

The Development of Scientific Process Skills and Teamwork of Senior Primary Students of the Educational Fund Project School Using the Water Rocket Activity Based on the STEM Education Approach

Sathaphorn Ruengrung^{1*}, Hathaithip Boonkhilai¹, Rerai Thanuthong¹,
Chiras Phutthipraphaphong¹, and Pissamai Kaewchua¹

Received: February 3, 2023 **Revised:** March 24, 2023 **Accepted:** March 29, 2023

Abstract

The objective of this research is to 1) compare the science process skills after using the water rocket activity based on the STEM education approach between students' learning outcomes based on 70% score criteria and 2) study teamwork among students after using the water rocket activity based on the STEM education approach. The target group is 20 students in Grade 5 studying in the academic year 2565 at Bankum School, Education Area Office of Primary Education, Ubon Ratchathani District 3. The research tools include the water rocket activity based on the STEM education approach, the assessment form for evaluating scientific process skills, and the assessment form for evaluating the teamwork skills of students. The statistical tools used in research include percentages, means, standard deviations, and hypothesis testing for data from one group. The research findings indicate that 1) Science process skills according to the project steps in stages 1, 4, 5, and 6 have an average score that significantly differs from the prescribed criteria of 70% at a statistically significant level of .01. However, stage 2 and 3 have an average score that differs from the prescribed criteria of 70% but without statistical significance at the .01 level. And the overall score of the scientific process skills from the presentation of the work (water rockets) is equal to 22.65 points, which is 75.5 per cent of the total score of 30 points. And 2) the students' overall level of teamwork behaviour showed consistently good teamwork behaviour.

Keyword: Science Process Skills; Students Teamwork; Water Rocket; STEM Education Approaches

¹ Ban Kum School, Ubon Ratchathani

* Corresponding author e-mail: win.physics.1996@gmail.com

การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และการทำงานเป็นทีมของนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลายในโรงเรียนในโครงการกองทุนการศึกษา โดยใช้คู่มือการประดิษฐ์จรวดขวดน้ำตามขั้นตอนโครงการงานสะเต็มศึกษา

สถาพร เรืองรุ่ง^{1*}, หทัยทิพย์ บุณยคล้าย¹, เสโร ธนุกอง¹, จิรัชย์ พุทธิประไพพงษ์¹, และ พิศมัย แก้วเชื้อ¹

รับบทความ: 3 กุมภาพันธ์ 2566 แก้ไขบทความ: 24 มีนาคม 2566 รับตีพิมพ์: 29 มีนาคม 2566

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังจากใช้คู่มือการประดิษฐ์จรวดขวดน้ำตามขั้นตอนโครงการงานสะเต็มศึกษา กับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม และ 2) ศึกษาการทำงานเป็นทีมของนักเรียนหลังจากใช้คู่มือการประดิษฐ์จรวดขวดน้ำตามขั้นตอนโครงการงานสะเต็มศึกษา กลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2565 โรงเรียนบ้านกุ่ม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาอุบลราชธานี เขต 3 จำนวน 20 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ คู่มือการประดิษฐ์จรวดขวดน้ำ ตามขั้นตอนโครงการงานสะเต็มศึกษา แบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และแบบประเมินการทำงานเป็นทีมของนักเรียน สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบสมมติฐานสำหรับข้อมูล 1 กลุ่ม ผลการวิจัย พบว่า 1) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ตามขั้นตอนโครงการงานสะเต็มศึกษาในขั้นตอนที่ 1, 4, 5, และ 6 มีคะแนนเฉลี่ยแตกต่างจากเกณฑ์ที่กำหนดร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 ส่วนขั้นตอนที่ 2 และ 3 มีคะแนนเฉลี่ยแตกต่างจากเกณฑ์ที่กำหนดร้อยละ 70 อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 และคะแนนภาพรวมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการนำเสนอชิ้นงาน (จรวดขวดน้ำ) เท่ากับ 22.65 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 75.5 ของคะแนนเต็ม และ 2) ภาพรวมระดับพฤติกรรมการทำงานเป็นทีมของนักเรียนมีพฤติกรรมการทำงานเป็นทีมสม่ำเสมอทั้งหมด

คำสำคัญ: ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์; การทำงานเป็นทีม; จรวดขวดน้ำ; โครงการงานสะเต็มศึกษา

¹ โรงเรียนบ้านกุ่ม อุบลราชธานี

* Corresponding author e-mail: win.physics.1996@gmail.com

บทนำ

โรงเรียนบ้านกุ่มเป็นโรงเรียนในโครงการกองทุนการศึกษา โครงการพระราชดำริสุดท้ายของ สมเด็จพระเจ้าอยู่หัวรัชกาลที่ 9 ที่สืบสานการสร้างพลเมืองให้เป็นคนดีเพื่อสนองพระบรมราโชบายของ สมเด็จพระเจ้าอยู่หัวรัชกาลที่ 10 โดยดำเนินการขับเคลื่อนโครงการโรงเรียนกองทุนการศึกษาอย่างต่อเนื่อง โดยยึดหลักการ 3 เสาหลัก คือ ให้เด็กได้เรียนในโรงเรียนที่มีคุณภาพ ให้เด็กสำเร็จการศึกษาอย่างมีคุณภาพ และปลูกฝังวินัย คุณธรรมจริยธรรม และ 5 กลยุทธ์ ประกอบด้วย 1) การพัฒนาครูให้มีศักยภาพในการจัดการเรียนการสอน 2) การยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 3) การพัฒนาคุณลักษณะของนักเรียนให้มีวินัย คุณธรรม จริยธรรม 4) การพัฒนาทักษะชีวิตและทักษะอาชีพ และ 5) การบริหารจัดการโรงเรียนคุณภาพ ในการขับเคลื่อนโรงเรียนในโครงการกองทุนการศึกษา (Narang & Jongkatkorn, 2022) จากสภาพปัญหาของผู้เรียนและการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลายของโรงเรียนโดยศึกษาจากบันทึกหลังสอน และสัมภาษณ์ครูผู้สอน และครูประจำชั้น พบว่าผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอยู่ในระดับที่ยังไม่น่าพอใจ นักเรียนในระดับประถมศึกษา โดยเฉพาะนักเรียนในช่วงชั้นที่ 2 (ป.4-ป.6) ยังขาดทักษะกระบวนการที่สำคัญในการนำเอาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ได้เรียนรู้มาใช้ในชีวิตประจำวัน โดยเฉพาะทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์พื้นฐาน นอกจากนี้ จากการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนที่ผ่านมาพบว่า นักเรียนไม่ชอบการทำงานเป็นกลุ่มหรือเป็นทีมอาจเป็นความเคยชินที่เกิดจากการเรียนการสอนแบบออนแฮนด์ ในช่วงสถานการณ์แพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) ที่ผ่านมาที่ผู้เรียนเรียนรู้ผ่านใบงาน ใบกิจกรรมเพียงคนเดียวไม่มีกิจกรรมกลุ่มเหมือนการเรียนการสอนปกติ และจากการสำรวจความคิดเห็นเกี่ยวกับรูปแบบการเรียนการสอน โดยใช้กิจกรรมปฐมนิเทศก่อนเรียน พบว่านักเรียนร้อยละ 80 ต้องการให้ครูสอนแบบลงมือปฏิบัติจริง เช่น มีการสร้างชิ้นงาน มีการทดลอง มีการประดิษฐ์ที่สามารถทำได้จริง และใช้สิ่งของที่หาได้ในท้องถิ่นมาสร้างของเล่น เป็นต้น ดังนั้น การพัฒนาให้นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และการทำงานเป็นทีมจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คือ ทักษะทางปัญญา หรือพฤติกรรมที่ได้ผ่านการปฏิบัติการฝึกฝน หรือใช้กระบวนการคิดขั้นพื้นฐาน และการคิดที่ซับซ้อนในระดับที่สูงขึ้น เป็นความสามารถในการใช้กระบวนการคิดที่นักวิทยาศาสตร์ที่ใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์นำมาใช้ในการศึกษาค้นคว้าสืบเสาะหาความรู้ หรือหาวิธีการต่าง ๆ ในการแก้ปัญหา (Dawloh, 2017; Tarita, 2017) ซึ่งทักษะที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาในช่วงก่อนประถมศึกษา และประถมศึกษา คือ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์พื้นฐาน 14 ทักษะ ได้แก่ ทักษะการสังเกต การวัด การจำแนกประเภท การหาความสัมพันธ์ระหว่างมิติกับมิติและมิติกับเวลา การคำนวณ การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การลงความคิดเห็นจากข้อมูล การพยากรณ์ การตั้งสมมติฐาน การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การกำหนดและควบคุมตัวแปร การทดลอง การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป และการสร้างแบบจำลอง (Institute for the Promotion of Science and Technology Education, 2012) ส่วนการทำงานเป็นทีม หมายถึง การให้ความร่วมมือ การมีส่วนร่วม การรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น การแสดงความคิดเห็นและสะท้อนความรู้ความเข้าใจ การเป็นผู้นำ และพฤติกรรมการทำงาน (Matthayomnan, 2015) นอกจากนี้ ยังหมายถึง การที่บุคคลตั้งแต่ 2 คนขึ้นไปมาทำงานร่วมกันโดยมีวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายเดียวกันให้ความร่วมมือ

