



การพัฒนากิจกรรมจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าสถิต
เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและความสามารถ
ในการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5

The Development of Learning Activities Using STEM Education
on Electrostatics to Promote Integrated Science Process Skills
and Problem-solving Ability of Grade 11 Students

ARTICLE INFO

Article history:

Received 16 September 2022

Revised 8 December 2023

Accepted 12 January 2024

Available Online 29 April 2024

บวรลักษณ์ พลปฐม^{1,*} และ ไพศาล วรคำ²

Bowaonrak Phonpathom^{1,*} and Paisarn Worakham²

ABSTRACT

The purposes of this research were: 1) to development of STEM activity on static electricity to enhance integrated science process skills and problem-solving abilities, 2) to compare the integrated science process skills before and after the STEM Education on static electricity, and 3) to compare the problem-solving ability before and after the STEM Education on static electricity. The research sample group was 42 Grade 11 students from a large school in 2021 academic year. The research instruments were: 1) a STEM lesson plan on static electricity, 2) the subjective integrated science process skills test, and 3) the subjective problem-solving ability test. The data analysis statistics were mean, standard deviation, and Dependent Samples t-test.

The research revealed that: 1) the STEM activity on static electricity to enhance integrated science process skills and problem-solving abilities of Grade 11 students was a single lesson plan with 6 steps for 15 hours which was indicated the appropriateness at a high level, 2) the integration science process skills of the students after the STEM education implementation was higher than before the implementation at statistically significant level of .05 and 3) the problem-solving ability of the students after the STEM education implementation was higher than before the implementation at statistically significant level of .05.

KEYWORDS: STEM EDUCATION / INTEGRATED SCIENCE PROCESS SKILLS / PROBLEM-SOLVING ABILITIES

¹ หลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต (สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา) คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ประเทศไทย
M.Ed. (Science Education), Faculty of Education, Rajabhat Maha sarakham University, Thailand.

² รองศาสตราจารย์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ประเทศไทย
Assistant Professor, Faculty of Education, Rajabhat Maha Sarakham University, Thailand.

*Corresponding author; e-Mail address : 638010300116@rmu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าสถิต เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และความสามารถในการแก้ปัญหา 2) เพื่อเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบสะเต็มศึกษา และ 3) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหา ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบสะเต็มศึกษา กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง ปีการศึกษา 2564 จำนวน 42 คน เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าสถิต 2) แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และ 3) แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบทีแบบกลุ่มไม่อิสระ

ผลการวิจัยปรากฏว่า 1) กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าสถิต เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และความสามารถในการแก้ปัญหานักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มี 1 แผนการจัดการเรียนรู้ 6 ขั้นตอน ใช้เวลา 15 ชั่วโมง มีความเหมาะสมในระดับมาก 2) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าสถิต มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 3) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าสถิต มีความสามารถในการแก้ปัญหามากกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ: สะเต็มศึกษา / ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ / ความสามารถในการคิดแก้ปัญหา

บทนำ

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญมากในยุคปัจจุบัน เนื่องจากเกี่ยวข้องกับอาชีพที่แตกต่างกัน ผู้คนจึงใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อให้ชีวิตและการทำงานง่ายขึ้น เป็นผลจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีตลอดจนสาขาวิชาวิทยาศาสตร์อื่น ๆ อีกทั้งวิทยาศาสตร์ยังทำให้ผู้คนพัฒนาการคิดรวมถึงการคิดเชิงตรรกะด้วย คิดอย่างสร้างสรรค์ คิดอย่างมีวิจารณ์ญาณและวิพากษ์วิจารณ์ และมีทักษะการวิจัยและการได้มาซึ่งความรู้ที่สำคัญ ความสามารถในการแก้ปัญหายังเป็นระบบและการตัดสินใจ โดยใช้ข้อมูลที่ตรวจสอบได้หลากหลายคือสังคมแห่งการเรียนรู้ ดังนั้น ทุกคนควรมุ่งหวังให้นักเรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2560) เป้าหมายของการส่งเสริมพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจะต้องอาศัยการวางรากฐานทางการศึกษาที่มีคุณภาพ การยกระดับการพัฒนาทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งเพื่อให้สำคัญเพื่อทำให้คนไทยทุกคนมีความรู้ความเข้าใจในวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนำไปสู่การพัฒนาคนอย่างมีคุณภาพให้คนไทยสามารถรู้เท่าทันการเปลี่ยนแปลงและแข่งขันกับประเทศอื่นและ และจากการศึกษาผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติด้านพื้นฐาน (O-NET) ปีการศึกษา 2561-2563 วิชาวิทยาศาสตร์ จำแนกตามสาระการเรียนรู้ ปรากฏว่า คะแนนเฉลี่ยระดับเขตพื้นที่การศึกษา (O-NET) ปี 2563 มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 32.68 ซึ่งต่ำกว่าร้อยละ 50 (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2563) นอกจากนี้ผลของการประเมินด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ระหว่าง PISA 2015 และ PISA 2018 ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ใน ผลการประเมิน PISA 2018 ของไทย ปรากฏว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยในด้านการอ่าน 393 คะแนน (ค่าเฉลี่ย OECD 487 คะแนน) คณิตศาสตร์ 419 คะแนน (ค่าเฉลี่ย OECD 489 คะแนน) และวิทยาศาสตร์ 426 คะแนน (ค่าเฉลี่ย OECD 489) ซึ่งมีคะแนนต่ำกว่าค่าเฉลี่ย OECD ทั้งสามด้าน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2563) และจากการศึกษาผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติด้านพื้นฐาน (O-NET) และผลการประเมิน โดย PISA ทำให้เห็นว่า ชี้ให้เห็นว่า นักเรียนไทยยังมีความรู้และทักษะที่ไม่เพียงพอต่อการดำรงชีวิตในโลกที่มีการเปลี่ยนแปลง จึงมีความจำเป็นต้องเร่งปรับปรุงพัฒนาการศึกษา ไทยต้องเสริมสร้าง ทักษะการคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ความสามารถในการแก้ปัญหา ของนักเรียนอย่างเร่งด่วน



