

บทความวิจัย

ผลการจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์โดยใช้สะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรม ที่ส่งผลต่อทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนมัธยมสาธิตวัดพระศรีมหาธาตุ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

ดวงใจ ไชว์ทะเล¹ พิศพงษ์ บุญฤกษ์^{1*} ศุภชานันต์ ลบบำรุง¹ นุสรรา มุทะหมัด¹ และกมลรัตน์ นทีสินทรัพย์¹¹โรงเรียนมัธยมสาธิตวัดพระศรีมหาธาตุ วิทยาลัยการฝึกหัดครู มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร กรุงเทพมหานคร

*Email: pheeraphong@pnru.ac.th

รับบทความ: 22 เมษายน 2565 แก้ไขบทความ: 5 กรกฎาคม 2565 ยอมรับตีพิมพ์: 6 สิงหาคม 2565

บทคัดย่อ

การเรียนรู้ในปัจจุบันต้องสามารถนำองค์ความรู้มาบูรณาการสร้างนวัตกรรมเพื่อตอบสนองความต้องการของสังคมตามยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี ผู้วิจัยจึงจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์โดยใช้สะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรมให้นักเรียนได้สร้างนวัตกรรมเกี่ยวกับพลังงานความร้อน โดยการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์โดยใช้สะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรมที่ส่งผลต่อทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม 2) เพื่อศึกษาทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมของนักเรียน และ 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์ด้วยสะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือแผนการจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์รายหน่วยเรื่อง พลังงานความร้อน ระยะเวลา 9 ชั่วโมง แบบประเมินทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมและแบบประเมินความพึงพอใจ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 1 ห้องเรียน ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม โดยมีห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่มจำนวน 40 คน การจัดชั้นเรียนเป็นแบบคละนักเรียนทำให้นักเรียนแต่ละห้องมีลักษณะคล้ายคลึงกัน ใช้สถิติเชิงพรรณนาและสถิติทดสอบทีในการทดสอบสมมติฐานของการวิจัย ผลการวิจัยพบว่า 1) คุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.94) 2) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยสะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรมมีทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 และ 3) นักเรียนมีความพึงพอใจในการเรียนออนไลน์ด้วยสะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรมในระดับมากที่สุด

คำสำคัญ: การเรียนแบบออนไลน์ สะเต็มศึกษา การคิดเชิงวิศวกรรม ทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม

Research Article

The Effect of online learning using STEM education integrated engineering thinking on innovative thinking skill of grade-7 students at Wat Phrasimahadhat Secondary Demonstration School

Duangjai Showtale¹ Pheeraphong Bunroek^{1,*} Suphasikant Lobbumrung¹
Nussara Muhamad¹ and Kamonrat Nateesinsub¹

¹Wat Phrasimahadhat Secondary Demonstration School, College of Teacher Education,
Phranakhorn Rajabhat University, Bangkok

*Email: pheeraphong@pnru.ac.th

Received <22 April 2022>; Revised <5 July 2022>; Accepted <6 August 2022>

Abstract

In today's learning, students must be able to integrate the body of knowledge to create innovations to meet the needs of society as the 20-year national strategy. Therefore, the researcher provided online learning by using STEM education integrated engineering thinking for students to create innovations in thermal energy. The objectives of this research were 1) to study and create an online learning management plan, 2) to study students' innovative thinking skills, and 3) to study the satisfaction of online learning with STEM Integrated engineering thinking. The research tools were the online learning management plan in thermal energy for 9 hours, innovation thinking skills assessment, and satisfaction assessment. The sample consisted of 40 grade-7 students obtained by cluster random sampling from four classrooms of 2nd semester, academic year 2021. The data were analyzed by descriptive statistics and T-test dependent. The research results revealed that 1) the quality of the learning management plan had an average of 4.94, interpreting the learning management plan as the most appropriate, 2) the post-instruction innovative thinking of the grade-7 students who have learned from the STEM education integrated engineering thinking was significantly higher than the pre-instruction at .01 level of statistical significance, and 3) students were satisfied with online learning with the STEM Integrated engineering thinking at the highest level.

Keywords: Online Learning, STEM Education, Engineering Thinking, Innovative Thinking Skill

บทนำ

จากสถานการณ์แพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ทั่วโลกในปี 2563 ที่ผ่านมามีจุดเริ่มต้นการระบาดมาจากต่างประเทศ และเริ่มแพร่ระบาดเข้าสู่ประเทศไทยในช่วงต้นปี 2563 และเริ่มแพร่ระบาดสู่พื้นที่ต่าง ๆ ของประเทศ การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ในประเทศไทย กรมควบคุมโรคได้สรุปยอดผู้ติดเชื้อสะสมจนถึงปัจจุบันวันที่ 9 เมษายน 2565 จำนวน 1,634,911 ราย (Department of disease control, 2022) ทำให้เกิดผลกระทบในหลายด้านทั้งผลกระทบทางด้านการจ้างงาน ผลกระทบด้านการท่องเที่ยวและการบิน ผลกระทบด้านการส่งออก ผลกระทบด้านการศึกษา และผลกระทบด้านสุขภาพ (Rattanasubsiri, 2020) มีการใช้ชีวิตวิถีใหม่ (New Normal) ในด้านต่าง ๆ ทั้งใส่หน้ากากอนามัย ล้างมือด้วยเจลแอลกอฮอล์ และการเว้นระยะห่างทางสังคม ซึ่งทุกสถานที่และประชาชนส่วนใหญ่ให้ความร่วมมือกับรัฐบาลอย่างเต็มความสามารถ ด้านการศึกษาในปีการศึกษา 2563 และ 2564 ที่ผ่านมามีผลกระทบโดยตรง ทั้งเลื่อนเปิดภาคการศึกษา ปิดสถานศึกษา สลับวันเรียนและให้ทำการเรียนการสอนออนไลน์โดยใช้เทคโนโลยีต่าง ๆ ซึ่งมีปัญหาการจัดการเรียนการสอนในช่วงแรก เพราะนักเรียนทุกคนไม่สามารถที่จะเข้าถึงเทคโนโลยีได้อย่างเท่าเทียมกันและครูที่ไม่มีความถนัดทางเทคโนโลยีต้องปรับตัวและจำเป็นต้องจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีใหม่ ๆ ดังนั้นจึงมีการนำเทคโนโลยีในระบบออนไลน์และออนไลน์มาใช้ร่วมกัน เพื่อให้สามารถจัดการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด ก็ถือว่าเป็นวิถีใหม่ของระบบการศึกษาไทยด้วย

การเรียนออนไลน์ (Online Learning) เป็นนวัตกรรมทางการศึกษารูปแบบที่มีความเหมาะสมในการจัดการเรียนการสอนที่ไม่จำเป็นต้องอาศัยสถานที่ในการสอน เป็นการเปลี่ยนแปลงวิถีชีวิตจากการเรียนรูปแบบเดิม ๆ เป็นการนำเทคโนโลยีเข้ามาเสริม ช่วยสอน หรือใช้เป็นหลักในการจัดการเรียนรู้ และสามารถเรียนรู้ทางไกลได้อีกด้วย ปัจจัยส่งเสริมในการเรียนออนไลน์คือ อินเทอร์เน็ต อุปกรณ์สำหรับการเรียน เช่น คอมพิวเตอร์ แท็บเล็ต หรือโทรศัพท์เคลื่อนที่ ที่สามารถสร้างปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูและนักเรียนได้โดยไม่ต้องเดินทางมาพบกัน ทำให้การเรียนมีความสะดวกและตอบโจทย์การศึกษาตลอดชีวิต สำหรับการเรียนรู้ด้วยตนเอง เป็นข้อดีเพราะนักเรียนสามารถเลือกเรียนในหัวข้อที่ต้องการ เหมาะสมและตอบสนองกับความชอบของตนเองได้ ในส่วนของเนื้อหาการเรียนประกอบด้วยข้อความ รูปภาพ เสียง ภาพเคลื่อนไหวและมัลติมีเดียอื่น ๆ สิ่งเหล่านี้จะถูกส่งตรงไปยังนักเรียนผ่าน Web Browser ทุกคนในชั้นเรียนสามารถติดต่อ สื่อสาร ปรีกษา แลกเปลี่ยนความคิดเห็นแบบเดียวกับ การเรียนในชั้นเรียนทั่วไปได้ในทันที เป็นต้น การเรียนรู้แบบออนไลน์จึงมีความเหมาะสมสำหรับทุกคนที่มีความพร้อมในด้านอุปกรณ์และสามารถเรียนรู้ได้ทุกเวลา ในปัจจุบันการเรียนออนไลน์เน้นการใช้เครื่องมือที่สามารถตอบโต้ได้เสมือนนักเรียนนั่งเรียนในห้องเรียน เช่น Zoom Meeting, Google Meet, Microsoft Team เป็นต้น ซึ่งครูสามารถเสริมเนื้อหาการเรียนด้วยสื่อการเรียนได้ทันที เช่น เปิดคลิปจาก YouTube ให้นักเรียนดูระหว่างเรียนได้ทันที และมีแอปพลิเคชันที่มีการตอบสนองในทันที และให้นักเรียนได้ทำแบบฝึกหัดผ่านทางออนไลน์ได้ มีการตรวจการบ้านทางออนไลน์และสะท้อนผลการตรวจกลับให้นักเรียนได้ทราบข้อผิดพลาดของตนเองเพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไขต่อไปได้ ดังนั้น การเรียนออนไลน์จึงมีประโยชน์ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนการสอน เนื่องจากไม่ได้จำกัดอยู่ในสถานที่เดียวเท่านั้น เกิดเครือข่ายความรู้ และเข้าถึงแหล่งความรู้ได้ทั่วโลก ลดระยะทางในการเรียนรู้ได้ (Education Center, 2021) โดยจากการพัฒนารูปแบบของ Tongkhang , Teemuangsai and Simmatun (2018) ได้พัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบบูรณาการออนไลน์ตามหลักการเสริมศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียนในระดับมัธยมศึกษา ประกอบด้วย 1. โมดูลคลังความรู้ (Knowledge Module) เป็นแหล่งความรู้ที่ผู้สอนจัดเตรียมไว้ให้ผู้เรียนเข้ามาสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับเนื้อหา สื่อ กิจกรรมหรือแหล่งข้อมูลให้ผู้สอนจัดเตรียมไว้ให้ผู้เรียนศึกษา ค้นคว้า ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง 2. โมดูลการสอน (Teaching Module) เป็นขั้นตอนการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมหรือโครงการที่บูรณาการการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี โดยกระบวนการจะครอบคลุมกับแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยเชื่อมโยงกับสาระเสริม นำความรู้และทักษะกระบวนการด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีมาแก้ปัญหาหรือตอบสนองความต้องการในชีวิตประจำวัน 3. โมดูลการช่วยเหลือ (Coaching Module) เป็นส่วนที่ผู้สอนให้ความช่วยเหลือผู้เรียนในขณะดำเนินการตามกิจกรรมการเรียนรู้ หรือเกิดปัญหาข้อสงสัย 4. โมดูลกลยุทธ์การเรียนรู้เสริม (STEM Strategy Module) เป็นส่วนของการเรียนรู้ตามหลักการเสริมศึกษา (STEM) โดยเน้นการบูรณาการการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรมร่วมกับการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning: PBL) เพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกคิด ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองและ 5. โมดูลการประเมินผล (Evaluation Module) เป็นส่วนที่ใช้ในการประเมินการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งผลจากการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิพบว่ารูปแบบการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น มีความเหมาะสมทั้ง 4 ด้านอยู่ในระดับมาก มีความเหมาะสมของรูปแบบโดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก สามารถนำไปใช้เป็นต้นแบบในการจัดการเรียนรู้ได้ นอกจากนี้ Waiprom, Voravitrattanukul and Meesup (2022) พัฒนาชุดการเรียนรู้เสริมศึกษาในรายวิชาวิทยาศาสตร์ผ่านคิวอาร์โค้ดเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่องเรือชนส่งน้อย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เวลา 9 ชั่วโมงดำเนินการจัดการเรียนการสอน แบบ 6 ขั้น ดังนี้ ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา (1 ชั่วโมง) ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (2 ชั่วโมง) ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (2 ชั่วโมง) ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