ร่วมใจ ประสานงาน ติดต่อสื่อสารร่วมกัน เพื่อรับผิดชอบตามบทบาทหน้าที่ของตนมุ่งสู่จุดหมายที่ตั้ง
เอาไว้ร่วมกัน (Boonloed, 2018) จากจุดหมายสำคัญของการสอนวิทยาศาสตร์ คือ การสอนให้
ผู้เรียนสามารถใช้กระบวนการคิดด้วยตนเองได้และช่วยให้ผู้เรียนเกิดทักษะที่สำคัญ คือ ทักษะ
กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และสามารถจัดการข้อมูลต่าง ๆ ด้วยทักษะการคิดอย่างมีเหตุผล (Ministry
of Education, 2017) และความสำคัญของพฤติกรรมการทำงานเป็นทีมที่เป็นคุณลักษณะที่จำเป็น
สำหรับนักเรียน เพราะการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้จากการทำงานเป็นทีมจะส่งผลให้เกิดการสร้าง
ความรู้ความเข้าใจ สามารถปรับตัวเข้ากับบุคคลในสังคมและเติบโตเป็นทรัพยากรมนุษย์ที่มีคุณภาพใน
สังคมได้ (Malawai, Choochom, & Peungposop, 2022) ดังนั้น การพัฒนาทักษะกระบวนการทาง
วิทยาศาสตร์ และการทำงานเป็นทีมจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้ผู้เรียนเกิดคุณลักษณะที่สอดคล้องกับหลัก
การดำเนินการของโรงเรียนในโครงการโรงเรียนกองทุนการศึกษา

กิจกรรมจรวดขวดน้ำเป็นกิจกรรมที่ทำให้เกิดการบูรณาการทักษะ และความรู้ด้านวิทยาศาสตร์
และส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะทางวิทยาศาสตร์ผ่านการลงมือ
ปฏิบัติจริง โดยครูผู้สอนนำกิจกรรมจรวดขวดน้ำมาบูรณาการในกิจกรรมการเรียนการสอน ทำกิจกรรม
หรือโครงงาน (Ruengrung, 2022) เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความรู้ที่สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้
มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจธรรมชาติของแรงในชีวิตประจำวัน ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุ ลักษณะการ
เคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ (Ministry of Education, 2008) จนเกิด
การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และมีความสุข สนุกสนานกับการเรียนวิทยาศาสตร์ และ
การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้โครงงานเป็นฐานเป็นการนำขั้นตอนมาบูรณาการร่วมกัน
ทั้งโครงงานเป็นฐานร่วมกับสะเต็มศึกษา ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ ยังมุ่ง
แก้ไขปัญหาที่พบเห็นในชีวิตจริง เพื่อสร้างเสริมประสบการณ์ทักษะชีวิต และเป็นการเตรียมความพร้อม
ให้กับนักเรียนในอนาคต ซึ่งการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานสะเต็มศึกษา คือ การจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน
ที่ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ระบุปัญหาประเด็นที่เด่นชัด 2) ขั้รวบรวมแนวคิดที่เกี่ยวข้อง
3) ออกแบบวิธีแก้ไขปัญหา/พัฒนา 4) ดำเนินการแก้ไขปัญหา/พัฒนา 5) ทดสอบประเมินผล ปรับปรุง
และ 6) นำเสนอผลงาน (National STEM Education Center, 2015; Mahidol Wittayanusorn
School, 2016; Visetsuvarnabhumi, 2019) และจากการศึกษาก่อนหน้าของ Ruengrung (2022)
และ Ruengrung, Sukmas, and Kaewtubtim (2020) พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามขั้นตอนโครงงาน
สะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ และการศึกษาของ
Matthayomnan (2015) และ Phooddee (2023) พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยบูรณาการสะเต็มศึกษา
สามารถพัฒนาการทำงานเป็นทีม และสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมของผู้เรียนได้เช่นกัน

ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะจัดการเรียนการสอนที่สามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทาง
วิทยาศาสตร์ และการทำงานเป็นทีมให้กับนักเรียนระดับประถมศึกษาตอนปลาย จึงจัดทำคู่มือการ
ประดิษฐ์จรวดขวดน้ำ ตามขั้นตอนโครงงานสะเต็มศึกษา โดยนำขั้นตอนโครงงานสะเต็มศึกษามาใช้เป็น
ขั้นตอนในการประดิษฐ์จรวดขวดน้ำของนักเรียน เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้เรียน และตอบ
สนองนโยบายของโรงเรียนในโครงการกองทุนการศึกษา ด้านการพัฒนาให้นักเรียนมีคุณภาพ และปลูก
ฝังวินัย คุณธรรมจริยธรรม

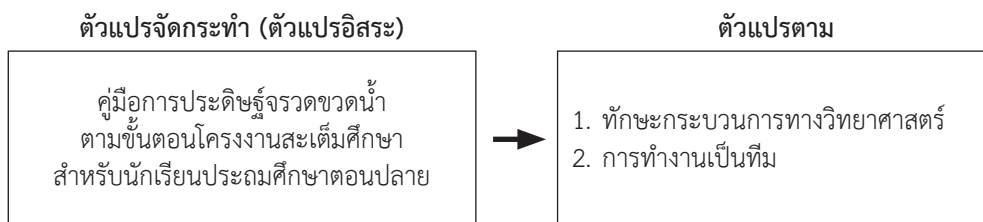
วัตถุประสงค์

1. เพื่อเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังจากใช้คู่มือการประดิษฐ์จรวดขวดน้ำตามขั้นตอนโครงการงานสะเต็มศึกษาของนักเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม
2. เพื่อศึกษาการทำงานเป็นทีมหลังจากใช้คู่มือการประดิษฐ์จรวดขวดน้ำ ตามขั้นตอนโครงการงานสะเต็มศึกษาของนักเรียน