จากการสังเกตของผู้วิจัยในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนปรากฏว่านักเรียนมีโอกาสนในการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ค่อนข้างน้อย นักเรียนไม่สามารถสัมผัสกับประสบการณ์จริงด้วยตนเอง ส่งผลให้ไม่สามารถนำความรู้มาสัมพันธ์กับการดำรงชีวิตประจำวันได้ การจัดกิจกรรมในการเรียนขาดความน่าสนใจ ซึ่งส่งผลต่อความกระตือรือร้น ความอดทนในการแสวงหาความรู้ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ไม่สูง ตามเป้าที่กำหนดไว้การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงต้องพัฒนาปัจจัยต่างๆ อันจะส่งผลให้ความสามารถในการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนดีขึ้นและวิธีการที่จะช่วยพัฒนา ความสามารถในการคิดแก้ปัญหาได้อีกวิธีหนึ่ง คือการให้นักเรียนได้ทำโครงงานวิทยาศาสตร์ เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 จากการค้นคว้า และสร้างองค์ความรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สามารถแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

ในการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับความสามารถในการแก้ปัญหาผู้วิจัยได้ทำการวิจัยและปรากฏว่าการศึกษาดังกล่าวต้องผสมผสานสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ การเรียนรู้ในห้องเรียน และชีวิตจริงเข้าด้วยกัน เพื่อให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหา สามารถแก้ปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ที่พบได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมตามหลักเหตุผล เข้าใจความสัมพันธ์และการเปลี่ยนแปลงในเหตุการณ์ต่าง ๆ แสวงหาความรู้ นำความรู้ไปใช้ป้องกันและแก้ปัญหาซึ่งแนวคิดนี้สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบ STEM Education ที่เป็นการบูรณาการ 4 สาขาวิชาเข้าด้วยกัน ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้เพื่อแก้ปัญหา ค้นคว้า สร้างสรรค์และพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบัน (ปิยะวัจนา โชคสถาพร, 2564) การจัดการเรียนรู้ STEM Education ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ที่มีการมุ่งเน้นให้นักเรียนได้รู้จักการประยุกต์ใช้ความรู้ต่าง ๆ โดยการบูรณาการ ซึ่งส่งเสริมให้นักเรียนให้สามารถเชื่อมโยงความรู้ในเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี เข้ากับชีวิตจริง ซึ่งประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ ระบุปัญหา รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ทดสอบประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน และนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาผลการแก้ปัญหาหรือผลงาน (วิภาพร เวียงเงิน, 2566)

จากการศึกษาปรากฏว่าการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ STEM Education ช่วยพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ การคิดเชิงระบบ (System thinking) การรู้วิทยาศาสตร์ตลอดจนสร้างนวัตกรรมรุ่นใหม่ในการสร้างสรรค์และกระบวนการใหม่ ๆ อย่างยั่งยืนภายใต้ระบบเศรษฐกิจที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว การเรียนรู้เนื้อหาด้าน STEM ผ่านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์ซึ่งช่วยพัฒนาคุณลักษณะค่านิยม (Habits of mind) ที่พึงประสงค์สอดคล้องกับทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 สอดคล้องกับคำที่กล่าวว่า การใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นเครื่องมือช่วยในการจัดการเรียนการสอนเพื่อเสริมสร้างและพัฒนาการเรียนรู้ของเยาวชน จะช่วยให้เยาวชนได้มีการฝึกทักษะในการคิดอย่างเป็นขั้นตอนซึ่งเป็นการต่อยอดความรู้ที่มีอยู่เดิมให้ขยายไปจนเกิดมุมมองใหม่ ๆ ในการแก้ปัญหานั้น ๆ ได้อย่างครอบคลุมและถูกต้องจนนำไปสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์รวมถึงนวัตกรรมใหม่ (สุวิมล สาสังข์, 2562) การพัฒนาทักษะชีวิตและความคิดสร้างสรรค์นำไปสู่นวัตกรรมนักเรียนที่มีประสบการณ์เข้าร่วมกิจกรรมหรือโครงการส่งเสริมศึกษาจะได้เตรียมพร้อมปฏิบัติงานที่ต้องใช้ความรู้และทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ในสาขาการผลิตและบริการที่มีความสำคัญต่ออนาคตของประเทศ โดยได้รับประโยชน์จากการการเรียนรู้แบบบูรณาการส่งเสริมศึกษา จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องปรากฏว่าการจัดการเรียนรู้ STEM Education ทำให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาลงเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ .05 (ธนวรรธน์ ศรีวิบูลย์รัตน์ และอังคณา อ่อนธานี, 2562) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ .05 (สุรสิทธิ์ จิตเรณู, 2561) นอกเหนือจากความสามารถในการแก้ปัญหาแล้ว ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นอีกหนึ่งปัจจัยสำคัญต่อการค้นหาความรู้รวมทั้งการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เป็นสิ่งสำคัญที่นักเรียนต้องใช้ในการเรียนรู้และการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ควรจัดให้นักเรียนได้เรียนรู้และพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่องซึ่งต้องอาศัยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ทำให้เกิดองค์ความรู้ที่แปลกใหม่ต่อยอดพัฒนาชิ้นงานต่อไป (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2564) จากเหตุผลดังที่ได้กล่าว ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะนำแนวคิดการจัดการเรียนการสอนแบบ STEM Education ซึ่งคาดหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะส่งเสริมการคิดอย่างมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และความสามารถในการแก้ปัญหาทบทวนความสำคัญของการจัดการเรียนการสอนแบบ STEM Education ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ กำหนดเวลา 15 ชั่วโมง เนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ หน่วยการเรียนรู้ที่ 11 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อเป็นการพัฒนานักเรียนให้เต็ม ศักยภาพที่มีความสอดคล้อง ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และ มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดฯ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในโลกศตวรรษที่ 21 และนำผลการวิจัยที่ได้รับไปใช้ในการพัฒนาการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าสถิต เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
2. เพื่อเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าสถิต
3. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าสถิต