(1 ชั่วโมง) ชั้นที่ 5 ทดสอบประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (1 ชั่วโมง) ชั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (1 ชั่วโมง) โดยชุดการเรียนรู้สะสมเต็มศึกษามีประสิทธิภาพ 80.71/83.97 เมื่อนำไปให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องมาจากกิจกรรมการเรียนการสอนฝึกให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองจากการลงมือปฏิบัติจริงโดยการบูรณาการกิจกรรมสะสมเต็มร่วมกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นขั้นตอนโดยเน้นที่กระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนให้สามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันเพื่อการสร้างนวัตกรรมหรือการแก้ปัญหาที่ประสบความสำเร็จทำให้นักเรียนมีความพร้อมในการเรียนรู้ท้าทายความรู้ยากเห็นของนักเรียน

จากการศึกษาของ Wayo *et al.* (2020) มีการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (Coronavirus Disease 2019: COVID-19) ทำให้เกิดการปรับตัวเป็นวิถีชีวิตแบบใหม่ (New Normal) โดยเฉพาะสถาบันทางการศึกษาที่ไม่สามารถจัดการเรียนการสอนแบบปกติได้ จึงจำเป็นต้องใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบออนไลน์ เพื่อให้การเรียนรู้เกิดความต่อเนื่อง การวัดและการประเมินผล รูปแบบการเรียนการสอนมีหลากหลายวิธี ที่ทำให้ครูและนักเรียนมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกันได้ การพิจารณาองค์ประกอบและรูปแบบที่สอดคล้อง เหมาะสมกับลักษณะวิชา และบริบทของนักเรียนจะนำไปสู่การประยุกต์ใช้สำหรับการจัดการเรียนการสอนแบบออนไลน์อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้นักเรียนเกิดผลลัพธ์การเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ แต่ข้อจำกัดของการเรียนออนไลน์คือหากนักเรียนไม่พร้อมด้านอุปกรณ์จะทำให้ไม่สามารถเรียนออนไลน์ได้

โรงเรียนได้ตระหนักถึงความปลอดภัยของนักเรียนเป็นอย่างยิ่ง จึงได้ประกาศปิดสถานที่ในการจัดการเรียนการสอน ตลอดภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 ด้วยพื้นฐานทางครอบครัวของนักเรียนส่วนใหญ่มีความพร้อมในการสนับสนุนให้นักเรียนสามารถเรียนออนไลน์ได้ที่บ้าน เพื่อตอบสนองกับมาตรการเพิ่มระยะห่างทางสังคม ทำให้โรงเรียนได้มีนโยบายให้อาจารย์จัดการเรียนการสอนออนไลน์ให้กับนักเรียนในระยะเวลาที่ปิดสถานศึกษา เพื่อให้เกิดการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องแต่ให้ปรับรูปแบบให้เหมาะสมกับธรรมชาติวิชา สำหรับรายวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น เป็นการปูพื้นฐาน สร้างกระบวนการคิดและแก้ปัญหาโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนั้นการเรียนรู้ในปัจจุบันต้องการให้เกิดนวัตกรรมใหม่ให้ตอบสนองต่อการใช้ชีวิตของมนุษย์ นักเรียนต้องเรียนรู้ที่จะสร้างนวัตกรรมใหม่ ๆ (Thanormchayathawat *et al.*, 2016) ให้เป็นไปตามยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี สามารถนำองค์ความรู้มาบูรณาการสร้างนวัตกรรมเพื่อตอบสนองความต้องการของสังคม (Prajan and Chaemchoy, 2018) ตามแผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560-2579 ที่มีเป้าหมายให้นักเรียนสร้างนวัตกรรมได้ ซึ่งนวัตกรรมจะเกิดขึ้นได้ นักเรียนต้องมีทักษะการคิดที่แตกต่างอย่างสร้างสรรค์ เพื่อให้ได้สิ่งใหม่ ๆ ที่เป็นประโยชน์ เรียกว่า “ทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม” (Innovative Thinking) (Chaemchoy, 2012) และสะสมเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนได้คิด ออกแบบ แก้ปัญหาและสร้างนวัตกรรมได้นั้นควรเป็นการบูรณาการสหสาขาวิชาทั้ง วิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี (T) วิศวกรรมศาสตร์ (E) และคณิตศาสตร์ (M) (The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2021) ที่สามารถนำมาใช้จัดการเรียนรู้ร่วมกับวิธีการสอนได้อย่างหลากหลายวิธี โดยการสร้างนวัตกรรมนั้นหากส่งเสริมให้นักเรียนได้คิดเชิงวิศวกรรมหรือเรียกว่ากระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้ให้นิยามการคิดเชิงวิศวกรรม หมายถึง การนำความรู้มาออกแบบวิธีการหรือกระบวนการเพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เพื่อให้ได้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิต โดยเป็นการคิดเป็นลำดับขั้นตอนเพื่อแก้ปัญหา ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ระบุปัญหา (Problem Identification) 2) รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) 3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) 4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) 5) ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) และ 6) นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) (The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2021) ร่วมกับการบูรณาการสะสมเต็มศึกษา จะสามารถทำให้นักเรียนมีแนวคิดเชิงนวัตกรรมที่ดียิ่งขึ้นได้ ซึ่ง Puchongprawet and Chantraukrit (2020) ได้จัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ โดยได้ศึกษากับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นในสังกัดคณะกรรมการอุดมศึกษา โดยให้นักเรียนได้เรียนรู้การทำโครงงานวิทยาศาสตร์ในการประดิษฐ์สิ่งประดิษฐ์ประกอบด้วยอุปกรณ์คัดแยกขนาด กังหันผลิตไฟฟ้า และนักเรียนได้ออกแบบสิ่งประดิษฐ์ตามความสนใจอีก 1 ชิ้น ซึ่งเมื่อจัดการเรียนการสอนด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมพบว่านักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์มากขึ้น ซึ่งเป็นเพราะนักเรียนรู้จักการวางแผนการแก้ปัญหาและใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าภายใต้ข้อจำกัดที่มี นักเรียนจึงมองปัญหาได้อย่างลึกซึ้งและมีมุมมองที่แตกต่างออกไปจากเดิม สามารถเชื่อมโยงปัญหาแล้วนำมาสร้างสิ่งประดิษฐ์หรือนวัตกรรมได้ นอกจากนี้ในการสร้างแบบจำลอง ทดสอบการใช้งานรวมถึงการพัฒนาชิ้นงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนและนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมที่ตอบโจทย์ได้ และในปัจจุบันนี้มีความจำเป็นที่จะต้องจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบออนไลน์ เพื่อทำให้การเรียนรู้มีความน่าสนใจและนักเรียนได้พัฒนาการคิดเชิงนวัตกรรมควบคู่กับการเรียน (Kareeme, 2017)

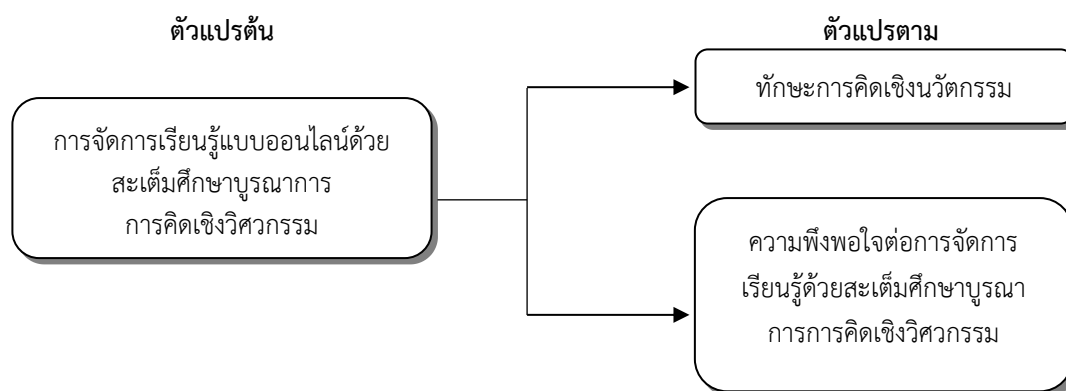
ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะจัดการเรียนการสอนด้วยสะเต็มศึกษาร่วมกับการคิดเชิงวิศวกรรม เรื่องพลังงานความร้อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนมัธยมสาธิตวัดพระศรีมหาธาตุ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร เพื่อให้นักเรียนมีแนวคิดเชิงนวัตกรรมที่ดีขึ้นและทำให้เกิดนวัตกรรมใหม่ที่ตอบสนองต่อสังคม ด้วยรูปแบบการเรียนรู้ผ่านระบบออนไลน์ ภายใต้สถานการณ์ระบาดโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ระลอกใหม่ เพื่อให้การจัดการเรียนการสอนสามารถดำเนินไปได้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งการเรียนออนไลน์นั้นย่อมมีทั้งนักเรียนที่ชอบเพราะมีอิสระสามารถทำสิ่งอื่นควบคู่ไปด้วยได้ และนักเรียนที่ไม่ชอบเพราะไม่สามารถเรียนรู้ได้อย่างเต็มที่ ทำให้ผู้วิจัยได้ศึกษาความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์ด้วยสะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อที่จะนำมาปรับปรุงและพัฒนาต่อไปอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด

วัตถุประสงค์การวิจัย

- 1) เพื่อจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์ โดยใช้สะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรมที่ส่งผลต่อทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม
- 2) เพื่อศึกษาทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์โดยใช้สะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรม
- 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์ด้วยสะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรม

วิธีดำเนินการวิจัย

แบบแผนการวิจัย ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยกำหนดแบบแผนการวิจัยเป็นแบบศึกษากลุ่มเดียววัดสองครั้ง (The One-Group Pretest-Posttest Design) โดยมีกรอบแนวคิดการวิจัย ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจะศึกษาทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยจะจัดการเรียนการสอนด้วยสะเต็มศึกษาร่วมกับการคิดเชิงวิศวกรรม เรื่องพลังงานความร้อน เพื่อให้นักเรียนมีแนวคิดเชิงนวัตกรรมที่ดีขึ้นและทำให้เกิดนวัตกรรมใหม่ที่ตอบสนองต่อสังคม ด้วยรูปแบบการเรียนรู้ผ่านระบบออนไลน์ ภายใต้สถานการณ์ระบาดโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ระลอกใหม่ ซึ่งจะทำให้การจัดการเรียนการสอนสามารถดำเนินไปได้อย่างต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพมากที่สุด มีกรอบแนวคิดในการวิจัย ดังนี้



ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 4 ห้องเรียน มีนักเรียนจำนวนรวมทั้งรวมทั้งหมด 165 คน

กลุ่มตัวอย่าง ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักเรียนจำนวน 41 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) โดยมีห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม ซึ่งการจัดชั้นเรียนเป็นแบบคณะนักเรียนทำให้นักเรียนแต่ละห้องมีลักษณะคล้ายคลึงกัน

การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1) **แผนการจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์** ผู้วิจัยได้พัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ออนไลน์รายวิชาวิทยาศาสตร์ 2 (ว 21102) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง พลังงานความร้อน ด้วยสะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรม เป็นแผนการจัดการเรียนรู้รายหน่วย จำนวน 1 แผน ระยะเวลา 3 สัปดาห์ ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้รายสัปดาห์ จำนวน 3 แผน ผลการประเมินคุณภาพแผนแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ มีค่าเท่ากับ 4.94 แปลความหมายของค่าเฉลี่ยในระดับแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมากที่สุด

2) แบบประเมินทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม ผู้วิจัยได้สร้างแบบประเมินทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมประกอบด้วย รายการประเมิน 7 หัวข้อ ได้แก่ การระบุปัญหา ความคิดริเริ่ม การคิดเชื่อมโยง การสะท้อนความคิด การสร้างแบบจำลอง ชี้นงานได้ การสร้างสรรค์ชิ้นงานและชิ้นงานสามารถแก้ปัญหาได้ และการนำเสนอผลงาน (Boonprakom, Chindanurak, and Chaowakeratipong, 2021) ลักษณะเป็นมาตราส่วนแบบประมาณค่า (Rating Scale) มี 3 ระดับตามคุณภาพของชิ้นงาน คือ 3 หมายถึง มีทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมระดับมาก 2 หมายถึง มีทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมระดับปานกลาง และ 1 หมายถึง มีทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมน้อย กำหนดเกณฑ์ในการประเมิน (Scoring Rubric) เพื่อให้ได้มาตรฐานที่เท่าเทียม เมื่อผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ซึ่งเป็นท่านเดียวกับที่ประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ ประเมินความสอดคล้องของเนื้อหา ความถูกต้อง ความชัดเจน และคุณภาพของแบบประเมิน และความเหมาะสมเกณฑ์ในการประเมิน (Scoring Rubric) และนำมาคำนวณค่า IOC ได้เท่ากับ 1.00 เมื่อนำความคิดเห็นจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน มาหาค่าเฉลี่ยคุณภาพของแบบประเมินทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมมีค่าเท่ากับ 4.90 แปลความหมายของค่าเฉลี่ยว่ามีคุณภาพในระดับมากที่สุด ดังภาพที่ 1 และตารางที่ 1

ชื่อ	รายการประเมิน																		รวม			
	การระบุปัญหา			ความคิดริเริ่ม			การคิดเชื่อมโยง			การสะท้อนความคิด			สร้างแบบจำลองชิ้นงานได้			การสร้างสรรค์ชิ้นงานและชิ้นงานสามารถแก้ปัญหาได้				การนำเสนอผลงาน		
	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1		3	2	1
กลุ่มที่ 1																						
1.																						

ภาพที่ 1 ตัวอย่างแบบประเมินการคิดเชิงนวัตกรรมประเมินจากกระบวนการทำงาน ชิ้นงานหรือนวัตกรรม

ตารางที่ 1 เกณฑ์การประเมินการคิดเชิงนวัตกรรม

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ		
	มาก (3)	ปานกลาง (2)	น้อย (1)
1. การระบุปัญหา	ระบุปัญหาได้ถูกต้อง ครบถ้วน	ระบุปัญหาไม่ถูกต้อง หรือไม่ ครบถ้วน	ไม่สามารถระบุปัญหาได้
2. ความคิดริเริ่ม	สามารถแก้ปัญหาด้วยวิธีแปลกใหม่	สามารถแก้ปัญหาด้วยวิธีที่มีอยู่แล้ว	ไม่สามารถแก้ปัญหาได้
3. การคิดเชื่อมโยง	ใช้การคิดเชิงวิศวกรรมกับความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบชิ้นงาน	ออกแบบชิ้นงานโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์หรือไม่มีหลักการอื่นร่วม	ไม่สามารถเชื่อมโยงการคิดเชิงวิศวกรรมในการออกแบบชิ้นงานได้
4. การสะท้อนความคิด	สามารถสรุปปัญหาและออกแบบนวัตกรรมสำหรับแก้ปัญหาได้	สามารถสรุปปัญหาและออกแบบนวัตกรรมสำหรับแก้ปัญหาได้ แต่ไม่ครอบคลุม	ไม่สามารถสรุปปัญหาและออกแบบนวัตกรรมสำหรับแก้ปัญหาได้
5. สร้างแบบจำลองชิ้นงานได้	สามารถทำงานสำเร็จตามที่วางแผนไว้และภายในเวลาที่กำหนด	สามารถทำงานสำเร็จตามที่วางแผนไว้ แต่ใช้เวลานานที่กำหนด	ไม่สามารถทำงานสำเร็จตามที่วางแผนไว้
6. การสร้างสรรค์ชิ้นงานที่สามารถแก้ปัญหาได้	นวัตกรรมสามารถแก้ปัญหาได้อย่างดี	นวัตกรรมสามารถแก้ปัญหาได้ บางส่วน	นวัตกรรมไม่สามารถนำมาใช้แก้ปัญหาได้
7. การนำเสนอผลงาน	นำเสนอชัดเจน เข้าใจง่าย และมีเนื้อหาครบถ้วน	นำเสนอไม่ชัดเจน สามารถเข้าใจได้ มีเนื้อหาครบถ้วน	นำเสนอไม่ชัดเจน ไม่สามารถเข้าใจได้ เนื้อหาไม่ครบถ้วน
การวัดผลและประเมินผล			
คะแนนรวม (คะแนน)	ความหมาย		
18 – 21	มีการคิดเชิงนวัตกรรมในระดับสูง		
13 – 17	มีการคิดเชิงนวัตกรรมในระดับปานกลาง		
8 – 12	มีการคิดเชิงนวัตกรรมในระดับต่ำ		
7	ไม่มีการคิดเชิงนวัตกรรม		

3) แบบประเมินความพึงพอใจในการเรียนด้วยสะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรม ผู้วิจัยสร้างแบบประเมินความพึงพอใจในการเรียนด้วยสะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรม ให้สอดคล้องกับการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาในแผนการจัดการเรียนรู้ออนไลน์ โดยใช้มาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ส่งให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ซึ่งเป็นท่านเดียวกับที่ประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ ประเมินความสอดคล้องของเนื้อหา ความถูกต้อง ความชัดเจน นำมาคำนวณค่า IOC โดย IOC ของคำถามแต่ละข้อได้ตั้งแต่ 0.80 – 1.00 แปลผลว่าสามารถนำมาใช้ได้ เมื่อคำนวณ IOC เฉลี่ยทั้งแบบสอบถามได้เท่ากับ 0.95 ซึ่งมีค่าเข้าใกล้ 1.00 หมายความว่ามีความสอดคล้อง ถูกต้องและชัดเจน สามารถนำไปใช้ได้ เมื่อนำไปทดลองใช้ (Try out) กับกลุ่มตัวอย่างที่มีความคล้ายกับกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยเพื่อหาความเชื่อมั่นแบบประเมินความพึงพอใจในการเรียนด้วยสะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรมโดยการหาสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) มีค่าเท่ากับ 0.83 แปลผลว่ามีความเชื่อมั่นในระดับดี สามารถนำไปใช้ประเมินความพึงพอใจในการเรียนด้วยสะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรม

การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) แฉ่งนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างของการวิจัยครั้งนี้ เกี่ยวกับการวิจัยและวัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้

2) ดำเนินการสอนนักเรียนกลุ่มเป้าหมายเรื่อง พลังงานความร้อน ตามแผนการจัดการเรียนรู้รายหน่วย เรื่อง พลังงานความร้อน ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้อย่อยรายสัปดาห์ จำนวน 3 แผน เป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์

แผนการจัดการเรียนรู้รายสัปดาห์ที่ 1 จำนวน 3 คาบเรียน แฉ่งจุดประสงค์การเรียนรู้และทบทวนความรู้เดิม พร้อมทั้งแบ่งกลุ่มนักเรียนกลุ่มละ 5 คน จำนวน 8 กลุ่ม ครูตั้งคำถามกระตุ้นการคิด และกำหนดปัญหาในการสร้างนวัตกรรม “ผลผลิตทางการเกษตรในภูมิภาคต่าง ๆ ต้องขนส่งมาจำหน่ายตลาดหรือส่งเข้าโรงงานอุตสาหกรรมอาหารต่าง ๆ ในภาคกลาง การขนส่งผลผลิตทางการเกษตรจากแหล่งผลิตนิยมขนส่งทางรถยนต์เป็นหลัก ซึ่งต้องใช้เวลานานซึ่งนั่นมักจะเกิดปัญหาผลผลิตทางการเกษตรเน่าเสียอันเนื่องมาจากความร้อนระหว่างการขนส่ง” ให้นักเรียนออกแบบแบบจำลองต้นขนส่งสินค้ากัน ความร้อนเพื่อให้สามารถเก็บผลผลิตทางการเกษตรโดยไม่ให้เน่าเสียระหว่างทาง หลังจากนั้นนำเข้าสู่กระบวนการคิดเชิงวิศวกรรม **ขั้นตอนที่ 1 ระบุปัญหาและ ขั้นตอนที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา** สังเกตพฤติกรรมและตอบข้อซักถาม อธิบายแนวคิดและหลักการเพิ่มเติม ระหว่างนี้ครูทำการประเมินทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมของนักเรียนเก็บเป็นคะแนนก่อนเรียน (Pre-test) จัดนักเรียนเข้าห้องย่อยใน ZOOM Meeting ตามกลุ่มไปรวบรวมแนวคิดและกลับมาสรุปปัญหาที่ห้องใหญ่ 3) ออกแบบวิธีแก้ปัญหามาตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEM) โดยต้องทดลองและปรับปรุงแก้ไขให้มีคุณภาพ ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปสิ่งที่เรียนในคาบนั้น ๆ และครูให้นักเรียนไปออกแบบนวัตกรรมที่จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหาตามโจทย์ที่กำหนด แล้วนำมานำเสนอทางออนไลน์ในครั้งถัดไป