การทบทวนวรรณกรรม

ผู้วิจัยดำเนินการศึกษาแนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามขั้นตอนโครงการงานสะเต็มศึกษา ซึ่งการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้โครงการงานเป็นฐาน STEM-Project Based Learning เป็นการนำขั้นตอนมาบูรณาการร่วมกันทั้งโครงการงานเป็นฐาน (PBL) และสะเต็มศึกษา (STEM Education) ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ ได้ทำงานเป็นกลุ่มมีการอภิปราย และสื่อสารกันเพื่อที่จะได้นำเสนอผลงาน สามารถส่งเสริมให้ผู้ทำกิจกรรมเกิดการเรียนรู้ที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้นเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะช่วยแก้ปัญหาผลสัมฤทธิ์ของนักเรียน (Wongchachom & Cojorn, 2016) การจัดการเรียนรู้แบบโครงการงานสะเต็มศึกษา คือ การจัดการเรียนรู้แบบโครงการที่ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ระบุปัญหาประเด็นที่เด่นชัด 2) ขึ้นรวบรวมแนวคิดที่เกี่ยวข้อง 3) ออกแบบวิธีแก้ไข ปัญหา/พัฒนา 4) ดำเนินการแก้ไขปัญหา/พัฒนา 5) ทดสอบประเมินผล ปรับปรุง 6) นำเสนอผลงาน (National STEM Education Center, 2015; Mahidol Wittayanusorn School, 2016; Visetsuvarnabhumi, 2019) สอดคล้องกับการเรียนรู้แบบโครงการงานสะเต็ม 6 ขั้นตอน (Turner, Mamark, Srilamai, & Jamjan, 2018) สอดคล้องกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ (National STEM Education Center, 2015) สอดคล้องกับการเรียนรู้สะเต็มผ่านกระบวนการ 6 ขั้นตอน (Ladachart & Ladachart, 2022) และสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้โครงการงานเป็นฐาน STEM-Project Based Learning (Klomim, 2016) การจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษาสามารถส่งผลต่อทักษะในศตวรรษที่ 21 (Funfuengfu, 2017) และพัฒนาสมรรถนะที่สำคัญต่อการใช้ชีวิตการทำงาน และการเรียนรู้ที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตอย่างมีคุณภาพในโลกศตวรรษที่ 21 เช่น ทักษะการแก้ไขปัญหาหรือความสามารถในการแก้ปัญหา (Singto, 2020; Ruen-grung, 2023) ทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม (Showtale, Bunroek, Lobbumrung, Muhamad, & Nateesinsub, 2023) ความคิดสร้างสรรค์ (Krostsalee, Pansuppawat, & Khamhaengpol, 2020) สมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีม (Phooddee, 2023) เป็นต้น นอกจากนี้ ที่สำคัญสำหรับการพัฒนาทักษะของนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย คือ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งการสอนที่บูรณาการ STEM สามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ (Naksen, Pansuppawat, & Choosup, 2020) ซึ่งจากข้อมูลการทบทวนวรรณกรรมข้างต้นใช้ประกอบการวิจัย และกำหนดกรอบแนวคิดการวิจัย ดังนี้

กรอบแนวคิด



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีการวิจัย

กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 โรงเรียนบ้านกุ่มสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาอุบลราชธานี เขต 3 ที่เรียนในรายวิชา ว15101 วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จำนวน 20 คน

การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ

1. เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้

1.1 คู่มือการประดิษฐ์จรวดขวดน้ำ ตามขั้นตอนโครงงานสะเต็มศึกษา

วิเคราะห์หลักสูตรและศึกษาจุดประสงค์รายวิชา ว15101 วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หน่วยที่ 2 แรงและพลังงาน เรื่อง แรงลัพธ์ และแรงเสียดทาน (แรงต้านอากาศ) เพื่อใช้ในการจัดทำคู่มือศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับหลักการและวิธีการสร้างคู่มือ จากเอกสารตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางในการจัดทำเนื้อหา สร้างคู่มือจำนวน 1 ฉบับ ประกอบด้วย บทที่ 1 สารสำคัญ ได้แก่ โครงงานสะเต็มศึกษา บทที่ 2 การประดิษฐ์จรวดขวดน้ำตามขั้นตอนโครงงานสะเต็มศึกษารายละเอียด ดังตารางที่ 1 เสนอให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประเมินคู่มือ ซึ่งแบ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 1 ท่าน ด้านภาษาที่ใช้การจัดรูปแบบและการพิมพ์จำนวน 1 ท่าน และด้านการวิจัยและประเมินผล จำนวน 1 ท่าน เป็นผู้ตรวจสอบคุณภาพความเหมาะสมในด้านเนื้อหา ภาษาที่ใช้การจัดรูปแบบ และการพิมพ์ ตรวจสอบความถูกต้อง และประเมินคุณภาพก่อนนำมาปรับปรุงแก้ไข และนำผลการประเมินคุณภาพคู่มือจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน มาหาค่าเฉลี่ยโดยใช้เกณฑ์ของ Srisa-Ard (2013) ค่าเฉลี่ยคะแนนประเมินของผู้เชี่ยวชาญมีค่าตั้งแต่ 3.67 ขึ้นไป และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 แสดงว่าองค์ประกอบของคู่มือมีความเหมาะสมสอดคล้องกัน มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.65 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.17 เมื่อเทียบกับเกณฑ์แล้วอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด และนำคู่มือที่ปรับปรุงแก้ไขเป็นฉบับสมบูรณ์แล้วไปใช้จริงกับกลุ่มเป้าหมาย

2. เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล

2.1 แบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังจากใช้คู่มือ ประเมินให้คะแนนโดยครูผู้สอน และการนำเสนอชิ้นงานโดยใช้กระดาษชาร์ต ขนาด 80x110 เซนติเมตร ประเมินให้คะแนนโดยครูผู้สอนและคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ รวม 3 ท่าน โดยแบบประเมินทักษะกระบวนการทาง

วิทยาศาสตร์ผ่านการให้ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา และผู้เชี่ยวชาญด้านการวิจัยและประเมินผล การศึกษา รวมจำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับองค์ประกอบของแบบ ประเมิน (Index of Consistency: IC) และพิจารณาการให้คะแนนในแต่ละรายการประเมินโดยให้ น้ำหนักในแต่ละทักษะ โดยพิจารณาจากทักษะที่เกิดขึ้นจริงกับนักเรียนตามลำดับ ประกอบด้วย ตอนที่ 1 ประเมินตามขั้นตอน 6 ขั้นตอน (ขั้นตอนละ 5 คะแนน คะแนนเต็ม 30 คะแนน) โดยให้คะแนน ในแต่ละขั้นตอนดังตารางที่ 2 และตอนที่ 2 ประเมินการนำเสนอชิ้นงาน จำนวน 6 รายการ (รายการละ 5 คะแนน คะแนนเต็ม 30 คะแนน) โดยให้คะแนนในแต่ละรายการประเมิน ตามทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์พื้นฐานดังตารางที่ 3

2.2 แบบประเมินการทำงานเป็นทีม เป็นแบบประเมินพฤติกรรมการทำงานเป็นทีมของ นักเรียน โดยให้ครูผู้สังเกตการณ์เป็นผู้ประเมิน และนักเรียนเป็นผู้ประเมินการทำงานของตนเองและทีม คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาตัวอย่างแบบประเมินการทำงานเป็นทีมของนักเรียน กำหนดประเด็น ที่จะให้ครูผู้สังเกตการณ์ประเมินการทำงานเป็นทีมของนักเรียน นักเรียนประเมินตนเอง และนักเรียน ประเมินทีม โดยปรับปรุงมาจากแบบสังเกตและประเมินการทำงานเป็นทีมของ Boonloed (2018) แบ่ง ออกเป็น 3 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 การประเมินพฤติกรรมการทำงานเป็นทีมของนักเรียน สำหรับ ครูผู้สังเกตการณ์ จำนวน 6 ข้อ ตอนที่ 2 การประเมินตัวเองในการทำงานเป็นทีม จำนวน 6 ข้อ ตอนที่ 3 การประเมินการร่วมมือในการทำงานเป็นทีม จำนวน 6 ข้อ โดยแบบประเมินนี้จะเป็นการ สอบถามความถี่เกี่ยวกับพฤติกรรมของผู้เรียน พิจารณาประเมินให้คะแนนใน 3 ด้าน คือ ด้านบทบาทใน การทำงาน ด้านกระบวนการทำงาน และด้านความสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกในทีม เกณฑ์ในการให้คะแนน สม่่าเสมอ 3 คะแนน บางครั้ง 2 คะแนน และนาน ๆ ครั้ง 1 คะแนน และคณะผู้วิจัยได้เสนอแบบประเมิน ที่สร้างขึ้นต่อผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา ผู้เชี่ยวชาญด้านการวิจัยและประเมินผลการศึกษา และ ผู้เชี่ยวชาญด้านจิตวิทยาแนะแนวและให้คำปรึกษา เพื่อวัดความตรงของเนื้อหาการประเมิน โดยให้ ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเหมาะสมของภาษาที่ใช้พิจารณาและให้ข้อเสนอแนะ จากนั้นนำมาหา ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของประเด็นที่จะสังเกตและเกณฑ์การ ประเมิน โดยค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.67-1.00 และปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของ ผู้เชี่ยวชาญแล้วนำไปใช้จริงกับกลุ่มเป้าหมาย

