

Research article

ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และทักษะการทำงานเป็นทีมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

THE EFFECTS OF STEAM EDUCATION APPROACH ON SCIENTIFIC CREATIVE THINKING AND TEAMWORK SKILLS OF 9TH GRADE STUDENTS

ศักดิ์สิทธิ์ เหมแก้ว*

Saksit Hemkaew*

E-mail: Saksit.h@ds.ru.ac.th*

โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยรามคำแหง (ฝ่ายมัธยม), คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง
กรุงเทพมหานคร 10240 ประเทศไทย

The demonstration school of Ramkhamhaeng University, Faculty of Education Ramkhamhaeng University,
Bangkok 10240 Thailand

Journal of Industrial Education. 2025, Vol. 24 (No. 1), <https://doi.org/10.55003/JIE.24105>

Received: March 31, 2025, | Revised: April 8, 2025, | Accepted: April 20, 2025

ABSTRACT

This research investigated and made the comparison of students' scientific creativity and studied the teamwork skills of 9th grade students after learning science through STEAM Education approach. The findings aim to serve as a guideline for designing STEAM Education approach to enhance creativity and teamwork skills in other subjects. The research participants were 82 students of 9th grade in the 2nd semester of the 2023 academic year at the Demonstration School of Ramkhamhaeng University selected by cluster random sampling method. This research was a quasi-experimental research conducting one group pre-test post-test design experiment. The research instruments were (1) STEAM education lesson plan (2) scientific creativity test (The pretest had a difficulty ranging from 0.44 to 0.66, item discrimination ranging from 0.33 to 0.66, and reliability of 0.83. The posttest had a difficulty ranging from 0.39 to 0.68, item discrimination ranging from 0.35 to 0.57, and reliability of 0.81) (3) Peer Evaluation Form for Teamwork Skills (4) Self-Evaluation Form for Teamwork Skills. The collected data were analyzed by mean, percentage, standard deviation, and dependent t-test. The research findings were summarized as follows: (1) The post-learning scientific creative thinking ability of the students who learned under STEAM Education learning management was significantly higher than its pre-learning counterpart at the .05 level of statistical significance. (2) The teamwork skills before, during and after of the students who learned under STEAM Education learning management was significantly difference at the .05 level of statistical significance.

Keywords: Steam Education, Scientific creative thinking, Teamwork skills

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้ได้ค้นพบและเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และทักษะการทำงานเป็นทีมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาระหว่างก่อนเรียน ระหว่างเรียนและหลังเรียน เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสำหรับใช้พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ และทักษะการทำงานเป็นทีม ในรายวิชาอื่น ๆ ผู้เข้าร่วมการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยรามคำแหง (ฝ่ายมัธยม) ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 82 คน ซึ่งได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง มีรูปแบบการวิจัยแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน (One group pre-test post-test design) เครื่องมือที่ใช้ในวิจัย ได้แก่ (1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (2) แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (ฉบับก่อนเรียนมีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.44-0.66 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.33-0.66 และค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.83 ฉบับหลังเรียนมีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.39-0.68 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.35-0.57 และค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.81) (3) แบบประเมินทักษะการทำงานเป็นทีมแบบเพื่อนประเมินเพื่อน และ (4) แบบประเมินทักษะการทำงานเป็นทีมแบบประเมินตนเอง วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ยเลขคณิต ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบทีแบบไม่อิสระ ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ (1) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (2) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีทักษะการทำงานเป็นทีมในระยะก่อน ระหว่างและหลังการทดลองแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ: สะเต็มศึกษา, ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์, ทักษะการทำงานเป็นทีม

1. บทนำ

การพัฒนาประชากรในแต่ละสังคมเป็นหัวใจสำคัญในการพัฒนาประเทศ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของสังคมนั้นเป็นไปอย่างรวดเร็วอันเป็นผลมาจากความเจริญก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยี ดังนั้นการปลูกฝังพลเมืองของประเทศเพื่อตอบสนองต่อโลกยุคใหม่ที่มุ่งเน้นธุรกิจการค้า และการสร้างนวัตกรรมพร้อมกับการแข่งขันทางเศรษฐกิจจึงเป็นสิ่งสำคัญ โดยประชากรที่สังคมปัจจุบันมีความต้องการนั้นต้องเป็นประชากรที่เป็นบุคคลแห่งการเรียนรู้ กล่าวคือ บุคคลมีทักษะในศตวรรษที่ 21 โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศไทยมีความจำเป็นที่จะต้องพัฒนาประชากรที่มีความรู้ความสามารถทางวิทยาศาสตร์และทักษะทางวิทยาศาสตร์ เพราะสังคมไทยในปัจจุบันและอนาคตเต็มไปด้วยภาวะการแข่งขันซึ่งผู้ที่จะได้เปรียบทางการแข่งขัน จะต้องเป็นบุคคลที่มีความสามารถโดยเฉพาะในด้านการสร้างนวัตกรรมและผลงานที่มีความสร้างสรรค์ได้ ซึ่งการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาของไทยยังเน้นการสอนแบบบรรยายมุ่งเน้นให้นักเรียนท่องจำเนื้อหา และจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้สอนมากกว่าเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ อีกทั้งนักเรียนยังขาดโอกาสในการฝึกทักษะและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ตลอดจนความสามารถในการคิดในด้านความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งจะพิจารณาได้จากผลการประเมินโครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ หรือ Programmer for International Student Assessment (PISA) ประจำปี 2022 ซึ่งค่าเฉลี่ยคะแนนด้านความคิดสร้างสรรค์ (Creative thinking) ของกลุ่มประเทศองค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนาหรือ Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) อยู่ที่ 33 คะแนน ในขณะที่ประเทศไทยอยู่ในอันดับที่ 54 จาก 64 ประเทศและมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 21 คะแนน ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มที่มีคะแนนต่ำกว่าค่าเฉลี่ย ส่วนทักษะการทำงานเป็นทีมได้ถูกให้ความสำคัญและจัดให้เป็น 1 ใน 8 ของทักษะในศตวรรษที่ 21 เช่นกัน ซึ่งในการทำงานต่าง ๆ นั้นควรจำเป็นต้องพึ่งพาอาศัยผู้อื่นร่วมด้วย เพราะความรู้ความสามารถของคนเรานั้นมีจำกัดอาจเก่งในบางเรื่องและอาจอ่อนในบางเรื่องเช่นกัน ทักษะการทำงานเป็นทีมจึงมีความสำคัญที่จะนำไปสู่ความสำเร็จของงานและสามารถแก้ไขปัญหาที่ซับซ้อนได้จากการคิดและทำงานร่วมกันของสมาชิกในทีม คนที่มีทักษะนี้จึงเป็นหนึ่งในกลุ่มคนที่โลกยุคใหม่มองหาและต้องการ แต่เนื่องจากสมาชิกในทีมมีความแตกต่างระหว่างบุคคล ทั้งบุคลิก ความสามารถ ความถนัด ซึ่งเป็นไปได้ยากที่จะคิดและทำไปทิศทางเดียวกันได้ จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่กระบวนการจัดการเรียนการสอนต้องเสริมสร้างทักษะการทำงานเป็นทีมให้กับผู้เรียนทุกคน แต่สิ่งที่เป็นปัญหา คือ กระบวนการจัดการเรียนรู้ในโรงเรียนต่าง ๆ ยังไม่ได้ถูกออกแบบมาให้สอนทักษะนี้ในห้องเรียนเท่าที่ควร (Office of the Education Council, 2017, p. 45; Pitiporwivat, 2018, Online; Kim, 2018, pp. 119-128; OECD, 2022, Online)

การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (STEAM education) เป็นแนวคิดที่ต่อยอดมาจากแนวทางการศึกษาแบบสะเต็มศึกษา STEM education โดยเป็นแนวทางที่บูรณาการความรู้ใน 4 ศาสตร์วิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรม (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) แต่เพิ่มอักษร “A : Art” ซึ่งหมายถึง การสร้างสรรค์ จินตนาการ เพื่อสนับสนุนให้เกิดความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม จากการศึกษางานวิจัยจากนักวิชาการหลายท่านพบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีส่วนช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ได้ ซึ่งสอดคล้องกับ Riley (2014, pp. 54-55) ที่อธิบายว่า สะเต็มศึกษาเป็นแนวคิดทางการศึกษาที่สามารถช่วยนำทางผู้เรียนไปสู่การสืบเสาะการอภิปราย การคิดวิเคราะห์ และมีการวางแผนแบบร่วมมือกับสมาชิกภายในกลุ่มเพื่อร่วมกันทำงานเป็นทีม อีกทั้งยังส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ความคงทนในการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาและการคิดวิเคราะห์ได้

จากปัญหาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนไทยรวมทั้งความสำคัญของการพัฒนาทักษะการทำงานเป็นทีม และความสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการนำการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษานำมาสอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์เนื้อหาระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นเนื้อหาที่ในห้องเรียนมักเน้นการบรรยายเป็นส่วนใหญ่ อีกทั้งนักเรียนไม่ได้รับการพัฒนาแต่ในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แต่เนื่อหาดังกล่าวยังมีลักษณะที่เอื้อต่อการใช้การคิดออกแบบที่สามารถเพิ่มการฝึกทักษะการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการทำวิจัยหัวข้อดังกล่าว

โดยวัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อ 1) เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 2) ศึกษาและเปรียบเทียบทักษะการทำงานเป็นทีมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา โดยเป็นแนวทางในการศึกษาและพัฒนาแนวทางการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และทักษะการทำงานเป็นทีมในรายวิชาอื่น ๆ ต่อไป

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Yakman and Lee (2012, pp. 1072-1086) ได้อธิบายว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็ม (STEAM) เป็นการจัดการศึกษาที่ต่อยอดมาจากแนวคิดสะเต็มศึกษา โดย STEAM เป็นการนำศาสตร์ทั้ง 5 มาบูรณาการเข้าด้วยกัน คือ วิทยาศาสตร์ (Science : S) เทคโนโลยี (Technology : T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering : E) ศิลปะ (Arts) และคณิตศาสตร์ (Mathematics : M) โดยรายวิชาต่าง ๆ สามารถเชื่อมโยงและสนับสนุนซึ่งกันและกันโดยผ่านการประยุกต์กับสถานการณ์จริง เนื้อหาในแต่ละวิชาที่นำมาบูรณาการนั้นไม่จำเป็นต้องมีส่วนเท่ากัน อาจเน้นเรื่องใดเรื่องหนึ่งและบูรณาการวิชาอื่นไปพร้อม ๆ กัน ในการเพิ่มศิลปะเข้าไปใน STEM ทำให้เกิดการสร้างกรอบความคิดทางการศึกษาที่สามารถเชื่อมโยงการศึกษาวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและคณิตศาสตร์กับสาขาต่าง ๆ ของศิลปะ และยังพบว่าช่วยให้ผู้เรียนสามารถถ่ายโอนความรู้ด้วยการคิดขั้นสูงระหว่างสาขาวิชา ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดหลากหลายและสร้างสรรค์ Phongngern (2017, pp. 320-334) ได้อธิบายว่า การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีวิธีการแก้ปัญหาใหม่ ๆ ทำให้การเรียนรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์มีความน่าสนใจ เข้าใจง่ายขึ้น และนำไปประยุกต์ใช้กับชีวิตประจำวันได้ และยังพบว่าการเรียนรู้ที่รวมศิลปะช่วยให้เด็กสามารถ สื่อสารแนวคิด และ นำเสนอผลงาน ได้อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Intawimonsri (2560, pp. 25-29) ที่ได้ศึกษาผลของการใช้แนวคิดสะเต็มศึกษา ในวิชาชีววิทยา ที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่านักเรียนที่เรียนชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนอยู่ในระดับดีขึ้นไป นักเรียนที่เรียนชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน ไม่แตกต่างกันและนักเรียนที่เรียนชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง Madden et al. (2013, pp. 541-546) อธิบายว่า การศึกษาเชิงปฏิบัติการของแต่ละองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ สามารถทำได้ดังนี้ 1) ความคิดคล่อง (Fluency) ศึกษาได้จากจำนวนคำตอบ หรือการโต้ตอบของปัญหาในสถานการณ์นั้น ๆ 2) ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) ศึกษาได้จากจำนวนของประเภทหรือจำนวนหมวดหมู่ของคำตอบหรือการตอบสนองที่แตกต่างกัน 3) ความคิดริเริ่ม (Originality) ศึกษาได้จากการตอบสนองหรือคำตอบที่มีความโดดเด่นเฉพาะตัว Tangjenapirom (1986, p. 18) ได้ศึกษาวิธีการวัดความคิดสร้างสรรค์มาเป็นลำดับ ได้แก่ 1) การใช้การสังเกต ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่แสดงออกถึงการมีความคิดสร้างสรรค์ 2) การวาดภาพโดยอาจจะมีการกำหนดรูปร่างเรขาคณิตมาให้แล้วให้นักเรียนวาดภาพต่อเติมจากสิ่งที่ครูกำหนดให้ 3) หรือให้นักเรียนสังเกตดูภาพรอยหมึกแล้วตอบคำถามว่ารอยหยดหมึกที่เห็นมีลักษณะคล้ายกับอะไร 4) การเขียนเรียงความและงานศิลปะ นอกจากนี้แนวทางในการวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ยังสามารถทำได้โดยการใช้แบบวัด ซึ่งในแบบวัดนั้นอาจประกอบด้วย การใช้ภาษา การใช้ภาพเป็นสื่อ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนแสดง

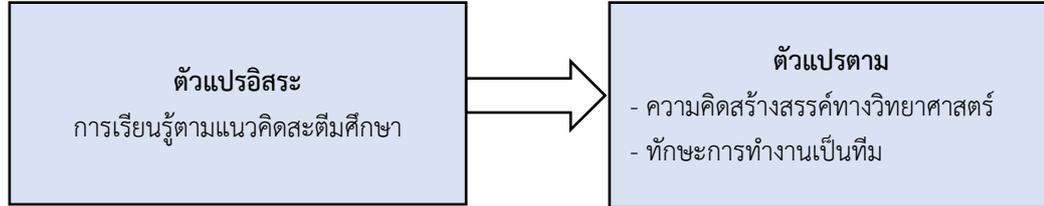
ความคิดสร้างสรรค์ออกมา โดยจะมีการจับเวลาในการทำแบบวัด จากการศึกษาวิจัยของ Kim et al. (2014, pp. 43-54) ที่ได้ศึกษา ผลของการประยุกต์สะเต็มศึกษาในรายวิชาวิทยาศาสตร์ที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์และระดับความสนใจในวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 3 โรงเรียนในประเทศเกาหลีใต้ พบว่านักเรียนที่ได้เรียนวิชาวิทยาศาสตร์ด้วยบทเรียนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ที่ประยุกต์สะเต็มศึกษามีความคิดสร้างสรรค์และมีความสนใจในวิทยาศาสตร์มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยการเรียนการสอนแบบทั่วไป Ruenrom (2010, pp. 27-28) ได้ศึกษาเรื่องการทำงานเป็นทีมของครูในโรงเรียนระยองพิทยาคม สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาระยอง เขต 1 ได้อธิบายความหมายของการทำงานเป็นทีมว่าหมายถึง การที่บุคคลตั้งแต่สองคนขึ้นไป ซึ่งมีความสัมพันธ์กันค่อนข้างจะใกล้ชิดมาร่วมกันดำเนินกิจกรรมทั้งหลายให้บรรลุเป้าหมายในทิศทางเดียวกัน สนับสนุนช่วยเหลือเอาใจใส่ซึ่งกันและกัน ใช้ทักษะประสบการณ์ แลกเปลี่ยนเรียนรู้ ร่วมมือกันทำงานอย่างเต็มความสามารถ สามัคคีกัน เพื่อแก้ไขปัญหาคือ 1) ภาวะผู้นำของผู้บริหาร โดยผู้บริหารมีบทบาทสำคัญในการสร้างบรรยากาศที่เอื้อต่อการทำงานเป็นทีม 2) ความสัมพันธ์ระหว่างครู ครูที่มีความสัมพันธ์ที่ดีต่อกันมักจะทำงานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ 3) วัฒนธรรมองค์กร วัฒนธรรมที่สนับสนุนการทำงานเป็นทีมทำให้ครูมีแนวโน้มที่จะร่วมมือกันมากขึ้น 4) การสนับสนุนจากโรงเรียน ทรัพยากรและการส่งเสริมจากโรงเรียนช่วยเสริมสร้างการทำงานเป็นทีม Rovers (2015, Online) ได้ศึกษาและพบว่า องค์ประกอบของการทำงานเป็นทีมที่มีประสิทธิภาพโดยมีการผสมผสานความสามารถในหลาย ๆ ด้านเข้าด้วยกัน ประกอบด้วย 1) การรับฟังแบบอย่างตั้งใจ 2) การติดต่อสื่อสาร 3) การให้และรับข้อเสนอแนะ 4) การรับบทบาทที่แตกต่าง 5) การร่วมมือกันทำงาน (Collaboration) Wang et al. (2009, pp. 91-92) ได้ศึกษาและพัฒนาแนวทางในการประเมินการทำงานเป็นทีมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยใช้วิธีการประเมิน 3 วิธี ได้แก่ การประเมินตนเอง (Self-report) การประเมินจากการตัดสินจากสถานการณ์ (Situational judgment test) และการประเมินจากครูผู้สอน (Teacher-report) พบว่า เมื่อเปรียบเทียบวิธีการประเมินการทำงานเป็นทีมทั้ง 3 วิธี พบว่าในแต่ละวิธีมีปัญหาแตกต่างกันไป เช่น การประเมินตนเอง นักเรียนบางคนอาจทำการประเมินที่ไม่ตรงกับความเป็นจริง นักเรียนทำการประเมินดีกว่าหรือแย่กว่าจากความเป็นจริง ซึ่งการประเมินจากครูผู้สอนช่วยป้องกันปัญหาความเป็นจริงตรงจุดนี้ได้ แต่ข้อจำกัดของการประเมินจากครูผู้สอน คือครูผู้สอนไม่สามารถทำการประเมินนักเรียนได้อย่างทั่วถึง การประเมินจากครูผู้สอนทำได้ยากคือครูผู้สอนต้องทำอย่างอื่นไปด้วย ส่วนการประเมินจากการตัดสินจากสถานการณ์มีความน่าเชื่อถือมากกว่าการประเมินตนเอง เพราะมีสถานการณ์กำหนดมาให้ ข้อจำกัดของการประเมินวิธีนี้คือแบบประเมินมีตัวหนังสือมากเกินไป ทำให้นักเรียนข้ามการอ่านสถานการณ์นั้นไป โดยการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยนำหลักการจัดการกิจกรรมการเรียนการสอนตามแนวคิดของ Riley (2014, pp. 54-55) ซึ่งได้เสนอ 6 ขั้นตอนการสอน ดังนี้ 1) ชั้นระบุสถานการณ์ (Focus) ครูและนักเรียนร่วมกันเลือกปัญหาที่จำเป็นในการแก้ไขสถานการณ์ โดยคำถามและปัญหาจะต้องมีความสัมพันธ์กับเนื้อหาของแนวคิดสะเต็ม (STEAM) 2) ชั้นวิเคราะห์สถานการณ์ (Detail) ครูและนักเรียนช่วยกันหาคำถามหรือปัญหานั้นมีสาเหตุมาจากอะไร ทำให้เกิดปัญหาหรือคำถามเหล่านั้นขึ้นมา 3) ชั้นการค้นคว้า (Discovery) นักเรียนทำการศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลที่สำคัญเพื่อการแก้ไขปัญหาหรือตอบคำถามด้วยวิธีการที่หลากหลาย ส่วนครูทำหน้าที่วิเคราะห์ทักษะหรือกระบวนการที่นักเรียนยังขาดและช่วยเสริมทักษะและกระบวนการจนนักเรียนมีความเข้าใจมากยิ่งขึ้น 4) ชั้นประยุกต์ (Application) นักเรียนจะได้สร้างและอธิบายวิธีการในการแก้ปัญหาผ่านการสร้างสรรค์ผลงาน 5) ชั้นการนำเสนอ (Presentation) นักเรียนมีโอกาสในการเผยแพร่ผลงานของตนเองให้ผู้ชม โดยผู้ชมมีโอกาสที่จะให้ข้อเสนอแนะได้ ขั้นตอนนี้มีความสำคัญในการเปิดโอกาสให้นักเรียนเรียนรู้ที่จะเป็นผู้ให้และผู้รับ 6) ชั้นประเมินและปรับปรุง (Evaluation) นักเรียนจะได้นำข้อเสนอแนะจากขั้นตอนก่อนหน้าไปปรับปรุงวิธีการในการแก้ปัญหาเพื่อผลิตผลงานสร้างสรรค์ต่อไป และแนวคิดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของ Madden et al. (2013, pp. 541-546) และอีกทั้งแนวคิดด้านทักษะการทำงานเป็นทีมของ Wang et al. (2009, pp. 91-92)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลจึงสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา อาจมีส่วนช่วยให้ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และทักษะการทำงานเป็นทีมของนักเรียนได้ เพราะการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นวิธีการที่มีความหลากหลายในการแก้ปัญหา อีกทั้งมีการนำความรู้วิทยาศาสตร์มาใช้เพื่อออกแบบสร้างสรรค์ผลงานหรือชิ้นงานผ่านการใช้ศิลปะในการออกแบบผ่านกระบวนการทำงานกลุ่มของนักเรียน สมมุติฐานการวิจัย ประกอบด้วย นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีทักษะการทำงานเป็นทีมในระยะก่อน ระหว่างและหลังการทดลองแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 กรอบแนวคิดการวิจัย

ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และทักษะการทำงานเป็นทีมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีกรอบแนวคิดการวิจัย ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

3.2 ประชากร และกลุ่มตัวอย่างวิจัย

ประชากรในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 จำนวนนักเรียน 255 คน โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยรามคำแหง สังกัดสำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

กลุ่มตัวอย่างการวิจัยในครั้งนี้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยรามคำแหง (ฝ่ายมัธยม) ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 3 ห้อง ได้แก่ ห้อง ม.3/1 ม.3/6 และ ม.3/7 ซึ่งได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) จำนวน 82 คน ซึ่งนักเรียนในห้องทุกห้องผ่านการทดสอบความสามารถโดยพิจารณาผลการเรียนจากฝ่ายวิชาการของโรงเรียนเป็นที่เรียบร้อยแล้ว

3.3 เครื่องมือวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาในเรื่อง ระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 4 แผน ใช้เวลา 20 คาบ ประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง องค์ประกอบของระบบนิเวศ 2) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ประชากรในระบบนิเวศ 3) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศ 4) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง วัฏจักรน้ำและคาร์บอน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย

- 2.1 แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 2 ฉบับ ก่อนและหลังเรียนโดยมีฉบับละ 5 ข้อ ซึ่งเป็นแบบวัดประเภทอัตนัย แบบวัดทั้งสองฉบับนี้เป็นแบบวัดคู่ขนาน (Parallel-tests)
- 2.2 แบบประเมินทักษะการทำงานเป็นทีมแบบเพื่อนประเมินเพื่อน 5 ด้าน
- 2.3 แบบประเมินทักษะการทำงานเป็นทีมแบบประเมินตนเอง 5 ด้าน

3.4 ขั้นตอนการวิจัย

3.4.1 การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือ

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผู้วิจัยศึกษาหลักสูตร ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง แนวคิดและขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนสำหรับแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อจัดสาระและดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ตามสาระและจำนวนคาบที่กำหนดให้สอดคล้องกับรูปแบบการเรียนการสอนที่เลือกใช้ นำแผนการจัดการเรียนรู้ไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิซึ่งมีความเชี่ยวชาญในหลักสูตร และมีประสบการณ์สอน จำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบพิจารณารายละเอียดเพื่อประเมินค่าความเหมาะสมและความสอดคล้อง ซึ่งจากการวิเคราะห์หาค่าความเหมาะสมขององค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ถึงแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 ค่าความเหมาะสมเท่ากับ 4.76, 4.80, 4.73, และ 4.81 ตามลำดับค่าเฉลี่ยรวมคือ 4.78 อยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด จากนั้นนำแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ที่ผ่านการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญแล้วไปทดลองใช้ (Try-out) กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอนด้วยตนเอง เพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้ ความถูกต้อง ความเหมาะสม และบันทึกปัญหาข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่พบแล้วนำมาแก้ไขและปรับปรุงในส่วนกิจกรรมตามขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน โดยปรับให้มีความเหมาะสมกับเวลาที่ค่อนข้างจำกัดก่อนนำไปใช้จริง

2. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน มีจำนวน 2 ชุด ได้แก่ แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ฉบับก่อนเรียนและหลังเรียน ผู้วิจัยศึกษาและวิเคราะห์องค์ประกอบ กำหนดตัวชี้วัดเชิงพฤติกรรมเพื่อใช้สร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์พร้อมเกณฑ์การให้คะแนน สำหรับการตรวจคำตอบของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (ตัวอย่างข้อคำถาม เช่น ในปัจจุบันประชากรเมืองนิยมใช้รถส่วนตัวเป็นจำนวนมาก ทำให้ที่จอดรถไม่เพียงพอและเกิดปัญหาจอดรถข้างถนน ซึ่งทำให้เกิดปัญหาการจราจร ให้นักเรียนออกแบบและวาดรูปรถที่จะช่วยลดปัญหาสถานที่จอดรถมาให้ได้มากที่สุด (ภายในเวลา 3 นาที)) นำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ฉบับก่อนเรียนและหลังเรียนรวมทั้งเกณฑ์การให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ให้ผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญในด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 5 ท่านเพื่อตรวจสอบค่าดัชนีความตรง (Index of Item-Objective Congruence : IOC) ของข้อคำถามต่อความสอดคล้องของพฤติกรรมที่ต้องการวัด และลักษณะการใช้คำถาม จากนั้นพิจารณารายการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิในแต่ละข้อ ซึ่งฉบับก่อนเรียนมีค่าอยู่ระหว่าง 0.60-1.00 ส่วนฉบับหลังเรียนมีค่าอยู่ระหว่าง 0.80-1.00 นำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ฉบับก่อนเรียนและหลังเรียน รวมทั้งเกณฑ์การให้คะแนนที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้ (Try-out) กับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5/1(2) และ 5/1(3) ที่ผ่านการเรียนเรื่องนี้มาแล้ว เพื่อนำผลการตรวจสอบที่ได้มาหาค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับแล้วจัดทำแบบทดสอบฉบับจริง โดยแบบวัดฉบับก่อนเรียนมีค่าความยากง่ายระหว่าง 0.44-0.66 มีค่าอำนาจจำแนกมีค่าระหว่าง 0.33-0.66 ตรวจสอบค่าความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายในโดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's alpha coefficient) มีค่าเท่ากับ 0.83 แบบวัดฉบับหลังเรียนมีค่าความยากง่ายระหว่าง 0.39-0.68 มีค่าอำนาจจำแนกมีค่าระหว่าง 0.35-0.57 ตรวจสอบค่าความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายในโดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's alpha coefficient) มีค่าเท่ากับ 0.81 และตรวจสอบค่าความเที่ยงของแบบวัดทั้งฉบับก่อนเรียนและหลังเรียน โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน มีค่าเท่ากับ 0.89