แผนการจัดการเรียนรู้รายสัปดาห์ที่ 2 จำนวน 3 คาบเรียน ทบทวนความรู้เดิมและสอบถามถึงกิจกรรมที่ได้ไปทำในระหว่างสัปดาห์ว่าเป็นอย่างไรบ้าง สำเร็จหรือไม่ เพื่อที่จะเข้าสู่ขั้นการสอนด้วยการนำเสนอ **ขั้นตอนที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา** หรือนวัตกรรมของแต่ละคนที่ได้ออกแบบเพื่อแก้ปัญหามาตามโจทย์ที่กำหนด นักเรียนแต่ละคนนำเสนอแนวคิดการแก้ปัญหาพร้อมทั้งนวัตกรรมที่ได้สร้างขึ้น มา และ **ขั้นตอนที่ 4 การวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา** โดยครูตั้งคำถามกระตุ้นการคิดว่าผลที่ได้จาก **ขั้นตอนที่ 5 การทดสอบประเมินผลชิ้นงานหรือการทดลองใช้นวัตกรรมนั้นส่งผลดีอย่างไร** สามารถแก้ปัญหาได้หรือไม่ อย่างไร และจะปรับปรุงต่อไปได้อย่างไร โดยกระบวนการสร้างนวัตกรรมนั้นเป็นอย่างไรบ้าง มีอุปสรรคอย่างไร สังเกตพฤติกรรมและตอบข้อซักถาม อธิบายแนวคิดและหลักการเพิ่มเติม พร้อมทั้งประเมินทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมของนักเรียนเก็บเป็นคะแนนการทดลอง (Try out) ให้นักเรียนได้วิเคราะห์นวัตกรรมของเพื่อนนักเรียนที่นำเสนอ ว่ามีความเป็นไปได้อย่างไร ช่วยกันอภิปรายว่าเกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษาและมีการใช้แนวคิดเชิงวิศวกรรมอย่างไร ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปว่านวัตกรรมที่เกิดขึ้นนั้นมาจากการวางแผนที่ดี และดำเนินการตามแนวทางสะเต็มศึกษาและการคิดเชิงวิศวกรรม หลังจากที่ได้อภิปรายร่วมกัน ให้นักเรียนนำนวัตกรรมที่ได้ ไปดำเนินการพัฒนาเพิ่มเติมหรือแก้ไขให้มีคุณภาพดียิ่งขึ้นแล้วมานำเสนอในสัปดาห์ถัดไป

แผนการจัดการเรียนรู้รายสัปดาห์ที่ 3 จำนวน 3 คาบเรียน ทบทวนความรู้เดิมและสอบถามถึงนวัตกรรมที่ได้นำเสนอในสัปดาห์ที่ 2 และ **ขั้นตอนที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาชิ้นงาน** ได้นำกลับไปพัฒนาหรือแก้ไขว่าเป็นอย่างไรบ้าง สำเร็จหรือไม่ มีคุณภาพดีขึ้นหรือไม่ จากนั้นนักเรียนแต่ละคนนำเสนอแนวคิดการแก้ปัญหารวมทั้งนวัตกรรมที่ได้ปรับปรุงจากครั้งแรก โดยครูตั้งคำถามกระตุ้นการคิดว่าหลังจากได้อภิปรายร่วมกันครั้งแรกแล้ว นำผลการอภิปรายไปปรับปรุงนวัตกรรมอย่างไร และเกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษาและมีการใช้แนวคิดเชิงวิศวกรรมอย่างไร สังเกตพฤติกรรมและตอบข้อซักถาม อธิบายแนวคิดและหลักการเพิ่มเติม พร้อมทั้งประเมินทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมของนักเรียนครั้งที่ 2 ให้นักเรียนได้วิเคราะห์นวัตกรรมของเพื่อนนักเรียนที่นำเสนอ ว่ามีความเป็นไปได้หรือไม่ ปรับปรุงแล้วเป็นอย่างไร ช่วยกันอภิปรายว่าเกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา

และมีการใช้แนวคิดเชิงวิศวกรรมอย่างไร ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปว่านวัตกรรมที่เกิดขึ้นนั้นมาจากการวางแผนที่ดี ผ่านการ ทบทวนและปรับปรุง จากดำเนินการตามแนวทางสะเต็มศึกษาและการคิดเชิงวิศวกรรม เพื่อที่จะนำไปสู่ทักษะการคิดเชิง นวัตกรรมของนักเรียน

3) ผู้วิจัยประเมินทักษะทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมของนักเรียนระหว่างที่นักเรียนนำเสนอและตอบคำถามตามแบบ ประเมินทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมที่ได้สร้างขึ้นจำนวน 2 ครั้ง และนำมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อเก็บเป็นคะแนนหลังเรียน

4) ให้นักเรียนประเมินความพึงพอใจในการเรียนด้วยสะเต็มศึกษาและการคิดเชิงวิศวกรรม เรื่อง พลังงานความร้อน

5) นำผลการประเมินที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูล การจัดการเรียนรู้ออนไลน์รายวิชาวิทยาศาสตร์ 2 (ว 21102) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง พลังงาน ความร้อน ด้วยสะเต็มศึกษาร่วมกับการคิดเชิงวิศวกรรม ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนที่ได้ จากแบบประเมินทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) เปรียบเทียบทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมของนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างก่อนและหลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา วิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้สถิติ t-test dependent และศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนคะแนนที่ได้จากแบบประเมินความพึงพอใจในการเรียน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1) การจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์ โดยใช้สะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรมที่ส่งผลต่อ ทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม

แผนการจัดการเรียนรู้ออนไลน์รายวิชาวิทยาศาสตร์ 2 (ว 21102) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง พลังงานความร้อน ด้วยสะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรม เป็นแผนการจัดการเรียนรู้รายหน่วย จำนวน 1 แผน ระยะเวลา 3 สัปดาห์ ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้รายสัปดาห์ จำนวน 3 แผน ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ได้ประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ ตรวจสอบความถูกต้อง ความชัดเจนของการจัดการเรียนรู้ด้วยสะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรมและประเมินคุณภาพ ของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้เป็นแบบประเมินความคิดเห็นมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) เมื่อนำความคิดเห็นจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน มาหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) คุณภาพของแผนการจัดการ เรียนรู้มีค่าเท่ากับ 4.94 แปลความหมายของค่าเฉลี่ยในระดับแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมากที่สุด โดยมีข้อเสนอแนะ จากผู้เชี่ยวชาญว่าเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้และส่งเสริมการเรียนรู้ในรูปแบบสะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิง วิศวกรรม และเป็นการคิดค้นที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีทักษะที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ที่ยอดเยี่ยม เหมาะสมสำหรับการเผยแพร่ให้กับ สังคมและผู้ที่เกี่ยวข้องการรูปแบบการจัดการเรียนในยุคปัจจุบัน

สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ว่า แผนการจัดการเรียนรู้ออนไลน์รายวิชาวิทยาศาสตร์ 2 (ว 21102) ชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง พลังงานความร้อน ด้วยสะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรม ได้จัดสร้างตามเนื้อหาตามหลักสูตร สถานศึกษาในเรื่องการถ่ายโอนความร้อน โดยใช้สะเต็มศึกษาซึ่งมีหลัก S T E และ M ทำให้นักเรียนสามารถนำองค์ความรู้ จากสหวิทยาการมาใช้ร่วมกันเพื่อสร้างนวัตกรรมที่ตอบสนองสังคมได้ และเมื่อนำสะเต็มศึกษามารวมกับการคิดเชิง วิศวกรรมที่มีกระบวนการ 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ระบุปัญหา 2) รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 3) ออกแบบ วิธีการแก้ปัญหา 4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 5) ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน และ 6) นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน เป็นการส่งเสริมกระบวนการคิดให้กับนักเรียนมากยิ่งขึ้น จากการ สังเกตของผู้วิจัย ขณะที่นักเรียนกำลังระดมความคิด นักเรียนคิดตามลำดับขั้นของกระบวนการคิดเชิงวิศวกรรมเป็นการช่วยให้นักเรียนสามารถออกแบบและพัฒนานวัตกรรมที่ตอบสนองโจทย์ปัญหาได้ นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ออกแบบแผนการจัดการเรียนการสอนรายสัปดาห์เป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์ สัปดาห์ที่ 1 เป็นการวิเคราะห์ปัญหาและร่วมกันพูดคุยเพื่อให้ได้แนวทางการแก้ปัญหา และมอบหมายงานให้ลงมือทำ โดยในสัปดาห์ที่ 2 เมื่อนักเรียนนำเสนอผลงานนวัตกรรมที่ได้ลงมือทำครั้งแรกแล้วและได้ฟังการ นำเสนอของกลุ่มอื่น โดยอาจารย์ได้ช่วยกระตุ้นความคิดนักเรียนว่านวัตกรรมที่นักเรียนออกแบบมานั้น ยังสามารถพัฒนาต่อไป เพื่อให้นวัตกรรมนั้นดีขึ้นได้หรือไม่อย่างไร ทำให้นักเรียนมีแนวคิดที่สามารถพัฒนาต่อไปได้อีก โดยเมื่อนักเรียนได้ลงมือพัฒนา และปรับปรุงมานำเสนอในสัปดาห์ที่ 3 นั้น พบว่านักเรียนสามารถพัฒนานวัตกรรมได้ดียิ่งขึ้น เมื่อทดลองใช้สามารถตอบโจทย์ใน การแก้ปัญหาได้ดีกว่าในการพัฒนานวัตกรรมครั้งแรก

ดังนั้น ในการออกแบบกระบวนการเรียนการสอนโดยใช้สะเต็มศึกษาบูรณาการกับการคิดเชิงวิศวกรรมนั้นเป็น การขับเคลื่อนการพัฒนานวัตกรรมได้อย่างเป็นลำดับขั้นตอน และสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้อย่างดี ในการ ดำรงชีวิตในสังคมยุคปัจจุบันที่มีความซับซ้อน จำเป็นต้องอาศัยการบูรณาการทักษะต่าง ๆ รวมทั้งความรู้ในแขนงวิชา หลากหลายสาขา เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาในการตอบสนองสังคม การจัดการเรียนรู้ตามหลักสะเต็มศึกษาจะช่วยให้การบูรณาการ

ระหว่างศาสตร์สาขาทำได้ โดยเฉพาะเมื่อต้องการนวัตกรรมในการใช้งานสามารถใช้การออกแบบเชิงวิศวกรรมมาขับเคลื่อนสะเต็มศึกษา ที่มีกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับคณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ สำหรับการออกแบบเชิงวิศวกรรมอาจมีขั้นตอนไม่ตายตัว แต่มีลักษณะสอดคล้องกันและเป็นแนวทางให้ผู้สอนออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนออกแบบการแก้ปัญหาที่นำไปใช้จริง ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของ Lertdechapat and Faikhamta (2021) ได้กล่าวไว้ว่า การระบุและให้ข้อมูลเกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหาที่ผู้เรียนมีโอกาสได้เผชิญในชีวิตจริง จะช่วยให้ผู้เรียนตระหนักถึงความสำคัญของการหาแนวทางแก้ไขปัญหานั้นได้ การระบุปัญหาที่เป็นไปได้ การวิเคราะห์สาเหตุและผลกระทบของปัญหาข้างต้น จะช่วยให้ผู้เรียนลำดับความสำคัญของปัญหา ช่วยให้ผู้เรียนระบุแนวทางแก้ปัญหาและลงมือสร้างชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหาได้สำเร็จ กำหนดเงื่อนไขที่สอดคล้องกับความเป็นจริง จะช่วยให้ผู้เรียนตระหนักถึงความเป็นไปได้ในการออกแบบและพัฒนาแนวทางการแก้ปัญหาที่นำมาใช้ในชีวิตจริง การสำรวจตรวจสอบเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา และแนวทางการแก้ปัญหาที่หลากหลาย จะช่วยให้ผู้เรียนตัดสินใจเลือกแนวทางการแก้ปัญหาที่เหมาะสม โดยคำนึงถึงเงื่อนไขและข้อจำกัดที่กำหนด การออกแบบแนวทางการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงเงื่อนไข แนวทางการแก้ปัญหาอาจเป็นชิ้นงานหรือขั้นตอนการแก้ปัญหา ขึ้นกับลักษณะของปัญหาที่วิเคราะห์จากสถานการณ์ การสร้างและทดสอบชิ้นงานเป็นระยะ ๆ เพื่อปรับปรุงชิ้นงานเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการสร้างชิ้นงานให้บรรลุเงื่อนไข การทดสอบประสิทธิภาพของชิ้นงานจะช่วยให้ผู้เรียนทราบว่าผลของการดำเนินการแก้ปัญหาตามแนวทางการแก้ปัญหาที่ออกแบบนั้นสามารถแก้ปัญหาที่ระบุไว้ได้อย่างไร การยอมรับความล้มเหลวของผลการทดสอบ และข้อควรปรับปรุงของชิ้นงานจะช่วยให้ผู้เรียนมีข้อมูลเป็นพื้นฐานในการปรับปรุงแนวทางการแก้ปัญหา ต้องคำนึงถึงคุณค่าของการสร้างชิ้นงาน ความเป็นมิตรกับธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ช่วยให้การออกแบบแนวทางการแก้ปัญหานั้นนำไปใช้ได้ในชีวิตจริง สุดท้ายการคิดอย่างมีวิจารณญาณ การทำงานเป็นทีม และการสื่อสาร เป็นเครื่องมือที่ช่วยให้ผู้เรียนปฏิบัติตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับสมาชิกกลุ่มได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2) ทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์โดยใช้สะเต็มศึกษาศูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรม