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ครูผู้สอน ครูผู้สังเกตการณ์ และคณะผู้วิจัยได้อธิบายชี้แจงทำข้อตกลงกับนักเรียนเรื่องรูปแบบ การเรียน เวลาเรียน และวิธีการในการเรียนในสัปดาห์แรกของการจัดการเรียนรู้ในหน่วยที่ 2 แรงและ พลังงาน

2. จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้คู่มือการประดิษฐ์จรวดขวดน้ำ ตามขั้นตอนโครงงานสะเต็มศึกษา ใช้เวลาสอน 6 สัปดาห์ (2 ชั่วโมงต่อสัปดาห์) รวมทั้งหมด 12 ชั่วโมง ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้คู่มือการประดิษฐ์จรวดขวดน้ำ ตามขั้นตอนโครงงานสะเต็มศึกษา
(Ruengrung, 2022)

สัปดาห์ที่	กิจกรรมการเรียนรู้
1	นักเรียนแต่ละกลุ่มแบ่งหน้าที่กันและร่วมกันศึกษาข้อมูลจากคู่มือการประดิษฐ์จรวดขวดน้ำ ตามขั้นตอนโครงงานสะเต็มศึกษา และทำใบกิจกรรมกระบวนการประดิษฐ์ขั้นที่ 1 โดยให้นักเรียนระบุปัญหาหรือข้อคำถามที่สงสัย เช่น จะทำจรวดขวดน้ำประเภทความไกล ความแม่นยำต้อง ความสูง และประเภทความสวยงาม ทำแบบไหน และทำจากอะไรบ้าง และระบุประเภทของจรวดที่ต้องการประดิษฐ์ขึ้น พร้อมเหตุผล
2	นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันทำใบกิจกรรมกระบวนการประดิษฐ์ขั้นที่ 2 โดยให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลจากอินเทอร์เน็ตเกี่ยวกับแรงลัพธ์ แรงเสียดทาน การเขียนแผนภาพแสดงแรงที่กระทำต่อวัตถุ หลักการของจรวดขวดน้ำ และสืบค้นข้อมูลวิทยาศาสตร์ประสบการณ์ก่อนหน้าของการประดิษฐ์จรวดขวดน้ำจากวิถีทัศน์ออนไลน์ บทความวิจัย บทความวิชาการ เป็นต้น
3	นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันทำใบกิจกรรมกระบวนการประดิษฐ์ขั้นที่ 3 โดยให้นักเรียนเขียนแผนผังขั้นตอนการประดิษฐ์จรวดขวดน้ำ ระบุวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ประดิษฐ์จรวดขวดน้ำ พร้อมให้เหตุผลที่เลือกใช้วัสดุนั้น เขียนแผนภาพแสดงแรงที่กระทำต่อจรวดขวดน้ำ และแผนภาพส่วนประกอบของจรวดขวดน้ำ และระบุตัวแปรทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง
4	นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันทำใบกิจกรรมกระบวนการประดิษฐ์ขั้นที่ 4 โดยให้นักเรียนลงมือประดิษฐ์ขั้นตอนที่ออกแบบไว้ในขั้นที่ 3 บันทึกสิ่งที่เกิดขึ้นระหว่างประดิษฐ์พร้อมถ่ายภาพทุกขั้นตอนแล้วนำมาจัดเรียงตามขั้นตอน และทำสร้างแบบประเมินตามตัวอย่างในคู่มือ
5	นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันทำใบกิจกรรมกระบวนการประดิษฐ์ขั้นที่ 5 โดยให้นักเรียนนำจรวดขวดน้ำที่ทำเรียบร้อยแล้วนำไปทดสอบยิง พร้อมทั้งบันทึกสิ่งที่เกิดขึ้นขณะทดสอบ ครูสังเกตและประเมินการประดิษฐ์ พร้อมให้คำแนะนำเพื่อปรับปรุงแก้ไข ให้นักเรียนศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับปัญหาที่ทำให้จรวดขวดน้ำไม่เป็นไปตามแผนที่วางไว้ และปรับปรุงแก้ไข ตามคำแนะนำของผู้ประเมิน และทดสอบยิงดูอีกครั้งพร้อมบันทึกผลการทดสอบ
6	นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันทำใบกิจกรรมกระบวนการประดิษฐ์ขั้นที่ 6 การนำเสนองาน โดยใช้กระดาษชาร์ตขนาด 80x110 เซนติเมตร พร้อมชิ้นงาน แล้วนำเสนอหน้าชั้นเรียนให้นักเรียนประเมินตนเอง ประเมินเพื่อนกลุ่มอื่น และครูร่วมประเมิน

3. ระหว่างทำกิจกรรมครูผู้สอน ครูผู้สังเกตการณ์ และคณะผู้วิจัยคอยสังเกตพฤติกรรมและประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และการทำงานเป็นทีม

4. เมื่อเสร็จสิ้นการจัดการเรียนรู้แล้วให้นักเรียนประเมินการทำงานเป็นทีมของตนเอง และประเมินการทำงานเป็นทีมของทีม

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ตามขั้นตอนโครงการงานสะเต็มศึกษา โดยการทดสอบสมมติฐานสำหรับข้อมูล 1 กลุ่ม (One-samples t-test) ใช้เกณฑ์ร้อยละ 70
2. วิเคราะห์คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการนำเสนอชิ้นงานโดยหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
3. วิเคราะห์คะแนนการทำงานเป็นทีมจากการประเมินของครูผู้สังเกตการณ์ การประเมินตนเองของนักเรียน และจากนักเรียนประเมินทีม โดยหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัย

1. ผลการวิเคราะห์คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

1.1 ผลการวิเคราะห์คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังใช้คู่มือการประดิษฐ์จรวดขวดน้ำตามขั้นตอนโครงการงานสะเต็มศึกษา โดยการทดสอบสมมติฐานสำหรับข้อมูล 1 กลุ่ม โดยใช้เกณฑ์ร้อยละ 70 ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบสมมติฐานสำหรับข้อมูล 1 กลุ่ม

ขั้นตอน ทักษะ และคะแนนเต็ม	mean	S.D.	t-test	p-value
1. ระบุปัญหาประเด็นที่เด่นชัดในการสร้างจรวดขวดน้ำ (5 คะแนน)	4.43	0.52	7.96*	0.00
1.1 ทักษะการสังเกต (2.5 คะแนน)	2.35	0.37	7.32*	0.00
1.2 ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล (2.5 คะแนน)	2.08	0.34	4.33*	0.00
2. รวบรวมแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับจรวดขวดน้ำ (5 คะแนน)	3.88	0.86	1.96	0.03
2.1 ทักษะการสังเกต (2.5 คะแนน)	1.85	0.37	1.22	0.12
2.2 ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล (2.5 คะแนน)	2.03	0.53	2.34	0.02
3. ออกแบบวิธีแก้ไขปัญหา/พัฒนาจรวดขวดน้ำ (5 คะแนน)	4.05	1.76	1.40	0.09
3.1 ทักษะการสังเกต (1 คะแนน)	0.90	0.31	2.91*	0.00
3.2 ทักษะการวัด (1 คะแนน)	0.75	0.44	0.50	0.31
3.3 ทักษะการจำแนกประเภท (1 คะแนน)	0.75	0.44	0.50	0.31
3.4 ทักษะการสร้างแบบจำลอง (1 คะแนน)	0.80	0.41	1.09	0.14
3.5 ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล (1 คะแนน)	0.85	0.37	1.83	0.04
4. ดำเนินการแก้ไขปัญหา/พัฒนาจรวดขวดน้ำ (5 คะแนน)	4.58	1.05	4.56*	0.00
4.1 ทักษะการสังเกต (1 คะแนน)	0.95	0.22	5.00*	0.00
4.2 ทักษะการวัด (1 คะแนน)	0.90	0.31	2.91*	0.00
4.3 ทักษะการจำแนกประเภท (1 คะแนน)	0.85	0.37	1.83	0.04
4.4 ทักษะการใช้จำนวน (1 คะแนน)	0.93	0.18	5.49*	0.00
4.5 ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล (1 คะแนน)	0.95	0.22	5.00*	0.00

