียนรู้เพื่อสร้างชุมชนแห่งการเรียนรู้ ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แลกเปลี่ยนแนวคิดและตรวจสอบความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของตนเองผ่านการระดมสมองร่วมกับผู้อื่น หรือแอปพลิเคชันในลักษณะเกมมิฟิเคชัน เช่น Quizizz และ Wordwall เพื่อกระตุ้นความตื่นตัวและเสริมสร้างบรรยากาศการเรียนรู้เชิงรุกที่ท้าทายศักยภาพของผู้เรียน และควรคำนึงถึงหลักการออกแบบการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง โดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล อาทิ ความสามารถพื้นฐาน ความถนัด และความสนใจของผู้เรียน ทั้งนี้ควรมีการวิเคราะห์ระดับความยากง่ายของเนื้อหาอย่างเป็นระบบ พร้อมทั้งพัฒนาเครื่องมือประเมินความเหมาะสมของบทเรียนที่สอดคล้องกับบริบทและลักษณะของกลุ่มเป้าหมาย การพัฒนาบทเรียนออนไลน์ในรูปแบบแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ได้รับการศึกษา เนื่องจากสามารถเพิ่มความสะดวกในการเข้าถึงและส่งเสริมการเรียนรู้แบบไร้ขีดจำกัด นอกจากนี้ การออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ควรคำนึงถึงหลักการการออกแบบให้มีความเรียบง่าย เข้าใจง่าย และเหมาะสมกับระดับทักษะของผู้เรียนแต่ละกลุ่ม และส่งเสริมประสิทธิภาพการเรียนรู้ให้สูงขึ้นและสุดท้าย ควรมีการประเมินผลเชิงคุณภาพ จากผู้เรียนอย่างต่อเนื่อง เพื่อรวบรวมข้อมูลที่สามารถนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาบทเรียนให้มีคุณภาพและประสิทธิภาพยิ่งขึ้นในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยและพัฒนานวัตกรรมฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างสูงยิ่งจากผู้ทรงคุณวุฒิและอาจารย์ผู้เชี่ยวชาญสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ทุกท่าน ที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ และตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องมาโดยตลอด รวมทั้งได้ให้คำแนะนำในการตรวจสอบเครื่องมือวิจัยเพื่อให้มีประสิทธิภาพ ขอขอบคุณท่านผู้อำนวยการโรงเรียนสมเด็จพระพิทยาคม คณะครู และนักเรียนโรงเรียนสมเด็จพระพิทยาคม จังหวัดกาฬสินธุ์ ที่เป็นกลุ่มเป้าหมายในการวิจัย รวมถึงผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ ความร่วมมือและให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดียิ่ง จนทำให้งานวิจัยฉบับนี้ประสบผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์ ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้ผ่านการอบรมและได้รับประกาศนียบัตรรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ เมื่อวันที่ 12 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2567 ซึ่งจัดโดยคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ สมาคมนิติศาสตร์และรัฐศาสตร์ ร่วมกับบริษัทที่ปรึกษากฎหมาย ธุรกิจ และการวิจัย ไวท์ ไทเกอร์ จำกัด ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณทุกท่านไว้ ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

- Ali, I., Narayan, A. K., & Sharma, U. (2021). Adapting to COVID-19 disruptions: Student engagement in online learning of accounting. *Accounting Research Journal*, 34(3), 261-269.
- Autthasing, P., Pimpimool, A., & Banlue, S. (2023). Development of online lessons on the engineering design process for Mathayom 2 students using the classroom teaching method. *Journal of Graduate School Sakon Nakhon Rajabhat University*, 20(90), 98-108. (in Thai)
- Budiarso, I., Muchtar, H. S., Soro, S. H., & Mardiana, D. (2022). Online tutorial and webinar tutorial management on distance learning process at Indonesia Open University. *International Journal of Educational Research & Social Sciences*, 3(4), 1708–1714.
- Kasetiam, N., & Roungrong, P. (2022). *Developing online lessons in the Naruemit universe format together with the management process. Active Learning, Design and Technology subject: Technology to solve problems of students at the grade level Mathayom 3.* (in Thai)
- Kitipuwadon, W. (2022). Legal measures to control air pollution in Thailand: Study prevention guidelines Control and correct or remove dust particles no larger than 2.5 microns that are effective abroad. *CRRU Law, Political Science and Social Science Journal*, 6(1), 25–46. (in Thai)
- Maicharoensri, P., & Hiranruang, T. (2024). Studying patterns for managing air pollution from dust and health impacts from conducting business that is harmful to health according to the Act Public Health Prof 1992 Case study of tapioca starch business and cement crushing and mixing business Journal of Health Center No. 9: *Journal of Health Promotion and Environmental Health*, 18(3), 1074-1090. (in Thai)
- Nawises, W., & Dechboon, P. (2024). Research direction in Active Learning teaching in Thailand. *Journal of Periscope*, 4 (3), 55-64. (in Thai)
- Nimkham, S. (2024). Active Learning management to develop students to become “innovators”. *Journal of Southern Technology*, 17(2), 173–180. (in Thai)
- Panphimal, S., & Rampai, N. (2022). *Developing online lessons together with Organize cooperative learning using STAD techniques on body structure that is the basis of beauty. for students Mathayom 1.* (in Thai)
- Phromwong, C. (2013). Developmental testing of media and instructional package. *Silpakorn Educational Research Journal*, 5(1), 7-20. (in Thai)
- Phothisan, P., Chulniam, N., & Kerdtemphum, E. (2022). Development of an Active Learning model Online social networking system in the New Normal COVID-19 era to promote creativity among higher education students. *Education, M.R.*, 10 (1), 275-292. (in Thai)
- Phumeechanya, N., & Donpaipech, N. (2024). Developing online lessons together with teaching using games as a base to develop academic achievement in the subject Design with Computer Programs for Mathayom 6 students at Saha Bamrung Wittaya School Journal of Silpakorn Studies, *Science, Research*, 16(1), 196-208. (in Thai)
- Rissanen, A., & Costello, J. M. (2023). The effectiveness of interactive online tutorials in first-year large biology course. *Journal of Applied Research in Higher Education*, 15(3), 632-649.
- Srisa-ard, B. (2010). *Preliminary Research*. (8th ed.). Bangkok: Suwiriyasarn. (in Thai)

- Sugden, N., Brunton, R., MacDonald, J., Yeo, M., & Hicks, B. (2021). Evaluating student engagement and deep learning in interactive online psychology learning activities. *Australasian Journal of Educational Technology*, 37(2), 45-65.
- Yuangthong, P. (2021). *Development of online teaching and learning on Computer network system for Mathayom 3 students*. (in Thai)
- Zheng, M., Bender, D., & Lyon, C. (2021). Online learning during COVID-19 produced equivalent or better student course performance as compared with pre-pandemic: *Empirical evidence from a school-wide comparative study*. *BMC Medical Education*, 21, 1-11.

“ข้อคิดเห็น เนื้อหา รวมทั้งการใช้ภาษาในบทความถือเป็นความรับผิดชอบของผู้เขียน”