จากการวิเคราะห์คะแนนการประเมินทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยสะเต็มศึกษาศูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อให้นักเรียนมีแนวคิดเชิงนวัตกรรมที่ดีขึ้นและทำให้เกิดนวัตกรรมใหม่ที่ตอบสนองต่อสังคม โดยใช้แบบประเมินทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 40 คน พบว่ามีค่าเฉลี่ย 18.04 คะแนน สูงกว่าก่อนเรียนด้วยสะเต็มศึกษาศูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรม คือ 9.48 คะแนน และใช้สถิติทดสอบที่สำหรับการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของประชากรกลุ่มเดียว (t-test for dependent samples) มีค่า $t = 31.32$ ดังตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยสะเต็มศึกษาศูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรม นักเรียนมีทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมสูงกว่าก่อนการเรียนด้วยสะเต็มศึกษาศูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรมที่ระดับนัยสำคัญ .01

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์คะแนนการประเมินทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยสะเต็มศึกษาศูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรม

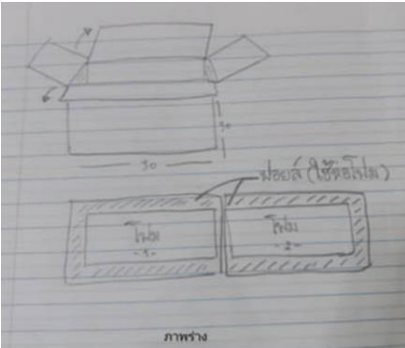
กลุ่มตัวอย่าง	N	$\bar{X}$	S.D.	t stat	Sig
ก่อนเรียน	40	9.48	1.79	31.32*	0.000
หลังเรียน	40	18.04	0.80		

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ .01

สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ว่าการคิดเชิงนวัตกรรมของนักเรียนที่ดีขึ้นนั้นเป็นเพราะใช้การคิดเชิงวิศวกรรมซึ่งมีการคิดเป็นขั้นตอน โดยนักเรียนสามารถวิเคราะห์ปัญหาและออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาสำเร็จ รวมทั้งยังมีขั้นตอนของการปรับปรุงชิ้นงาน ให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นอีกด้วย

เมื่อพิจารณาการเรียนในสัปดาห์ที่ 1 เมื่ออาจารย์แจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ในคาบและทบทวนความรู้เดิมเกี่ยวกับการถ่ายโอนความร้อนโดยการตั้งคำถามจากสาระสำคัญว่าในการถ่ายโอนความร้อนแต่ละแบบต้องมีตัวกลางหรือไม่ อย่างไร พบว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถตอบคำถามได้ว่าการนำความร้อนต้องมีตัวกลางเป็นของแข็ง การพาความร้อนต้องมีตัวกลางเป็นของเหลวหรือแก๊สและการแผ่รังสีความร้อนไม่จำเป็นต้องอาศัยตัวกลาง หลังจากนั้นนำนักเรียนร่วมกันศึกษาสถานการณ์ที่กำหนด และร่วมกันพูดคุยถึงสาเหตุของปัญหาที่แท้จริง พบว่านักเรียนบางคนยังไม่สามารถบอกปัญหาที่แท้จริงได้ ระหว่างนี้อาจารย์ทำการประเมินทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมของนักเรียนเก็บเป็นคะแนนก่อนเรียน ซึ่งคะแนนก่อนเรียนมีค่าต่ำ หลังจากนั้นอาจารย์แบ่งกลุ่มนักเรียนกลุ่มละ 5 คน จำนวน 8 กลุ่ม และสอนให้นักเรียนคิดด้วยกระบวนการคิดเชิงวิศวกรรม เมื่อนักเรียน

ได้แยกย้ายกันในระบบห้องย่อยใน ZOOM ตามกลุ่มไปรวบรวมแนวคิดและกลับมาสรุปปัญหา โดยต้องทดลองและปรับปรุง แก้ไขให้มีคุณภาพ โดยได้ตัวอย่างของภาพร่าง ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ตัวอย่างภาพร่างนวัตกรรมที่ได้จากการเข้ากลุ่มของนักเรียนในครั้งแรก

เมื่อพิจารณาการเรียนรู้ในสัปดาห์ที่ 2 อาจารย์ได้ทบทวนสถานการณ์และสอบถามปัญหากับนักเรียนอีกครั้ง พบว่า ครั้งนี้นักเรียนตอบได้ว่าปัญหาที่แท้จริงของสถานการณ์คืออะไร หลังจากนั้นอาจารย์ให้แต่ละกลุ่มนำเสนอนวัตกรรมที่ใช้ในการ แก้ปัญหา และการบันทึกข้อมูลตามกระบวนการคิดเชิงวิศวกรรม ตัวอย่างดังภาพที่ 3

กระบวนการคิดเชิงวิศวกรรม	
ขั้นตอนที่ 1 ระบุปัญหา (Problem Identification) เป็นการทำความเข้าใจปัญหาหรือความท้าทาย วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา	เมื่อต้องขนส่งผลผลิตทางเกษตรจากสวนชาเข้าห่วย ต้องใช้รถบรรทุกไปขนส่ง ซึ่งทำให้เกิดปัญหา ผลผลิตเสียหายเนื่องจากความแออัดระหว่างทางที่ขนส่ง
ขั้นตอนที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) เป็นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ ข้อดีและข้อจำกัด	- เลือกวัสดุที่เหมาะสมกับวัสดุ คือ โฟม พลาสติก และ กระดาษแข็ง - ขนาดของกล่องต้องไม่เกิน 30x30x30 ซม. - เนื้อที่ว่างภายในกล่องต้องให้รถบรรทุกเข้าออกสะดวก - กล่องที่บรรจุจะต้องปิดให้สนิทเพื่อไม่ให้ความชื้นเข้าไปในกล่องได้

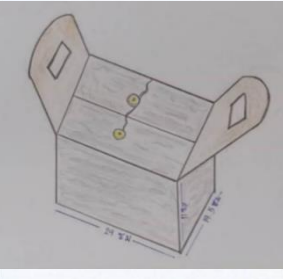
ภาพที่ 3 ตัวอย่างการระบุปัญหาและการรวบรวมข้อมูล

เมื่อนักเรียนระบุปัญหาและรวบรวมแนวคิดที่เกี่ยวข้องแล้ว นักเรียนได้ช่วยกันระดมความคิดสำหรับออกแบบวิธีแก้ปัญหาตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEM) จะเห็นว่านักเรียนได้แนวคิดมาจากกล่องส่งอาหารของพนักงานส่งอาหารและประยุกต์มาจากวัสดุเหลือใช้ในบ้าน นักเรียนบันทึกลงในตารางและออกแบบภาพร่างตัวอย่างดังภาพที่ 4 และภาพที่ 5

กระบวนการคิดเชิงวิศวกรรม	
ขั้นตอนที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) เป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด	ได้แนวคิดมาจากกล่องส่งอาหาร แล้วนำเอากระดาษใช้ทำเป็นรูปแบบของภาชนะ โดยการใช้วัสดุเหลือใช้จากบ้านและประดิษฐ์ โดยเราใช้กระดาษลังขนาด 19.5 x 29 x 21 ซม. โฟมแผ่นหนา 1.2 ซม. และ 2.5 ซม. และพลาสติกสำหรับห่ออาหาร โดยเราคิดว่า โฟมกับพลาสติกดีที่สุดที่สามารถใส่ของได้
ขั้นตอนที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) เป็นการกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการ แล้วลงมือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา	1) ใช้แผ่นพลาสติกประกบกับแผ่นโฟม ขนาด 23x10 ซม. 2) เจาะรูเพื่อใส่หลอด 2 ด้าน 3) ใช้พลาสติกห่อหลอดให้แน่นหนา 4) ใช้แผ่นพลาสติกประกบกับแผ่นโฟมด้านข้าง ขนาด 19.5 x 8 ซม. และทำการเจาะรูด้านข้างให้พอดี 5) เจาะรูที่ด้านข้าง 2 ข้าง

ภาพที่ 4 ตัวอย่างการออกแบบวิธีการและการวางแผนการแก้ปัญหา

➢ ให้นักเรียนระบุอุปกรณ์, วิธีการทดลอง และวาดภาพวงจรที่นักเรียนออกแบบ

อุปกรณ์ที่ใช้	วิธีการทดลอง	ภาพร่าง
1 กล้องกระดาษลัง	1 ทำขวดน้ำไปแช่ในตู้เย็น	
2 ไข่ต้ม	2 ทำขวดน้ำออกมาจากตู้เย็น	
3 พายุลูก	3 วัดอุณหภูมิขวดน้ำ	
4 ปืนท้าว	4 ทำขวดน้ำใส่กล่องที่ประดิษฐ์ขึ้น	
5 สีสีกาแฟ	5 ปิดฝากล่อง นำไปตั้งไว้ในความมืด 30 นาที	
6 กรรไกร	6 เมื่อครบ 30 นาที ทำขวดน้ำออกจากกล่อง	
7 ตัวลวดที่เป่าหม้อ	6 วัดอุณหภูมิขวดน้ำอีกครั้ง	
8 ขวดน้ำขนาด 600 มล.	7 เปรียบเทียบอุณหภูมิของน้ำ	
9 เทอร์โมมิเตอร์		

ภาพที่ 5 ตัวอย่างการออกแบบวงจรสำหรับแก้ปัญหา

จากการออกแบบวิธีการและการวางแผนการแก้ปัญหาทำให้เห็นว่าการนักเรียนสามารถประยุกต์เอาหลักการเกี่ยวกับการถ่ายโอนความร้อนมาใช้งานพร้อมทั้งยังมองเห็นสิ่งรอบตัวที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ให้สัมพันธ์กับการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดได้ และเมื่อนักเรียนแต่ละกลุ่มได้นำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาโดยใช้วงจรที่ได้ออกแบบมา ตัวอย่างดังภาพที่ 6 พบว่านักเรียนแต่ละกลุ่มสามารถป้องกันความร้อนไม่ให้เข้าไปในกล่องที่นักเรียนใส่ขวดน้ำเอาไว้ โดยเมื่อเวลาผ่านไป 30 นาที น้ำที่อยู่ในกล่องยังมีอุณหภูมิสูงขึ้นไม่มากและในบางกลุ่มอุณหภูมิเท่ากับตอนเริ่มต้น