3. แบบประเมินทักษะการทำงานเป็นทีมแบบเพื่อนประเมินเพื่อน 5 ด้าน และแบบประเมินตนเอง 5 ด้าน มีขั้นตอนในการพัฒนาเครื่องมือ ศึกษาแนวคิด ทฤษฎีเกี่ยวกับรูปแบบการประเมินทักษะการทำงานเป็นทีมเพื่อนำมาวิเคราะห์และหาคุณลักษณะของการทำงานเป็นทีมที่มีประสิทธิภาพ ประกอบด้วย ด้านที่ 1 การร่วมกันสื่อสารภายในทีมที่มีประสิทธิภาพ ด้านที่ 2 หลักและวิธีการทำงานร่วมกันภายในทีม ด้านที่ 3 การทำงานในทีมที่มีประสิทธิภาพ ด้านที่ 4 การมีภาวะผู้นำ ด้านที่ 5 การยอมรับศักยภาพของสมาชิกในทีม สร้างแบบประเมินโดยมีลักษณะแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating scale) นำแบบสอบถามไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประเมินความสอดคล้องของแบบสอบถามโดยให้คะแนนข้อคำถามแต่ละข้อ โดยพิจารณาความสอดคล้อง (IOC) ของข้อคำถามกับองค์ประกอบการทำงานเป็นทีม โดยเกณฑ์ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญต้องอยู่ในระดับเท่ากับหรือมากกว่า 0.5 ขึ้นไป จึงถือว่ามีความสอดคล้องและนำไปใช้ได้ รวมถึงข้อบกพร่องอื่น ๆ และข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขจากการประเมินคุณภาพของแบบประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ

3.4.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการวิจัย คือ 1) ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการจัดการเรียนการสอนกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง โดยการวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ด้วย แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ฉบับก่อนเรียน โดยใช้เวลาในการทำแบบวัด 30 นาที และผู้วิจัยให้ผู้เรียนทำแบบประเมินทักษะการทำงานเป็นทีม 2 ชุด ประกอบด้วย แบบประเมินทักษะการทำงานเป็นทีมแบบประเมินตนเอง และแบบประเมินทักษะการทำงานเป็นทีมแบบเพื่อนประเมินเพื่อน ครั้งที่ 1 2) ดำเนินการทดลองใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง ระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 20 ชั่วโมงกับกลุ่มตัวอย่าง ในช่วงกลางของการทดลองประมาณสัปดาห์ที่ 3 ผู้วิจัยให้ผู้เรียนทำแบบประเมินทักษะการทำงานเป็นทีม ทั้ง 2 ชุด เป็นครั้งที่ 2 3) แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ฉบับหลังเรียน ซึ่งป็นแบบวัดคู่ขนาน ใช้เวลาทำแบบวัด 30 นาที ผู้วิจัยให้ผู้เรียนทำแบบประเมินทักษะการทำงานเป็นทีม 2 ชุด โดยเป็นการเก็บรวบรวมผลการประเมินทักษะการทำงานเป็นทีมในครั้งที่ 3

3.4.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยหาค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของคะแนน และระดับของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่างในแต่ละองค์ประกอบและภาพรวมของกลุ่มตัวอย่างหลังการทดลองจากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และทดสอบค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่างจากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนและหลังเรียนที่มีคะแนนเต็มฉบับละ 56 คะแนน ด้วยสถิติทดสอบค่าทีแบบไม่อิสระ (Dependent t-test) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ .05 โดยผู้วิจัยใช้เกณฑ์การให้คะแนนระดับคุณภาพของการวัด

ประเมินผลการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยกำหนดเกณฑ์การตัดสินเป็น 4 ระดับ เพื่อประเมินระดับความสามารถของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนและทดสอบค่าความแตกต่างของคะแนนทักษะการทำงานเป็นทีมโดยใช้สถิติทดสอบสมมติฐานการวิเคราะห์ความแปรปรวนที่มีการวัดซ้ำ (Repeated measures ANOVA)

4. ผลการวิจัย

ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา และผลการวิเคราะห์ทักษะการทำงานเป็นทีม ผลการวิเคราะห์มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

คะแนน	คะแนนเต็ม	\bar{X}	ร้อยละ	SD	t	p
ก่อนเรียน	56	25.27	45.12	2.35	16.804*	0.000
หลังเรียน	56	29.80	53.21	3.19		

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 1 พบว่า นักเรียนมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกันโดยกลุ่มหลังเรียนมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ย (\bar{X}) ค่าร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และระดับของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียน

องค์ประกอบ	คะแนนเต็ม	ค่าสถิติ			ระดับความสามารถ
		\bar{X}	ร้อยละ	SD	
ความคิดคล่อง	16	10.09	63.06	1.54	ดี
ความคิดยืดหยุ่น	20	12.18	60.90	1.78	ดี
ความคิดริเริ่ม	20	7.60	38.00	1.03	ปานกลาง
รวม	56	29.80	53.21	3.19	ดี

จากตารางที่ 2 พบว่า นักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีคะแนนร้อยละของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เท่ากับ 53.21 อยู่ในเกณฑ์ระดับคุณภาพดี เมื่อพิจารณาคะแนนร้อยละในแต่ละองค์ประกอบพบว่า องค์ประกอบความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่นทางวิทยาศาสตร์และความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์ มีคะแนนร้อยละ 63.06 และ 60.90 ตามลำดับ อยู่ในเกณฑ์ระดับคุณภาพดี ส่วนองค์ประกอบความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์มีคะแนนร้อยละ 38.00 อยู่ในเกณฑ์ระดับคุณภาพปานกลาง

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์แยกตามองค์ประกอบความคิดสร้างสรรค์รายด้านของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาก่อนเรียนและหลังเรียน

องค์ประกอบ ความคิดสร้างสรรค์ ทางวิทยาศาสตร์	การทดสอบ	คะแนนเต็ม	\bar{X}	ร้อยละ	SD	t	p
คิดคล่อง (Fluency)	ก่อนเรียน	16	8.21	51.31	1.49	12.436*	0.000
	หลังเรียน	16	10.09	63.06	1.54		
คิดยืดหยุ่น (Flexibility)	ก่อนเรียน	20	9.84	49.20	1.07	12.971*	0.000
	หลังเรียน	20	12.18	60.90	1.78		
คิดริเริ่ม (Originality)	ก่อนเรียน	20	7.32	36.55	1.12	1.876	0.064
	หลังเรียน	20	7.60	38.00	1.02		