วิธีการวิจัย

ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยโดยแบ่งออกเป็น 2 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 พัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าสถิต เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และความสามารถในการแก้ปัญหา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยศึกษาแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบสะเต็มศึกษา นำมาร่างกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบสะเต็มศึกษา จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ แล้วนำเสนอผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้

ระยะที่ 2 เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ตามแบบแผนการทดลองเบื้องต้น แบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อน-หลัง จากนั้นทำการเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และความสามารถในการแก้ปัญหา ระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ระยะที่ 1 ผู้ให้ข้อมูลสำคัญ (Key Informants) ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญสำหรับประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอนวิทยาศาสตร์ ด้านสะเต็มศึกษา ด้านเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ และด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา จำนวน 5 คน

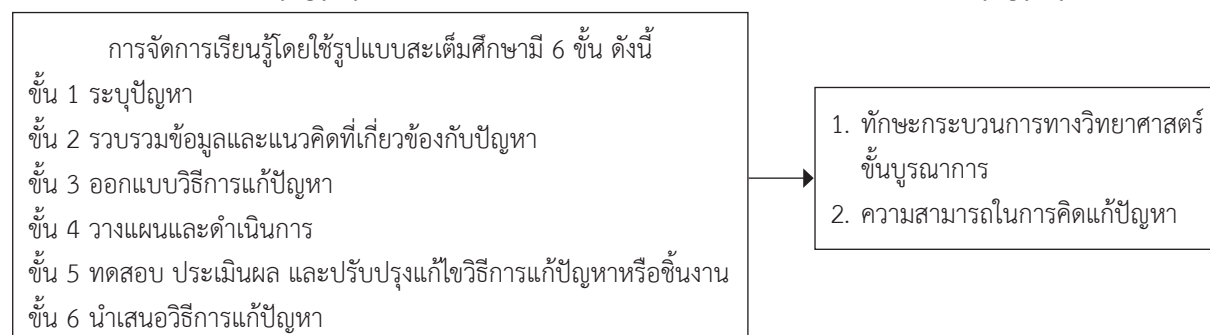
ระยะที่ 2 ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/5 - 5/7 ของโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่งในจังหวัดมหาสารคาม ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 2 ห้องเรียน รวมทั้งหมด 84 คน

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่งในจังหวัดมหาสารคาม ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 42 คน ซึ่งเป็นนักเรียนที่มีผลการเรียนในระดับปานกลาง (เกรดเฉลี่ยสะสม 2.50-3.00) ใช้การเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

กรอบแนวคิด

ตัวแปรต้น

ตัวแปรตาม





เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ระยะที่ 1 ได้แก่ แบบประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งมีลักษณะมาตรฐานค่า 5 ระดับ (Rating Scale) จำนวน 27 ข้อ เกี่ยวกับคุณลักษณะของสะเต็มศึกษาที่บูรณาการความรู้ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เน้นการปฏิบัติจริง เน้นการแก้ปัญหา เน้นความคิดสร้างสรรค์ เน้นการทำงานเป็นทีม และเน้นการประยุกต์ใช้ความรู้เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง

ระยะที่ 2

1. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าสถิต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 ผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ ในภาพรวมมีความเหมาะสมในระดับมาก ($\bar{X} = 4.44$, S.D. = 0.51) แนวทางแก้ปัญหาเป็นเวลา 5 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 ชั่วโมงรวมทั้ง 15 ชั่วโมงโดยแผนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมดผ่านการตรวจสอบคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญปรากฏว่าต้องปรับสถานการณ์/ปัญหาที่ใช้และคำถามในใบกิจกรรม จากนั้นผู้วิจัยปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ จึงได้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบสะเต็มศึกษาที่ประกอบด้วย ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 6 ขั้นตอนนี้ 1) ระบุปัญหา 2) รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4) วางแผนและดำเนินการ 5) ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน 6) นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา

2. แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการผู้วิจัยศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ แล้วทำการร่างแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ เป็นแบบทดสอบอัตนัย แบบสถานการณ์ จำนวน 6 สถานการณ์ แล้วเสนออาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบ แก้ไข และเสนอแนะ นำแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการเสนอผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน เพื่อพิจารณาตรวจสอบ หาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) คัดเลือกเฉพาะข้อคำถามที่มีค่า IOC มากกว่าหรือเท่ากับ 0.50-1.00 ขึ้นไป ผลปรากฏว่า ค่าดัชนีความสอดคล้อง เท่ากับ 0.80-1.00 หลังจากนั้นนำแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้ (Try-out) กับ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 42 คน แล้วนำมาหาค่าอำนาจจำแนก โดยใช้วิธีของ Whitney & Sabers (ไพศาล วรคำ, 2562) ใช้เกณฑ์ค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.20-0.80 และค่าความยาก (P) มีค่าความยากตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป ปรากฏว่าค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ จำนวน 6 สถานการณ์ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.24-0.51 และค่าความยากง่าย (P) อยู่ระหว่าง 0.32-0.58 จากนั้นคัดเลือก แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ จำนวน 5 สถานการณ์ ที่มีค่าอำนาจจำแนก (D) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.26-0.57 และค่าความยาก (P) อยู่ระหว่าง 0.35-0.62 และนำมาหาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ โดยใช้วิธีของ Cronbach's Alpha Coefficient Method (ไพศาล วรคำ, 2562) ปรากฏว่าความเชื่อมั่นของแบบวัดทั้งฉบับเท่ากับ 0.94

3. แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาผู้วิจัยศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของความสามารถในการแก้ปัญหตามแนวคิดของ Weir (1974) แล้วทำการร่างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นแบบทดสอบอัตนัย แบบสถานการณ์ จำนวน 6 สถานการณ์ แล้วเสนออาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบ แก้ไข และเสนอแนะ นำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเสนอผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน เพื่อพิจารณาตรวจสอบ หาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) คัดเลือกเฉพาะข้อคำถามที่มีค่า IOC มากกว่าหรือเท่ากับ 0.50-1.00 ขึ้นไป ผลปรากฏว่า ค่าดัชนีความสอดคล้อง เท่ากับ 0.80-1.00 หลังจากนั้นนำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้ (Try-out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 42 คน แล้วนำมาหาค่าอำนาจจำแนก โดยใช้วิธีของ Whitney & Sabers (ไพศาล วรคำ, 2562) ใช้เกณฑ์ค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.20-0.80 และค่าความยาก (P) มีค่าความยากตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป ปรากฏว่าค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา จำนวน 6 สถานการณ์ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.22-0.52 และค่าความยากง่าย (P) อยู่ระหว่าง 0.34-0.60 จากนั้นคัดเลือกแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา จำนวน 5 สถานการณ์ ที่มีค่าอำนาจจำแนก (D) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.23-0.55 และค่าความยาก (P) อยู่ระหว่าง 0.35-0.61 และนำมาหาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ โดยใช้วิธีของ Cronbach's Alpha Coefficient Method (ไพศาล วรคำ, 2562) ปรากฏว่าความเชื่อมั่นของแบบวัดทั้งฉบับเท่ากับ 0.92

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ระยะที่ 1

1. ศึกษาการจัดการเรียนรู้ของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คำอธิบายรายวิชาวิทยาศาสตร์ ขอบข่ายเนื้อหา ตัวชี้วัด หน่วยการเรียนรู้ การวัดการประเมินผล ในหลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)
2. ศึกษาทฤษฎี หลักการและแนวทางในการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบสะเต็มศึกษา
3. วิเคราะห์หลักสูตรเพื่อจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ เช่น วิเคราะห์ตัวชี้วัด จุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหา สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อนำมาสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ที่ขึ้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบสะเต็มศึกษา
4. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแผนการจัดการเรียนรู้ จุดประสงค์ของการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบสะเต็มศึกษาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อสร้างแผนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบสะเต็มศึกษา จำนวน 1 แผน 15 ชั่วโมง
5. นำเสนอแผนการจัดการเรียนรู้ สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อพิจารณาให้คำแนะนำ ความถูกต้องของเนื้อหา และความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล
6. ปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นตามคำแนะนำต่ออาจารย์ที่ปรึกษา ได้แก่ ปรับปรุงการใช้ภาษาให้เข้าใจง่ายขึ้น แก้ไขคำศัพท์บางคำให้ถูกต้องและปรับกิจกรรมให้เหมาะสมกับวัยของนักเรียน
7. ทำแผนการจัดการเรียนรู้ไปให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินความเหมาะสม

ระยะที่ 2 ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมจากกลุ่มตัวอย่างกลุ่มวิจัยเดี่ยววัดผลก่อนและหลังการทดลอง One Group Pretest-Posttest Design (ไพศาล วรคำ, 2562)