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ขั้นตอน ทักษะ และคะแนนเต็ม	mean	S.D.	t-test	p-value
5. ทดสอบประเมินผล ปรับปรุงจรวดขวดน้ำ (5 คะแนน)	4.38	0.72	5.41*	0.00
5.1 ทักษะการสังเกต (1 คะแนน)	0.93	0.24	4.11*	0.00
5.2 ทักษะการวัด (1 คะแนน)	0.75	0.30	0.74	0.24
5.3 ทักษะการจำแนกประเภท (1 คะแนน)	0.90	0.21	4.36*	0.00
5.4 ทักษะการใช้จำนวน (1 คะแนน)	0.88	0.28	2.85*	0.01
5.5 ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล (1 คะแนน)	0.93	0.18	5.49*	0.00
6. นำเสนอชิ้นงาน (จรวดขวดน้ำ) (5 คะแนน)	3.90	0.64	2.79*	0.01
6.1 ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล (5 คะแนน)	3.90	0.64	2.79*	0.01
ภาพรวมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	4.20	0.59	5.34*	0.00

*p<.01

จากตารางที่ 2 พบว่า คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ตามขั้นตอนโครงงานสะเต็มศึกษา ขั้นตอนที่ 1, 4, 5 และ 6 มีคะแนนเฉลี่ยมากกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 3.50 คะแนน หรือร้อยละ 70 และมีค่า p-value<.01 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแตกต่างจากเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 ส่วนขั้นตอนที่ 2 กับขั้นตอนที่ 3 มีคะแนนเฉลี่ยมากกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 3.50 คะแนน หรือร้อยละ 70 แต่มีค่า p-value>.01 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแตกต่างจากเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม) อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ .01

1.2 ผลการวิเคราะห์คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการนำเสนอชิ้นงาน (จรวดขวดน้ำ) ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 คะแนนเฉลี่ยจากการประเมินจากการนำเสนอชิ้นงาน (จรวดขวดน้ำ) ของนักเรียนจากคณะกรรมการผู้ประเมินทั้ง 3 ท่าน

รายการประเมิน ทักษะ และคะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	S.D.
1. หลักการแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการสร้างจรวดขวดน้ำ (Science)	3.80	0.80
1.1 ทักษะการสังเกต (2.5 คะแนน)	1.90	0.51
1.2 ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล (2.5 คะแนน)	1.90	0.44
2. เทคโนโลยีที่ใช้ในการศึกษาพัฒนาจรวดขวดน้ำ (Technology)	4.13	0.52
2.1 ทักษะการสังเกต (2.5 คะแนน)	1.85	0.36
2.2 ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล (2.5 คะแนน)	2.28	0.25
3. การเลือกวัสดุ อุปกรณ์ การออกแบบ และการวางแผนสร้างจรวดขวดน้ำ (Engineering)	4.20	1.11
3.1 ทักษะการสังเกต (2 คะแนน)	1.45	0.67

ตารางที่ 3 (ต่อ)

รายการประเมิน ทักษะ และคะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	S.D.
3.2 ทักษะการวัด (1 คะแนน)	0.85	0.36
3.3 ทักษะการจำแนกประเภท (1 คะแนน)	0.95	0.15
3.4 ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล (1 คะแนน)	0.95	0.22
4 การใช้ตัวเลขในการพัฒนาจรวดขวดน้ำ (Mathematics)		
4.1 ทักษะการใช้จำนวน (5 คะแนน)	3.15	1.42
5. ความสอดคล้องของรูปภาพที่สร้างขึ้น หรือแบบจำลองประกอบการสร้างจรวดขวดน้ำ		
5.1 ทักษะการสร้างแบบจำลอง (5 คะแนน)	3.40	0.92
6 ชิ้นงานหรือสิ่งประดิษฐ์ (จรวดขวดน้ำ)		
6.1 ทักษะการทดลอง (2.5 คะแนน)	2.08	0.18
6.2 ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล (2.5 คะแนน)	1.90	0.41
ภาพรวมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการนำเสนอชิ้นงาน	22.65	0.33

จากตารางที่ 3 คะแนนเฉลี่ยจากการประเมินจากการนำเสนอชิ้นงาน (จรวดขวดน้ำ) ของนักเรียน จากกรรมการทั้ง 3 ท่าน พบว่า คะแนนภาพรวมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการนำเสนอชิ้นงาน เท่ากับ 22.65 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.33 จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 75.5 ของคะแนนเต็ม เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยในรายการประเมินที่ 3 การเลือกวัสดุ อุปกรณ์ การออกแบบ และการวางแผนสร้างจรวดขวดน้ำ มากที่สุด (mean=4.20, S.D.=1.11) และมีคะแนนเฉลี่ยในรายการประเมินที่ 4 การใช้ตัวเลขในการพัฒนาจรวดขวดน้ำ ต่ำที่สุด (mean=3.15, S.D.=1.42)

2. ผลการศึกษาการทำงานเป็นทีม

ผลจากการวิเคราะห์คะแนนการทำงานเป็นทีมจากการประเมินของครูผู้สังเกตการณ์การประเมินตนเองของนักเรียน และจากนักเรียนประเมินทีม สามารถแสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการประเมินการทำงานเป็นทีมของนักเรียนจากการประเมินโดยครูผู้สังเกตการณ์การประเมินตนเองของนักเรียน และจากนักเรียนประเมินทีม

ผู้ประเมิน	ด้านบทบาทในการทำงาน		ด้านกระบวนการทำงาน		ด้านความสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกในทีม		การทำงานเป็นทีม		ระดับพฤติกรรม
	mean	S.D.	mean	S.D.	mean	S.D.	mean	S.D.	
ครูผู้สังเกตการณ์	2.38	0.41	2.50	0.35	2.63	0.22	2.50	0.31	สม่ำเสมอ
ตนเอง	2.73	0.40	2.48	0.36	2.55	0.44	2.58	0.29	สม่ำเสมอ
ทีม	2.35	0.28	2.63	0.41	2.60	0.25	2.53	0.25	สม่ำเสมอ