ภาพที่ 6 ตัวอย่างวงจรที่ใช้ในการแก้ปัญหา

หลังจากที่นักเรียนได้ฟังการนำเสนอของเพื่อนและวิเคราะห์หวัตรกรรมของเพื่อนนักเรียนที่นำเสนอ ว่ามีความเป็นไปได้ที่จะนำไปใช้งาน นักเรียนช่วยกันอภิปรายว่าเกี่ยวข้องกับศาสตร์ใดและมีวิธีการใช้แนวคิดเชิงวิศวกรรมตามขั้นตอนมาถึงขั้นที่ 5 โดยแต่ละกลุ่มจะบันทึกในใบงานดังตัวอย่าง ภาพที่ 7 เป็นการบันทึกผลการทดสอบครั้งแรก ดังนั้น ในสัปดาห์นี้อาจารย์ได้ให้ข้อคิดว่าการพัฒนานวัตกรรมที่จะนำไปใช้งานได้นั้นควรที่จะศึกษาข้อผิดพลาดหรือข้อด้อยของชิ้นงานแล้วนำชิ้นงานไปปรับปรุงเพิ่มเติมเพื่อให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น

5.ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นการทดสอบและประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการ โดยผลที่ได้ อาจนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมที่สุด	- ทำขวดน้ำวางทิ้งไว้ 30 นาที ได้ผลคือ - ขวดที่วางไว้ในกล่องอุณหภูมิเท่าเดิมคือ 0.9 °C - ขวดที่วางทิ้งไว้ มีอุณหภูมิสูงขึ้นเป็น 9 °C ปรับปรุง ใช้ฟอยล์หุ้มรอบๆ กล่องกระดาษฉนวน วิธีการทดลองหลังปรับปรุง เพิ่มเวลาที่วางทิ้งไว้ จาก 30 นาที เป็น 1 ชั่วโมง เพื่อทดสอบว่า กล่องสามารถกับความเย็นได้นานเท่าใด
---	--

ภาพที่ 7 การบันทึกผลการทดสอบนวัตกรรม

จากการนำเสนอของนักเรียนในแต่ละกลุ่มพบว่านักเรียนมีแนวคิดที่หลากหลายตามความคิดของแต่ละกลุ่ม ซึ่งทุกกลุ่มได้ใช้หลักการการถ่ายโอนความร้อนสำหรับออกแบบนวัตกรรมที่สามารถป้องกันความร้อนเข้าไปให้ได้มากที่สุด หลังจากนั้นให้นักเรียนนำไปปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น แล้วมานำเสนออีกครั้งในสัปดาห์ที่ 3

เมื่อพิจารณาการเรียนในสัปดาห์ที่ 3 นักเรียนนำเสนอนวัตกรรมที่ได้นำไปปรับปรุงให้ดีขึ้น แต่ละกลุ่มได้มีการพัฒนาต่อมาน้อยแตกต่างกัน โดยได้ร่วมกันอภิปรายและได้แนวทางคำแนะนำจากเพื่อนในห้อง ได้ตัวอย่างดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 ตัวอย่างนวัตกรรมที่ได้ปรับปรุงแก้ไขให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

ซึ่งนักเรียนกลุ่มนี้ได้ปรับปรุงเพิ่มเติมโดยใช้ฟอยล์อะลูมิเนียมหุ้มด้านนอกกล่องเพิ่มอีกชั้นหนึ่ง โดยให้เหตุผลว่าฟอยล์มีคุณสมบัติในการสะท้อนความร้อนได้ดีเมื่อนำมาหุ้มด้านนอกเพิ่มอีก 1 ชั้น จะทำให้น้ำที่อยู่ในกล่องสามารถคงอุณหภูมิไว้ได้นานยิ่งขึ้น โดยอาจารย์แนะนำให้ลองทดสอบที่เวลา 1 ชั่วโมง เป็นการเพิ่มจากครั้งแรกสองเท่า ซึ่งนักเรียนแต่ละกลุ่มจะบันทึกข้อมูลการทดสอบชิ้นงานที่ได้ปรับปรุง แสดงตัวอย่างดังภาพที่ 9

6.นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือ ชิ้นงาน (Presentation) เป็นการนำเสนอแนวคิดและ ขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการ พัฒนาวิธีการ ให้ผู้อื่นเข้าใจและได้ข้อเสนอแนะเพื่อ การพัฒนาต่อไป	- น้ำเย็นก่อนที่จะวางทิ้งไว้มีอุณหภูมิ 3.9 °C ทิ้ง 2 ชม. หลังจากทิ้งวางทิ้งไว้ 30 นาที และ 1 ชั่วโมงความลึกชั้น ได้ผลคือ - ขวดที่วางไว้ใกล้ช่องมีอุณหภูมิ 4.1 °C และ 4.6 °C ตามลำดับ - ขวดที่วางทิ้งไว้มีอุณหภูมิ 14.3 °C และ 22.6 °C ตามลำดับ
--	--

ภาพที่ 9 การบันทึกผลการทดสอบนวัตกรรมที่ได้ปรับปรุงแล้ว

เมื่อผ่านไป 3 สัปดาห์สรุปกิจกรรมของนักเรียนแต่ละกลุ่มซึ่งมีกระบวนการคิดและออกแบบชิ้นงานสรุปได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 สรุปการออกแบบชิ้นงานนวัตกรรมของนักเรียน

กลุ่มที่	ลักษณะชิ้นงานครั้งแรก	การปรับปรุงชิ้นงาน
1	ใช้กล่องโฟมและปูด้วยแผ่นฟอยล์ไว้ด้านใน	เพิ่มแปะฟอยล์ด้านนอก
2	กล่องโฟมซ้อนกัน 2 ใบ	แปะฉนวนกันความร้อนด้านนอก
3	กล่องกระดาษและใช้ฟอยล์ไว้ด้านในและด้านนอก	เติมน้ำแข็ง
4	กล่องกระดาษและใช้ฟอยล์ไว้ด้านในและใส่น้ำแข็งแห้ง	เพิ่มแปะฟอยล์ด้านนอก
5	ใช้กล่องโฟมและปูด้วยแผ่นฟอยล์ไว้ด้านใน และด้านนอก	เพิ่มลังไข่ซ้อนด้านบนและล่าง
6	ออกแบบกล่องทรง 3 เหลี่ยมทำจากโฟมและแปะฟอยล์ด้านใน	พันสีกะคริลิคสีขาวด้านนอกเพื่อให้สะท้อนความร้อนได้ดีขึ้น
7	ใช้กล่องโฟมและบุกระดาษหนังสือพิมพ์ไว้ด้านใน	เพิ่มฟอยล์ด้านนอกและบุกระดาษทับอีก 1 ชั้น
8	ใช้กล่องพลาสติกทรงด้วยโฟม 1 ชั้น	เพิ่มฟอยล์ด้านนอกและด้านใน

หลังจากนักเรียนได้ทดสอบนวัตกรรมแล้ว นักเรียนช่วยกันอภิปรายว่าเกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษาอย่างไรบ้าง ตัวอย่างดังภาพที่ 10

จากกิจกรรมทั้งหมดอาจารย์ประเมินทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมหลังเรียนเป็นครั้งที่สองพบว่า นักเรียนแต่ละคนสามารถตอบได้ว่าปัญหาคืออะไร และยังมีแนวทางในการแก้ปัญหาที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น เมื่อรวมกลุ่มกันช่วยกันระดมความคิด มีการเปิดโอกาสให้พูดและรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ทำให้นักเรียนได้ประมวลความคิดของกลุ่มตนเองและสามารถออกแบบนวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดได้เพราะการคิดเชิงวิศวกรรมทั้ง 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ระบุปัญหา 2) รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 5) ทดสอบประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน และ 6) นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน เป็นการส่งเสริมกระบวนการคิดให้กับนักเรียนมากยิ่งขึ้น ขณะที่นักเรียนกำลังระดมความคิด นักเรียนคิดตามลำดับขั้นของกระบวนการคิดเชิงวิศวกรรมเป็นการช่วยให้นักเรียนสามารถออกแบบและพัฒนานวัตกรรมที่ตอบสนองโจทย์ปัญหาได้ ซึ่ง Puchongprawet and Chantraukrit (2020) ได้จัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ โดยได้ศึกษากับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นในสังกัดคณะกรรมการอุดมศึกษา ให้นักเรียนได้เรียนรู้การทำโครงงานวิทยาศาสตร์ในการประดิษฐ์สิ่งประดิษฐ์ประกอบด้วยอุปกรณ์คัดแยกขนาด กังหันผลิตไฟฟ้า และนักเรียนได้ออกแบบสิ่งประดิษฐ์ตามความสนใจอีก 1 ชิ้น ซึ่งเมื่อจัดการเรียนการสอนด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมพบว่านักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์มากขึ้น ซึ่งเป็นเพราะนักเรียนรู้จักการวางแผนการแก้ปัญหาและใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าภายใต้ข้อจำกัดที่มี นักเรียนจึงมองปัญหาได้อย่างลึกซึ้งและมีมุมมองที่แตกต่างออกไปจากเดิม สามารถเชื่อมโยงปัญหาแล้วนำมาสร้างสิ่งประดิษฐ์หรือนวัตกรรมได้ นอกจากนี้ในการสร้างแบบจำลองทดสอบการใช้งานรวมถึงการพัฒนาชิ้นงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนและนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมที่ตอบโจทย์ได้

ระบุการแก้ปัญหาตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEM) หลังจากทดลองและปรับปรุงแก้ไขให้มีความเหมาะสม

- การถ่ายโอนความร้อน - ใช้วัสดุที่เป็นฉนวนความร้อน เช่น โฟม พอลิ S	- สืบค้นข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต ว่าวัสดุใดจะเหมาะสม - จดหาความร้อนได้ดีที่สุด - การใช้เทอร์โมมิเตอร์ T
E - เลือกใช้วัสดุที่เหมาะสม คือ กระจกฉนวน โฟม พอลิ - ออกแบบกล่องหุ้มเพื่อใส่วัสดุสำหรับการใช้จริง	M - คำนวณความยาวของหลอดหลอดไฟที่ต้องใช้และหลอด - การรับเวลา - คำนวณพื้นที่ของกล่องใส่โคมไฟ 30x30x30 ซม.