1. ทำการทดสอบก่อนเรียนเพื่อวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ข้อสอบอัตนัย จำนวน 5 สถานการณ์ โดยใช้เวลา 60 นาที 100 คะแนน และทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นอัตนัย จำนวน 5 สถานการณ์ โดยใช้เวลา 60 นาที 60 คะแนน
2. จัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบสะเต็มศึกษา จำนวน 1 แผน รวมทั้งสิ้น 15 ชั่วโมง ดังนี้
ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา จำนวน 1 ชั่วโมง ให้นักเรียนทำความเข้าใจปัญหาหรือวิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งนักเรียนต้องคิดแก้ปัญหาว่าตัวเก็บประจุที่มีอยู่จริงหรือเลือกทรอนิกส์กับตัวเก็บประจุที่ประดิษฐ์ขึ้นเองชนิดใดจะสามารถอัดกระแสได้มากกว่ากัน
ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา จำนวน 6 ชั่วโมง ให้นักเรียนรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง และประเมินความเป็นไปได้ พิจารณาเหตุและผลประกอบการตัดสินใจเพื่อเลือกแนวทางที่ดีที่สุด ในการเลือกวิธีในการแก้ปัญหาคำถามว่าตัวเก็บประจุที่จะสามารถอัดกระแสได้มากที่สุดซึ่งผู้สอน ให้ความรู้และข้อมูลที่เกี่ยวข้อง โดยแบ่งการจัดการเรียนรู้ออกเป็น 4 ครั้ง ซึ่งการจัดการเรียนรู้ครั้งที่ 1 เรื่อง ธรรมชาติของไฟฟ้าสถิตและกฎของคูลอมบ์ จำนวน 1 ชั่วโมง การจัดการเรียนรู้ครั้งที่ 2 เรื่อง สนามไฟฟ้าและเส้นสนามไฟฟ้า จำนวน 1 ชั่วโมง การจัดการเรียนรู้ครั้งที่ 3 เรื่อง ตัวเก็บประจุอย่างง่าย ศักย์ไฟฟ้า ความต่างศักย์เนื่องจากสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ จำนวน 2 ชั่วโมง การจัดการเรียนรู้ครั้งที่ 4 เรื่อง พลังงานสะสมในตัวเก็บประจุ และการต่อตัวเก็บประจุ จำนวน 2 ชั่วโมง
ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหาจำนวน 1 ชั่วโมง ให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้รวบรวมมาประยุกต์การประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อแบบวิธีการในการออกแบบตัวเก็บประจุ โดยคำนึงถึงวัสดุ จำกัด และเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด
- ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา จำนวน 4 ชั่วโมง ให้นักเรียนกำหนดขั้นตอนในกระบวนการเป้าหมายและระยะเวลา ออกแบบและพัฒนาต้นแบบตัวเก็บประจุที่จะสามารถอัดกระแสได้มากที่สุด เพื่อให้ตอบสนองต่อความสามารถในการแก้ปัญหา โดยมีผู้สอนคอยแนะนำและดูแล
- ขั้นที่ 5 ขั้นที่ทดสอบประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน จำนวน 2 ชั่วโมง ให้นักเรียนร่วมกันทดสอบและประเมินเพื่อแก้ไขปัญหานำผลที่ได้มาประยุกต์แก้ไขและพัฒนาผลลัพธ์ให้มีประโยชน์มากขึ้น โดยเมื่อนักเรียนสร้างชิ้นงานเสร็จจะต้องทดสอบชิ้นงานตัวเก็บประจุที่ประดิษฐ์ขึ้น



ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา จำนวน 1 ชั่วโมง ให้นักเรียนทำการนำเสนอผลลัพธ์ หรือนวัตกรรมที่สร้างขึ้น พร้อมแลกเปลี่ยนเรียนรู้ผลการทดลองของกลุ่มอื่น ๆ ซึ่งผู้สอนและนักเรียนร่วมกันสรุปกิจกรรมที่นักเรียนได้ปฏิบัติคือ ขั้นตอนหรือกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมที่วิศวกรใช้ออกแบบชิ้นงานมาเพื่อแก้ไขปัญหาหรือสถานการณ์ต่าง ๆ โดยผลการประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้

3. หลังจากเสร็จสิ้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนเพื่อวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และวัดความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นอัตรา จำนวน 5 สถานการณ์ โดยใช้เวลา 60 นาที 60 คะแนน

การวิเคราะห์ข้อมูล

ระยะที่ 1

1. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยเกี่ยวกับการสร้างแบบประเมินความเหมาะสมของแผนการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบสะเต็มศึกษาแบบมาตราประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ โดยใช้เกณฑ์การแปลผล คือ เหมาะสมมากที่สุด (4.51-5.00) เหมาะสมมาก (3.51-4.50) เหมาะสมปานกลาง (2.51-3.50) เหมาะสมน้อย (1.51-2.50) เหมาะสมน้อยที่สุด (1.00-1.50)

2. นำแบบประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้เสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบ

3. ปรับปรุงแบบประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นตามคำแนะนำต่ออาจารย์ที่ปรึกษา ได้แก่ ปรับความครอบคลุมองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ ปรับความชัดเจนของข้อรายการประเมิน และปรับความถูกต้องเหมาะสมในการใช้ภาษา

4. นำส่งแบบประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้และแผนการจัดการเรียนรู้ไปให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินความเหมาะสมแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยตนเอง

ระยะที่ 2

1. เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ระหว่างก่อนและหลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้รูปแบบสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าสถิต โดยวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และทดสอบสมมติฐานโดยใช้การทดสอบทีแบบสองกลุ่มไม่อิสระ (Dependent samples t-test)

2. เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหา ระหว่างก่อนและหลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าสถิต โดยวิเคราะห์หาค่าคะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และทดสอบสมมติฐานโดยใช้การทดสอบทีแบบสองกลุ่มไม่อิสระ (Dependent samples t-test)

ผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต จำนวน 1 แผนการจัดการเรียนรู้ 6 ขั้นตอน รวมเวลา 15 ชั่วโมง ตารางที่ 1

ตารางที่ 1 กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต

ขั้นที่	กิจกรรมการเรียนรู้	สาขา STEM	เวลา (คาบ)
1	ระบุปัญหา	S	1
2	รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา โดยใช้ 5E	S, M	6
3	ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	S, T, E, M	1
4	วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา	S, T, E, M	4
5	ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน	S, T, E, M	2
6	นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา หรือชิ้นงาน	S	1
	รวม	S, T, E, M	15