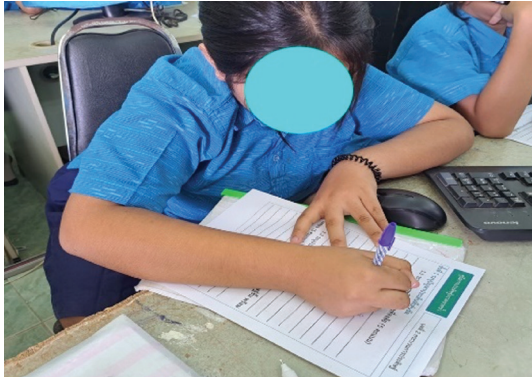
จากตารางที่ 4 ผลการประเมินการทำงานเป็นทีมของนักเรียนจากการประเมินโดยครูผู้สังเกตการณ์พบว่า ภาพรวมการทำงานเป็นทีมของนักเรียนจากการประเมินโดยครูผู้สังเกตการณ์พบว่า มีพฤติกรรมสม่ำเสมอ (mean=2.50, S.D.=0.31) เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยในด้านความสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกในทีมสูงที่สุดมีพฤติกรรมสม่ำเสมอ (mean=2.63, S.D.=0.22) และมีคะแนนเฉลี่ยในด้านบทบาทในการทำงานต่ำที่สุดมีพฤติกรรมบางครั้ง (mean=2.38, S.D.=0.41) ผลการประเมินการทำงานเป็นทีมจากการประเมินตนเองของนักเรียน พบว่า ภาพรวมการทำงานเป็นทีมของนักเรียนจากการประเมินตนเองของนักเรียนมีพฤติกรรมสม่ำเสมอ (mean=2.58, S.D.=0.29) เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า มีคะแนนเฉลี่ยในด้านบทบาทในการทำงานมากที่สุดมีพฤติกรรมสม่ำเสมอ (mean=2.73, S.D.=0.40) และนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยในด้านกระบวนการทำงานต่ำที่สุดมีพฤติกรรมบางครั้ง (mean=2.48, S.D.=0.36) และผลการประเมินการทำงานเป็นทีมจากการประเมินทีมของนักเรียน พบว่า ภาพรวมการทำงานเป็นทีมของนักเรียนจากการประเมินทีมมีพฤติกรรมสม่ำเสมอ (mean=2.53, S.D.=0.25) เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยในด้านกระบวนการทำงานสูงที่สุดมีพฤติกรรมสม่ำเสมอ (mean=2.63, S.D.=0.41) และมีคะแนนเฉลี่ยในด้านบทบาทการทำงานต่ำที่สุดมีพฤติกรรมบางครั้ง (mean=2.35, S.D.=0.28)

สรุปและอภิปรายผล

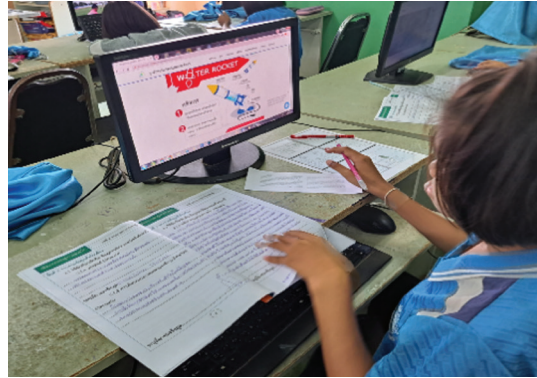
1. ผลการเปรียบเทียบ และประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

พบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ตามขั้นตอนโครงการงานสะเต็มศึกษา ขั้นตอนที่ 1, 4, 5, และ 6 มีคะแนนเฉลี่ยของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแตกต่างจากเกณฑ์ที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 และพบว่า คะแนนภาพรวมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการนำเสนอชิ้นงาน เท่ากับ 22.65 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.33 จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 75.5 ของคะแนนเต็ม เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยในรายการประเมินที่ 3 การเลือกวัสดุ อุปกรณ์ การออกแบบ และการวางแผนสร้างจรวดขวดน้ำมากที่สุด ผลข้างต้นแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้คู่มือการประดิษฐ์จรวดขวดน้ำตามขั้นตอนโครงการงานสะเต็มศึกษา สามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน ได้แก่ ทักษะการสังเกต ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล ทักษะการจำแนกประเภท ทักษะการวัด ทักษะการใช้จำนวน และทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล ในขั้นตอนที่ 1, 4, 5, และ 6 ของขั้นตอนโครงการงานสะเต็มศึกษาได้ดีที่สุด ดังภาพที่ 2 เนื่องจากนักเรียนได้ใช้ทักษะการสังเกต โดยใช้ประสาทสัมผัสทั้ง 5 หรืออย่างใดอย่างหนึ่งในการสังเกตการเคลื่อนที่ของจรวดขวดน้ำ และค้นคว้า สังเกตข้อมูลที่รวบรวมเพื่อใช้ในการสร้างจรวดขวดน้ำ ใช้ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล โดยนักเรียนได้ใช้ข้อมูล และอธิบายเกี่ยวกับผลหรือข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการสร้างและทดสอบการเคลื่อนที่ของจรวดขวดน้ำ โดยอาศัยความรู้เดิมประสบการณ์เดิมมาช่วยหรือเพิ่มเติมความคิดเห็นส่วนตัวลงไปด้วยอย่างมีเหตุผล ใช้ทักษะการจำแนกประเภท ในการแบ่งหรือจัดจำแนกวัสดุ อุปกรณ์ในการสร้างจรวดขวดน้ำออกเป็นหมวดหมู่ หรือเรียงลำดับขั้นตอนการสร้างจรวดขวดน้ำ อย่างเป็นระบบโดยการหาลักษณะหรือคุณสมบัติร่วมบางประการ

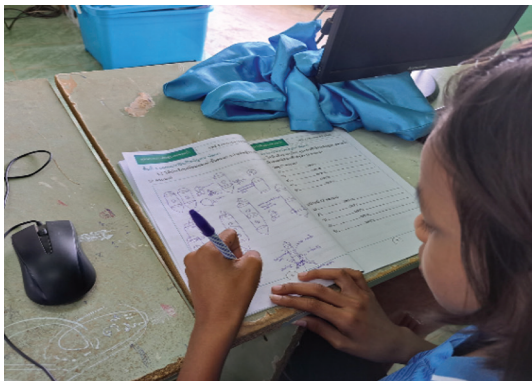
หรือหาเกณฑ์ความสัมพันธ์มาเป็นเกณฑ์ ใช้ทักษะการวัด โดยนักเรียนเลือกใช้เครื่องมือวัด ได้แก่ ไม้บรรทัด ตลับเมตร สายวัดระยะ และตาซึ่งได้ถูกต้องในการวัดหาปริมาณต่าง ๆ ในการสร้างจรวดขวดน้ำ เช่น ความกว้าง ความสูง ความหนา ความยาว น้ำหนัก ปริมาตร ออกมาเป็นตัวเลขได้ถูกต้องโดยมีหน่วยกำกับ และสามารถอ่านค่าที่วัดได้อย่างถูกต้อง ใช้ทักษะการใช้ตัวเลขในการเปรียบเทียบระยะ ความไกลของการทดสอบจรวดขวดน้ำ การคำนวณคะแนนประเมินความสมบูรณ์ของจรวดขวดน้ำ และ นำค่าของตัวเลขที่ได้จากการวัดและการนับมาจัดกระทำโดยการนำตัวเลขนั้นมา บวก ลบ คูณ หาร เพื่อนำเอาค่าใหม่ที่คำนวณได้มาสื่อความหมายให้เข้าใจยิ่งขึ้น และใช้ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายของข้อมูล โดยจัดกระทำข้อมูลเพื่อนำเสนอชิ้นงาน (จรวดขวดน้ำ) โดยใช้กระดาดชาชาร์ท เป็นการนำข้อมูลดิบมาจัดลำดับและสื่อความหมายโดยใช้ภาษาพูดหรือทำทางการสื่อสาร นำเสนอต่อเพื่อนทีมอื่น ๆ เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจสิ่งที่ต้องการนำเสนอได้อย่างชัดเจน ซึ่งผลข้างต้นสอดคล้องกับการพิจารณาทางด้านจากการประเมินจากการนำเสนอชิ้นงาน (จรวดขวดน้ำ) ที่พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยในรายการประเมินที่ 3 การเลือกวัสดุ อุปกรณ์ การออกแบบ และการวางแผนสร้างจรวดขวดน้ำ มากที่สุด แสดงให้เห็นว่านักเรียนได้ฝึกและใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน และมีความรู้ความเข้าใจในวิทยาศาสตร์ และสามารถบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ด้วยตนเองอย่างแท้จริง จึงทำให้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนดีขึ้นและสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด สอดคล้องกับการศึกษาของ Ruengrungs (2021) ที่พัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วยคู่มือการสร้างสิ่งประดิษฐ์จากวัสดุในท้องถิ่น ตามขั้นตอนโครงการสะสมเต็มศึกษา พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน ได้แก่ ทักษะการสังเกต ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล ทักษะการจำแนกประเภท ทักษะการวัด ทักษะการใช้จำนวน และทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล ตามขั้นตอนโครงการสะสมเต็มศึกษาในขั้นตอนที่ 4 ดำเนินการแก้ไขปัญหา/พัฒนา, 5 ทดสอบประเมินผล ปรับปรุง และ 6 นำเสนอชิ้นงาน สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด สอดคล้องกับการศึกษาของ Dawloh (2017) และ Nueangchomphu and Worakham (2021) ที่ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้แบบโครงการที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ Naksen, Pansuppawat, and Choosup (2020) ที่พัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะสมเต็มศึกษา ซึ่งผลการศึกษาพบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 นอกจากนี้ ยังสอดคล้องกับแนวคิดของนักการศึกษาหลาย ๆ ท่าน อาทิ แนวคิดของ Bantumporn and Suwannoi (2010) ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบโครงการที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญนั้น นักเรียนมีการสืบเสาะหาความรู้ได้ด้วยตนเองเป็นการพัฒนากระบวนการคิดขั้นสูง นักเรียนมีบทบาทเป็นผู้ปฏิบัติ วางแผนและออกแบบวิธีการในการแสวงหาความรู้ เพื่อค้นพบข้อความต่าง ๆ เพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้ด้วยตนเอง และแนวคิดของ Khemmani (2016) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบโครงการทำให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะกระบวนการสืบสวนและสามารถดึงศักยภาพต่าง ๆ ที่มีอยู่ในตัวของนักเรียนออกมาใช้ประโยชน์ด้วย