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 3 พบว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์แต่ละองค์ประกอบ ได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม มีคะแนนเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์โดยกลุ่มหลังเรียนมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่องค์ประกอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ด้านความคิดริเริ่มมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนและก่อนเรียนไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4 ผลเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยรายคู่ของทักษะการทำงานเป็นทีมของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างโดยใช้แบบประเมินทักษะการทำงานเป็นทีมแบบประเมินตนเอง โดยแบบประเมินแบ่งเป็น 5 ด้าน จากการวัด 3 ครั้ง

รายการประเมิน	(I) ช่วงเวลา	(J) ช่วงเวลา	ความแตกต่าง ของ ค่าเฉลี่ย	ความคลาด เคลื่อน มาตรฐาน
ด้านที่ 1 การร่วมกันสื่อสารภายในทีมที่มีประสิทธิภาพ	หลังการทดลอง	ก่อนการทดลอง	1.585*	0.052
		ระหว่างการทดลอง	0.144*	0.038
	ระหว่างการทดลอง	ก่อนการทดลอง	1.441*	0.045
ด้านที่ 2 หลักและวิธีการทำงานร่วมกันภายในทีม	หลังการทดลอง	ก่อนการทดลอง	1.843*	0.047
		ระหว่างการทดลอง	0.264*	0.033
	ระหว่างการทดลอง	ก่อนการทดลอง	1.579*	0.050
ด้านที่ 3 การทำงานในทีมที่มีประสิทธิภาพ	หลังการทดลอง	ก่อนการทดลอง	1.613*	0.056
		ระหว่างการทดลอง	0.303*	0.029
ด้านที่ 4 การมีภาวะผู้นำ	หลังการทดลอง	ก่อนการทดลอง	1.852*	0.046
		ระหว่างการทดลอง	0.305*	0.038
	ระหว่างการทดลอง	ก่อนการทดลอง	1.547*	0.049
ด้านที่ 5 การยอมรับศักยภาพของสมาชิกในทีม	หลังการทดลอง	ก่อนการทดลอง	1.846*	0.048
		ระหว่างการทดลอง	0.217*	0.023
	ระหว่างการทดลอง	ก่อนการทดลอง	1.628*	0.054

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 4 พบว่า ทักษะการทำงานเป็นทีมนักเรียนกลุ่มตัวอย่างก่อน ระหว่างและหลัง นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีทักษะการทำงานเป็นทีมในทุกด้าน ได้แก่ การสื่อสารภายในทีมที่มีประสิทธิภาพหลักการทำงานร่วมกันภายในทีม การทำงานในทีมที่มีประสิทธิภาพ ภาวะผู้นำ และการยอมรับศักยภาพของสมาชิกในทีม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 5 ผลเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยรายคู่ของทักษะการทำงานเป็นทีมของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างโดยใช้แบบประเมินทักษะการทำงานเป็นทีมแบบเพื่อนประเมินเพื่อน โดยแบบประเมินแบ่งเป็น 5 ด้าน จากการวัด 3 ครั้ง

รายการประเมิน	(I) ช่วงเวลา	(J) ช่วงเวลา	ความแตกต่าง ของ ค่าเฉลี่ย	ความคลาด เคลื่อน มาตรฐาน
ด้านที่ 1 การร่วมกันสื่อสารภายในทีมที่มีประสิทธิภาพ	หลังการทดลอง	ก่อนการทดลอง	1.585*	0.052
		ระหว่างการทดลอง	0.144*	0.038
	ระหว่างการทดลอง	ก่อนการทดลอง	1.441*	0.045
ด้านที่ 2 หลักและวิธีการทำงานร่วมกันภายในทีม	หลังการทดลอง	ก่อนการทดลอง	1.843*	0.047
		ระหว่างการทดลอง	0.264*	0.033
	ระหว่างการทดลอง	ก่อนการทดลอง	1.579*	0.050
ด้านที่ 3 การทำงานในทีมที่มีประสิทธิภาพ	หลังการทดลอง	ก่อนการทดลอง	1.613*	0.056
		ระหว่างการทดลอง	0.303*	0.029
	ระหว่างการทดลอง	ก่อนการทดลอง	1.310*	0.058
ด้านที่ 4 การมีภาวะผู้นำ	หลังการทดลอง	ก่อนการทดลอง	1.852*	0.046
		ระหว่างการทดลอง	0.305*	0.038
	ระหว่างการทดลอง	ก่อนการทดลอง	1.547*	0.049
ด้านที่ 5 การยอมรับศักยภาพของสมาชิกในทีม	หลังการทดลอง	ก่อนการทดลอง	1.846*	0.048
		ระหว่างการทดลอง	0.217*	0.023
	ระหว่างการทดลอง	ก่อนการทดลอง	1.628*	0.054

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 5 พบว่า ทักษะการทำงานเป็นทีมนักเรียนกลุ่มตัวอย่างก่อน ระหว่างและหลังนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีทักษะการทำงานเป็นทีมในทุกด้าน ได้แก่ การร่วมกันสื่อสารภายในทีมที่มีประสิทธิภาพ หลักและวิธีการทำงานร่วมกันภายในทีม การทำงานในทีมที่มีประสิทธิภาพ การมีภาวะผู้นำและการยอมรับศักยภาพของสมาชิกในทีม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สามารถอภิปรายได้ด้วยเหตุผลดังต่อไปนี้ ประการที่ 1 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เป็นจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง นักเรียนได้มีโอกาสฝึกการคิดวิเคราะห์และออกแบบสร้างสรรค์ชิ้นงานรวมทั้งมีการนำความรู้ที่ได้จากการสืบค้นข้อมูลมาใช้เพื่อแก้ปัญหาผ่านสถานการณ์ได้อย่างสร้างสรรค์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kim et al. (2014, pp. 43-54) ที่ได้ศึกษา ผลของการประยุกต์สะเต็มศึกษาในรายวิชาวิทยาศาสตร์ที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์และระดับความสนใจในวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 3 โรงเรียนในประเทศเกาหลีใต้ พบว่านักเรียนที่ได้เรียนวิชาวิทยาศาสตร์ด้วยบทเรียนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ที่ประยุกต์สะเต็มศึกษามีความคิดสร้างสรรค์และมีความสนใจในวิทยาศาสตร์มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยการเรียนการสอนแบบทั่วไป และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Phuproong (2016, pp. 790-798) ที่ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสารคามพิทยาคม ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องอาหารกับการดำรงชีวิต พบว่า หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีค่าเฉลี่ยคะแนนทักษะความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและมีความแตกต่างกัน ทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ประการที่ 2 เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยร้อยละในแต่ละองค์ประกอบพบว่าองค์ประกอบความคิดคลองทางวิทยาศาสตร์ ความคิดยืดหยุ่นทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 63.06 และ 60.90 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ระดับคุณภาพดี ทั้งนี้อาจเป็นเพราะในกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อม ผู้วิจัยได้ออกแบบการเรียนรู้ให้กับนักเรียนได้ลองคิดแนวคิดการแก้ปัญหา หรือสิ่งประดิษฐ์เพื่อแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมภายในเวลาที่ครูกำหนด โดยนักเรียนจะทำการออกแบบแนวคิดคนเดียวก่อน แล้วนำแนวคิดของตนเองไปแลกเปลี่ยนและรวบรวมออกมาเป็นแนวคิดสมาชิกหรือสิ่งประดิษฐ์ในกลุ่มของตนเอง เป็นสาเหตุให้นักเรียนมีการพัฒนาด้านการคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่นทางวิทยาศาสตร์ในหลาย ๆ ครั้ง จึงส่งผลให้นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และอยู่ในเกณฑ์ระดับคุณภาพดี ส่วนองค์ประกอบความริเริ่มทางวิทยาศาสตร์มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 38.00 อยู่ในเกณฑ์ระดับคุณภาพ ปานกลาง ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์เป็นความสามารถในการคิดที่แปลกใหม่และแตกต่างไปจากเดิมหรือแตกต่างจากบุคคลอื่นและสอดคล้องกับบริบท ซึ่งผู้เรียนอาจจะไม่ได้ฝึกทักษะกระบวนการคิดอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะในส่วนความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์อย่างต่อเนื่องเท่าที่ควรในการเรียนที่ผ่านมาสอดคล้องกับคำกล่าวของ Yang et al. (2016, pp. 16-23) ที่ได้กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เป็นความสามารถที่นักเรียนต้องใช้ระยะเวลาฝึกฝนและสะสมประสบการณ์อย่างต่อเนื่อง โดยควรใช้เวลาฝึกฝนอย่างน้อย 1 ปี จึงจะสามารถเห็นผลได้ชัด

นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีทักษะการทำงานเป็นทีมในระยะก่อน ระหว่างและหลังการทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้ขั้นตอนในกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการทำงานเป็นกลุ่มรวมอยู่ในทุกขั้นตอน ผู้เรียนต้องมีปฏิสัมพันธ์ภายในกลุ่มโดยต้องมีการสื่อสารภายในทีมตลอดเวลา เพื่อให้สามารถดำเนินการตามขั้นตอนเพื่อบ่มเพาะเป้าหมายการทำงานของทีมทำให้การทำงานเกิดประสิทธิภาพและบรรลุตามวัตถุประสงค์ร่วมกับสมาชิกแก้ไขปัญหาภายในกลุ่มสนับสนุนซึ่งกันและกัน และส่งเสริมการพัฒนาทักษะใหม่ ๆ ของสมาชิก โดยผู้เรียนต้องรู้ว่าสมาชิกในกลุ่มมีความถนัดด้านใดและสามารถแบ่งบทบาทหน้าที่ได้ตามความรู้ ความสามารถของสมาชิกแต่ละคนได้ จึงเป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาทักษะการทำงานเป็นทีมอยู่เสมอ เมื่อมีการให้ผู้เรียนได้ทำกิจกรรมกลุ่มอย่างต่อเนื่องจึงส่งผลให้เกิดพัฒนาการทักษะการทำงานเป็นทีมที่เพิ่มขึ้นในการวัดทุกครั้ง ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของ Riumongkol (2012, pp. 6-8) ที่กล่าวว่า การร่วมมือในการทำงานเป็นทีมมีหลักการการทำงานร่วมกันสนับสนุนและส่งเสริมการทำงานของกลุ่มในทุกครั้งจะช่วยให้สมาชิกเกิดทักษะการทำงานที่ดีและมีประสิทธิภาพ เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านในการประเมินของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในช่วงสัปดาห์สุดท้าย ในครั้งที่ 3 พบว่า ในการประเมินทักษะการทำงานเป็นทีมแบบประเมินตนเอง ด้านที่ได้คะแนนเฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ ด้านที่ 5 การยอมรับศักยภาพของสมาชิกในทีม ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่า ตลอดเวลาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ในแต่ละครั้งของการปฏิบัติกิจกรรมผู้เรียนต้องมีการ

แบ่งหน้าที่ในกลุ่มตามความถนัดและไม่ถนัดของเพื่อนสมาชิก เมื่อสมาชิกแต่ละคนได้รับหน้าที่ที่ตนเองถนัดแล้วจะสามารถทำงานตามที่ได้รับหน้าที่ออกมาได้ดี ส่งผลให้สมาชิกกลุ่มมีความเชื่อมั่นและไว้วางใจในศักยภาพของเพื่อนร่วมทีม สอดคล้องกับ Trakulserith (2006, pp. 88-90) ที่กล่าวว่า ความสำคัญของการทำงานเป็นทีมคือ การนำเอาความสามารถของแต่ละบุคคลมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด แต่เนื่องจากความสามารถที่จำกัดของแต่ละบุคคลจึงต้องมีการร่วมมือกัน อีกทั้งครูยังเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สะท้อนการเรียนรู้และกระบวนการทำงาน ในขั้นสะท้อนสิ่งที่เรียนรู้และผลการแก้ปัญหา เป็นเหตุให้นักเรียนได้มองเห็นผลงานและการทำงานของตนเองในแต่ละครั้ง เมื่อมีการเรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้ต่อไป จะทำให้นักเรียนนำผลการประเมินครั้งที่แล้วมาพัฒนางานในหน่วยการเรียนรู้ได้ด้วย ซึ่งสอดคล้องกับ Kowtrakool (2560, pp. 253-255) ได้กล่าวว่า การเรียนรู้ที่ดีเกิดจากการสร้างชิ้นงาน โดยการเลือกสื่อ วัสดุ และเทคโนโลยี ที่เหมาะสมแล้ว ครูยังต้องเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการประเมินผลงานและกระบวนการทำงานของตนเอง จึงจะทำให้เกิดการเรียนรู้อย่างแท้จริงและเป็นการพัฒนาศักยภาพของเพื่อนร่วมทีม ส่วนด้านที่ได้คะแนนต่ำสุด ได้แก่ ด้านที่ 1 การร่วมกันสื่อสารภายในทีมที่มีประสิทธิภาพ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในแต่ละครั้งมีเวลาที่จำกัด ส่วนการประเมินทักษะการทำงานเป็นทีมแบบเพื่อนประเมินเพื่อนพบว่า ด้านที่คะแนนเฉลี่ยสูงสุด คือ ด้านที่ 3 การทำงานในทีมที่มีประสิทธิภาพ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่า ในการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยเฉพาะในขั้นตอนที่ 3 การค้นคว้า (Discovery) และขั้นตอนที่ 4 ประยุกต์ (Application) นักเรียนแต่ละกลุ่มต้องทำการศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลที่สำคัญเพื่อการแก้ไขปัญหาหรือตอบคำถามด้วยวิธีการที่หลากหลาย สมาชิกต้องแก้ไขปัญหาภายในกลุ่ม สนับสนุนและเกิดความเข้าใจซึ่งกันและกัน และส่งเสริมการพัฒนาทักษะใหม่ ๆ ของสมาชิก จึงเกิดความภาคภูมิใจในผลงานและภาคภูมิใจในสมาชิกของทีมและรู้สึกเป็นส่วนหนึ่งของผลงาน ทำให้ผู้เรียนสามารถทำงานร่วมกันในทีมอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ส่วนด้านที่ได้คะแนนต่ำสุด ได้แก่ ด้านที่ 2 หลักและวิธีการทำงานร่วมกันภายในทีม ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่า สมาชิกในทีมที่มีความสามารถไม่เท่ากัน สมาชิกที่มีความสามารถอ่อนมักไม่กล้าแสดงความคิดเห็นหรือไม่กล้าร่วมกำหนดขั้นตอนแบบแผนการทำงานกลุ่ม หรือไม่มั่นใจในหน้าที่ และสมาชิกที่มีความสามารถอ่อนอาจต้องใช้ระยะเวลาในการพัฒนาทักษะการทำงานเป็นทีมที่มากกว่าสมาชิกคนอื่น ๆ จึงจะทำให้เกิดประสิทธิภาพการทำงานที่มากขึ้น