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าสถิต สำหรับนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ ความเหมาะสม
1. ผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (M) สอดคล้องสัมพันธ์กับผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์	4.20	0.45	มาก
2. ผลการเรียนรู้เทคโนโลยี (T) สอดคล้องสัมพันธ์กับผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์	4.20	0.45	มาก
3. ผลการเรียนรู้วิศวกรรมศาสตร์ (E) สอดคล้องสัมพันธ์กับผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์	4.20	0.45	มาก
4. สาระสำคัญสอดคล้องกับผลการเรียนรู้	4.40	0.55	มาก
5. สาระการเรียนรู้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้	4.40	0.55	มาก
6. สาระการเรียนรู้สอดคล้องกับสาระสำคัญ	4.40	0.55	มาก
7. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้	4.40	0.55	มาก
8. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับสาระสำคัญ	4.20	0.45	มาก
9. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	4.40	0.55	มาก
10. จุดประสงค์การเรียนรู้ครอบคลุมความรู้ (K) ทักษะ (P) และ คุณลักษณะ (A)	4.60	0.55	มากที่สุด
11. จุดประสงค์การเรียนรู้สามารถวัดและประเมินผลได้	4.20	0.45	มาก
12. สถานการณ์ปัญหาท้าทายความคิดของนักเรียน	4.60	0.55	มากที่สุด
13. สถานการณ์ปัญหาสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.80	0.45	มากที่สุด
14. นักเรียนได้ร่วมกันวิพากษ์ปัญหาและระบุปัญหา	4.60	0.55	มากที่สุด
15. นักเรียนได้แสวงหาข้อมูลความรู้แนวคิด ด้วยตนเอง	4.60	0.55	มากที่สุด
16. นักเรียนได้เรียนรู้จากการรวบรวมข้อมูลและแนวคิด	4.60	0.55	มากที่สุด
17. นักเรียนได้ร่วมกันสรุปความรู้จากการสืบค้น	4.80	0.45	มากที่สุด
18. นักเรียนได้ร่วมกันออกแบบวางแผนการแก้ปัญหาตามหลักวิศวกรรมและเทคโนโลยีที่เหมาะสม	4.60	0.55	มากที่สุด
19. นักเรียนได้ร่วมกันวิพากษ์แผนการการแก้ปัญหาอย่างรอบคอบและเหมาะสม	4.40	0.55	มาก
20. นักเรียนได้ร่วมกันแก้ปัญหาตามแผนที่วางไว้	4.40	0.55	มาก
21. นักเรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหา	4.20	0.45	มาก
22. นักเรียนได้ประเมินผลการแก้ปัญหาร่วมกัน	4.20	0.45	มาก
23. นักเรียนได้ทำแนวทางปรับปรุงวิธีการแก้ปัญหาร่วมกัน	4.20	0.45	มาก

จากตารางที่ 2 พบว่า แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา
ปีที่ 5 มีความเหมาะสม โดยภาพรวม และรายส่วนประกอบของแผน อยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.44$, S.D. = 0.51)

2. ผลการเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ และความสามารถในการแก้ปัญหาของ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าสถิต

2.1 ผลการเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ดังแสดงในตารางที่ 3



ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบสะเต็มศึกษา

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ	คะแนน เต็ม	ก่อนเรียน		หลังเรียน		$\bar{D}$	t	p
		$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.			
1. ทักษะการตั้งสมมติฐาน	20	6.38	1.68	12.62	2.36	6.24	16.72*	.000
2. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร	20	6.93	2.21	13.26	1.23	6.33	18.34*	.000
3. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร	20	5.68	1.81	12.60	1.56	6.92	20.83*	.000
4. ทักษะการทดลอง	20	7.93	2.44	13.39	1.22	5.46	11.09*	.000
5. ทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป	20	5.45	1.11	11.69	1.47	6.24	22.39*	.000
รวม	100	32.67	4.69	63.45	5.00	30.78	36.89	.000

หมายเหตุ *นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 3 พบว่า นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ก่อนเรียนมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 32.67 ส่วนคะแนนหลังเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 63.45 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนก่อนและหลังเรียนปรากฏว่าคะแนนสอบหลังเรียนของนักเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.2 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบของความสามารถในการแก้ปัญหา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบสะเต็มศึกษา

ความสามารถในการแก้ปัญหา	คะแนน เต็ม	ก่อนเรียน		หลังเรียน		$\bar{D}$	t	p
		$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.			
1. ระบุปัญหา	15	6.31	1.66	13.33	1.20	7.02	24.72*	.000
2. วิเคราะห์ปัญหา	15	6.00	1.36	13.21	1.24	7.21	34.10*	.000
3. กำหนดวิธีการเพื่อแก้ปัญหา	15	6.36	1.69	12.43	1.58	6.07	23.31*	.000
4. ตรวจสอบผลลัพธ์	15	5.24	0.73	11.45	1.48	6.21	25.91*	.000
รวม	60	23.90	4.78	50.43	4.30	26.53	38.47	.000

หมายเหตุ *นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 4 ปรากฏว่านักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนเรียนมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 23.90 ส่วนคะแนนหลังเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 50.43 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนก่อนและหลังเรียนปรากฏว่าคะแนนสอบหลังเรียนของนักเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผล

จากผลการวิจัยเรื่องการพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าสถิต เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและความสามารถในการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 สามารถสรุปและอภิปรายผล ได้ดังนี้

1. กิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าสถิต เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและความสามารถในการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีจำนวน 1 แผน 6 ชั้น ใช้เวลา 15 ชั่วโมง มีความเหมาะสมในระดับมาก ($\bar{X} = 4.44$, S.D. = 0.51)

ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้แบบ STEM Education ตามสถานการณ์ปัญหาในชีวิตประจำวันและสนับสนุนให้นักเรียนฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แบบบูรณาการในการแก้ปัญหาซึ่งสอดคล้องการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง STEM Education เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ชิ้นงานในตัวนักเรียนทุกคน และมีทักษะในการออกแบบ และระดมความคิดในการแก้ปัญหา กิจกรรมการเรียนรู้แบบ STEM Education มีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและความสามารถในการคิดแก้ปัญหาสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 นอกจากนี้กิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ยังเน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติให้มากที่สุด เปิดโอกาสให้ค้นพบองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้สื่อการเรียนรู้ที่ทำจากวัสดุเหลือใช้และหาได้ง่าย เพื่อให้เกิดทักษะกระบวนการเรียนรู้และสามารถนำไปประยุกต์ใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริงได้ สอดคล้องกับที่ บริสุทธิธรรม พิมพ์ศิริ (2561) กล่าวว่าลักษณะของกิจกรรมการเรียนรู้ที่ดีเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนอยู่ในโลกแห่งประสบการณ์ ได้มีโอกาสผิดพลาดและมีโอกาสแก้ตัว เรียนรู้จากความผิดพลาดนั้น ๆ

2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าสถิต มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ทั้งนี้เพราะในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ STEM Education นักเรียนได้รับการเสริมสร้างทักษะในการสร้างสมมติฐานในเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งจำเป็นในการสร้างปัญหาและหาคำตอบในกระบวนการเรียนรู้ ได้รับการฝึกฝนในการกำหนดนิยามของคำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ในรูปของความหมายที่สามารถทดสอบและวัดได้ ได้เรียนรู้วิธีการระบุและควบคุมตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ได้รับโอกาสฝึกฝนในการวางแผนการทดลอง ดำเนินการทดลอง และวิเคราะห์ผลการทดลองเพื่อหาคำตอบหรือสนับสนุนสมมติฐานที่เสนอไว้ รวมทั้งได้รับการฝึกฝนในการวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลที่ได้รับจากการทดลอง และสรุปผลส่งผลกระทบต่อสมมติฐานหรือคำถามที่ตั้งไว้ จึงทำให้นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ สุดรา ทองแหยม และคณะ (2566) ที่ปรากฏว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEM Education มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับงานวิจัยของ ดุสิต ทองสุขนอก และณัฐกานต์ ศาสตร์สูงเนิน (2565) ได้ศึกษาการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 3 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โยเกิร์ตข้าว ปรากฏว่า นักเรียนมีค่าเฉลี่ยคะแนนก่อนเรียนเท่ากับ 9.42 คิดเป็นคะแนนร้อยละ 31.40 คะแนน ผลสัมฤทธิ์หลังเรียนเท่ากับ 16.58 คิดเป็นคะแนนร้อยละ 55.30 นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าสถิต มีความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ทั้งนี้เพราะในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ STEM Education นักเรียนได้รับการเสริมสร้างทักษะในการระบุปัญหาที่ซับซ้อนและเกิดขึ้นในสถานการณ์จริง ทำให้พัฒนาความรับผิดชอบในการหาคำตอบและแก้ปัญหาให้เกิดขึ้น มีโอกาสในการพัฒนาทักษะในการวิเคราะห์ปัญหาที่ซับซ้อน การใช้เครื่องมือและเทคนิคในการวิเคราะห์สาเหตุ และผลที่ต้องการ การบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ในกระบวนการเรียนรู้แบบ STEM Education ทำให้นักเรียนพัฒนาวิธีการแก้ไขปัญหาที่หลากหลาย โดยอาจมีการใช้เครื่องมือ โมเดล การทดลอง และการคิดคำนวณเพื่อเสนอแนวทางในการแก้ไขปัญหา และการตรวจสอบผลลัพธ์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ พรทิพย์ สังเกต (2564) ที่กล่าวว่า STEM Education มีการใช้สื่อการสอนที่หลากหลายเช่น รูปภาพ วิดีโอ เป็นต้น และออกแบบสถานการณ์ปัญหาที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง รวมทั้งใช้กระบวนการกลุ่มได้นำเทคโนโลยีมาศึกษาค้นคว้า เน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง นักเรียนได้ฝึกปฏิบัติการทดลอง ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ อภิญา สิงห์โต (2563) ที่กล่าวว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ STEM Education มีขั้นตอนที่ส่งเสริมความสามารถในการคิดแก้ปัญหา มีการนำเอาสถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันและเป็นเรื่อง



ใกล้ชิดตัวของนักเรียนทำให้นักเรียนมีความสนใจในการคิดแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ ครูจะเป็นเพียงผู้นำเสนอปัญหา ใช้คำถามกระตุ้น และคอยแนะนำซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ จุฑารัตน์ วรณิต และคณะ (2565) ที่ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ตามแนวทาง STEM Education ซึ่งปรากฏว่าการจัดการเรียนรู้ STEM Education สามารถช่วยพัฒนาความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของ นักเรียนกลุ่มตัวอย่างให้สูงขึ้นตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ธนวัฒน์ ศรีวิบูลย์รัตน์ และอังคณา อ่อนธานี (2562) ได้ศึกษาการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ STEM Education เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดและแก้ปัญหา เรื่อง งานและพลังงาน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปรากฏว่าหลังจากเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ STEM Education มีความสามารถในการคิดแก้ปัญหาสูงกว่าเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้

1. ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้สอนควรกระตุ้นนักเรียนให้ลงมือปฏิบัติจริงด้วยตนเองให้มากที่สุด เพื่อให้นักเรียนจะได้เรียนรู้จากการปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง
2. ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้สอนควรชี้แจ้งระยะเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมให้ชัดเจน เพื่อให้การทำกิจกรรมให้สำเร็จภายในระยะเวลาที่กำหนดให้ นอกจากนี้ผู้สอนควร ให้ความช่วยเหลือ และให้คำปรึกษานักเรียนตลอดเวลา

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. จากการวิจัยปรากฏว่าในกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนได้ผ่านการศึกษาค้นคว้าซ้ำหลายครั้งในการเรียนรู้วิชา ฟิสิกส์ ทำให้ทราบว่านักเรียนนั้นมีความรู้สึกรู้สีกทั้งด้านบวกและด้านลบ เกี่ยวกับการเรียนวิชาฟิสิกส์ จึงควรศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ส่งผลต่อเจตคติต่อการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียน
2. จากการวิจัยปรากฏว่าในกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนให้ความร่วมมือในการจัดกิจกรรมเป็นอย่างดี ทำให้นักเรียนได้ลงมือตรวจสอบ ค้นคว้า ทดลอง เก็บข้อมูล เพื่อตีความแปล ความ นำไปสู่การสร้างคำอธิบายและลงข้อสรุปเป็นความรู้ ทำให้นักเรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง จึงควรศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามสะเต็มศึกษาที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551*. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- จุฑารัตน์ วรณิต, ปาริชาติ ประเสริฐสังข์ และ สุรัชย์ รัตนสุข. (2565). การพัฒนาความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ตามแนวทางสะเต็มศึกษา. *วารสารครุศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*. 18(3), 169-178.
- ดุสิต ทองสุขนอก และ ญัฐกานต์ ศาสตร์สูงเนิน. (2565) ศึกษาการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 3 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเรื่อง โยเกิร์ตข้าว. *วารสารบัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร*. 19(84), 128-138.
- ธนวรรณ ศรีวิบูลย์รัตน์ และ อังคณา อ่อนธานี (2562). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดแก้ปัญหา เรื่องงานและพลังงาน รายวิชาฟิสิกส์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *สัปดาห์ : วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์*, 25(2), 197-207.
- บริสุทธิ์ธรรม พิมพ์ศิริ. (2561). *การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด Constructivism เพื่อส่งเสริมความสามารถทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษา*. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท]. มหาวิทยาลัยศิลปากร.

- ปิยะวัจนา โชคสถาพร. (2564). บทบาทหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสู่การจัดการเรียนรู้
สะเต็มศึกษา. *Journal of Roi Kaensarn Academi*, 6(10), 282-294.
- ไพศาล วรคำ. (2562). *การวิจัยทางการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 10). ตักสิลาการพิมพ์.
- พรทิพย์ สังเกต. (2564). ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและเจตคติต่อวิชาเคมี
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา. [วิทยานิพนธ์ปริญญา
มหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยบูรพา.
- พลศักดิ์ แสงพรมศรี, ประสาท เนื่องเฉลิม และ ปิยะเนตร จันทร์ธิระติกุล. (2558). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 9(ฉบับพิเศษ),
401-418.
- วิชุดชา จิตรศิลป์, ถาดทอง ปานศุภวัชร และ นิติธารชอุทัย. (2561). การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดย
การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง แรง การเคลื่อนที่ และพลังงานชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. *วารสารวิชาการ
หลักสูตรและการสอน*, 10(27), 87-97.
- วิภาพร เวียงเงิน. (2566). *การจัดการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ใน
ประเพณีไหลแพไฟ่ จังหวัดอุดรธานีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่องปริซึม และทรงกระบอก*. [วิทยานิพนธ์ปริญญา
มหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยนครสวรรค์.
- ศิริลักษณ์ ชาวุ่มบัว และ สุนีย์ เหมะประสิทธิ์. (2558). การพัฒนาหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษาเรื่อง อ้อย สำหรับ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา*, 26(1), 224-236.
- สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน). (2563). *สรุปผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินั้นพื้นฐาน
(O-NET) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2563*. <https://www.niets.or.th/th/content/view/22429/>
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2563, 7 มกราคม). *ผลการประเมิน PISA 2018 นักเรียนไทยวัย 15 ปี
รู้และทำอะไรได้บ้าง*. <https://pisathailand.ipst.ac.th/issue-2019-48/>
- สุศรา ทอแหยม, กิตติมา พันธุ์พุกษา และ ธนาวุฒิ ลาตวงษ์. (2566). ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อ
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6.
วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 17(2), 20-36.
- สุรสิทธิ์ จิตเรณู. (2561). *ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา*. [วิทยานิพนธ์ปริญญา
มหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- สุวิมล สาสังข์. (2562). *ผลการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่มีต่อความสามารถในการ
แก้ปัญหาของนักเรียนประถมศึกษา*. [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2564). *ก้าวแรก การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-Based
Learning: PBL)*. ห้างหุ้นส่วนจำกัด เอ็น. เอ. รัตนะเรตต์.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)*. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- อภิญา สิงห์โต. (2563). *การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมความสามารถในการคิดแก้ปัญหา
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*. [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยนครสวรรค์.