ขั้นที่ 1 ระบุปัญหาประเด็นที่เด่นชัดเกี่ยวกับจรวดขวดน้ำ



ขั้นที่ 2 รวบรวมแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับจรวดขวดน้ำ



ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีแก้ไขปัญหา/พัฒนาจรวดขวดน้ำ



ขั้นที่ 4 ดำเนินการแก้ไขปัญหา/พัฒนาจรวดขวดน้ำ



ขั้นที่ 5 ทดสอบประเมินผล ปรับปรุงจรวดขวดน้ำ



ขั้นที่ 6 นำเสนอชิ้นงาน (จรวดขวดน้ำ)

ภาพที่ 2 การจัดการเรียนรู้โดยใช้โดยใช้คู่มือการประดิษฐ์จรวดขวดน้ำ ตามขั้นตอนโครงงานสะเต็มศึกษา

2. ผลการศึกษาการทำงานเป็นทีมจากการประเมินของครูผู้สังเกตการณ์ การประเมินตนเอง
ของนักเรียน และจากนักเรียนประเมินทีม

พบว่า ภาพรวมระดับพฤติกรรมการทำงานเป็นทีมของนักเรียนมีพฤติกรรมการทำงานเป็นทีม
สม่ำเสมอทั้งหมด อยู่ในระดับสม่ำเสมอเป็นที่น่าพึงพอใจ ทั้งด้านบทบาทหน้าที่ ด้านกระบวนการทำงาน

และด้านความสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกในทีม ซึ่งคณะผู้วิจัยมีข้อสังเกตว่าผลการศึกษาลงต้นเนื่องมาจากการวิเคราะห์รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานสะเต็มศึกษาที่ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ระบุปัญหาประเด็นที่เด่นชัด 2) ขั้นรวบรวมแนวคิดที่เกี่ยวข้อง 3) ออกแบบวิธีแก้ไขปัญหา/พัฒนา 4) ดำเนินการแก้ไขปัญหา/พัฒนา 5) ทดสอบประเมินผล ปรับปรุง และ 6) นำเสนอผลงาน (National STEM Education Center, 2015; Mahidol Wittayanusorn School, 2016; Visetsuvarnabhumi, 2019) บูรณาาร่วมกับกิจกรรมจรวดขวดน้ำทำให้เกิดการบูรณาการทักษะ และความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ และส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะทางวิทยาศาสตร์ผ่านการลงมือปฏิบัติจริง (Ruengrung, 2022) มีการแบ่งกลุ่มเป็นทีม ในการแข่งขันจรวดขวดน้ำประเภทความไกล นักเรียนแบ่งหน้าที่ในการทำงาน และทำงานตามที่ตกลงกันไว้ มีการเสนอ และยอมรับความคิดเห็นในแก้ไขปัญหาคขวดน้ำ มีการวางแผนการทำงาน ระบุเป้าหมายที่ชัดเจน และมีการกำหนดวิธีการ ขั้นตอน และระยะเวลาในการสร้างจรวดขวดน้ำอย่างเป็นระบบร่วมกัน และภายในทีมให้ความร่วมมือ และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกัน ให้กำลังใจ และมีความสุขในการเรียนรู้ร่วมกัน ซึ่งสอดคล้องกับ Matthayomnan (2015) ที่ศึกษาผลการใช้ชุดกิจกรรมตามแนวทางการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาพบว่า ทักษะการทำงานร่วมกันเป็นทีมของนักเรียน โดยภาพรวมนักเรียนมีคะแนนรวมอยู่ในระดับ 4 คะแนน โดยนักเรียนรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น มีความใส่ใจสมาชิกในกลุ่มก่อนที่จะเสนอแนวคิดของตนเอง มีการแบ่งหน้าที่รับผิดชอบ มีส่วนร่วม และสามารถทำงานร่วมกับสมาชิกคนอื่น ๆ ในกลุ่มได้ดี สอดคล้องกับการศึกษาของ Phooddee (2023) ที่พัฒนาสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมของผู้เรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษาแบบ 6E ร่วมกับโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี พบว่า ระดับพฤติกรรมของสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมของผู้เรียน ทั้งด้านการสร้างความสัมพันธ์ที่ดีและการจัดการความขัดแย้ง ด้านกระบวนการทำงานร่วมมือรวมพลังอย่างเป็นระบบ และด้านการเป็นสมาชิกที่ดีและมีภาวะผู้นำ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและภาพรวมอยู่ในระดับดี และนอกจากนี้ ยังสอดคล้องกับแนวคิดของ Malawai, Choochom, and Peungposop (2022) ที่กล่าวว่า การเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้จากการทำงานเป็นทีมจะส่งผลให้เกิดการสร้างความรู้ความเข้าใจ สามารถปรับตัวเข้ากับบุคคลในสังคม และเติบโตเป็นทรัพยากรมนุษย์ที่มีคุณภาพในสังคมได้ การทำงานเป็นทีม คือ วิถีมนุษย์ซึ่งได้รับอิทธิพลหรือปัจจัยจากตัวบุคคล สังคม และสิ่งแวดล้อม อาทิ ปัจจัยลักษณะสถานการณ์จิตลักษณะเดิม และจิตลักษณะตามสถานการณ์ ซึ่งการที่นักเรียนที่มีศักยภาพที่แตกต่างกัน สามารถทำงานเป็นทีมได้จนสำเร็จ และตอบสนองความต้องการของจิตใจ เกิดการพัฒนาตนเองจากการเรียนรู้จากผู้อื่น ซึ่งในอนาคตจะทำให้สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปใช้

กิจกรรมตามขั้นตอนโครงงานสะเต็มศึกษาในขั้นตอนที่ 1, 4, 5 และ 6 สามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ดี แต่ขั้นที่ 2 รวบรวมแนวคิดที่เกี่ยวข้อง และขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีแก้ไขปัญหาคขวดน้ำยังไม่เป็นตามเกณฑ์ที่กำหนด ดังนั้น ควรมีการปรับปรุงกิจกรรมให้สามารถพัฒนาทักษะ

กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ดีกว่าเดิม อาทิ เช่น การพบปะ แลกเปลี่ยนรู้ รวบรวมข้อมูลจากวิทยากร
ที่มีประสบการณ์ และการเรียนรู้การออกแบบวิธีแก้ไขปัญหา/พัฒนากับวิทยากรที่มีประสบการณ์

ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยในครั้งต่อไป

ควรมีการศึกษาความคิดสร้างสรรค์ ความสามารถในการแก้ปัญหาหรือทักษะอื่น ๆ โดยการ
ออกแบบการจัดการเรียนรู้ให้ครอบคลุม หรือเพิ่มกิจกรรมการแข่งขันกันระหว่างกลุ่มให้มีความเข้มข้น
มากยิ่งขึ้นจะสามารถพัฒนาการทำงานเป็นทีมได้ดีขึ้นกว่าเดิม เพิ่มประเภทตามการแข่งขันของจรวด
ขวดน้ำที่มีมากมาย อาทิ การแข่งขันระยะทาง (ความไกล) การแข่งขันความแม่นยำ (บนพื้น) ความแม่นยำ
(ยิงเป้า) การแข่งขันความสูง การแข่งขันเวลาที่จรวดอยู่ในอากาศ การแข่งขันการป้องกันของบรรทุก
ไม่ให้เสียหาย การแข่งขันประเภทความคิดสร้างสรรค์ เป็นต้น (การศึกษาครั้งนี้ได้ใช้เฉพาะการแข่งขัน
ระยะทาง หรือประเภทความไกล)

เอกสารอ้างอิง

- Bantumporn, W., & Suwannoi, P. (2010). Effects of project-based learning on Mathayomsuksa 1 students development. *Journal of Education Graduate Studies Research Khon Kaen University*, 4(5), 10-17. [in Thai]
- Boonloed. T. (2018). *The enhancement of teamwork behavior by TGT (Team-Games-Tournament) technique with web support for Mathayomsueksa 2 Yangtalad Wittayakorn school* (master's thesis). Rajabhat Maha Sarakham University, Maha Sarakham, Thailand. [in Thai]
- Dawloh, L. (2017). *Effect of project-based learning on biology achievement, scientific process skills and attitude towards science of grade 11 students* (master's thesis). Prince of Songkla University, Pattani, Thailand. [in Thai]
- Funfuengfu, V. (2017). STEM education and Thailand education. *Valaya Alongkorn Review (Humanities and Social Science)*, 7(2), 13-23. [in Thai]
- Institute for the Promotion of Science and Technology Education. (2012). *Professional Science Teachers: Effective Teaching Strategies*. Bangkok: Author. [in Thai]
- Khemmani, T. (2016). *Teaching science: knowledge to organize effective learning processes* (20th ed.). Bangkok: Chulalongkorn University Press. [in Thai]
- Klomim, K. (2016). Learning management based on STEM education for student teachers. *Journal of Education Naresuan University*, 18(4), 334-348. [in Thai]
- Krostsalee, P., Pansuppawat, P., & Khamhaengpol, A. (2020). Development of creative thinking for grade 6 students on the topic of daily life chemicals by using STEM education and graphic organizers. *Journal of Roi Et Rajabhat University*, 14(1), 196-209. [in Thai]
- Ladachart, L., & Ladachart, L. (2022). STEM identity: Another factor that will promote achievement of STEM education in Thailand. *Journal of Science and Science Education*, 5(1), 148-157. [in Thai]
- Mahidol Wittayanusorn School. (2016). *STEM education in Mahidol Wittayanusorn School (Public Organization)*. Retrieved from <https://stem.mwit.ac.th/stem-driving/> [in Thai]
- Malawai, N., Choochom, O., & Peungposop, N. (2022). Learning activities for development 21st century students teamwork behavior. *Academic Journal of Mahamakut Buddhist University Roi Et Campus*, 11(2), 736-748. [in Thai]

- Matthayomnan, P. (2015). *Developing grade 10 students' teamwork in equilibrium using science activity learning packages based STEM education* (master's thesis). Ubon Ratchathani University, Ubon Ratchathani, Thailand. [in Thai]
- Ministry of Education. (2008). *Basic Education Core Curriculum B.E. 2551 (A.D. 2008)*. Retrieved from http://academic.obec.go.th/images/document/1559878925_d_1.pdf [in Thai]
- Ministry of Education. (2017). *Indicators and core contents of science learning group (Revised edition B.E. 2560) according to The Basic Education Core Curriculum B.E. 2551*. Bangkok, Thailand: Printing Agriculture Cooperatives of Thailand. [in Thai]
- Naksen, N., Pansuppawat, T., & Choosup, N. (2020). Development of science process skills for prathomsuksa three students on the topic of energy in daily life by using STEM education. *Journal of Education Khon Kaen University (EDKKUJ)*, 43(2). 31-42. [in Thai]
- Narang, M., & Jongkatkorn, C. (2022). A model of admonistrative in the school under the educational fund project of Huai Kha Khang Wittayakhom School. *Journal of MCU Nakhondhat*, 9(9), 165-183. [in Thai]
- National STEM Education Center. (2015). *STEM Network Manual*. Bangkok: The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. [in Thai]
- Nueangchomphu, J., & Worakham, P. (2021). The effects of a project-based learning entitled "Motion" on improving integrated science process skills and problem solving ability for the second year vocational certificate students. *Journal of Education and Innovative Learning*, 1(2), 171-186. [in Thai]
- Phooddee, W. (2023). The development teamwork and collaboration competence of learners using the 6E model in STEM education merge with the BCG economic model for grade-7 students in Chumchon Bankampok Thadokkeaw school. *Journal of Science and Science Education (JSSE)*, 6(1), 105-119. [in Thai]
- Ruengrung, S. (2021). The development of the scientific process skills using the manual of artifacts from local materials by STEM Education approaches under the outbreak of the Corona-virus 2019 (COVID-19). *Journal of Science and Science Education (JSSE)*, 5(1), 124-140. [in Thai]
- Ruengrung, S. (2022). Evaluate the efficiency of the manual of artifacts water rocket by STEM education project approaches for higher elementary students. *Journal of Education and Innovative Learning*, 2(3), 269-283. [in Thai]
- Ruengrung, S. (2023). The effect of utilizing STEM BCG as project-based learning in solving local problems on Grade-6 students to increase learning achievement and problem-solving ability in science and technology. *Journal of Science and Science Education (JSSE)*, 6(1), 150-160. [in Thai]
- Ruengrung, S., Sukmas, T., & Kaewtubtim, P. (2020). The development of science process skills through the uses of manual for creating experimental package according to the project steps SATIT PSU STEM INNOVATION on simple pendulum by the uses of tracker video analysis program. *Proceedings of the 3rd classroom research presentation contest project to develop student learning management student teachers of Thailand*, 3, 49-68. [in Thai]

- Showtale, D., Bunroek, P., Lobbumrung, S., Muhamad, N., & Nateesinsub, K. (2023). The effect of using STEM education integrated engineering thinking online learning on innovative thinking skill of grade 7 students Wat Phrasrimahadhat secondary demonstration School. *Journal of Science and Science Education (JSSE)*, 6(1), 74-90. [in Thai]
- Singto, A. (2020). The development of STEM education learning activities to enhance problem-solving thinking ability for mathayomsuksa 1. *Journal of MCU Nakhondhat*, 7(7), 387-398. [in Thai]
- Srisa-Ard, B. (2013). *Basic Research*. Bangkok: Suweeriyasan. [in Thai]
- Tarita, A. (2017). *Effect of brain-based learning with predict-observe-explain strategy on science achievement, science process skills, and instructional satisfaction of grade 6 students* (master's thesis). Prince of Songkla University, Pattani, Thailand. [in Thai]
- Turner, K., Mamark, N., Srilamai, N., & Jamjan, J. (2018). Effects of the STEM project-based learning to enhance the 21st century skills in college nursing students. *The Journal of Faculty of Nursing Burapha University*, 26(2), 11-19. [in Thai]
- Visetsuvarnabhumi, K. (2019). *Satit PSU STEM innovation project-based learning* [Handout]. Pattani, Thailand: Faculty of Education, Prince of Songkla University. [in Thai]
- Wongchachom, P., & Cojorn, K. (2016). A development of creative thinking and learning achievement of matthayomsueksa 5 students based on the STEM education cooperated with project-based learning. *Journal of Education, Mahasarakham University*, 10 (Special Edition), 465-474. [in Thai]