6. ข้อเสนอแนะ

การนำแนวคิดสะเต็มศึกษาไปใช้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ควรเลือกใช้กับเนื้อหาที่เป็นสถานการณ์ปัจจุบันและน่าสนใจสามารถพบในชีวิตประจำวันได้ โดยมีแนวทางแก้ไขโดยวิธีแบบปลายเปิดได้ เช่น ปัญหาสิ่งแวดล้อมในโรงเรียนหรือชุมชน หรือเทคโนโลยีสมัยใหม่ด้านต่าง ๆ อีกทั้งกิจกรรมการเรียนการสอนควรให้นักเรียนได้ออกแบบแก้ปัญหาและสร้างผลงานที่เป็นประโยชน์ เพื่อแก้ไขสถานการณ์หรือปัญหาได้อย่างสร้างสรรค์ ครูผู้สอนควรเตรียมการสอนล่วงหน้าอย่างละเอียดเพื่อให้สามารถจัดการกับลำดับการจัดการเรียนการสอนให้เป็นไปตามลำดับขั้น เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนที่มีความต่อเนื่องกันในการทำกิจกรรม เพื่อให้กระบวนการเรียนรู้เป็นไปได้อย่างสมบูรณ์ และในการนำผลการวิจัยไปปรับปรุงพัฒนาในครั้งต่อไปผู้สอนสามารถนำรูปแบบการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาไปประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนาทักษะการเรียนรู้ศตวรรษที่ 21 ทักษะอื่น ๆ ได้เช่น ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ทักษะในการสื่อสารทั้งการพูด การเขียน การนำเสนอ เพราะขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นขั้นตอนที่เอื้อให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติและสามารถพัฒนาทักษะดังกล่าวได้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยสำหรับคณาจารย์จากงบประมาณรายได้ มหาวิทยาลัยรามคำแหง ประจำปีงบประมาณ 2566 และได้รับรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ จากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์มหาวิทยาลัยรามคำแหง เลขที่ RU-HRE66/0132 ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

- Kim, K. H. (2018). Demystifying Creativity: *What Creativity Isn't and Is? Roeper Review*, 41(2), 119-128.
- Hu, W., & Adey, P. (2002). A scientific creativity test for secondary school students. *International Journal of Science Education*, 24(4), 389-403.
- Intawimonsri, S. (2017). The effects of using the STEAM education approach in biology on scientific creativity and learning achievement of grade 10 students [Master's thesis]. Chulalongkorn University. (in Thai)
- Kim, D., Ko, D. G., Han, M., & Hong, S. (2014). The effects of science lessons applying STEAM Education program on the creativity and interest levels of elementary students. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 34(1), 43-54.
- Kowtrakool, S. (2017). *Educational psychology*. Chulalongkorn University Press. (in Thai)
- Madden, M. E., Baxter, M., Beauchamp, H., Beauchamp, K., Habermas, D., Huff, M., Ladd, B., Pearson, J., & Plague, G. (2013). Rethinking STEAM education: An interdisciplinary STEAM Curriculum. *Procedia Computer Science Journal*, 20(1), 541-546.
- OECD. (2022). *Education at glance 2022: OECD Indicators*.
https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2022/10/education-at-a-glance-2022_4aad242c/3197152b-en.pdf (in Thai)
- Office of the Education Council. (2017). *National education plan B.E. 2560-2579*. Prikwarn Graphic. (in Thai)
- Phongngern, W. (2017). *STEAM: Art for STEM education-Developing learning abilities and inspiring children*. *Journal of Education*, 45(1), 320-334. (in Thai)
- Phuproong, C. (2016). *The effects of STEAM education on promoting creative thinking skills and attitudes toward science of grade 8 students in science class*. In *Proceedings of the 1st National Academic Conference and Research Presentation "Innovative Royal Science for Sustainable Development, Thailand 4.0"* [Master's thesis]. Mahasarakham University. (in Thai)
- Pitiporwiwat, M. (2018). *21st-century skill: When old-world skills are no longer enough*.
<https://medium.com/base-thebusiness-playhouse/21st-century-skill>. (in Thai)
- Riley, S. M. (2014). *Bringing STEAM to Life in K-12 School*. United State : VisionPress.
- Riumongkol, T. (2012). *Teamwork: HRM 4318 (HR 414)* (1st ed.). Department of Human Resource Management, Ramkhamhaeng University. (in Thai)
- Ruenrom, A. (2010). *Teachers' teamwork in Rayong Pittayakom School under the Office of Rayong Educational Service Area 1* [Master's thesis]. Burapha University. (in Thai)
- Rovers, C. J. T. (2015). *Skills Lab Assessment: Teamwork Skills*. Netherlands; Eindhoven University of Technology. https://skillslab.tue.nl/pathtoimg.php?image=TS_content/interactief_pdf_ts_assessment.pdf.
- Tangjenapirom, P. (1986). *Development of a divergent thinking test in numerical symbols based on Guilford's structure-of-intellect theory* [Master's thesis]. Srinakharinwirot University. (in Thai)
- Trakulserith, W. (2006). *Teamwork* (1st ed.). Academic Promotion Center. (in Thai)
- Wang, L., Maccann, C., Zhuang, X., & Liu, O. L. (2009). Assessing teamwork and collaboration in high school students : a multimethod approach. *Canadian Journal of School Psychology*, 24(3), 123-135.

- Yakman, G., & Lee, H. (2012). Exploring the Exemplary STEAM Education in the U.S.as a practical Educational Framework for Korea. *Journal Korea Associated Science Education*, 32(6), 1072-1086.
- Yang, K., Lin, S., Hong, Z., & Lin, H. (2016). Exploring the assessment of and relationship between elementary students' scientific creativity and science inquiry. *Creativity Research Journal*, 28(1), 16-23.

“ข้อคิดเห็น เนื้อหา รวมทั้งการใช้ภาษาในบทความถือเป็นความรับผิดชอบของผู้เขียน”