ภาพที่ 10 การแก้ปัญหาตามแนวทางสะเต็มศึกษา

สำหรับการนำการคิดเชิงวิศวกรรมมาขับเคลื่อนสะเต็มศึกษา โดยให้มองภาพของสะเต็มศึกษาเป็นภาพใหญ่แล้วการออกแบบด้วยหลักการคิดเชิงวิศวกรรมที่เป็นขั้นตอนที่ชัดเจนนั้นสามารถนำไปใช้ร่วมกับการศึกษาได้หลากหลายแขนงดังที่ Ratchawet, Suphimas and Chaijalearn (2019) ได้นำกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมไปใช้ร่วมกับภูมิปัญญาท้องถิ่น เรื่อง การย้อมสีด้วยฝ้ายจากแก่นไม้ฝาง และนำสะเต็มศึกษามาร่วมใช้โดยมีกิจกรรมเป็นขั้นตอน ขั้นตอนที่ 1 ให้ผู้เรียนแข่งขันการพัฒนาเจดสีจากการย้อมสีด้วยฝ้ายจากแก่นไม้ฝางขึ้นในชุมชน ขั้นตอนที่ 2 พัฒนาเจดสีจากการย้อมสีด้วยฝ้ายจากแก่นไม้ฝาง และขั้นตอนที่ 3 ผลิตผ้าพันคอ ตกแต่งลวดลายให้มีรูปทรงเรขาคณิตอยู่บนผ้าพันคออย่างน้อย 4 รูปทรง (ไม่ซ้ำกัน) และได้ผ้าพันคอจากผ้าฝ้ายทอมือย้อมสีธรรมชาติที่มีความยาวมากที่สุด ซึ่งผลการวิจัยพบว่า ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้และประสบการณ์ที่ผู้เรียนมีอยู่เกี่ยวกับความรู้ใหม่เรื่องการย้อมสีด้วยฝ้ายจากสีธรรมชาติ พัฒนาผู้เรียนให้มีทักษะในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ ซึ่งแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมให้ความสำคัญกับการวางแผนการทดลอง การปฏิบัติงาน การออกแบบการทดลอง และการออกแบบสร้างสรรค์ผลงานผ่านการปฏิบัติอย่างเป็นรูปธรรม กระตุ้นให้ผู้เรียนมีความสนใจในการศึกษาค้นคว้าและสร้างสรรค์ผลงานด้วยตนเองผ่านการลงมือปฏิบัติ ทำให้การใช้เทคนิคร่วมกันระหว่างสะเต็มศึกษากับการออกแบบเชิงวิศวกรรมทำให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะและการสร้างสรรค์สิ่งที่ตอบโจทย์ของสังคมได้อย่างดี

นอกจากนี้ยังมีการจัดการเรียนการสอนสะเต็มศึกษาด้วยการออกแบบเชิงวิศวกรรมและเทคโนโลยีเลียนแบบธรรมชาติ การบูรณาการความรู้จากการสังเกตจากธรรมชาติเพื่อมาใช้ในการออกแบบเชิงวิศวกรรมจนเกิดการสร้างสรรค์เทคโนโลยีที่นำไปสู่การแก้ปัญหาบนฐานคิดของการอนุรักษ์ธรรมชาติและระบบนิเวศ แนวคิด Biomimicry อาศัยการจำลองกลไกการปรับตัวในระดับต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตตั้งแต่ระดับโมเลกุล เซลล์ จนถึงโครงสร้างทางกายวิภาคของสิ่งมีชีวิต โดยสามารถ

สอดแทรกเข้าไปในบทเรียนระหว่างเนื้อหาการเรียน เช่น โครงสร้างทางชีวโมเลกุล และเซลล์ ระบบนิเวศ ความหลากหลายทางชีวภาพ ซึ่งไม่ว่าจะเป็นเนื้อหาใดการเรียนการสอนตามแนวทางของสะเต็มศึกษาจึงอาศัยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ตั้งแต่การตั้งคำถามการคิดวางแผน การผลิต ไปถึงการปรับปรุงโดยใช้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ เป็นแกนหลักในการต่อยอดไปสู่การสร้างสรรคเพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำองค์ความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ (Putwattana, 2018)

แม้จะเป็นการเรียนออนไลน์ก็ตาม นักเรียนสามารถปรับตัวให้เข้ากับสถานการณ์โดยใช้การเข้ากลุ่มผ่านระบบห้องย่อยของ ZOOM หรือนักเรียนแบ่งงานกันตามความเหมาะสมว่าใครถนัดสิ่งใดรับอาสาทำสิ่งนั้น จากที่กล่าวมานอกจากจะทำให้ นักเรียนนั้นมีทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมดีขึ้นแล้วยังเป็นการทำให้ นักเรียนได้รู้จักกันมากยิ่งขึ้น เพราะนักเรียนรุ่นนี้เรียนออนไลน์มาตั้งแต่เปิดภาคเรียนที่ 1 ยังไม่เคยมาเรียนที่โรงเรียนและพบปะเพื่อนแม้แต่ครั้งเดียว นักเรียนยังสามารถทำงานร่วมกันจนประสบความสำเร็จได้

3) ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์ด้วยสะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรม

การเรียนด้วยสะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรมผู้วิจัยได้สอบถามความพึงพอใจของนักเรียนในการเรียนด้วยสะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรม แบ่งเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านที่ 1 กระบวนการจัดการเรียนรู้ ด้านที่ 2 บรรยากาศการเรียนรู้อ และด้านที่ 3 ประโยชน์จากการเรียนรู้แบบออนไลน์ด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรม โดยใช้มาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ เมื่อวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยได้ผลความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์โดยใช้สะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรมที่ส่งผลต่อทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์โดยใช้สะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรมที่ส่งผลต่อทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
ด้านที่ 1 กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์ด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรม	4.52	0.75	พึงพอใจมากที่สุด
1. ทำให้นักเรียนได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ และจินตนาการ	4.53	0.60	พึงพอใจมากที่สุด
2. ทำให้นักเรียนและครูมีส่วนร่วมในการเรียนรู้มากขึ้น	4.60	0.81	พึงพอใจมากที่สุด
3. ทำให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนแบบออนไลน์มากขึ้น	4.38	0.87	พึงพอใจมาก
4. ทำให้นักเรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนในขณะที่เรียนออนไลน์หรือนอกเวลามากขึ้น	4.53	0.75	พึงพอใจมากที่สุด
5. ทำให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองมากขึ้น	4.55	0.75	พึงพอใจมากที่สุด
ด้านที่ 2 บรรยากาศการเรียนรู้อย่างออนไลน์ด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรม	4.47	0.72	พึงพอใจมาก
6. สร้างบรรยากาศที่ดีในห้องเรียนออนไลน์	4.43	0.68	พึงพอใจมาก
7. นักเรียนเรียนออนไลน์อย่างมีความสุข	4.53	0.72	พึงพอใจมากที่สุด
8. นักเรียนมีความกระตือรือร้นอยากเรียนมากขึ้น	4.43	0.64	พึงพอใจมาก
9. นักเรียนรู้สึกสนุกกับการเรียน	4.38	0.67	พึงพอใจมาก
10. นักเรียนสามารถแสดงความคิดเห็นหรือตอบคำถามได้อย่างอิสระ	4.58	0.90	พึงพอใจมากที่สุด
ด้านที่ 3 ประโยชน์จากการเรียนรู้แบบออนไลน์ด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรม	4.55	0.58	พึงพอใจมากที่สุด
11. ทำให้นักเรียนเกิดทักษะที่จำเป็นในหลายด้าน	4.58	0.59	พึงพอใจมากที่สุด
12. นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ในรายวิชาคณิตศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และวิทยาศาสตร์เข้าด้วยกัน	4.53	0.55	พึงพอใจมากที่สุด
13. ช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้จากบทเรียนเข้ากับปัญหาในชีวิตประจำวันได้	4.53	0.55	พึงพอใจมากที่สุด
14. มีกิจกรรมให้ทำระหว่างเรียนทำให้การเรียนออนไลน์ไม่น่าเบื่อ	4.53	0.64	พึงพอใจมากที่สุด
15. ทำให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้ด้วยนวัตกรรมที่นักเรียนคิดและออกแบบ	4.58	0.59	พึงพอใจมากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม 3 ด้าน	4.51	0.44	พึงพอใจมากที่สุด

เมื่อวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยทั้ง 3 ด้าน ได้ผลความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์โดยใช้สะเต็มศึกษาบูรณาการ การคิดเชิงวิศวกรรมที่ส่งผลต่อทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม เท่ากับ 4.51 ± 0.44 คะแนน แปลผลได้ว่า นักเรียนพึงพอใจในระดับ มากที่สุด เมื่อพิจารณาแยกในแต่ละด้าน สามารถเรียงลำดับได้ดังนี้ ด้านที่นักเรียนพึงพอใจมากที่สุดคือด้านที่ 3 ประโยชน์จาก การเรียนรู้แบบออนไลน์ด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.55 ± 0.58 คะแนน แปล ผลได้ว่านักเรียนมีความพึงพอใจมากที่สุด ลำดับที่สองคือด้านที่ 1 กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์ด้วยรูปแบบสะเต็ม ศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.52 ± 0.75 คะแนน แปลผลได้ว่านักเรียนมีความพึงพอใจมากที่สุด และ ลำดับสุดท้ายคือด้านที่ 2 บรรยากาศการเรียนรู้แบบออนไลน์ด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรม มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.47 ± 0.72 คะแนน แปลผลได้ว่านักเรียนมีความพึงพอใจในระดับมาก

สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ว่า นักเรียนรุ่นนี้เรียนออนไลน์มาตั้งแต่เปิดภาคเรียนที่ 1 ยังไม่เคยมาเรียนที่โรงเรียน และพบปะเพื่อนแม้แต่ครั้งเดียว แม้จะเป็นการเรียนออนไลน์ก็ตาม นักเรียนสามารถปรับตัวให้เข้ากับสถานการณ์โดยใช้การเข้า กลุ่มผ่านระบบห้องย่อยของ ZOOM ทำให้ได้พูดคุยกับเพื่อน มีความสุขในการเรียนมากยิ่งขึ้น และยังได้ลงมือปฏิบัติในการสร้าง นวัตกรรมในการแก้ปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนด โดยในด้านที่ 2 บรรยากาศการเรียนรู้แบบออนไลน์ด้วยรูปแบบสะเต็ม ศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรม นักเรียนมีความพึงพอใจในระดับมาก ซึ่งมีความพึงพอใจน้อยกว่าอีกสองด้าน เมื่อพิจารณา ไปที่ข้อที่ได้คะแนนน้อยได้แก่ บรรยากาศในห้องเรียนออนไลน์ ความกระตือรือร้นอยากเรียนและนักเรียนสนุกกับการเรียน ซึ่ง ผู้วิจัยให้ข้อสังเกตว่าแม้จะเป็นกิจกรรมที่สามารถเข้าร่วมกลุ่มออนไลน์ได้ นักเรียนก็เรียนอยู่ที่บ้านเพียงคนเดียวหน้าคอมพิวเตอร์ อาจจะช่วยให้นักเรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนได้เพิ่มขึ้นแต่ก็ไม่เหมือนกับการได้มาทำกิจกรรมร่วมกับเพื่อนที่โรงเรียน และเป็น กิจกรรมกลุ่มที่ต้องมีการประดิษฐ์ชิ้นงาน ซึ่งด้วยสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 อาจารย์ได้ แนะนำให้นักเรียนใช้วิธีแบ่งงานกันทำหรือรับผิดชอบ เช่น นักเรียนคนใดที่มีอุปกรณ์พร้อมหรือสามารถประดิษฐ์ชิ้นงานที่บ้านได้ ให้อาสาเพื่อในกลุ่มรับผิดชอบ หรือนักเรียนคนใดที่ลายมือสวยหรือสามารถพิมพ์ใบงานได้ ให้รับผิดชอบงานนี้ หรือนักเรียนคน ใดที่มีความสามารถด้านการวาดภาพให้อาสาวาดภาพชิ้นงาน ส่วนเนื้อหาในการเขียนใบงานนั้นนักเรียนได้ใช้เวลาในการเข้า ห้องย่อยช่วยกันคิด ดังนั้น เมื่อนักเรียนได้ทำกิจกรรมจนเสร็จสิ้น ก็ยังรู้สึกที่ไม่เหมือนกับการเรียนในห้องเรียน แต่ว่าหาก พิจารณาภาพรวมแล้วนักเรียนก็ยังมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด เพราะนักเรียนได้ช่วยกันระดมความคิด ได้พูดคุยกันมากขึ้น และได้ลงมือสร้างชิ้นงานนวัตกรรมจริง ๆ ตามโจทย์ที่ได้รับมอบหมายที่เมื่อทดสอบแล้วทุกกลุ่มสามารถใช้งานได้จริง ดังนั้น การ เรียนรู้ไม่ถูกจำกัดแต่เพียงในหน้าจอเท่านั้น นักเรียนได้เรียนรู้จากการลงมือทำจริง ซึ่งสอดคล้องกับกับสะเต็มศึกษาและการเรียน ที่นักเรียนเป็นศูนย์กลาง รวมทั้งยังเป็นการเรียนรู้เชิงรุกได้อย่างดี โดย Srisuwan (2020) ได้นำเสนอรูปแบบการจัดการเรียนการ สอน ที่เกี่ยวข้องกับการประดิษฐ์ และโครงงานวิทยาศาสตร์เพื่อสร้างนักคิดและนักประดิษฐ์ได้ตลอดทุกที่และทุกเวลา โดยไม่ จำเป็นต้องเรียนแบบเดิมที่นักเรียนต้องเรียนทฤษฎีและปฏิบัติในช่วงเวลาและสถานที่ที่โรงเรียนกำหนดตามตารางเรียนเท่านั้น ดังนั้นการสร้างนักคิดนักประดิษฐ์ควรมีการจัดสรรเวลาและสถานที่ให้นักเรียนได้สามารถคิดและประดิษฐ์ตลอดเวลา โดยผู้วิจัย ได้สร้างรูปแบบการสอนแบบนวัตกรรมออนไลน์ขึ้นมาเพื่อสร้างนักคิดนักประดิษฐ์ผ่านเทคโนโลยีออนไลน์ในปัจจุบัน โดยใช้วิธีสร้าง กลุ่มออนไลน์ด้วยเฟซบุ๊ก มีกิจกรรมให้นักเรียนได้เรียนรู้ทฤษฎีและทักษะการสร้างสิ่งประดิษฐ์จากการจัดการเรียนการสอน ออนไลน์ควบคู่กับการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียน ครูให้คำปรึกษานักเรียนผ่านทางกลุ่มเฟซบุ๊ก และส่งความคืบหน้าผ่าน กลุ่มเฟซบุ๊กด้วยคลิปวิดีโอทำให้การจัดการเรียนการสอนสามารถทำได้ตลอดเวลา นักเรียนได้รับคำปรึกษาเพิ่มขึ้นสร้างสรรค์ ชิ้นงานที่มีคุณภาพเพิ่มขึ้นและสามารถส่งเข้าประกวดในรายการต่าง ๆ ได้จำนวนเพิ่มมากขึ้น เป็นการเพิ่มจำนวนนักคิดนัก ประดิษฐ์ได้มากขึ้น

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะจากการวิจัย

การศึกษาทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยจัดการเรียนการสอนด้วยสะเต็มศึกษา ร่วมกับการคิดเชิงวิศวกรรม เรื่องพลังงานความร้อน ด้วยรูปแบบการเรียนรู้ผ่านระบบออนไลน์ ภายใต้สถานการณ์ระบาดของ ไวรัส COVID-19 ระลอกใหม่ เพื่อให้นักเรียนมีแนวคิดเชิงนวัตกรรมที่ดีขึ้นและทำให้เกิดนวัตกรรมใหม่ที่ตอบสนองต่อสังคม สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้ 1) คุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\bar{X} = 4.94$) 2) นักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยสะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรมมีทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 และ 3) นักเรียนมีความพึงพอใจในการเรียนออนไลน์ด้วยสะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิง วิศวกรรมในระดับมากที่สุด

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยต่อไป ดังนี้ 1) หากบริบทของโรงเรียนหรือนักเรียนไม่พร้อมที่จะเรียนออนไลน์ครูอาจปรับ รูปแบบเป็นการให้ทำกิจกรรมในแต่ละสัปดาห์โดยลดการเข้ากลุ่มทางออนไลน์ หรือเปลี่ยนเป็นการโทรด้วยเสียง เพื่อให้นักเรียน สามารถเข้าร่วมกิจกรรมได้ตามความเหมาะสม 2) หากการระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ลดระดับลงและกลับมา

เรียนในสถานที่ตามปกติ ควรมีการนำการจัดการเรียนการสอนในสถานการณ์ปกติ จะทำให้สามารถระดมความคิดได้สะดวกและลงมือทำกิจกรรมร่วมกันได้สะดวกมากขึ้น 3) ควรมีการนำวิธีการสอนนี้ไปศึกษากับเนื้อหาในเรื่องอื่นเพิ่มเติม เพื่อให้นักเรียนได้สร้างสรรค์นวัตกรรมได้อย่างหลากหลายและตอบโจทย์ของสังคมได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครที่สนับสนุนทุนวิจัยประจำปีงบประมาณ 2565 ขอขอบคุณนางสาวเกตุกาญจน์ บัวนาค รองผู้อำนวยการโรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการสุวรรณภูมิ ว่าที่ ร.ต. สุขสวัสดิ์ เชียงหว่อง ครูชำนาญการ โรงเรียนธัญบุรี นายอดิสร รัชนิพนธ์ ครู โรงเรียนเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรีนครินทร์ ภูเก็ต ในพระราชูปถัมภ์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี นางสาวชุดิมา ปานแพ ครูชำนาญการ และนางสุภาณี บัวประทุม ครูชำนาญการ โรงเรียนสตรีศรีนครินทร์บ่อแพญ ผู้เชี่ยวชาญที่ได้กรุณาตรวจเครื่องมือในการวิจัย รวมทั้งให้คำแนะนำ ปรับปรุงแก้ไขจนได้เครื่องมือวิจัยที่มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น

จริยธรรมการวิจัยในมนุษย์หรือสัตว์

คณะกรรมการวิชาการและจริยธรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร ดำเนินการให้การรับรองเอกสารที่เกี่ยวข้องกับโครงการวิจัยตามแนวทางหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ที่เป็นมาตรฐานสากล ได้แก่ Declaration of Helsinki, The Belmont Report, CIOMS Guideline และ ICH-GCP หนังสือรับรอง AF05-06 หมายเลขโครงการ 017/65 ลงวันที่ 8 พฤศจิกายน 2564 หมดอายุวันที่ 7 พฤศจิกายน 2565

เอกสารอ้างอิง

- Boonprakom, P., Chindanurak, T. and Chaowakeratipong, C. (2021). The Effects of STEM Education Activities Management in the Enjoying Electronics Course on Innovative Thinking and Attitudes Towards Science of Mathayom Suksa III Students at Laboratory School of Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University (in Thai). **Journal of Education Thaksin University**, 21(1), 118-134.
- Chaemchoy, S. (2012). Concept of Innovation for School Management in the 21st Century (in Thai). **Journal of Education Naresuan University**, 14(2), 118-128.
- Department of disease control. (2022). Coronavirus (2019-nCoV) situation reports. Retrieved 8 April 2022, from **Department of disease control**: <https://covid19.ddc.moph.go.th/>
- Education Center. (2021). Online learning (in Thai). Retrieved 8 November 2021, from **EDUCATION CENTER**: [https://www.educatorroundtable.org/Online learning/](https://www.educatorroundtable.org/Online%20learning/)
- Kareeme, S. (2017). The use of engineering design processes to enhance creativity and problem solving skills. Part 1. (in Thai). Retrieved from: [http://oho.ipst.ac.th/edp-creative -problem-solving1/](http://oho.ipst.ac.th/edp-creative-problem-solving1/)
- Lertdechapat, K. and Faikhamta, C. (2021). Engineering Design Process: A Drive of STEM Activities (in Thai). **Journal of Research Unit on Science, Technology and Environment for Learning**, 12(2), 356–368.
- Prajan, O. and Chaemchoy, S. (2018). Administrative Model for Development Teacher's Innovative Thinking Skills in the Basic Education School (in Thai). **The Far Eastern University Academic Review Journal**, 12(1), 156-168.
- Puchongprawet, J. and Chantraukrit, P. (2020). Effects of Science Project Instruction using Engineering Design Process on Creative Problem Solving Abilities of Lower Secondary School Students under the Office of the Higher Education Commission (in Thai). **An Online Journal of Education**, 15(2), OJED1502036-11.
- Putwattana, N. (2018). Engineering Design and Biomimicry in STEM Education (in Thai). **STOU Educational Journal**, 11(2), 31–42.
- Ratchawet, A., Suphimas, M. and Chaijalearn, Y. (2019). An Action Research on a STEM Education Learning with an Engineering Design Process in Conjunction with Local Wisdom for Lower Secondary School Students (in Thai). **Journal of Graduate Research**, 10(1), 41-55.

- Rattanasubsiri, P. (2020). 5 impacts of COVID-19 in 2020 (in Thai). Retrieved 8 November 2020, from **TrueID**: <https://news.trueid.net/detail/VGJ91QAKKvqN>
- Srisuwan, S. (2020). Online Innovators: Inventions and Modern Science Projects (in Thai). **Thai Journal of Physics**, 37(3), 106–116.
- Thanormchayathawat, B., Vanitsuppavong, P., Niemted, W. and Portjanatanti, N. (2016). 21st Century Skills: A Challenge for Student Development (in Thai). **The Southern College Network Journal of Nursing and Public Health**, 3(2), 208-222.
- The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2021). Comparison of concepts and skills in science, technology, engineering, and mathematics (in Thai). Retrieved 26 July 2021, from **StemEdthailand**: <http://www.stemedthailand.org/> Comparison of concepts and skills in science, technology, engineering, and mathematics/
- The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2021). STEM Education and Engineering Design (in Thai). Retrieved 26 July 2021, from **StemEdThailand**: <http://www.stemedthailand.org/> STEM Education and Engineering Design/
- Tongkhang, P., Teemuangsai, S., and Simmatun, P. (2018). The Development of Integrated Online Learning Model Based on STEM education in order to Enhance Critical Thinking ability of Students in Secondary Education Level (in Thai). **Rajabhat Maha Sarakham University Journal**, 12(2), 209-219.
- Waiprom, W., Voravitrattanakul, P., and Meesup, P. (2022). The Development of Instruction Package of Stem Education in Science via QR Code on Force and Motion for Secondary 3 Students of Wangchaekloy School (in Thai). **Journal of Faculty of Education Pibulsongkram Rajabhat University**, 9(1), 149-162.
- Wayo, W., Charoennukul, A., Kankaynat, C. and Konyai, J. (2020). Online Learning Under the COVID-19 Epidemic: Concepts and Applications of Teaching and Learning Management (in Thai). **Regional Health Promotion Center 9 Journal**, 14(34), 285-298.